



EFECTO DE LA IVERMECTINA EN LA DINÁMICA ESPACIO-TEMPORAL DE ESCARABAJOS ESTERCOLEROS EN VERACRUZ, MÉXICO

[EFFECT OF IVERMECTIN IN SPATIO-TEMPORAL DYNAMICS OF DUNG BEETLE IN VERACRUZ, MEXICO]

Carolina Flota-Bañuelos^{1*}, José López-Collado¹, Mónica Vargas-Mendoza¹,
Pernilla Fajersson¹, Héctor González-Hernández², Imelda Martínez-Morales³

¹Colegio de Postgraduados. Campus Veracruz. Postgrado en Agroecosistemas Tropicales. km 88.5, carretera federal Xalapa-Veracruz, C.P. 91700.

cflota@colpos.mx*, jlopez@colpos.mx, mvargas@colpos.mx

²Colegio de Postgraduados. Instituto de Fitosanidad. km 35.5 Carr. México- Texcoco, Montecillo, Edo de México. C.P. 56230. hgzzhdzz@colpos.mx

³Instituto de Ecología, A.C. Red de Ecoetología. Carretera antigua a Coatepec No. 351 El Haya. 91070 Xalapa, Ver. México. Imelda.martinez@incol.edu.mx

*Corresponding Author

RESUMEN

Los antihelmínticos formulados con ivermectina, se utilizan en los sistemas ganaderos de México. Sin embargo no se ha determinado su efecto sobre la abundancia, disposición espacio-temporal de los escarabajos coprófagos. Para estimar estos efectos, se realizaron colectas mensuales de julio del 2008 a junio del 2009, en un pastizal del centro de Veracruz. Se colocaron 20 trampas de pozo seco: diez trampas cebadas con estiércol sin químico (SI) y diez trampas con estiércol con ivermectina (CI). Para estimar el efecto de la ivermectina, los datos se analizaron con el procedimiento MIXED de SAS v. 9.1. Mediante índices de dispersión, relación varianza media y K de la binominal negativa, se determinó el patrón de disposición espacial y temporal. Se colectaron 4569 escarabajos estercoleros, pertenecientes a la Familia Scarabaeidae, repartidas en tres Subfamilias Scarabaeinae, Geotrupinae y Aphodiinae, y 15 especies, siendo las más abundantes *Euoniticellus intermedius* Reiche y *Digitonthophagus gazella* F., representando el 65 % de los coleópteros encontrados. Existieron diferencias en las capturas de seis especies de escarabajos, siendo menores en las trampas CI en *E. intermedius*, *D. colonicus*, y *C. lugubris*, en junio del 2009. *D. gazella* y *A. cribithorax* presentaron menores colectas en trampas SI, en octubre y noviembre respectivamente. Los escarabajos presentaron disposición espacial agregada durante los doce meses, apareciendo las poblaciones más altas en el centro y sureste del pastizal. La presencia de ivermectina en el estiércol de ganado bovino no modificó la agregación de los escarabajos estercoleros presentes en la zona de estudio.

Palabras clave: Escarabajos coprófagos, ivermectina, disposición espacial

SUMMARY

Ivermectin-based anthelmintics are used in livestock systems of Mexico. However, its effect on the abundance, species distribution and spatial arrangement of dung beetles need to be explored. To estimate the effect of ivermectin, monthly collections were made from July 2008 to June 2009, in a pasture in central Veracruz. Ten pitfall traps were baited with manure (SI) and ten traps with manure plus ivermectin (CI). The data were analyzed using the MIXED procedure of SAS v. 9.1. By using the variance to mean ratio index and negative binomial's K, we determined the spatial pattern through time. 4569 beetles were collected, belonging to the family Scarabaeidae, divided into three subfamilies Scarabaeinae, Geotrupinae and Aphodiinae, and 15 species, the most abundant were *Digitonthophagus gazella* F. and *Euoniticellus intermedius* Reiche, accounting for 65% of the individuals found. There were differences in the catches of six species of beetles, being lower in CI traps. *E. intermedius*, *D. colonicus*, and *C. lugubris* in June 2009. *D. gazella* and *Ataenius cribithorax*, presented lower captures in SI traps in October and November respectively. The beetles showed an aggregated spatial arrangement during the sampling period, having higher densities on the central and southeastern pasture. The presence of ivermectin in cattle dung did not affect the aggregation of dung beetles in the area of study.

Key words: Dung beetle, ivermectin, spatial disposition

INTRODUCCIÓN

La mayoría de las especies de los escarabajos coprófagos pertenecientes a las Subfamilias Scarabaeinae, Geotrupinae y Aphodiinae de la Familia Scarabaeidae, utilizan principalmente el estiércol animal para su alimentación y reproducción (Halfpeter y Edmonds, 1982). Estos escarabajos participan en varios procesos ecológicos, entre los que destaca el reciclaje de nutrientes y el incremento de la fertilidad y productividad del suelo (Yokoyama *et al.*, 1991). También dispersan algunos tipos de semillas (Andresen y Feer, 2005) y, por consumir el estiércol, contribuyen a controlar poblaciones de especies que usan el mismo sustrato, como son la mosca del cuerno (*Haematobia irritans* L.), así como de parásitos gastrointestinales de bovinos (Chirico *et al.*, 2003). Sin embargo, la biodiversidad de la fauna coprófaga disminuye cuando se realizan actividades agropecuarias que alteran la dinámica de la descomposición del estiércol (Montes de Oca, 2001), por ejemplo, la aplicación de antihelmínticos para controlar afecciones parasitarias del ganado (Liebano *et al.*, 1992). Los productos basados en ivermectina son potencialmente tóxicos, por su persistencia en el estiércol (Suárez, 2002; Suárez *et al.*, 2003) llegando a limitar la supervivencia de los escarabajos estercoleros (Sommer y Bibby, 2002; Suárez *et al.*, 2003; Lumaret y Martínez, 2005). Asimismo, las especies nativas de escarabajos parecen ser las más afectadas, debido a que las especies introducidas tienen una mayor capacidad de adaptación a diferentes hábitats (Montes de Oca y Halfpeter, 1995).

El estiércol con residuos de ivermectina tiene una degradación más lenta (Madsen *et al.*, 1990), al ser afectada la colonización por escarabajos y otros organismos como colémbolos y ácaros que pasan una parte de su ciclo biológico en el estiércol y que son indispensables para mantener el funcionamiento de los agroecosistemas (Herd *et al.*, 1993; Suárez 2002). En Australia, Estados Unidos, Canadá, España y Dinamarca, la presencia de ivermectina, moxidectina y doramectina en el estiércol bovino disminuyó las tasas de emergencia de adultos de los escarabajos *Onthophagus*, *Copris*, *Euoniticellus*, *Onitis* y *Aphodius* (Fincher y Wang, 1993; Herd, 1995; Wardhaugh *et al.*, 2001; Suárez *et al.*, 2003), retrasó el desarrollo de *Euoniticellus fulvus* (Lumaret *et al.*, 1993) y disminuyó la fecundidad de hembras (Floate, 2006). En Sudamérica, la presencia de ivermectina en estiércol de bovinos tratados subcutáneamente ocasionó reducciones en las poblaciones de juveniles de dípteros, ácaros, adultos y larvas de escarabajos (Iglesias *et al.*, 2004). En Sudáfrica, se ha demostrado que la utilización de ivermectina ha reducido la diversidad de especies de escarabajos y dípteros (Krüger y Scholtz, 1998a; Krüger y Scholtz, 1998b). Los estudios mencionados se han enfocado a estimar

el efecto de la ivermectina sobre el desarrollo y reproducción de escarabajos estercoleros, pero existen pocos trabajos sobre el efecto de la ivermectina en la atracción o repelencia de escarabajos hacia el estiércol. Floate (2007) demostró que la presencia de ivermectina en el estiércol aumenta en un 68 % la atracción hacia los escarabajos. Sin embargo, en México solo existe evidencia del efecto de los residuos de diferentes herbicidas químicos sobre la abundancia de afodinos (Martínez *et al.*, 2000).

Un atributo importante de las poblaciones de escarabajos y otros organismos, es su ubicación en el espacio y el tiempo (Vera *et al.*, 2002). Son los patrones de distribución de sus individuos y reflejan la respuesta de ellos a condiciones y recursos ambientales que son heterogéneos en el espacio (Dale *et al.*, 2002). Dentro de los factores que contribuyen al proceso de agregación, está la respuesta al microclima y al uso de recursos efímeros (Ives, 1991), como es el caso del estiércol para los escarabajos coprófagos. En una boñiga se pueden agrupar individuos de una misma especie (agregación intraespecífica) y de más de dos especies (agregación interespecífica) (Hanski y Cambefort, 1991), lo cual puede facilitar la coexistencia de varias especies o crear un ambiente de competencia (Hanski, 1991). Lo anterior indica que falta información sobre el efecto de ivermectina en la atracción de escarabajos estercoleros y su disposición espacial a nivel de pastizal, por lo cual el objetivo del trabajo fue conocer si el compuesto formulado con ivermectina aplicado en bovinos, afecta la abundancia y disposición espacio-temporal de algunas especies de escarabajos estercoleros.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El trabajo se realizó en el rancho San Ramón, Municipio de Medellín de Bravo, en la zona centro del estado de Veracruz. Se encuentra ubicado a 18° 58' 19.37" N y 96° 04' 51.43" W y a una altitud de 52 msnm. El clima es cálido húmedo, con una temperatura promedio de 25.3 °C. La precipitación pluvial media anual es de 1,417.8 mm. El suelo es de tipo arenoso y se caracteriza por tener una capa superficial rica en materia orgánica (García, 1987).

Sitio de muestreo. Se seleccionó un pastizal relativamente plano, de aproximadamente 1.5 ha, con pasto estrella de África (*Cynodon nlemfuensis*) y pasto guinea (*Brachiaria decumbens*), delimitado por cercas vivas de *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia*, *Cordia dodecandra* y *Byrsonima crassifolia*. El pastizal se utiliza de manera rotacional con cinco días de ocupación y 30 días de descanso para la recuperación del pasto. La carga animal es de 4 UA ha⁻¹, considerando una unidad animal como 450 kg de peso vivo. Los animales en pastoreo no fueron desparasitados.

Con la finalidad de explorar toda la parcela, se seleccionaron sistemáticamente diez puntos de muestreo en el pastizal (Decante y van Helden, 2008). Los puntos de muestreo estaban separados aproximadamente a 40 m cada uno. En cada punto de muestreo se colocaron aleatoriamente dos trampas de pozo seco descritas por Lobo *et al.* (1988), separadas 20 m entre ellas para que no interfiera el olor del desparasitante químico (Ward *et al.*, 2001), estas distancias se han utilizado en trabajos similares sobre disposición espacial en insectos del suelo (Blackshaw y Vernon, 2008). Una trampa contenía estiércol de bovino sin desparasitar (SI) y la otra fué cebada con estiércol de bovino desparasitado (CI). Los cebos colocados en las trampas, pesaban 500 g aproximadamente.

El estiércol fresco sin desparasitante se recogió cada mes en el corral donde se encontraban las vacas sin desparasitar. El estiércol con ivermectina, se obtuvo de seis vacas que fueron desparasitadas en junio y diciembre del 2008, y junio del 2009, con 1cm³ de Iverject F. Bovinos[®] vía intramuscular por cada 100 kg de peso vivo; cada dosis proporciona 2,000 mcg de ivermectina y 2 mg de clorsulón por kg de peso vivo. Las trampas fueron expuestas por tres días cada mes durante un año. Posterior a cada muestreo, las trampas fueron retiradas del pastizal.

Colecta. Los escarabajos capturados en cada trampa, en cada periodo de muestreo, se colocaron en frascos con alcohol al 70 %. En el laboratorio, se lavaron, separaron y etiquetaron para su posterior identificación. Algunos individuos de las diferentes especies, se montaron en alfileres entomológicos para formar una colección de referencia. Una vez identificados los coleópteros, se colocaron en camas de algodón para su preservación.

Análisis. Para evaluar el efecto de la ivermectina sobre la abundancia de organismos, se utilizó un modelo lineal mixto para mediciones repetidas en el tiempo. Estos modelos consideran la posible correlación entre muestras y permiten su inclusión para propósitos comparativos (Litell *et al.* 2002). El modelo incluyó el efecto de los tratamientos, el mes de muestreo y su interacción; las capturas se analizaron con el procedimiento MIXED y una estructura de covarianzas ARH(1), seleccionada de acuerdo con los criterios de información de Akaike y por el criterio de información bayesiano (Litell *et al.*, 1998; SAS Institute, 2004). Para averiguar en qué fechas hubo diferencias entre los tratamientos, éstos se compararon para cada fecha de muestreo con la opción SLICE. Para estimar la relación existente entre la precipitación y el número de individuos y número de especies, se realizó una correlación simple de rangos de Spearman (r_s) con un nivel de significancia de 0.05 % (Zar, 1996). Todos los análisis se hicieron con SAS v. 9.1

(SAS Institute, 2004). Este análisis se llevó a cabo para las seis especies más abundantes colectadas y la variable respuesta fue el número de capturas como indicador de abundancia.

Para determinar la disposición espacial y temporal de los escarabajos en cada trampa y fecha de muestreo, se calculó el patrón de disposición espacial mediante los índices de dispersión: varianza/media ($VM = S^2 / \bar{Y}$), que toma valores de 1 para una disposición aleatoria, valores < 1 para un arreglo regular y > 1 para poblaciones agregadas (Taylor 1961) y K de la distribución binominal negativa, $K = Y^2 / (S^2 - \bar{Y})$, con valores > 8 para poblaciones con disposición aleatoria, y entre 0 y 8 para poblaciones con disposición agregada (Rojas, 1964). Finalmente, se generaron mapas de iso-densidades a partir de las capturas de individuos por trampa para cada fecha de muestreo, esto se hizo para todos los insectos capturados y para las especies con mayor abundancia. La estimación de índices se hizo acorde con Pielou (1961) para la relación varianza-media y se probó la hipótesis nula $H_0: S^2 = \bar{Y}$ con una prueba de chi-cuadrada (Steel *et al.* 1997), K se estimó por momentos (Blish y Fisher, 1953); las isodensidades se calcularon mediante interpolación lineal inversa. Los cálculos de índices y mapas se hicieron con el programa SUPRA (López-Collado, 2004).

RESULTADOS

Durante los doce meses de muestreo, se colectaron 4569 escarabajos estercoleros. Se encontraron 2318 y 1733 individuos de la Subfamilia Scarabaeinae en trampas SI y CI. De la Subfamilia Aphodiinae se colectaron 267 en trampas CI y 250 en trampas SI, y de la Subfamilia Geotrupinae sólo se encontró un individuo en la trampa SI. La Subfamilia más abundante fue Scarabaeinae con 89 % de individuos, mientras que las otras dos Subfamilias representan menos de 11 % de la abundancia total de individuos (Cuadro 1).

Se encontraron quince especies de escarabajos estercoleros, hallándose todas las especies en las trampas sin ivermectina y doce especies en las trampas con ivermectina. Sin embargo, tres especies que fueron demográficamente raras: *Phaneus mexicanus* Harold, *Neoathyreus fissicornis* Harold y *Labarrus pseudolividus* Balthasar (Cuadro 1), no fueron analizadas, debido a que solo se encontró un individuo para cada especie durante el año de muestreo.

La mayor abundancia de escarabajos se observó en los meses de septiembre a octubre del 2008 con más de 20 individuos en promedio por tratamiento (Figura 1A). Las menores abundancias se obtuvieron en los meses comprendidos de marzo a mayo del 2009, con menos

de cinco individuos en promedio para cada tratamiento (Figura 1A). Esta abundancia de individuos se correlacionó positivamente con la precipitación ($r_s = 0.69$, $P = 0.0131$), indicando que en los meses con mayor precipitación se obtuvo una mayor abundancia y las menores poblaciones ocurrieron cuando disminuyó la precipitación (Figura 1C).

Cuadro 1. Escarabajos estercoleros obtenidos en trampas con cebos con y sin ivermectina, en el pastizal del rancho San Ramón, Veracruz, México, durante doce meses de muestreo de julio 2008 a junio 2009.

Subfamilia/Especie	Tratamiento	
	Sin	Con
Scarabaeinae		
<i>Canthidium pseudopuncticolle</i> Kohlman	43	53
<i>Copris lugubris</i> Boheman	121	71
<i>Coprophaneus pluto</i> Harold	3	1
<i>Dichotomius colonicus</i> Say	196	140
<i>Digitonthophagus gazella</i> F.	475	322
<i>Euoniticellus intermedius</i> Reiche	1230	966
<i>Onthophagus höpfneri</i> Harold	79	91
<i>Onthophagus landolti</i> Schaeffer	75	59
<i>Phaneus mexicanus</i> Harold	1	0
<i>Phaneus tridens</i> Laporte de Castelnau	76	24
<i>Scatinus ovatus</i> Harold	19	6
Aphodiinae		
<i>Ataenius cribithorax</i> Bates	220	253
<i>Ataenius complicatus</i> Harold	29	14
<i>Labarrus pseudolividus</i> (Balthasar)	1	0
Geotrupinae		
<i>Neoathyreus fissicornis</i>	1	0
Total	2569	2000

A pesar de que julio del 2008 no fue el mes con mayor abundancia, fue uno de los meses con mayor número de especies, presentando 13 en las trampas sin ivermectina y 10 en trampas con ivermectina. También en los meses de septiembre del 2008 y junio del 2009 hubo 14 y 10 individuos por tratamiento sin ivermectina, mientras que 10 y 8 individuos en el tratamiento con ivermectina, en contraste con los meses de abril y mayo con la presencia de una especie de escarabajo por tratamiento (Figura 1B).

La Subfamilia con mayor número de especies registradas fue Scarabaeinae con once especies, seguida de Aphodiinae y Geotrupinae con tres y una especie respectivamente (Cuadro 1). Las especies más abundantes fueron las especies introducidas *E. intermedius* y *D. gazella*, y las especies nativas

Ataenius cribithorax y *Dichotomius colonicus* con 48, 17, 10 y 7 % respectivamente (Cuadro 1), y las especies con menor abundancia fueron: *P. mexicanus*, *L. pseudolividus* y *N. fissicornis* presentando menos del 1 % (Cuadro 1).

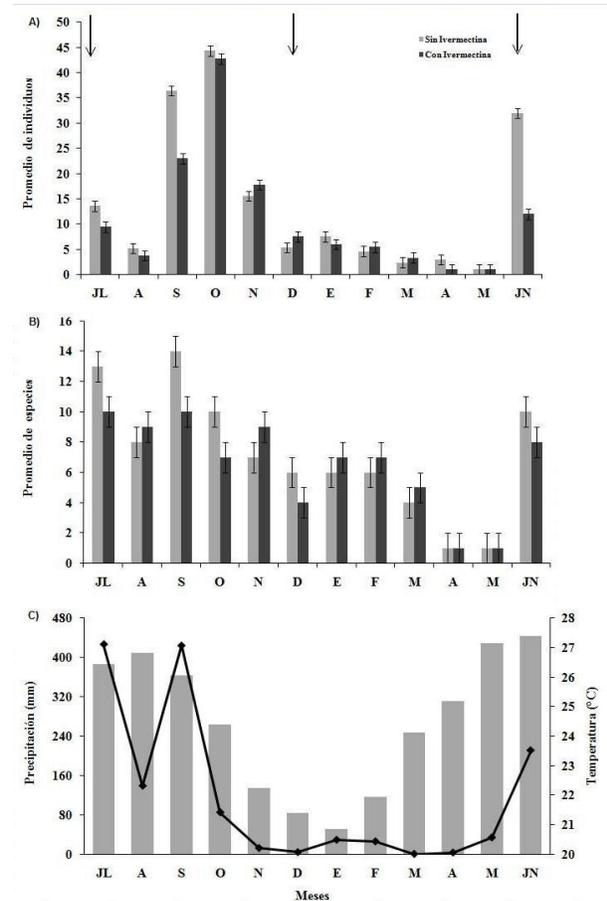


Figura 1 A) Medias del total de individuos colectados mensualmente, B) Medias del total de especies de escarabajos estercoleros colectadas en trampas de pozo seco cebadas con estiércol con y sin ivermectina, durante los meses de julio 2008 (JL) a junio 2009 (JN). C) Medias de Precipitación (◆) y Temperatura (■) durante el período comprendido de julio 2008 a junio 2009 en la Laguna, Medellín, Ver (Fuente: Estación meteorológica del INIFAP Cotaxtla). Las flechas indican el mes de desparasitación de los animales.

De las especies colectadas, se aprecia que *E. intermedius* fue la única especie presente durante todo el año, presentando sus picos de mayor abundancia en octubre del 2008 y junio del 2009, con 40 y 17 individuos en promedio respectivamente, mientras que los meses de menor abundancia fueron agosto del 2008 y abril y mayo del 2009 observando menos de

tres individuos en promedio para cada tratamiento (Figura 2A).

Se analizaron estadísticamente las abundancias de seis especies, *E. intermedius*, *P. tridens*, *D. colonicus*, *D. gazella*, *C. lugubris* y *A. cribithorax*. Las capturas por tratamiento dependieron de la especie y del mes de muestreo. Las especies con mayor número de individuos en trampas sin ivermectina en junio del 2009, fueron *E. intermedius* ($F_{1, 216} = 7.58$, $p = 0.0064$), *D. colonicus* ($F_{1, 216} = 20.83$, $p < 0.0001$), y *C. lugubris* ($F_{1, 216} = 4.94$, $p = 0.0272$) (Figura 2 A, C, y E). Mientras que las especies *D. gazella* y *A. cribithorax*, presentaron mayores capturas en las

trampas con ivermectina en octubre ($F_{1, 216} = 5.69$, $p = 0.0179$) y noviembre del 2008 ($F_{1, 216} = 12.63$, $p = 0.0005$) respectivamente (Figura 2 D y F).

Por otra parte, en relación al análisis espacial, los índices de varianza media y K-binomial negativa señalan que la mayoría de las poblaciones presentaron un patrón agregado durante los doce meses de muestreo. Los valores de agregación difieren para cada especie, por ejemplo, la especie *C. lugubris* no presenta agregación en julio y diciembre del 2008, y *P. tridens* no se agrega en noviembre del 2008 (Cuadro 2).

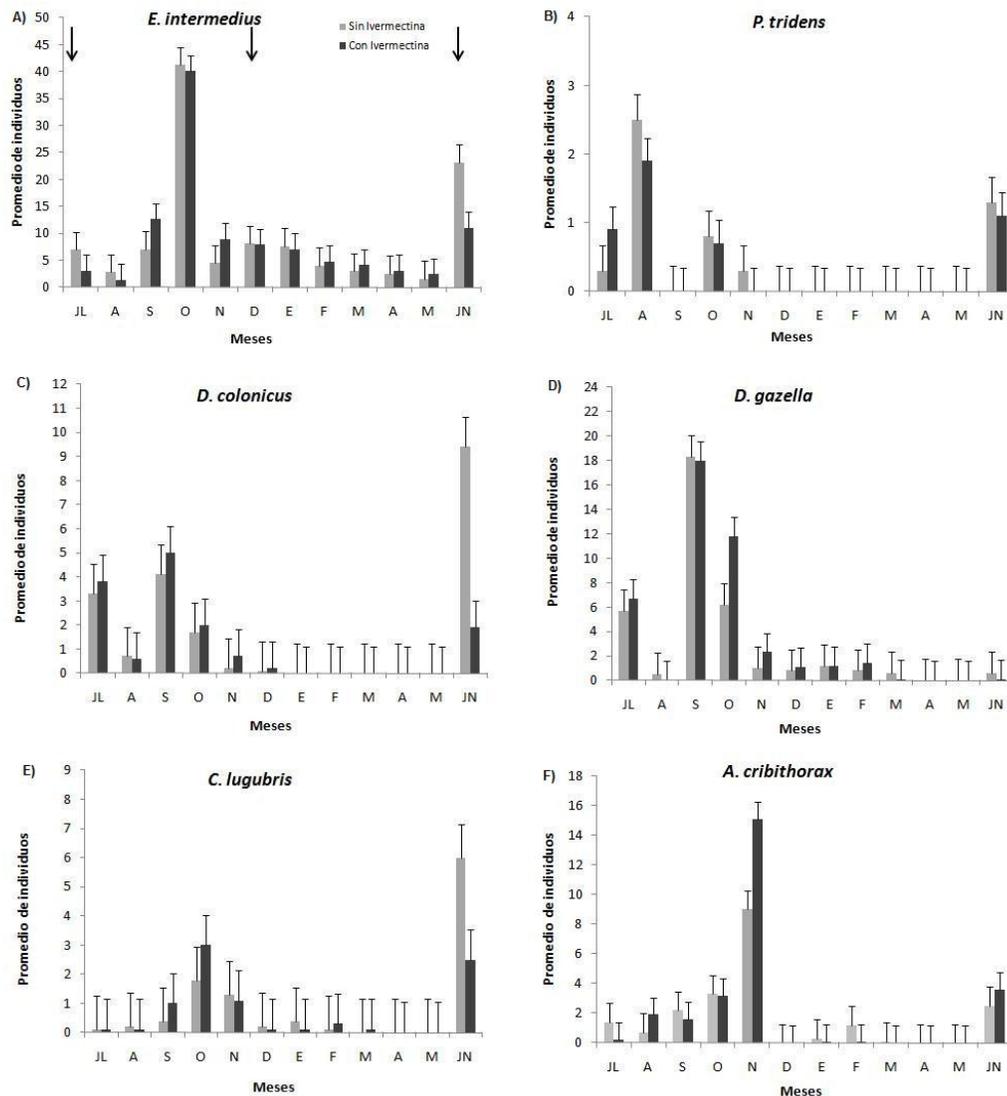


Figura 2. Promedio de individuos de varias especies de escarabajos estercoleros colectados durante un año de estudio de julio 2008 (JL) a junio 2009 (JN). A) *E. intermedius*. B) *P. tridens*. C) *D. colonicus*. D) *D. gazella*. E) *C. lugubris*. F) *A. cribithorax*. Las flechas en la figura 2A, indican los meses en que fueron desparasitados los animales.

Cuadro 2. Índices de disposición espacial de especies de nueve especies de escarabajos estercoleros durante doce meses de muestreo de julio 2008 a junio 2009, en un rancho ganadero de Veracruz, México.

Especie	Índices	Meses											
		Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
<i>C. pseudopuncticolle</i> Kohleman	Varianza-media	3.1*	1.*6	4.5*		1.2*	0.9	0.8	0.8				1.4*
	K binomial negativa	0.3	0.5	0.5		4.5							1.1
<i>C. lugubris</i> Boheman	Varianza-media	0.9	1.6*	2.9*	2.1*	2.9*	0.9	1.2*	1.2*				31.0*
	K binomial negativa		0.5	0.4	1.7	0.5		2.9	2.9				0.1
<i>D. colonicus</i> Say	Varianza-media	3.0*	1.1*	2.4*	1.3*	1.4*	1.6*						26.9*
	K binomial negativa	1	10.3	2.1	7.1	1.8	0.5						0.2
<i>D. gazella</i> Fabricius	Varianza-media	7.7*	1.2*	10.2*	7.3*	3.1*	3.2*	3.0*	3.2*	1.3*			1.2*
	K binomial negativa	0.5	2.9	0.8	0.7	0.6	0.4	0.5	0.4	2.3			6.9
<i>E. intermedius</i> Reiche	Varianza-media	13.0*	3.1*	9.1*	16.6*	3.2*	3.7*	5.0*	2.9*	1.0*	2.3*	1.7*	13.0*
	K binomial negativa	0.3	0.7	0.6	1.0	1.7	1.5	0.9	1.3	79.1	1.4	2.4	0.6
<i>O. höpfneri</i> Harold	Varianza-media	0.9*	0.9		7.8*	0.7		4.1*	5.2*				
	K binomial negativa				0.5			0.2	0.1				
<i>O. landolti</i> Schaeffer	Varianza-media	0.9		9.2*		0.8		3.2*	2.6*	0.9			0.9
	K binomial negativa			0.4				0.2	0.3				
<i>P. tridens</i> Laporte de Castelnau	Varianza-media	2.6*	3.9*		1.5*	0.9							2.3*
	K binomial negativa	0.4	0.5		1.8								0.7
<i>A. cribithorax</i> Bates	Varianza-media	2.6*	1.8*	5.2*	5.8*	8.7*		2.4*	10.1*				8.4*
	K binomial negativa	0.5	1.1	0.3	0.4	0.7		0.2	0.1				0.3

*Significativamente agregada (prueba de χ^2 , $P < 0.05$)

El arreglo *in situ* de los individuos se observa en los mapas, que presentan el gradiente de densidad interpolada de todos los escarabajos estercoleros colectados durante doce meses (Figura 3); se observa que existen focos de alta densidad de escarabajos en los meses de septiembre, octubre y junio, lo cual concuerda con los meses de mayor precipitación (Figura 1C), pero en el resto de las fechas hay una distribución relativamente homogénea, que coincide con la época de menor precipitación (Figura 1C).

De las tres Subfamilias que se encontraron, la Subfamilia Scarabaeinae presentó la cobertura espacial más amplia registrándose en los diez puntos de muestreo durante doce meses de estudio, mientras que

la Subfamilia Aphodiinae sólo se observó en seis puntos de muestreo y la Subfamilia Geotrupinae sólo se colectó en un mes y en un punto de muestreo (Figura 4). Así mismo, se observa una heterogeneidad espacial, relacionada con la mayor abundancia de especies de escarabajos coprófagos en los meses comprendidos de julio a noviembre del 2008 y junio del 2009, relacionado también con los meses de mayor precipitación (Figura 1 C). También se observa homogeneidad en abril y mayo del 2008, coincidiendo con la época de sequía en la zona de estudio (Figura 1 C).

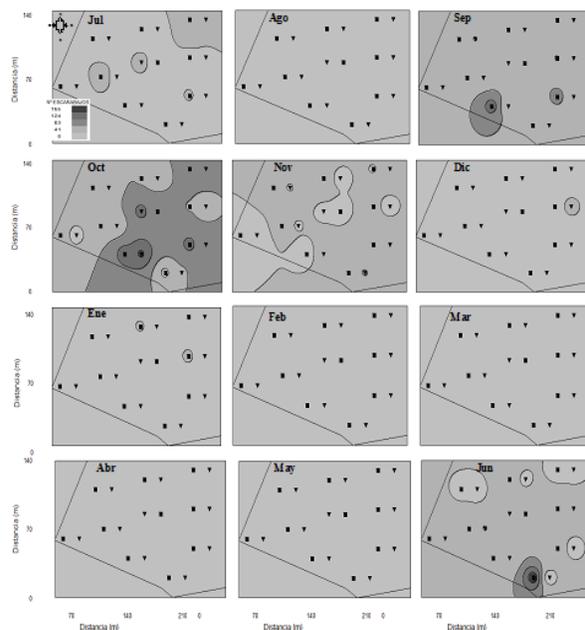


Figura 3. Iso-densidades del número total de escarabajos estercoleros capturados en un pastizal durante los años 2008 y 2009. Las etiquetas del lado superior derecho en cada mapa indican el mes de muestreo. Las tonalidades de color y densidades se presentan en la escala del primer mapa. Los cuadros (■) indican trampas con cebos sin ivermectina y los triángulos (▲) indican trampas con cebos con ivermectina.

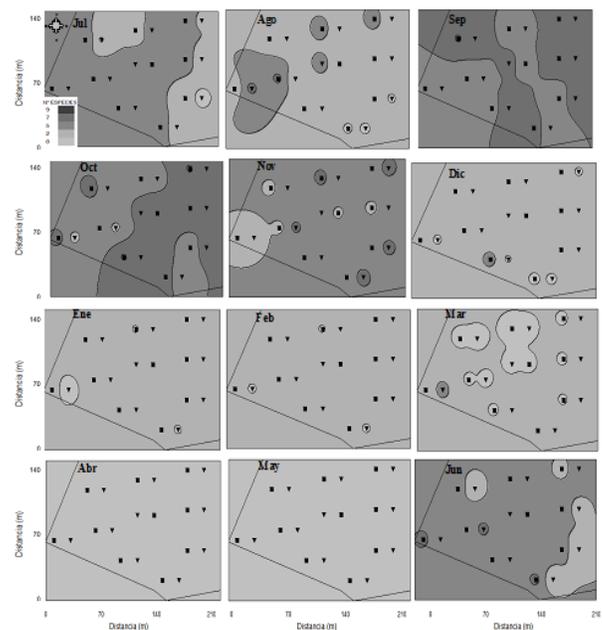


Figura 4. Disposición espacial y temporal de las especies de escarabajos coprófagos estercoleros colectadas durante doce meses de muestreo. Las etiquetas del lado superior derecho en cada mapa indican el mes de muestreo. Las tonalidades de color y densidades se presentan en la escala del primer mapa. Los cuadros (■) indican trampas con cebos sin ivermectina y los triángulos (▲) indican trampas con cebos con ivermectina.

De manera particular, la disposición espacio-temporal del *E. intermedius* se presenta en la Figura 5. Los puntos de muestreo de la parte central del pastizal es donde se presentó la mayor abundancia de individuos. El mes con mayor agregación, indicado por la relación varianza/media fue el mes con mayor abundancia, siendo octubre del 2008 (Cuadro 2). Mientras que en agosto del 2008, marzo, abril y mayo del 2009, fueron los meses con menores capturas y menor agregación.

DISCUSIÓN

Las abundancias más altas de los escarabajos estercoleros encontradas durante el estudio, coinciden con la época de mayor precipitación propia de climas tropicales, siendo de junio a septiembre. Gill (1999) menciona que la abundancia de escarabajos se incrementa en la época de lluvias y decrece en época de seca. También en zonas semiáridas como Durango, se ha encontrado un patrón similar (Anduaga, 2004). Esta abundancia de especies está relacionada esencialmente por su estacionalidad, por la disponibilidad del recurso alimenticio y por factores edafoclimáticos (Wolda, 1988).

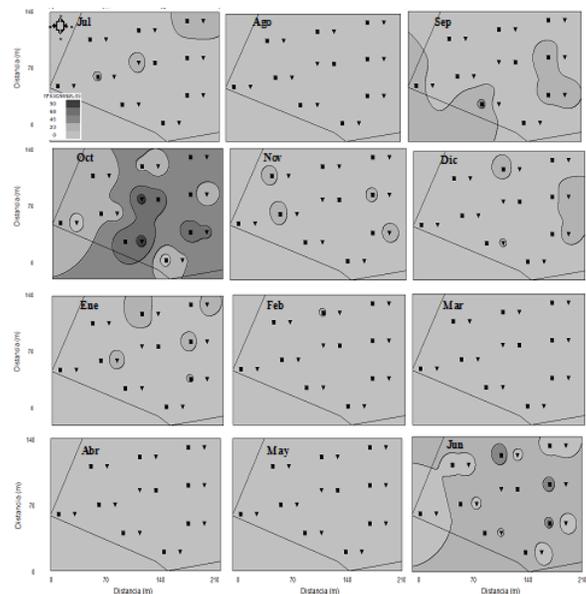


Figura 5. Disposición espacial de las poblaciones de *Euoniticellus intermedius* colectados durante doce meses. Las etiquetas del lado superior derecho en cada mapa indican el mes de muestreo. Las tonalidades de color y densidades se presentan en la escala del primer mapa. Los cuadros (■) indican trampas con cebos sin ivermectina y los triángulos (▲) indican trampas con cebos con ivermectina.

El número total de especies encontrado en el área de estudio, es similar numéricamente a lo reportado en pastizales en regeneración en Chiapas (Navarrete y Halffter, 2008) y en pastizales aledaños a una reserva natural en Colombia (Escobar y Chacón, 2000), con 10 y 13 especies respectivamente, pero inferior a las zonas con menor perturbación como bosques tropicales o reservas ecológicas, donde Yanez y Morón (2010) reportaron más de 40 especies. Esto se debe a que en zonas intervenidas por el hombre o cuando existe una reconversión de bosques hacia pastizales, disminuyen en número y riqueza los escarabajos estercoleros (Montes de Oca y Halffter, 1995). La Subfamilia con mayor número de individuos fue Scarabaeinae, lo cual es similar a lo reportado por García y Pardo (2004).

Al analizar la abundancia por especie, se encontró que *E. intermedius* y *D. gazella*, fueron las más abundantes en esta zona de estudio. Estas especies fueron introducidas en los años 70s en los pastizales de Florida en Estados Unidos, para regular la acumulación del estiércol del ganado bovino (Fincher, 1986), de ahí se desplazaron hacia México (Montes de Oca y Halffter, 1998; Montes de Oca *et al.*, 1994). Estas especies pueden encontrarse tanto en zonas áridas como tropicales húmedas y subhúmedas (Morales *et al.*, 2004). En un rancho ganadero de Durango, se encontraron también estas especies (Anduaga, 2004). Aunque estas especies introducidas se pueden encontrar actualmente más abundantes que las nativas, no se ha efectuado ningún estudio que demuestre que ha desplazado a las especies nativas, aunque son especies con mayor potencial de adaptación a nuevas condiciones. También su fecundidad es la más alta dentro de las especies de escarabajos estercoleros (Cambefort, 1991).

En este estudio se observó menor atracción hacia el estiércol con ivermectina en tres de las seis especies analizadas, principalmente en junio del 2009. La presencia de ivermectina en el estiércol inhibe la atracción de algunas especies de escarabajos para su colonización (Wardhaugh y Mahon, 1991; Holter *et al.*, 1993; Lumaret *et al.*, 1993). Sólo *D. gazella* y el afodino *A. cribithorax* mostraron mayor atracción hacia el cebo con ivermectina en el mes de octubre y noviembre del 2008, respectivamente. Esto concuerda con Rombke *et al.* (2010), quienes encontraron que una de cinco especies de Aphodiinae, presenta mayor atracción hacia el estiércol con ivermectina. Otras Familias de escarabajos como Hydrophilidae y Staphylinidae, presentan preferencias hacia el estiércol de bovino con residuos de ivermectina (Floate, 1998). Los resultados difieren parcialmente de lo reportado por Strong *et al.* (1993), quienes no encontraron diferencias en capturas de escarabajos estercoleros colectados en trampas de pozo seco cebadas con estiércol sin químico, con ivermectina y con

fenbendazol. En estas condiciones de campo, donde se evaluó un producto que incluye la mezcla de ivermectina con otros materiales que intervienen en la presentación comercial del mismo, dificultan la evaluación del efecto aislado de la ivermectina, por lo cual, para esclarecer el efecto de la ivermectina sobre las capturas de escarabajos, es necesario realizar estudios en condiciones controladas, por ejemplo, emplear únicamente el compuesto ivermectina en túneles de viento para conocer la respuesta de atracción de los escarabajos. Este tipo de bioensayos se ha realizado en insectos como *Stomoxys calcitrans* L. con volátiles propios del estiércol (Jeanbourquin y Guerin, 2007), en *Anastrepha ludens* hacia volátiles vegetales (Malo *et al.*, 2005) o con feromonas de agregación hacia el coleóptero *Rhynchophorus ferrugineus* (Martínez *et al.*, 2008).

En cuanto a la disposición espacial, los escarabajos estercoleros tuvieron en general, una disposición agregada, coincidiendo con Grumm (1980), quién señala que los escarabajos coprófagos al igual que otros organismos, se encuentran distribuidos de forma agregada. Esta agregación está determinada por diferentes factores como son: el uso del estiércol para alimentación y nidificación (Halffter y Edmonds, 1982); el efecto atrayente propio del estiércol, por la emisión de sus compuestos volátiles, principalmente los derivados de ácidos grasos, cetonas, fenoles, indoles, compuestos nitrogenados, bencenos (Shabtay *et al.*, 2009), terpenos y *p*-cresol (Dormont *et al.*, 2010), los cuales pueden ser detectados por los escarabajos mediante sus antenas (Inouchi *et al.*, 1987). La agregación se debe también a la presencia de individuos de la misma especie, como es el caso de los adultos de *A. constans*, que muestran mayor atracción al estiércol donde hay individuos de su misma especie y repelencia con individuos de otras especies (Dormont *et al.*, 2010). Así mismo, la selección del estiércol puede explicarse por la preferencia innata o de aprendizaje de los escarabajos, como sucede en algunos insectos fitófagos (Giurfa, 2007).

Sólo en ciertos meses y en algunas especies se presentaron diferencias en el nivel de agregación como en los meses de diciembre, marzo y abril. Sin embargo la mayoría se agrega en la parte central y sureste del pastizal, lo cual se puede atribuir al paso continuo de los animales por esta zona, por ser la ruta hacia los demás áreas de pastoreo. Al pasar los bovinos repetidamente por esa área, van depositando estiércol cerca de las trampas, aumentando la superficie de atracción con más recurso disponible para los escarabajos estercoleros, que se refleja en las mayores abundancias de escarabajos de las trampas de esa zona. Algunas especies de escarabajos presentan agregación por la heterogeneidad espacial, influenciada por la cantidad del recurso alimenticio y, por cómo se

localiza este recurso en el hábitat (Hanski, 1980). La abundancia de las especies está relacionada con los factores climáticos, existiendo mayor diversidad en los meses de mayor precipitación (Fincher y Wang 1993). De los Santos *et al.* (1982) reportaron que las especies de escarabajos de la Familia Carabidae que eclosionan en otoño, poseen niveles de agregación más elevados cuando se presentan en determinados pastizales y en época lluviosa. En este sentido, Jay-Robert *et al.* (2008), corroboraron los anterior al analizar la distribución espacial y temporal de especies coprófagas en las épocas de primavera, verano, otoño e invierno.

CONCLUSIONES

Se capturaron 4569 ejemplares pertenecientes a 15 especies de escarabajos, siendo las especies más abundantes: *Euoniticellus intermedius* y *Digitonthophagus gazella*.

La presencia de ivermectina en el estiércol afectó las capturas de *E. intermedius*, *D. gazella*, *P. tridens*, *D. colonicus*, *C. lugubris* y *A. cribithorax* de manera diferencial tanto por especie como en el tiempo.

Las especies más capturadas en trampas sin ivermectina fueron *E. intermedius*, *D. colonicus* y *C. lugubris* en junio del 2009. Mientras que *D. gazella* y *A. cribithorax* fueron más abundantes en trampas con ivermectina en octubre y noviembre del 2008 respectivamente.

Las poblaciones de escarabajos tuvieron, en general, una disposición espacial agregada. Presentaron una variabilidad temporal, tanto en la abundancia como en la presencia de las especies, en los meses comprendidos de septiembre y octubre del 2008 y junio del 2009.

En la especie *E. intermedius*, se observó una disposición agregada, teniendo mayor agregación en el mes de octubre. Los escarabajos de esta especie, se agruparon en general, en la parte central del pastizal.

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT con la beca N°164003 otorgada al primer autor. Al Colegio de Postgraduados por el financiamiento de tesis mediante el Fideicomiso N° 167304 para el Establecimiento y Operación de los Fondos para la Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico del Centro Público Colegio de Postgraduados. Al Instituto de Ecología A. C. de Xalapa, Ver y a la Universidad Veracruzana Campus Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Al Dr. Enrique Montes de Oca (Instituto de Ecología A.C. de Xalapa, Ver.) por su apoyo para llevar a cabo el trabajo de campo, así como por la determinación de

todas las especies estudiadas en este trabajo. Al Sr. Florencio Portilla por todas las facilidades otorgadas para trabajar en su rancho. A dos revisores anónimos por sugerencias y críticas para mejorar el trabajo.

REFERENCIAS

- Andresen, E., Feer, F. 2005. The role of dung beetles as secondary seed dispersers and their effect on plant regeneration in tropical rainforests. In: Forget, P.M., Lambert, J.E., Hulme, P.E. and Vander Wall, S.B., (eds). *Seed fate: Predation, dispersal and seedling establishment*. CABI Publishing, Oxon, UK. pp. 331-349.
- Anduaga, S. 2004. Impact of the activity of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabeinae) inhabiting pastures land in Durango, México. *Environmental Entomology*. 33 (5):1306-1312.
- Blackshaw, R.P., Vernon, R.S. 2008. Spatial relationships between two agrotis click-beetle species in agricultural fields. *Agricultural and Forest Entomology*. 10:1-11.
- Bliss, C.I., Fisher, R.A. 1953. Fitting the negative binomial distribution to biological data and note the efficient fitting of the negative binomial. *Biometrics*. 9:176-200.
- Cambefort, Y. 1991. From saprophagy to coprophagy. In: Hanski, I. and Cambefort, Y. Editors. *Dung Beetle Ecology*. Princeton University Press. New Jersey. Pp 22-35.
- Chirico, J., Wikteliuss, S., Waller, P.J. 2003. Dung beetle activity and development of trichostrongylid eggs into infective larvae in cattle faeces. *Veterinary Parasitology*. 118(1-2):157-163.
- Dale, M.R., Dixon, P., Fortín, M.J., Legendre, P., Myers, D.E., Rosenberg, M.S. 2002. Conceptual and mathematical relationships among method for spatial analysis. *Ecography*. 25:558-577.
- Decante, D., van Helden, M. 2008. Spatial and temporal distribution of *Empoasca vitis* within a vineyard. *Agricultural and Forest Entomology*. 10:111-118.
- De los Santos, A., Montes, C., Ramírez-Díaz, L. 1982. Modelos espaciales de algunas poblaciones de coleópteros terrestres en dos ecosistemas del bajo Guadalquivir (S. W. España).

- Mediterránea. Serie de Estudios Biológicos. 6:65-92.
- Dormont, L., Jay-Robert, P., Bessiere, J.M., Rapior, S., Lumaret, J.P. 2010. Innate olfactory preferences in dung beetles. *The journal of Experimental Biology*. 213:3177-3186.
- Escobar, F., Chacón de Ulloa., P. 2000. Distribución espacial y temporal en un gradiente de sucesión de la fauna de coleópteros coprófagos (Scarabaeinae, Aphodiinae) en un bosque tropical montano, Nariño, Colombia. *Biología Tropical*. 48(4):961-975.
- Fincher, G.T. 1986. Importation, colonization and release of dung-burying scarabs. *Biological control of Muscoid Flies*. Miscellaneous Publications of the Entomological Society of America. 61:69-76.
- Fincher, G.T., Wang, G.T. 1993. Injectable moxidectin for cattle: effects on two species of dung-burying beetles. *Southwestern Entomology*. 17:303-306.
- Floate, K.D. 1998. Does a repellent effect contributed to reduced levels of insect activity in dung from cattle treated with ivermectin? *Bulletin of Entomology Research*. 88:291-297.
- Floate, K.D. 2006. Endectocide use on cattle and faecal residues: an assessment of environmental effects in Canada. *Canadian Journal of Veterinary Research* 70:1-10.
- Floate, K.D. 2007. Endectocide residues affect insect attraction to dung from treated cattle: implications for toxicity test. *Medical and Veterinary Entomology*. 21:312-322.
- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Offset Larios. S.A. México, D.F. 252 p.
- García, J.C., Pardo, L.C. 2004. Escarabajos Scarabaeinae saprófagos (Coleoptera: Scarabeidae) en un bosque muy húmedo premontado de los andes occidentales colombianos. *Ecología Aplicada Universidad Nacional Agraria la Molina*. 3:59-63.
- Gill, B. D. 1991. Dung beetles in tropical American forest. In: Hanski, I. and Cambefort, Y. Editors. *Dung Beetle Ecology*. Princeton University Press. New Jersey. Pp 211-229.
- Giurfa, M. 2007. Behavioral and neural analysis of associative learning in the honeybee: a taste from the magic well. *Journal of Comparative Physiology*. 193:801-824.
- Grumm, L. 1980. Mechanism governing rate and direction of energy flow through carabid populations. *Polish Ecological Studies*. 4:129-175.
- Halfpeter, G., Edmonds, W.D. 1982. The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae). An ecological and evolutive approach. Instituto de Ecología, A. C., México, D. F. pp. 176.
- Hanski, I. 1980. Patterns of beetle succession in dropping. *Annals Zoologici Fennici*. 17:17-25.
- Hanski, I. 1991. North temperate dung beetles. In: Hanski, I. and Cambefort, Y. Editors. *Dung Beetle Ecology*. Princeton University Press. New Jersey. Pp 75-96.
- Hanski, I., Cambefort, Y. 1991. Spatial processes. In: Hanski, I. and Cambefort, Y. Editors. *Dung Beetle Ecology*. Princeton University Press. New Jersey. Pp 283-304.
- Herd, R.P., Stinner, B.R., Purrington, F.F. 1993. Dung dispersal and grazing area following treatment of horses a single dose of ivermectin. *Veterinary Parasitology*. 48:229-240.
- Herd, R.P. 1995. Endectocidal drugs: ecological risk and counter-measures. *International Journal of Parasitology*. 25(8):875-885.
- Holter, P., Sommer, C., GrØnvold, J. 1993. Attractiveness of dung from ivermectin-treated cattle to Danish and afrotropical scarabaeid dung beetle. *Veterinary Parasitology*. 48:159-169.
- Iglesias, L.E., Samuell, C.A., Fusé, L.A., Lützelshwab, C.A., Esteffan, P.E., Fiel, C.A. 2004. Patrón primaveral de colonización y permanencia de artrópodos en masas fecales de bovinos en la zona de Tandil, Argentina. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*. 33(2):85-100.
- Inouchi, J., Shibuya, T., Matsuzaki, O., Hatanaka, T. 1987. Distribución and fine structure of antennal olfactory sensilla in Japanese dung beetle, *Geotrupes auratus* MTO. (Coleoptera: Geotrupidae) and *Copris pecuarius* Lew. (Coleoptera: Scarabaeidae). *International Journal of Insect Morphology and Embriology*. 16(2): 177-187.

- Ives, A.R. 1991. Aggregation and coexistence in a carrion fly community. *Ecology Monography*. 61:75-94.
- Jay-Robert, P., Lumaret, J.P., Lebreton, J.D. 2008. Spatial and temporal variation of mountain dung beetle assemblages and their relationships with environmental factors (Aphodiinae: Geotrupinae: Scarabaeinae). *Annals of the Entomological Society of America*. 101 (1):58-69.
- Jeanbourquin, P., Guerin, P.M. 2007. Chemostimuli implicated in selection of oviposition substrates by the stable fly *Stomoxys calcitrans*. *Medical and Veterinary Entomology*. 21(3):209-216.
- Krüger, K., Scholtz C.H. 1998a. Changes in the structure of dung insect communities after ivermectin usage in a grassland ecosystem. I. Impact of ivermectin under drought conditions. *Acta Oecologica*. 19(5):425-438.
- Krüger, K., Scholtz C.H. 1998b. Changes in the structure of dung insect communities after ivermectin usage in a grassland ecosystem. II. Impact of ivermectin under high-rainfall conditions. *Acta Oecologica*. 19(5):439-451.
- Liebano, H.E., Vázquez, P.V., Cid, R.A. 1992. Determinación de larvas infectantes de nematodos gastroentéricos en pasto durante dos períodos del año en un clima tropical húmedo. *Técnica Pecuaria en México*. 30 (1):31-36.
- Litell, R. C., Henry, P.R., Ammerman, C.B. 1998. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. *Journal of Animal Science*. 76 (4):1216-1231.
- Litell, R.C., Stroup, W.W., Freund, R.J. 2002. SAS for lineal models. SAS Publishing. SAS Institute. Cary, NC. 466 p.
- Lobo, J. M., Martin-Piera, F., Veiga, C.M. 1988. Las trampas pitfall con cebo, sus posibilidades en el estudio de las comunidades coprófagas de Scarabaeoidea (Col.). I. Características determinantes de su capacidad de captura. *Revue d'écologie et de Biologie du Sol*. 25(1):77-100.
- López-Collado, J. 2004. SUPRA[®]. Surface Response Program for the Analysis of Spatial Data. Colegio de Postgraduados. Veracruz. 53 p.
- Lumaret, J.P., Galante, E., Lumbreras, C., Mena, C., Bertrand, M., Bernal, J.L., Cooper, J.F., Kadiri, N., Crowe, D. 1993. Field effects of antiparasitic drug ivermectin residues on dung beetle (Insecta: Coleóptera). *Journal of Applied Ecology*. 30:428-236.
- Lumaret, J.P., Martínez, I. 2005. El impacto de productos veterinarios sobre insectos coprófagos: consecuencias sobre la degradación del estiércol en pastizales. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 21(3):137-148.
- Madsen, M., Overgaard, B., Holter, P., Pedersen, O.C., Brochner, J., Vagn, K.M., Nansen, P., Gronvold, J. 1990. Treating cattle with ivermectina: effects on the fauna and decomposition of dung pats. *Journal of Applied Ecology*. 27:1-5.
- Malo, E.A., Cruz-López, L., Toledo, J., Del Mazo, A., Virgen, A., Rojas, J.C. 2005. Behavioral and electrophysiological responses of the mexican fruit fly (Diptera: Tephritidae) to guava volatiles. *The Florida Entomologist*. 88(4): 364-371.
- Martínez, M.I., Cruz, M.M., Lumaret, J.P. 2000. Efecto del diferente manejo de los pastizales y del ganado sobre los escarabajos coprófagos *Ataenius apicalis* Hinton y *Ataenius sculptor* Harold (Scarabaeidae: Aphodiinae: Eupariini). *Acta Zoologica mexicana (n.s.)*. 80:185-196.
- Martínez, T.J., Gómez, S., Ferry, M., Díaz, G. 2008. Rehearsals in tunnel of wind for the improvement of the effectiveness of the pheromone traps of the red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Dryophthoridae). *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*. 34:151-161.
- Montes de Oca, E. 2001. Escarabajos coprófagos de un escenario ganadero típico de la región de Los Tuxtlas, Veracruz: Importancia del paisaje en la composición de un gremio funcional. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*. 82:111-132.
- Montes de Oca, E., Anduaga, S., Rivera, E. 1994. Presence of the exotic dung beetle *Euoniticellus intermedius* (Reiche) (Coleoptera: Scarabaeidae). *The Coleopterists Bulletin*. 48(3):244 p.
- Montes de Oca, E., Halfpeter, G. 1995. Daily and seasonal activities of a guild of the coprophaneus, burrowing beetle (Coleoptera:

- Scarabaeidae: Scarabeinae) in tropical grassland. *Tropical Zoology*. 8:159-180.
- Montes de Oca, E., Halfpeter, G. 1998. Invasion of Mexico by two dung beetles previously introduced into the United States. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. 33:37-45.
- Morales, C., Ruiz, R., L. Delgado. 2004. Primer registro de *Euoniticellus intermedius* (Reiche, 1849) y datos nuevos de distribución de *Digitonthophagus gazella* (Fabricius, 1787) (Coleoptera: Scarabaeidae) e *Hybosorus illigeri* (Reiche, 1853) (Coleoptera: Hybosoridae) para el estado de Chiapas. *Dugesiana*. 11(2):21-23.
- Navarrete, D., Halfpeter, G. 2008. Dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabeinae) diversity in continuous forest, forest fragments and cattle pastures in a landscape of Chiapas, Mexico: the effects of anthropogenic changes. *Biodiversity Conservation*. 17:2869-2898.
- Pielou, E.C. 1960. A single mechanism to account for regular, random and aggregated populations. *The Journal of Ecology*. 48: 575-584.
- Rojas, B.A. 1964. La binomial negativa y la estimación de intensidad de plagas en el suelo. *Fitotecnia Latinoamericana*. 1:27-36.
- Römbke, J., Anja, C., Alonso, F.A., Förster, B., Fernández, C., Jensen, J., Lumaret, J.P., Porcel, C.M., Liebig, M. 2010. Effects on the parasiticide ivermectina on the structure and function of dung and soil invertebrate communities in the field (Madrid, Spain). *Applied Soil Ecology*. 45:284-292.
- Shabtay, A., Ravid, U., Brosh, A., Baybikov, R., Eitam, H., Laor, Y. 2009. Dynamics of offensive gas-phase odorants in fresh and aged feces throughout the development of beef cattle. *Journal of Animal Science*. 87:1835-1848.
- Sommer, C., Bibby, B.M. 2002. The influence of veterinary medicines on the decomposition of dung organic matter in soil. *European Journal of Soil Biology*. 38(2):155-159.
- Statistical Analysis System (SAS Institute). 2004. SAS/STAT® 9.1 User's Guide. SAS Institute Inc. Cary, N. C. 5121 p.
- Steel, R.G.D., Torrie, J.H., Dickey, D.A. 1997. Principles and procedures of statistics a biometrical approach. 3a edición. Editorial McGrawHill. 666 p.
- Strong, L., Wall, R., Woolford, A., Djeddour, D. 1993. The effect of focally excreted ivermectin and fenbendazole on the insect colonization of cattle dung following the oral administration of sustained-released boluses. *Veterinary Parasitology*. 62:253-266.
- Suárez, V.H. 2002. Colonización de invertebrados y degradación de las excretas de bovinos tratados con doramectina e ivermectina en otoño. *Revista de Medicina Veterinaria*. 83(3):108-111.
- Suárez, V.H., Lifschitz, A.L., Sallovitz, J.M., Lanusse, C.E. 2003. Effects of ivermectin and moxidectin faecal residues on the invertebrate colonization of cattle dung. *Journal of Applied Entomology*. 127(8):481-488.
- Taylor, L.R. 1961. Aggregation, variance and the mean. *Nature*. 189:732-735.
- Vera, G.J., Pinto, M.V., López, C.L., Reyna, R.R. 2002. *Ecología de poblaciones de insectos*. 2ª edición. Colegio de Postgraduados. México, D.F. 137 p.
- Ward, D.F., New, T.R., Yen, A.L. 2001. Effects of pitfall trap spacing on the abundance, richness and composition of invertebrate catches. *Journal of Insect Conservation*. 5: 47-53.
- Wardhaugh, K.G., Mahon, R.J. 1991. Avermectin residues in sheep and cattle dung and their effects on dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) colonization and dung burial. *Bulletin of Entomology Research*. 81:333-339.
- Wardhaugh, K.G., Longstaff, B.C., Morton, R. 2001. A comparison of the development and survival of the dung beetle, *Onthophagus Taurus* (Schreb.) when fed on the faeces of cattle treated with pour-on formulations of eprinomectin or moxidectin. *Veterinary Parasitology*. 99(2):155-168.
- Wolda, H. 1988. Insect seasonality. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 19:1-18.
- Yanez, G.G., Mórón, M.A. 2010. Fauna de coleópteros Scarabeoidea de Santo Domingo Huehuetlán, Puebla, México. Su potencial como

- indicadores ecológicos. Acta Zoológica Mexicana (n.s). 26 (1):123-145.
- Yokoyama, K., Kai, H., Koga, T., Aibe, T. 1991. Nitrogen mineralization and microbial populations in cow dung, dung balls and underlying soil affected by paracoprid dung beetles. Soil Biology y Biochemistry. 23 (7):643-647.
- Zar J. H. 1996. Biostatistical Analysis. 3rd Edition, Prentice Hall. pp. 662. http://www.srcosmos.gr/srcosmos/generic_pinakas.aspx?pinakas-cited_refs&Alpharef-Zar%20jh (Consultada el 8 de septiembre de 2010).

Submitted January 06, 2011 – Accepted May 20, 2011

Revised received October 28, 2011