



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS VERACRUZ

POSTGRADO EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES

**DINÁMICA ESPACIO-TEMPORAL DE NEMATODOS
GASTROINTESTINALES Y ESCARABAJOS ESTERCOLEROS EN UN
AGROECOSISTEMA BOVINO DE VERACRUZ**

CAROLINA FLOTA BAÑUELOS

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTORA EN CIENCIAS


TEPETATES, MANLIO FABIO ALTAMIRANO, VERACRUZ

2011

La presente tesis titulada: **Dinámica espacio-temporal de nematodos gastrointestinales y escarabajos estercoleros en un agroecosistema bovino de Veracruz**, realizada por la alumna: **Carolina Flota Bañuelos**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS
AGROECOSISTEMAS TROPICALES

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO: 
DR. JOSÉ LOPEZ COLLIADO

DIRECTORA: 
DRA. IMELDA MARTINEZ MORALES

ASESOR: 
DR. MÓNICA DE LA CRUZ VARGAS MENDOZA

ASESOR: 
DR. HÉCTOR GONZÁLEZ HERNÁNDEZ

ASESOR: 
DR. OCTAVIO RUIZ ROSADO

Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, 2 de diciembre de 2011

DINÁMICA ESPACIO-TEMPORAL DE NEMATODOS
GASTROINTESTINALES Y ESCARABAJOS ESTERCOLEROS EN UN
AGROECOSISTEMA BOVINO DE VERACRUZ

Carolina Flota-Bañuelos, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2011

Se analizaron los componentes del agroecosistema bovino, con la inclusión de la ivermectina sobre la abundancia y la disposición espacio-temporal de escarabajos estercoleros y de nematodos gastrointestinales. El capítulo I presenta el estudio de los nematodos gastrointestinales que afectan a los bovinos, su abundancia, su dispersión en el potrero, y el efecto de la ivermectina sobre los huevecillos en las heces. Se encontró que los parásitos que afectan al ganado son *Haemonchus contortus*, *Trichostrongylus axei*, *Cooperia* spp. y *Ostertagia* spp., sus larvas se encuentran generalmente agregadas en los pastizales durante casi todo el año; su abundancia fluctúa y esta correlacionada positivamente con la precipitación. Además, no hubo reducción en la cantidad de huevecillos en el estiércol al desparasitar los bovinos con ivermectina. En el Capítulo II, se describe la abundancia y el patrón espacial de los escarabajos coprófagos que habitan en el agroecosistema bovino. Se colectaron 4,569 individuos que corresponden a 15 especies. Las más abundantes fueron *Euoniticellus intermedius* y *Digitonthophagus gazella*. Las capturas de algunas especies fueron afectadas por la presencia de ivermectina, como es el caso de *D. gazella* y *Ataenius cribrithorax*. Los coleópteros mostraron una disposición agregada durante todo el año de estudio.

Palabras clave: disposición espacial, nematodos gastrointestinales, pastizal, agroecosistema bovino, escarabajos estercoleros.

SPATIO-TEMPORAL DYNAMICS OF GASTROINTESTINAL
NEMATODES AND DUNG BEETLES IN A CATTLE
AGROECOSYSTEM OF VERACRUZ

Carolina Flota-Bañuelos, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2011

I analyzed how the inclusion of ivermectin affected some cattle agroecosystem components, such as the abundance and spatio-temporal arrangement of dung beetles and gastrointestinal nematodes. Chapter I describes some the gastrointestinal nematodes affecting cattle, regarding its abundance, spatial arrangement on the field, and the effect of ivermectin on the eggs in the feces. The most important parasites affecting cattle were *Haemonchus contortus*, *Trichostrongylus axei*, *Cooperia* spp. and *Ostertagia* spp., their larvae are found in pastures throughout most of the year. Populations were aggregated during all the sampling period and its abundance was positively correlated with precipitation. In addition, there was no reduction in the number of eggs found in dung from cattle treated with ivermectin. Finally in Chapter II, I describe the abundance and spatial pattern of dung beetles that occur in a grazing agroecosystem. I found 4569 individuals from 15 species. The most abundant were *Euoniticellus intermedius* and *Digitonthophagus gazella*. Captures of some species were affected by the presence of ivermectin as *D. gazella* and *Ataenius cribithorax*. The beetles had an aggregated pattern during the year of study.

Key word: spatial disposition, gastrointestinal nematode, pasture, cattle agroecosystem, dung beetles.

DEDICATORIAS

A mi hija Dulce Carolina y a Bernardino, por ser las personas más importantes en mi vida y motivo de todas mis superaciones.

A mi madre Gudelia Bañuelos López y mi padre Manuel Flota Lara, por ser los causantes de mi educación e impulsarme a seguir adelante.

A todos mis familiares, que de alguna u otra forma contribuyeron a mi formación académica.

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz por la oportunidad que me dieron para formarme académicamente en el Programa de Agroecosistemas Tropicales.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca No. 46723, otorgada para realizar los estudios de Doctorado en Ciencias.

Al fideicomiso N° 167304, por el financiamiento para realizar la investigación.

Al Instituto de Ecología, por las facilidades brindadas y el uso de sus instalaciones.

A la Dra. Imelda Martínez Morales y al Dr. José López Collado por su paciencia durante todo el proceso de la titulación, así como su confianza y apoyo incondicional.

A la Dra. Mónica Vargas Mendoza, Dra. Pernilla Fajersson, Dr. Octavio Ruiz Rosado y al Dr. Héctor González Hernández, por compartir sus conocimientos, pero sobre todo por su amistad, confianza y apoyo en los momentos difíciles.

Al Dr. Enrique Montes de Oca, por su apoyo en la identificación y determinación de las especies de escarabajos estercoleros, así como por brindar su material para la realización de las colectas.

A los compañeros de generación, Gerardo, Lupita, Hugo, Ricardo, Manuel, Karla, Blanca y Anabel. Por todos los momentos gratos que pasamos juntos.

A Julieta Ramírez, por su amistad, confianza y amabilidad durante los años que estuve en Veracruz, y al personal del Campus Veracruz que contribuyeron y facilitaron de diferentes maneras a que realizara mis actividades.

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1. Problema de investigación.....	2
2. Preguntas de investigación.....	4
3. Hipótesis.....	5
4. Objetivos.....	5
5. Revisión de literatura.....	7
6. Literatura citada.....	18
CAPÍTULO I. EFECTO DE LA IVERMECTINA SOBRE LOS HUEVECILLOS DE NEMATODOS Y DISPOSICIÓN ESPACIAL DE SUS LARVAS INFECTIVAS EN UN PASTIZAL DE MEDELLÍN, VERACRUZ	25
1.1 Introducción.....	27
1.2 Materiales y métodos.....	30
1.3 Resultados.....	33
1.4 Discusión.....	36
1.5 Conclusiones.....	40
1.6 Literatura citada.....	41
CAPÍTULO II. EFECTO DE LA IVERMECTINA EN LA DINÁMICA ESPACIO-TEMPORAL DE ESCARABAJOS ESTERCOLEROS EN VERACRUZ, MÉXICO	53
2.1 Introducción.....	55
2.2 Materiales y métodos.....	57
2.3 Resultados.....	61
2.4 Discusión.....	65
2.5 Conclusiones.....	69
2.6 Literatura citada.....	70
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES	84
1. Conclusiones.....	84
2. Recomendaciones.....	87

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Índice de disposición espacial de <i>Haemonchus contortus</i> durante doce meses de muestreo, en el rancho ganadero San Ramón de Veracruz, México.....	52
Cuadro 2. 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.....	77
Cuadro 3. 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.....	78

LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura 1.	Relaciones entre los componentes del pastizal en el agroecosistema bovino. A) Interacción pasto-herbívoro, B) Interacción fauna edáfica-suelo, C) Interacción estiércol-mosca-nematodos gastrointestinales-escarabajos, D) Operador.....	24
Figura 2.	Ciclo de vida de los nematodos gastrointestinales que parasitan a los rumiantes. (Adaptado de www.petalia. .com.....	46
Figura 3.	Larvas infectantes de nematodos gastrointestinales de bovinos encontradas en el pastizal del rancho San Ramón, en Medellín, Veracruz. Medida de largo total del cuerpo: <i>T. axei</i> (583-785 µm), <i>Ostertagia</i> spp.(780-978 µm), <i>Cooperia</i> spp. (666-899 µm) y <i>H. contortus</i> (600-805 µm).....	47
Figura 4.	A) Promedio del número larvas infectantes de nematodos gastrointestinales por gramos de biomasa seca de pasto (L3 kg MS ha ⁻¹), colectadas de julio del 2008 a junio del 2009, en un pastizal ubicado en Medellín, Veracruz. B) Medias de Temperatura (◆) y Precipitación (■) durante el período comprendido de julio 2008 a junio 2009 en la Laguna, Medellín, Ver (Fuente: Estación meteorológica del INIFAP Cotaxtla).....	48
Figura 5.	Porcentaje de larvas de tercer estadio de especies de nematodos, colectadas en un pastizal de Medellín, Veracruz. Las barras más oscuras (■) representan a las larvas de <i>H. contortus</i> . Las barras de color claro (□) agrupa las larvas de <i>Trichostrongylus</i> sp., <i>Ostertagia</i> sp. y <i>Cooperia</i> sp.....	49
Figura 6.	Isodensidades del número total de larvas infectivas, colectadas un pastizal de Medellín, Veracruz. Los cuadros (■) indican los puntos de muestreo de las larvas. Las líneas señalan el polígono correspondiente al potrero en estudio.....	50
Figura 7.	Promedio del número de huevecillos de nematodos gastrointestinales por gramo de heces (hpg) de bovinos en pastoreo, colectados de julio del 2008 a junio del 2009.....	51
Figura 8.	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.....	79
Figura 9.	Promedio de individuos de varias especies de escarabajos estercoleros colectados durante un año de estudio de julio 2008 (JL) a junio 2009 (JN). A) <i>E. intermedius</i> . B) <i>P. tridens</i> . C) <i>D. colonicus</i> . D) <i>D. gazella</i> . E) <i>C. lugubris</i> . F) <i>A. cribithorax</i> . Las flechas en la Figura 2A, indican los meses en que fueron desparasitados los animales.....	80
Figura 10.	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.....	81
Figura 11.	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...	82
Figura 12.	Disposición espacial de las poblaciones de <i>Euoniticellus intermedius</i> 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.....	83

INTRODUCCIÓN GENERAL

La ganadería bovina es una de las principales actividades productivas en el estado de Veracruz, destinando el 50.6 % del total de la superficie del territorio veracruzano a esta actividad. El inventario bovino en Veracruz es de 4.8 millones de cabezas de ganado (Gobierno del Estado de Veracruz, 2009), con los cuales se producen 234 mil t de carne y 700 millones L de leche anuales, por lo que a nivel nacional, Veracruz ocupa el primer lugar en producción de carne de bovino (Gobierno del Estado de Veracruz, 2011) y el sexto lugar en producción de leche (Gobierno del Estado de Veracruz, 2009).

Sin embargo la ganadería presenta problemas, como el abastecimiento de forraje, la cual resulta insuficiente en la época de sequía, y el parasitismo en el ganado, como el ocasionado por los nematodos gastrointestinales (Pérez *et al.*, 2003), el cual ocasiona pérdidas económicas.

De los nematodos parásitos del ganado vacuno, *Haemonchus contortus* Rudolphi, 1803 (Strongylida: Trichostrongylidae) y *Bunostomum* spp. son los más perjudiciales, por presentar alimentación hematófaga en la fase adulta, ocasionando pérdida de condición corporal, disminución de peso, anemia y muchas veces la muerte en terneros (Sommer *et al.*, 1992).

Por muchos años, los ganaderos han utilizado desparasitantes químicos para el control de los nematodos gastroentéricos, pero esto ha generado poblaciones de

parásitos resistentes, trayendo como consecuencia una disminución de la eficacia de los productos químicos (Prichard *et al.*, 1998).

Actualmente existen alternativas que bajo un enfoque integral de control de los parásitos, buscan minimizar los efectos adversos al ambiente. Dentro de las opciones están los escarabajos coprófagos, que proporcionarían otros beneficios, además del control parasitario. Estos coleópteros han sido estudiados en Australia, Estados Unidos y Suecia (Bryan y Kerr, 1989; Thomas, 2001; Chirico *et al.*, 2003) obteniendo buenos resultados cuando se usan como biocontroladores de nematodos gastroentéricos. Estos resultados fueron las bases para estudiar las poblaciones de escarabajos estercoleros y nematodos gastrointestinales, que interactúan en el agroecosistema bovino en Medellín, Veracruz.

1. Problema de investigación

La ivermectina es uno de los principales ingredientes activos de los desparasitantes utilizados actualmente, este producto semisintético 22,23-dihydro derivado de la avermectina B₁ (Egerton *et al.* 1980), fue el primer producto comercial que se introdujo en 1981, para el control de nematodos y artrópodos (Jackson, 1989). Es un agente antiparasitario utilizado tanto endo como ectoparasiticida en varias especies como son: los bovinos, cerdos, caballos, perros, gatos. La dosis utilizada en bovinos es de 0.2 mg /kg por vía parenteral y para uso tópico es de 0.5 mg/kg.

En Veracruz es utilizado con gran éxito para disminuir las cargas parasitarias de los nematodos gastrointestinales en los bovinos (Vázquez *et al.*, 1984). Sin embargo, su uso prolongado en los bovinos aumenta la posibilidad de prevalencia de nematodos gastroentéricos entre un 70 y 100 % en el total de los animales en un hato, lo cual se puede deber a la resistencia de los parásitos a los antihelmínticos (Waller, 1997).

Los residuos de la ivermectina se concentran en el hígado y en tejido graso de los bovinos, por lo que pueden afectar la salud de las personas que consumen esa carne. Por otro lado, la mayor forma de eliminación de éste químico es la vía fecal, lo que causa daños sobre las diferentes especies de organismos que pasan parte de su vida en el estiércol de los bovinos (Madsen *et al.*, 1990).

Ya en el estiércol, la ivermectina puede ocasionar alteraciones en las poblaciones de fauna coprófaga, al afectar su oviposición, fecundidad (Floate, 2007), o su atracción hacia el estiércol (Wardhaugh y Mahon, 1991), lo que ocasionaría también, modificaciones en su disposición tanto espacial como temporal.

Estas distribuciones espaciales sugieren hipótesis acerca de los mecanismos que afectan las poblaciones naturales (Morlans, 2004). En este sentido, es de importancia conocer cómo influye la ivermectina sobre la disposición espacial y temporal de algunas especies de escarabajos estercoleros. En el caso de las larvas de los nematodos gastroentéricos, su distribución en los pastizales está ligada a las condiciones climatológicas que influyen sobre el desarrollo de los huevecillos y su posterior eclosión a fases larvarias infectantes (Nari, 2001). En este caso, se le

agrega la efectividad que ejerza el desparasitante a base de ivermectina sobre los huevecillos que posteriormente caerán al pastizal para seguir con su ciclo vital.

2. Preguntas de investigación

De acuerdo a la problemática anterior se plantearon las siguientes preguntas las cuales sirvieron para plantear las hipótesis y los objetivos de esta tesis:

¿Cómo es la disposición espacial y temporal de las larvas de los nematodos gastrointestinales en los pastizales?

¿Cuál es la carga parasitaria de los bovinos desparasitados con ivermectina que se encuentran bajo pastoreo?

¿Cuáles son los escarabajos estercoleros más abundantes en un pastizal de la zona centro de Veracruz?

¿Cuál es el efecto de la ivermectina que se aplica a los bovinos sobre la abundancia de los escarabajos estercoleros y como modifica su disposición espacial y temporal?

3. Hipótesis

La abundancia y disposición espacio-temporal de las etapas exógenas de los nematodos gastrointestinales y de las poblaciones de escarabajos coprófagos, son modificadas por la aplicación de ivermectina al ganado bovino.

Hipótesis particulares:

H1) Las larvas de nematodos gastrointestinales, se encuentran en la biomasa vegetal de los pastizales únicamente durante los meses con precipitación.

H2) La ivermectina aplicada a los bovinos, reduce la cantidad de huevecillos de nematodos gastrointestinales.

H3) La abundancia de las diferentes especies de escarabajos estercoleros, es modificada por la atracción del cebo con ivermectina.

4. Objetivos

Evaluar el efecto de la ivermectina sobre la disposición espacial y abundancia de las poblaciones de nematodos gastrointestinales y escarabajos estercoleros

Objetivos particulares:

- 1) Describir la dinámica espacial y temporal de las larvas infectivas de nematodos gastrointestinales en un pastizal.
- 2) Conocer el efecto de la ivermectina sobre la abundancia de huevecillos de nematodos gastrointestinales en las excretas del ganado.
- 3) Estimar el efecto de la ivermectina como cebo atrayente en la dinámica espacial y temporal de los escarabajos estercoleros.

La presente tesis se presenta en apartados que abordan de manera independiente el problema de investigación planteado. La presente sección corresponde a la Introducción General, donde se incluye la introducción, el planteamiento del problema que da origen a la investigación, los objetivos e hipótesis planteadas. Así como a la revisión de literatura que abordó los componentes e interacciones que se realizan en el agroecosistema bovino, se presenta un análisis interpretativo del conocimiento existente a la fecha. El Capítulo I presenta el estudio del patrón espacio-temporal encontrado en los parásitos gastrointestinales en la zona centro tropical de Veracruz. En el Capítulo II se muestran los resultados sobre el análisis de la dinámica espacio-temporal de escarabajos estercoleros en la zona central tropical de Veracruz, México. Finalmente, en el apartado de Conclusiones generales, se presentan las conclusiones más relevantes de la investigación de tesis.

5. Revisión de literatura

5.1 Ecología del agroecosistema bovino

En Veracruz, la ganadería bovina es un factor que interacciona con los ecosistemas que ocurren en las regiones biogeográficas del estado (Hernández *et al.*, 2006); es una actividad dinámica y su práctica repercute sobre aspectos sociales, ambientales, culturales y económicos de la sociedad.

Dentro de los aspectos ambientales, la variabilidad espacial de las especies dentro de este agroecosistema, es la respuesta a una serie de procesos que interactúan a escalas temporales y espaciales (Blondel, 1987). Entre estos procesos se encuentra la conversión de bosques a pastizales, esencialmente monocultivo de pastos, que aunque favorece la productividad ganadera, repercute negativamente sobre la biodiversidad, al reducir, además de las especies vegetales eliminadas, el hábitat y alimento de numerosas especies de animales silvestres (Hernández *et al.*, 2003).

Una práctica de manejo antropogénica que repercute sobre el agroecosistema bovino, es la introducción de productos químicos empleados como desparasitantes, los cuales ocasionan fragmentación o cambios en la estructura de las comunidades de algunas especies de escarabajos (Krüger y Scholtz, 1998), modificando la colonización del estiércol, siendo este otro elemento del agroecosistema.

Por lo anterior, el presente capítulo analiza la importancia de estudiar a los agroecosistemas bovinos, identificando e interpretando sus elementos y las interacciones, incluyendo elementos derivados de actividades humanas, como son la aplicación de productos químicos aplicados al ganado y al pastizal, su influencia e impacto en las propiedades de estos agroecosistemas.

5.2 Descripción y manejo del pastizal en los agroecosistemas bovinos tropicales

Los pastizales son un tipo de vegetación caracterizado por la dominancia de gramíneas, ya sea pastos o zacates y, que en condiciones naturales, se desarrolla bajo la interacción del clima, suelo y biota (CONAFOR, 2011). A su vez, Sarmiento (1996) menciona que los pastizales tropicales están conformados de varias especies de gramíneas nativas americanas o introducidas de África, que son inestables por tener etapas serales, cuyo destino depende del uso al que estén sometidos, como la carga animal, el tipo de pastoreo, los procedimientos de deshierbe, el uso de fertilizante y herbicida que son aplicados por el productor.

La extensión de los pastizales en Veracruz es de 32,309.83 ha sembradas, las cuales producen 215, 942 t año⁻¹ de pasto (INEGI, 2009), que sirven para alimentar 4.8 millones de cabezas de ganado (Gobierno del Estado de Veracruz, 2009). Estos pastizales se encuentran en las áreas donde la vegetación leñosa original fue eliminada de manera natural o por medio de actividades humanas, como fuegos intencionados, desbroce, roturación, abonado, riego y la introducción de ganado para pastoreo, dando lugar en muchos casos a complejas combinaciones de prácticas de

manejo (Rebollo y Gómez, 2003). En estos sistemas modificados, el manejo humano juega un papel esencial e influye en la dinámica general del suelo y vegetación.

La producción de carne y de leche de bovino en Veracruz, proviene del ganado manejado en las regiones tropicales húmedas, subhúmedas y secas del estado, donde predomina el sistema denominado “doble propósito”. En este sistema, existen estratos de productores respecto al tipo de tenencia de la tierra o posesión de los medios de producción básicos (tierra y ganado), lo que se refleja en el nivel tecnológico y de organización, así como en sistemas de producción (Rodríguez, 2000).

Una característica importante de los agroecosistemas bovinos, es que la alimentación del ganado depende casi exclusivamente de las gramíneas que existen en los pastizales, siendo especies nativas de bajo valor forrajero y que, en general, se manejan en forma inadecuada (Vilaboa y Díaz, 2009). La disponibilidad del forraje, está determinado, entre otros factores, por la precipitación, que a su vez, influye en su valor nutritivo (Bernal *et al.*, 2006), reflejándose en la estacionalidad de la producción de leche.

5.3 Componentes e interacciones del agroecosistema bovino

El agroecosistema bovino está constituido por diferentes elementos, que interactúan entre ellos de manera continua. En este caso, el agroecosistema está conformado principalmente por el pastizal, los bovinos, los parásitos gastrointestinales de

bovinos, el estiércol, las moscas, el suelo, los escarabajos estercoleros, sus interacciones y el productor, el cual se encarga del manejo de este agroecosistema, que se describen a continuación (Figura 1).

- Interacción pasto-herbívoro

Un componente importante del agroecosistema bovino es el pastizal, el cual se ha estudiado desde varios enfoques, según las necesidades de conocimiento, por ejemplo, como fuente de fibra y proteína (Pozo *et al.* 2002; López *et al.*, 2010), como lugar de pastoreo extensivo o intensivo (Lewis *et al.*, 1990), para describir y analizar la sucesión de especies en un retorno a la vegetación primaria (Reiners *et al.*, 1994) y como parte elemental del paisaje ganadero (Sánchez *et al.*, 2005). Estos estudios abordan algunos aspectos de los componentes de estos sistemas, generalmente con fines de elevar la productividad y aprovechar los recursos con un enfoque económico.

No obstante, desde el punto de vista agroecológico, el pastizal es considerado como un elemento de la estructura de un sistema de producción o agroecosistema (Ruiz *et al.*, 2010), debido a que el agroecosistema está conformado por elementos bióticos y abióticos que interactúan de diferentes maneras (Ruiz, 2006), donde las perturbaciones que sufren algunos de sus componentes pueden tener efectos imprevistos sobre otros componentes del sistema.

La principal función de los pastos en los sistemas de producción, es el suministro de material vegetal para producir biomasa animal o carne. Para que exista una producción de biomasa vegetal, es necesario que los diversos elementos interactúen en procesos ecológicos. Estos procesos incluyen el flujo de energía, los ciclos biogeoquímicos y la regulación biológica (Singh y Upadhyaya 2001).

La composición y productividad de los pastos es regulada por la actividad de los herbívoros, además de los productores primarios y descomponedores, donde los bovinos aprovechan directamente la producción de material vegetal (Miller, 1990), siendo ésta una relación directa entre un bovino y el pasto que consume.

Al efectuarse esta acción, existe un efecto benéfico para la productividad del forraje, debido a que se remueve el exceso de material vegetal, que estimula la producción de nueva biomasa y permite la germinación de otras gramíneas suprimidas por el excedente de material vegetal (Gliessman, 2002).

Por el contrario, un factor que impide el aprovechamiento del pastizal por parte de los bovinos, es que los pastos se encuentren cubiertos con estiércol (Anduaga y Huerta, 2007), provocando ahogamiento y desecación del pasto (Lobo y Veiga, 1990), que finalmente reduce el área disponible para el pastoreo.

- Interacción fauna edáfica-suelo

La importancia de los organismos del suelo deriva de su cantidad, diversidad y, sobre todo de su gran espectro de actividades que, en la mayoría de los casos, repercuten en otras especies con las cuales comparten un determinado hábitat. Se dice que 0.4047 ha de suelo superior fértil y vivo, puede contener 408 kg de lombrices, 1088 kg de hongos, 680 kg de bacterias, 60 kg de protozoarios y 404 kg de artrópodos (Pimentel, 1995). Las funciones que cumplen estos invertebrados, dependen de la eficacia de su sistema digestivo, del tipo de interacción que mantiene con la microflora del suelo, de la naturaleza y, de la abundancia de las estructuras biológicas que esos invertebrados producen en el suelo (Lavelle, 1996). En este sentido, Sullivan (2007), menciona que algunas especies de artrópodos entierran sus residuos alimenticios, poniéndolos en contacto con otros organismos del suelo que siguen el proceso de degradación. Esto ocasiona que otros microbios e invertebrados estimulen más rápidamente la descomposición de la materia orgánica, disminuyendo el tamaño de partícula de los residuos de plantas y animales (Foster, 1988).

En este sentido, los escarabajos coprófagos juegan un papel ecológico importante en los ecosistemas de las regiones templadas, tropicales y subtropicales, particularmente los escarabajos de la subfamilia Scarabaeinae, debido a que eliminan grandes volúmenes de estiércol al emplearlo para su alimentación y la reproducción (Halffter y Matthews, 1966; Halffter y Edmonds, 1982; Anduaga y Huerta, 2007). Así mismo, participan en varios procesos biológicos y ecológicos, entre los

que destaca el reciclaje de nutrientes, el incremento de la fertilidad y productividad del suelo (Yokoyama *et al.*, 1991).

- Interacción estiércol-moscas-nematodos gastroentéricos-escarabajos

El estiércol, es una unidad efímera de biomasa potencialmente aprovechable por un amplio número de organismos (Lobo y Veiga, 1990), que sirve también de reservorio de varios organismos nocivos para la actividad ganadera, tales como las larvas de la mosca *Haematobia irritans*, que ocasionan pérdida de sangre, irritación, molestias en los bovinos y la consecuente reducción en la producción de leche, de peso y una posible predisposición a otras enfermedades (Guglielmone *et al.*, 1999). De una boñiga, pueden proliferar de 60 a 80 moscas adultas, pero cuando existe competencia con otras especies, como el escarabajo *Onthophagus gazella*; las emergencias de huevecillos de moscas decrecen en un 95 %, a diferencia de las boñigas sin escarabajos (Thomas, 2001).

Otros organismos nocivos para los bovinos, que pasan una fase de su vida en el estiércol son los nematodos gastrointestinales. Sin embargo, las larvas de estos nematodos dejan de ser viables cuando los escarabajos estercoleros entierran las boñigas a más de 10 cm, lo que evita su retorno a la superficie (Bryan y Kerr, 1989). Dentro de los escarabajos que controlan a los nematodos tenemos a *Diastellopalpus quinquedens*, que tiene la capacidad de enterrar un 40 % los huevecillos de *Cooperia* sp. en el estiércol, reduciendo en 88 % la emergencia de sus larvas infecciosas, durante un período de 33 días (Sommer *et al.*, 1992). En este sentido, Bryan (1976)

evaluó el efecto de dos, diez y 30 parejas de escarabajos sobre el número de larvas de nematodos gastrointestinales eclosionadas de los huevecillos encontrados en el estiércol, encontrando reducciones de 40, 74 y 66 %, respectivamente, en comparación con el estiércol sin escarabajos. Así mismo, la actividad del escarabajo *Aphodius* spp. en el estiércol fresco del ganado bovino, puede disminuir el desarrollo de las etapas infectivas de los nematodos gastrointestinales (Chirico *et al.*, 2003).

5.4 Problemática generada por actividades humanas en la ecología de los pastizales

En la mayoría de los ranchos ganaderos de México, generalmente se observa el uso de productos químicos tales como anabólicos, antibióticos, antiparasitarios y sustancias hormonales que sirven para combatir enfermedades, como anaplasmosis (Figuroa *et al.*, 1999), babesiosis (Solís *et al.*, 1998), brucelosis (Martínez *et al.*, 2011) y parasitosis (Vázquez *et al.*, 2004). Todo lo anterior con el fin de aumentar la producción de leche y carne de los bovinos (Noss, 1994).

Estas actividades humanas encaminadas a mejorar dicha productividad, pueden ocasionar efectos secundarios negativos en la salud humana, por la presencia de residuos químicos en la leche o carne, originando su acumulación en la grasa o hígado, desencadenando cuadros de toxicidad e incluso cáncer (Márquez, 2008). Así mismo, los residuos en el estiércol de los antiparasitarios pueden causar daños sobre la fauna edáfica. Dentro de los desparasitantes están el fenbendazol, ivermectina, albendazol o levamisol, y existen insecticidas organofosforados y piretroides que sirven para el control de las moscas (Martínez y Cruz, 2009). Estos productos

ocasionan impactos dañinos sobre la flora y fauna que ahí se encuentra; por ejemplo, los productos basados en las ivermectinas son potencialmente tóxicas, debido a que persiste en las excretas de los bovinos durante más de 160 días posteriores a su aplicación al ganado (Alvinerie *et al.*, 1999), siendo los ingredientes activos o sus metabolitos letales para los insectos benéficos (SAFO, 2005).

En este sentido, es de importancia resaltar que los organismos que cohabitan en el pastizal como parte del agroecosistema, tienen una determinada disposición espacial (Vera *et al.*, 2002), el cual es modificado continuamente por la interacción de las poblaciones con otras especies de organismos y por efecto de cambios en los componentes abióticos, como la precipitación y la temperatura; así como cambios en la disponibilidad de los recursos, ya sea alimenticios o de refugio. Lo mismo puede ocurrir por la aplicación de plaguicidas o desparasitantes en los pastizales. Por lo que es importante realizar estudios sobre patrones espaciales para conocer dichos cambios, como el realizado por Webb *et al.* (2010), quienes estudiaron la abundancia y dispersión del escarabajo estercolero *Aphodius* spp. en respuesta al estiércol de bovinos tratados con avermectina, encontrando que este escarabajo puede diferenciar entre el estiércol tratado del no tratado con doramectina a una escala espacial de 70 m. Pero, si el pastizal donde se encuentran el estiércol de los bovinos tratados con el químico está rodeado por otras tierras sin el recurso efímero, como cultivos, o tierras arables, entonces los escarabajos estercoleros colonizaran el estiércol con los residuos de avermectina.

Por otra parte, debido a la incidencia de maleza que afectan la productividad de los pastizales, en la zona centro de Veracruz se aplican mezclas de los herbicidas picloram+fluroxipir (60+60 g i.a. /100 L agua), para controlar la maleza escobilla y puzgual (Esqueda *et al.*, 2005), sin reconocer los efectos secundarios sobre la edafofauna, como los encontrados por Martínez *et al.* (2000) en Actopan, Veracruz, quienes reportan el efecto negativo ocasionado por el herbicida picloram+2,4-D sobre el escarabajo coprófago *Ataenius apicalis*. Así mismo, Martínez y Cruz (2009) señalan que los ganaderos de Xico, Veracruz, utilizan picloram+2,4-D (Tordon) o también el glifosato (Faena) para el control de malezas, a pesar de que son productos muy tóxicos y que está comprobado que causan daños graves en los artrópodos y el hombre. Esto es relevante desde el punto de vista ecológico, debido a que la reducción en el funcionamiento de cualquier organismo, puede alterar la diversidad biológica del agroecosistema (Benamú *et al.*, 2010).

De lo anterior se desprende la importancia de estudiar el efecto indirecto de la aplicación de algunos de productos químicos sobre los procesos dinámicos que ocurren en algunas especies presentes en los sistemas de producción vacuna. En el presente trabajo de tesis se exploró el efecto que tiene el uso de las ivermectinas sobre las poblaciones de nematodos, tanto a nivel de huevecillo en las excretas como de las larvas infectivas que ocurren en la biomasa vegetal de los pastos. Asimismo, también se evaluó el efecto de estos compuestos sobre las poblaciones de escarabajos coprófagos presentes en estos pastizales. En ambos casos, los trabajos se orientaron a estudiar la disposición espacio-temporal de las poblaciones

de estos organismos y cómo esta disposición es afectada por el uso de desparasitantes a base de ivermectina.

5.5 Conclusiones

La producción de ganado bovino en Veracruz, es de relevancia al ser una actividad importante para la economía regional de los ganaderos. No obstante, en estos sistemas de producción se realizan prácticas que pueden repercutir negativamente sobre algunos componentes bióticos y abióticos del agroecosistema bovino.

Probablemente la actividad humana más perjudicial, es la aplicación directa o indirectamente al ganado y al pastizal de productos químicos sintéticos, ya que alteran la composición y densidad poblacional de la fauna edáfica, en particular sobre la actividad que tiene efectos benéficos sobre la productividad de los pastizales, como es el caso de los escarabajos estercoleros. En el caso de los nematodos, estos productos pudieran afectar sus poblaciones a nivel de huevecillos y su arreglo espacial en los potreros a nivel larvario. En México no existen estudios sobre el efecto de la ivermectina sobre la disposición espacial de los escarabajos estercoleros, ni de las larvas de nematodos gastrointestinales en pastizales de los agroecosistemas bovinos.

6 Literatura citada

- Alvinerie, M., Sutra, J.F., Galtier, P., Lifschitz, A., Virkel, G., Sallovitz, J., Lanuse, C. 1999. Persistence of ivermectina in plasma and faeces following administration of a sustained-released bolus to cattle. *Research in Veterinary Science*. 66(1):57-61.
- Anduaga, S., Huerta, C. 2007. Importance of dung incorporation activity by three species of coprophaneus beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) macrofauna in pastureland on "La Michilía" Biosphere Reserve in Durango, México. *Environmental Entomology*. 36(3):555-559.
- Benamú, M.A., Schneider, M.I., Sánchez, N.E. 2010. Effects of the herbicide glyphosate on biological attributes of *Alpaida veniliae* (Araneae, Araneidae), in laboratory. *Chemosphere*. 78(7):871-876.
- Bernal, F.A., Hernández, G.A., Pérez, P.J., Herrera, H.J.G., Martínez, M.M., Dávalos, F.J.L. 2006. Patrón de crecimiento estacional de pastos nativos, en un bosque de encino, en el estado de México. *Agrociencia*. 40(1):39-47.
- Blondel, J. 1987. From biogeography to life history theory: a multithematic approach illustred by the biogeography of vertebrates. *Journal of Biogeography*. 14(5):405-422.
- Bryan, R.P. 1976. The effect the dung beetle, *Onthophagus gazella*, on the ecology of the infective larvae of gastrointestinal cattle. *Australian Journal of Agricultural Research*. 27(4):567-574.
- Bryan, R.P., Kerr, J.D. 1989. Factors affecting the survival and migration of the free-living stages of gastrointestinal nematode parasites of cattle in central Queensland. *Veterinary Parasitology*. 30:315-326.
- 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.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2011. Descripción del sistema de clasificación de vegetación de la cartografía de Uso del Suelo y Vegetación. http://148.223.105.188:2222/gif/snif_portal/index.php?option=com_content&task=view&id=12&Itemid=7#pastizales Fecha de consulta: Septiembre 2011.
- Egerton, J.R., Birnbaum, J., Blair, L.S., Chabala, J.C., Conroy, J., Fisher, M.H., Mrozik, H., Ostlind, D.A., Wilkins, C.A., Campbell, W.C. 1980. 22, 23-dihydro-

- ivermectin B1, a new broad-spectrum antiparasitic agent. *British Veterinary Journal*. 136:88-97.
- Esqueda, V.A., Tosquy, V.O.H., Rosales, R.E. 2005. Efectividad de la mezcla de Pircloram y Fluroxipir en el control de malezas perennes de pastizales tropicales. *Agronomía Mesoamericana*. 16(2):185-190.
- Figuroa, M.J.V., Rojas, R.E.E., Ramos, A.J.A., Granjeno, C.G., García, O.M.A., Canto, A.G.J., Santiago, V. C., Parrodi, F. 1999. Evaluación en condiciones de campo de la vacuna inactivada de *Anaplasma marginale* denominada plazvax. *Veterinaria México*. 30(3):221-225.
- 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.
- Foster, R.C. 1988. Microenvironments of soil microorganisms. *Biology and Fertility of Soil*. 6:189-203.
- Gliessman, S.R. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Editorial AGRUCO-CATIE. Turrialba, Costa Rica. 359 p.
- Gobierno del Estado de Veracruz. 2009. Anuario Estadístico del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave 2009. (Ganadería 2008). http://portal.veracruz.gob.mx/portal/page?_pageid=273,4426881&_dad=portal&_schema=PORTAL. Fecha de consulta: Julio de 2011.
- Guglielmone, A.A., Gimeno, E., Idiart, J., Fisher, W.F., Volpogni, M.M., Quaino, O., Anziani, O.S., Flores, S.G., Warnke, O. 1999. Skin lesions and cattle hide damage from *Haematobia irritans* infestations. *Medical and Veterinary Entomology*. 13:324-329.
- Gobierno del Estado de Veracruz. 2011. Plan Veracruzano de Desarrollo 2011-2016. <http://www.difver.gob.mx/transparencia2/FRACC.%20VII/VIIPLANVER2011.pdf>. Fecha de consulta: Septiembre de 2011.
- Halffter, G., Edmonds, W.D. 1982. The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae): an ecological and evolutive approach. Instituto de Ecología. Publicación N° 10. México, D.F. 176 p.
- Halffter, G., Matthews, E.G. 1966. The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleóptera: Scarabaeidae). *Folia Entomológica Mexicana*. (12-14):1-312.
- Hernández, B., Maes, J.M., Harvey, C.A., Vílches, S., Medina, A., Sánchez, D. 2003. Abundancia y diversidad de escarabajos coprófagos y mariposas diurnas en un

paisaje ganadero en el departamento de Rivas, Nicaragua. Agroforestería en las Américas. 10:93-102.

Hernández, A., Salinas, V. M., Luna, M., García, R., Cervantes, P., Uffo, O., Álvarez, J.L. 2006. Comportamiento de las variantes genéticas de los genes κ -Caseína, α -Lactoalbúmina y Hormona del crecimiento en la raza criollo lechero tropical en México y su relación con el nivel de respuesta al calor. Revista de Salud Animal. 28(2):96-104.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2009. Anuario estadístico del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?ent=30> Fecha de consulta: Septiembre 2011.

Jackson, H.C. 1989. Ivermectin as a systemic insecticide. Parasitology Today. 5(5):146-156.

Krüger, K., Scholtz C.H. 1998. 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

Lavelle, P. 1996. Diversity of Soil Fauna and Ecosystem Function. Biology International. 33:3-16

Lewis, J.M., Klopfenstein, T.J., Stock, R.A., Nielsen, M.K. 1990. Evaluation of intensive vs. extensive systems of beef production and the effect of level of beef cow milk production on postweaning performance. Journal of Animal Science. 68:2517-2524.

Lobo, J.M., Veiga, C.M. 1990. Interés ecológico y económico de la fauna coprófaga en pastos de uso ganadero. Ecología. 4:313-331.

López, F.G., Estrada, J.G.F., Yong-Angel, G., Hernández-Morales, P., Martínez-Loperena, R., Pedraza-Beltrán, P.E., Castelán-Ortega, O.A. 2010. Agronomic evaluation and chemical composition of African star grass (*Cynodon plectostachyus*) in the southern region of the state of Mexico. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 12(1):1-9.

Madsen, M., Overgaard, B., Holter, P., Pedersen, O.C., Brochner, J., Vagn, K.M., Nansen, P., Gronvold, J. 1990. Treating cattle with ivermectin: effects on the fauna and decomposition of dung pats. Journal of Applied Ecology. 27:1-5.

Márquez, L.D. 2008. Residuos químicos en alimentos de origen animal: problemas y desafíos para la inocuidad alimentaria en Colombia. Revista Corpoica (Ciencia y tecnología agropecuaria). 9(1):124-135.

- Martínez, M.I., Cruz, R.M., Lumaret, J.P. 2000. Efecto del diferente manejo de los pastizales y del ganado sobre los escarabajos coprófagos *Ataenius apicales* Hilton y *Ataenius sculptor* Harold (Scarabeidae: Aphodiinae: Eupariini). *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.). 80:185-196.
- Martínez, M.I., Cruz, M. 2009. El uso de químicos veterinarios y agrícolas en la zona ganadera de Xico, Centro de Veracruz, México y el posible impacto ambiental. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.). 25(3):673-681.
- Martínez, H.D.I., Pecniche, C.A., Hernández, R.S.G., Abeledo, M.A., Barradas, P.F.T., Villanueva, V.M., Morales, A.J.F., Flores, C.R. 2011. Evaluación de la cepa s19 *Brucella abortus* en el control de la brucelosis bovina en Actopan, Veracruz, México. *Revista de Salud Animal*. 33(1):44-50.
- Miller, G. T. 1990. Resource conservation and management. Wadsworth Publishing Company, USA. <http://cstl-csm.semo.edu/swatzell/research/state%20parks%20and%20forests%20defined.pdf> Fecha de consulta: Enero 2011.
- Morlans, M.C. 2004. Introducción a la ecología de poblaciones. S. F. del V. de Catamarca. Editorial científica universitaria. Universidad Nacional de Catamarca. Argentina. 16 p.
- Nari, A. 2001. Diagnóstico y control de resistencia antihelmíntica en pequeños rumiantes. Memorias. II. Congreso Latinoamericano de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos y XI Congreso Nacional de Producción Ovina. Mérida, Yucatán. Pp. 18-24.
- Noss, R.F. 1994. Cows and conservation biology. *Conservation Biology* 8: 613-616.
- Pérez, P., Rojo, R., Álvarez, A., García, J. 2003. Necesidades investigación y transferencia de tecnología de la cadena de bovinos de doble propósito en el estado de Veracruz. Fundación Produce Veracruz. Veracruz, México. 170 p.
- Pimentel, D. 1995. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science*. 267(24):1117-1122.
- Pozo, P.P. del, Herrera, R.S., García, M. 2002. Dinámica de los contenidos de carbohidratos y proteína bruta en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) con aplicación de nitrógeno y sin ella. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 36(3):275-280.
- Prichard, R., Blackhall, W., Liu, H., Sharma, S.R., Beech, R.N. 1998. Alterations in genetic variability of *Haemonchus contortus* (Nematoda) genes following selection anthelmintics. *Parasitology International*. 47:105-131.

- Rebollo, S., Gómez, S.A. 2003. Aprovechamiento sostenible de los pastizales. Ecosistemas. 12(3). <http://www.aeet.org/ecosistemas/033/investigacion7.htm>. Fecha de consulta: Enero 2011
- Reiners, W.A., Bouwman, A.F., Parsons, W.F.J., Keller, M. 1994. Tropical rain forest conversion to pasture: Changes in vegetation and soil properties. Ecological Applications. 4(2):363-377.
- Rodríguez, Ch. M. A., 2000. Alternativas de validación y transferencia de tecnología pecuaria en el trópico veracruzano. En: Memorias del Primer Congreso de Actualización de Prácticas Pecuarias del Trópico, Instituto Veracruzano para el Desarrollo Rural, Boca del Río, Veracruz, México. Pp. 43-56.
- Ruiz, R.O. 2006. Agroecología: una disciplina que tiende a la transdisciplina. Interciencia. 31(2):140-145.
- Ruiz, R.O., Candelaria, M.B., Flota, B.C. 2010. El pastizal desde el punto de vista agroecológico. In: Cámara, C.J. Eds. Memorias de la segunda reunión mesoamericana de ciencia animal 2010. Registro CONEVET: GEN 011/10. Villahermosa, Tabasco. 17 y 18 de mayo. P.11.
- SAFO (Salud Animal y Seguridad Alimentaria Sustentable en la Ganadería Ecológica). 2005. Acción Concertada de UE, QRLT - 2001 – 02541. Calidad y seguridad de los alimentos procedentes de la ganadería ecológica. 4to Seminario SAFO. FiBL, Frick, Suiza. www.safonetwork.org
- Sánchez, M.D., Harvey, C.A., Grijalva, A., Medina, A., Vílchez, S., Hernández, B. 2005. Diversidad, composición y estructura de la vegetación en un agropaisaje ganadero en Matiguás, Nicaragua. Revista de Biología Tropical. 53:3-4.
- Sarmiento, G. 1996. Ecología de pastizales y sabanas en América Latina. In: Sarmiento, G., Cabido, M. Eds. Biodiversidad y funcionamiento de pastizales y sabanas en América Latina. Programa iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo y centro de investigaciones ecológicas de los andes tropicales. Mérida, Venezuela. Pp. 15-24.
- Singh, P., Upadhyaya, S.D. 2001. Biological interaction in tropical grassland ecosystems. In: Shiyomi, M., Koizumi, H. Eds. Structure and function in agroecosystem design and management. CRC Press. FL, USA. Pp. 113-143.
- Solís, C.J.J., Rodríguez, V.R.I., Dájer, A.A. 1998. Monitoreo serológico de anticuerpos (IgC e IgM) contra *Babesia bigemina* (Haemosporidia: Babesiidae) en becerros del trópico mexicano. Revista de Biología Tropical. 46(4):1125-1130.
- Sommer, C., Steffansen, B., Nielsen, B.O., Jensen, V., Jespersen, K.M., Springborg, J.B., Nansen, P. 1992. Ivermectin excreted in cattle dung after subcutaneous

- injection or pour on treatment concentrations and impact on dung fauna. *Bulletin of Entomological Research*. 82:257-264.
- Sullivan, P. 2007. El manejo sostenible de los suelos. *Appropriate Technology Transfer for Rural Areas (ATTRA)*. www.attra.ncat.org/espanol/pdf/suelos.pdf
Fecha de consulta: Octubre 2011.
- Thomas, L.M. 2001. Dung beetle benefits in the pasture ecosystem. *Appropriate Technology Transfer for Rural Areas (ATTRA)*. www.attra.org/attra-pub/dung-beetle.html Fecha de consulta: Enero 2011.
- Vázquez, P.V., Rodríguez, J.M., Méndez, B., Escutia, S.I. 1984. Efectividad de cuatro antihelmínticos comerciales contra nematodos gastroentéricos de ovinos Pelibuey. *Técnica Pecuaria en México*. 46:25-29.
- Vázquez, P.V.M., Flores, C.J., Santiago, V.C., Herrera, R.D., Palacios, F.A., Liébano, H.E., Pelcastre, O.A. 2004. Frecuencia de nematodos gastroentéricos en bovinos de tres áreas de clima subtropical húmedo de México. *Técnica Pecuaria en México*. 42(2):237-245.
- 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.
- Vilaboa, A.J., Díaz, R.P. 2009. Caracterización socioeconómica y tecnológica de los sistemas ganaderos en siete municipios del estado de Veracruz, México. *Zootecnia Tropical*. 27(4):427-436.
- Waller, P., 1997. Sustainable helminth control of ruminants in developing countries. *Veterinary Parasitology*. 71:195-207.
- 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.
- Webb, L., Beaumont, D.J., Nager, R.G., McCracken, D.I. 2010. Field-scale dispersal of *Aphodius* dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) in response to avermectin treatments on pastured cattle. *Bulletin of Entomological Research*. 100:175-183.
- 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 and Biochemistry*. 23(7):643-647.

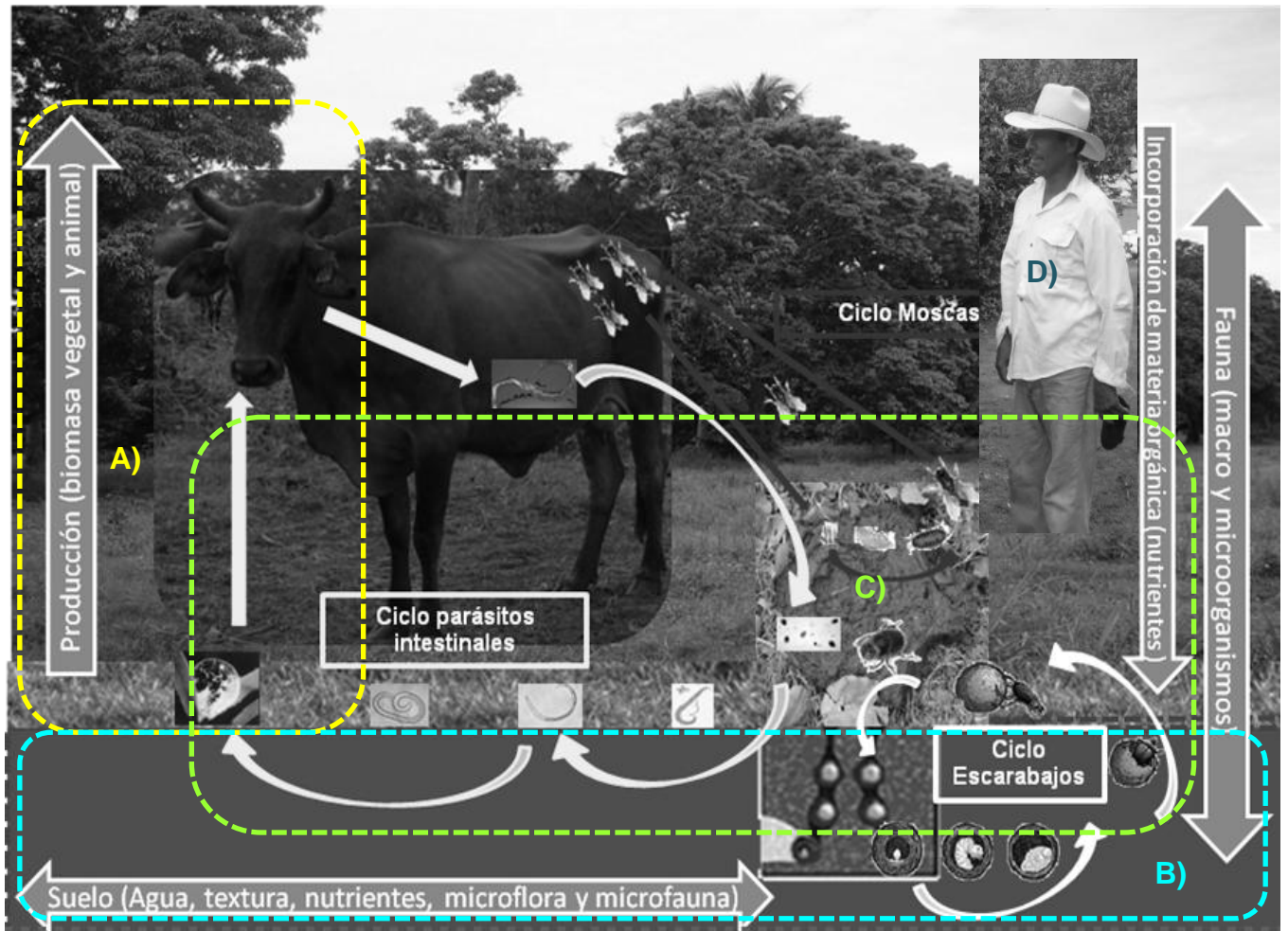


Figura 1. Relaciones entre los componentes del pastizal en el agroecosistema bovino. A) Interacción pasto-herbívoro, B) Interacción fauna edáfica-suelo, C) Interacción estiércol-mosca-nematodos gastrointestinales-escarabajos, D) Operador

CAPÍTULO I. EFECTO DE LA IVERMECTINA SOBRE LOS HUEVECILLOS DE NEMATODOS Y DISPOSICIÓN ESPACIAL DE SUS LARVAS INFECTIVAS EN UN PASTIZAL DE MEDELLÍN, VERACRUZ

Resumen

El parasitismo en los bovinos ocurre por la ingestión de los estados infectivos por parte del ganado cuando se alimentan de pastos. La aplicación continua de antihelmínticos, puede conducir a la aparición de resistencia en las poblaciones de nematodos gastroentéricos. Así mismo, conocer el patrón espacial-temporal de las larvas de los nematodos permite estimar donde y cuando se presentan las poblaciones más altas y puede servir para orientar medidas de control, y para determinar el riesgo de contaminación de los pastizales de manera diferencial. El objetivo de este trabajo fue determinar la disposición espacio-temporal de larvas infectivas (L₃) y la abundancia de huevecillos de nematodos en los bovinos con ivermectina (CI) y sin ivermectina (SI). Para estimar la abundancia de L₃ en el pastizal, se hicieron colectas mensuales de pasto en 30 puntos de muestreo. Las larvas obtenidas se contaron e identificaron. Se generaron mapas de disposición espacial con los datos obtenidos de los conteos de larvas en cada punto y mes de muestreo. Se calculó el patrón de disposición espacial mediante los índices varianza/media, K de la binominal negativa y I δ Morisita. Se recuperaron del pastizal 20,276 larvas infectantes de nematodos, de las cuales el 80% correspondieron a *Haemonchus contortus*, encontrándose durante todos los meses de muestreo. Octubre de 2008, fue cuando se detectó la mayor abundancia con más de 5000 L₃ / (kg MS ha). Las larvas presentaron un patrón espacial agregado de intensidad

variable durante todo el año. Las densidades poblacionales también fluctuaron, ocurriendo las mayores densidades poblacionales en octubre de 2008 y las menores en febrero y marzo de 2008. La aplicación de ivermectina a los bovinos no redujo el número de huevecillos presentes en las heces, siendo iguales los tratamientos CI y SI. Los meses con mayor carga parasitaria fueron de julio a noviembre de 2008.

Palabras clave: disposición espacial, disposición temporal, *Haemonchus contortus*, ivermectina.

Summary

Parasitism in cattle occurs by ingestion of infective states when they feed on grasses. The potential indirect consequence of chemical anthelmintic applications is the emergence of resistance in nematode populations. Likewise, knowledge of spatial and temporal pattern of larval nematodes can help to determine the risk of contamination of pastures. The aim of this study was to assess the spatio-temporal disposition of infective larvae (L3) and the abundance of eggs in bovine treated with ivermectin (CI) and without the product (SI). To estimate the abundance of L3 on pasture, I made monthly collections of grass in 30 sampling points. The larvae obtained were counted and identified. Iso-density maps were generated with data obtained from the distributions of larvae in each sampling point and month. I calculated the spatial arrangement pattern indices by using the following indices: variance to mean ratio, negative binomial K and Morisita's index. 20,276 infective larvae were recovered, of which 80% are *Haemonchus contortus*; individuals were

found during most of the sampling months. The month of October 2008 was the most abundant with more than 5000 L₃ kg DM ha⁻¹. The larvae had an aggregated spatial pattern of varying intensity throughout the year. The population densities fluctuated as well, with the highest densities occurring in October 2008 and the lowest in February and March 2008. The application of ivermectin to cattle did not reduce the number of eggs present in faeces. The months with the highest parasite populations occurred in July 2008 to November 2008.

Key words: spatial disposition, temporal disposition, *Haemonchus contortus*, ivermectin.

1.1. Introducción

El principal método de control de los parásitos gastrointestinales que atacan a los bovinos son los antihelmínticos químicos (Waller, 2003). La aplicación de desparasitantes como la ivermectina reduce las poblaciones de nematodos endógenos y esto, a su vez, se debería reflejar en menores cantidades de huevecillos excretados en las heces (Uhlinger *et al.*, 1998). Por lo tanto, un registro de los huevecillos en las excretas puede proveer una estimación de la efectividad de los desparasitantes. Esto es deseable si se pretende mejorar la situación del pastizal desde el punto de vista sanitario, pues una reducción en los huevecillos serviría para reducir la ocurrencia de larvas infectivas de nematodos en el pastizal.

Las principales especies de nematodos que atacan a los bovinos en los climas tropicales son: *Haemonchus contortus*, *Trichostrongylus axei*, y otras de los géneros

Cooperia spp. y *Oesophagostomum* spp. (Olivares *et al.*, 2006). Estas especies presentan un ciclo de vida de 28 a 35 días, comprendiendo una fase exógena en el pastizal, que comienza con la salida de los huevecillos dentro del estiércol cuando el bovino defeca y termina con la formación de la larva de tercer estadio (L₃) en el pasto. La fase endógena se lleva a cabo en el bovino, inicia con la ingestión de las L₃ que se encuentra en los pastos, hasta el desarrollo de los parásitos adultos, la cópula y la producción de huevecillos, pasando después a otra fase exógena (Soulsby, 1987) (Figura 2).

Del total de días que dura el ciclo de vida de los nematodos, el 5% corresponde a la fase endógena en el bovino, mientras que el 95% restante, corresponde a la fase exógena y se lleva a cabo en los pastizales (Conder y Campbell, 1995, Rege *et al.*, 2002). Debido a lo anterior, la adecuada estimación de L₃ en los pastizales, previo al pastoreo de los animales, es esencial para conocer las especies de parásitos y para aplicar el control alternativo apropiado (Fine *et al.*, 1993, Krecek y Maingi, 2004).

La disposición espacial de los organismos es un atributo poblacional que sirve para proponer hipótesis sobre interacciones entre individuos o su respuesta a condiciones ambientales (Vera *et al.*, 2002). Una aplicación potencial del conocimiento de la disposición espacial y de los gradientes poblacionales, es la de orientar los métodos de control hacia los sitios de mayor abundancia, permitiendo ahorros en recursos y haciendo más eficiente el uso de agroquímicos, siendo esto uno de los principales principios de la agricultura de precisión (Blackmore, 2007); también sirve para desarrollar planes de muestreo y estimar las densidades poblacionales, ya sea con

fines de toma de decisiones para la aplicación de control químico, evaluar la efectividad de enemigos naturales, o en estudios básicos de biología y ecología de los organismos (Andrews y Aquezada, 1989).

En el caso de los nematodos, se han estudiado principalmente los fitopatógenos, sobre todo desde el punto de vista epidemiológico. Sobre los nematodos del ganado se ha determinado la distribución de las larvas de *Trichostrongylus* en pastizales de bovinos en pastoreo (Gruner y Sauve, 1982), la disposición espacial de *Ostertagia* (Morales *et al.*, 1991), la distribución y migración de las larvas de *Trichostrongylus tenius* (Saunders *et al.*, 2000). En México no ha sido estudiada la disposición de las larvas de nematodos gastroentéricos en los pastizales. Sólo se conocen los horarios de mayor presencia larvaria, las migraciones verticales y horizontales en los pastizales (Sandoval *et al.*, 2002) y la frecuencia de nematodos adultos (Vázquez *et al.*, 2004). En climas tropicales de Brasil similares a Veracruz, se ha estudiado el efecto del tricoma de los pastos sobre la migración y supervivencia de larvas de *Haemonchus* (Oliveira *et al.*, 2009).

El objetivo de este trabajo fue conocer la disposición espacial y temporal de los nematodos gastrointestinales en su etapa infectiva, para poder determinar su diseminación en los pastizales, así como estimar el efecto de la ivermectina sobre las poblaciones de huevecillos de nematodos gastrointestinales.

1.2 Materiales y métodos

Área de trabajo. El estudio se realizó en el Rancho San Ramón, ubicado en el Municipio de Medellín de Bravo, Veracruz, a los 18° 58' 19.37" N y 96° 04' 51.43" W y a una altitud de 52 msnm. El clima de esta zona 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).

Se seleccionó un pastizal relativamente plano de aproximadamente 1.5 ha, delimitado por cercas vivas de *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia*, *Cordia dodecandra* y *Byrsonima crassifolia*, con pasto estrella de África (*Cynodon nlemfuensis*) y pasto Guinea (*Brachiaria decumbens*). El potrero es utilizado de manera rotacional con cinco días de ocupación y 30 días de descanso para la recuperación del pasto.

Disposición espacial de larvas de nematodos en el pastizal. Las colectas de pasto se realizaron mensualmente de julio del 2008 a junio de 2009. El tipo de muestreo fue de acuerdo a la técnica de Taylor (1939) pero con algunas modificaciones. Se seleccionaron sistemáticamente 30 puntos fijos para el muestreo, que fueron numerados y marcados con varillas de madera. Los puntos de muestreo tenían 40 m de separación entre ellos, para poder abarcar la mayor parte del área del pastizal. Los muestreos de larvas se realizaron siguiendo la técnica de Bryan y Kerr (1988), entre las 5:00 y 7:00h, y 15 días después del pastoreo de los bovinos, dando tiempo

a que los huevecillos de los nematodos eclosionaran y llegaran a larvas de tercer estadio.

En cada punto marcado se colocó un cuadrante de plástico de 15 x 15cm sobre el pasto. Se cortó todo el pasto dentro del cuadrante a 5cm del suelo y fue colocado en bolsas de plástico previamente rotuladas con el número, hora y punto de muestreo. Posteriormente, el pasto se depositó en una charola de plástico con 10L de agua y se dejó reposar por 3h. Después, se agitó el pasto y el agua, se filtró por tres tamices con mallas de 50, 100 y 400 μ de abertura. Las larvas de tercer estadio obtenidas en la malla de 400 μ , se contaron e identificaron, empleando la clave taxonómica descrita por Niec (1972). El pasto se pesó y se secó en una estufa a una temperatura de 60°C por 48h. Se determinó el porcentaje de materia seca y la cantidad de larvas empleando la fórmula: $L_3/MS = \frac{(1000 \cdot N)}{MS}$,

Donde: L₃ MS: Número de larvas infectantes por gramo de materia seca

N: Número de larvas contadas

MS: Materia seca del pasto en gramos

Conteo de huevecillos de nematodos gastrointestinales en las heces bovinas. Se seleccionaron 24 bovinos, los cuales se dividieron en dos grupos de acuerdo a su carga parasitaria. En el grupo 1 (CI), los bovinos fueron desparasitados en junio y diciembre del 2008 y junio del 2009, con la dosis recomendada en la etiqueta del producto desparasitante. Cada bovino recibió 1cm³ de Iverject F. Bovinos[®] vía intramuscular por cada 100kg de peso vivo; cada dosis proporciona 2,000 mcg de

ivermectina y 2 mg de clorsulón por kg de peso vivo. En el grupo 2 (SI), los bovinos no se desparasitaron durante el período de estudio.

La colecta de heces se realizó mensualmente de julio del 2008 a junio del 2009, obteniendo aproximadamente 10 gr de estiércol fresco, tomado directamente del recto de los animales, para contar los huevecillos de los nematodos, empleando la técnica de McMaster (Thienpond *et al.*, 1986).

Análisis estadístico. Para conocer la disposición espacial de las larvas en el pastizal, se utilizaron los datos obtenidos de las distribuciones de los géneros de larvas en cada sitio 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) y Morisita $I\delta = n (\Sigma Y^2 - N) / N^2 - N$, donde los índices <1 indica poblaciones dispuestas regularmente, =1 son aleatorias y >1 son poblaciones agregadas (Morisita, 1962). Finalmente, se generaron mapas de iso-densidades a partir de un conjunto de observaciones. Los mapas se obtuvieron, dividiendo el pastizal en celdas y a cada celda se le asignó un valor estimado con los puntos de muestreo. El valor numérico de cada celda se convirtió en un color mediante una escala de colores, donde cada color representó un intervalo en el número de larvas. 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 (Bliss 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).

Para evaluar el efecto de la ivermectina sobre la abundancia de huevecillos en las heces, se utilizó un modelo lineal mixto para mediciones repetidas en el tiempo; el modelo incluyó el efecto de los tratamientos, el mes de muestreo y su interacción. Se usó el procedimiento MIXED y una estructura de covarianzas AR(1), seleccionada de acuerdo con los criterios de información de Akaike y por el criterio de información bayesiano (Litell *et al.*, 1998). Además, se realizó una prueba de contrastes específicos para establecer las diferencias entre los meses de mayor carga parasitaria. Los análisis se hicieron con SAS v9.1 (SAS, 2004). Con este modelo se comparó el efecto de los tratamientos en el tiempo. Este mismo procedimiento se aplicó para evaluar las poblaciones de larvas infectantes en el pastizal, pero en este caso el modelo incluyó solamente el tiempo como factor de estudio y se determinó si habían o no diferencias en las fechas de muestreo.

1.3 Resultados

Se colectaron en total 20,276 larvas infectantes de nematodos durante los 12 meses de colecta en el pastizal. Las larvas encontradas pertenecen a cuatro especies: *Haemonchus contortus*, *Cooperia* spp., *Trichostrongylus axei* y *Ostertagia* spp. del

orden Strongylida y la superfamilia Trichostrongyloidea (Figura 3). La mayor abundancia fue de *H. contortus* con más del 80% durante el período de muestreo, mientras que *Cooperia* spp., *Trichostrongylus axei* y *Ostertagia* spp. representaron sólo el 20% (Figura 5).

La única especie que se observó durante todo el período de estudio fue *H. contortus*, las demás especies únicamente se presentaron de dos a cuatro meses (Figura 5). Debido a esto, sólo se tomaron los valores de *H. contortus* para el análisis espacial.

Al comparar la abundancia mensual del total de larvas de las cuatro especies colectadas en el pastizal en el tiempo, se encontraron diferencias significativas ($F_{9, 290} = 22.17$, $p < 0.001$). El mes de octubre del 2008 presentó la mayor cantidad de larvas, siendo más de 5000 L_3 kg MS ha^{-1} . Mientras que de enero a marzo del 2009, se encontraron las menores cantidades de larvas infectivas, siendo menos de 2000 L_3 kg MS ha^{-1} (Figura 4A). En los meses de abril y mayo del 2009, que regularmente son los meses más secos del año en el área de estudio, los bovinos consumieron el escaso forraje que se encontraba en el pastizal y por tanto no hubo material vegetal para el muestreo (Figura 4B). Por otra parte, la abundancia total de las cuatro especies de las larvas de nematodos gastroentéricos, se correlacionó positivamente con la precipitación ($r_s = 0.61$, $P = 0.0356$), encontrando más larvas infectantes cuando hay mayor precipitación y la menor abundancia, cuando decrece la precipitación (Figura 4B).

En cuanto al análisis espacial de las larvas de *H. contortus*, éstas presentaron un patrón agregado, señalado por los índices de Varianza media y Morisita. Sin embargo, la K-binomial negativa muestra agregación solamente en enero y marzo del 2009 (Cuadro 1). El mes con mayor agregación indicado por la relación varianza/media fue marzo del 2009, y los meses comprendidos de julio a septiembre del 2008 y febrero del 2009, fueron los meses con menor agregación (Cuadro 1)

Los mapas espacio-temporales, muestran el arreglo *in situ* de las larvas infectivas de *H. contortus*, señalando su disposición durante 12 meses (Figura 6). Los focos de alta densidad se presentan en el mes de octubre, en contraste a los de enero a marzo, donde se observan las menores densidades poblacionales de larvas de nematodos gastroentéricos (Figura 6).

De igual manera, se observa que las larvas de *H. contortus* se encuentran en todo el potrero durante todos los meses (Figura 6). Sin embargo, en el mes de febrero del 2009, se observa una menor población, menos de 20 larvas por punto de muestreo, que está relacionado con el mes de menor precipitación (Figura 4B).

En cuanto al efecto de la ivermectina sobre las poblaciones de huevecillos de nematodos gastroentéricos, no se encontró interacción tratamiento*tiempo ($F_{11, 251} = 0.77$, $p = 0.6691$), ni efecto del tratamiento durante todo el tiempo de muestreo ($F_{1, 251} = 0.92$, $p = 0.3376$). Pero se observaron diferencias significativas entre las cantidades de huevecillos encontrados en los diferentes meses ($F_{11, 251} = 8.97$, $p < 0.0001$). Al realizar las pruebas de contrastes específicos entre los meses con mayor

carga parasitaria de huevecillos, se encontraron diferencias en el mes de julio vs agosto ($t_{1, 251} = 15.25$, $p = 0.0001$), julio vs septiembre ($t_{1, 251} = 9.91$, $p = 0.0018$) y julio vs noviembre de 2008 ($t_{1, 251} = 3.95$, $p = 0.0479$). Así como el mes de agosto vs octubre de 2008 ($t_{1, 251} = 4.27$, $p = 0.0398$) (Figura 7).

1.4 Discusión

La mayor cantidad de L₃ de todas las especies de nematodos se obtuvo en octubre, siendo el mes siguiente al que hubo las más altas precipitaciones registradas en septiembre del 2008 con más de 350mm de precipitación en promedio. En este sentido, Levine (1963) señala que con un mínimo de 50mm de precipitación eclosionan los huevecillos de *H. contortus* y se transforman en larvas aproximadamente en tres semanas, posiblemente sea la causa por la que en el pastizal estudiado se haya encontrado esta especie durante el período de muestreo, debido a que hubo solamente cuatro meses en los cuales la precipitación fue menor a 50mm: diciembre, enero, febrero y abril del 2008.

Lo anterior coincide con lo estudiado por Liebano *et al.* (1998), quienes reportan más larvas en los meses de octubre a diciembre, que corresponden a la época de lluvias en Jiutepec, Morelos. Mientras que las menores cantidades de larvas se observaron de enero a marzo, cuando se presentan las precipitaciones más bajas. Esto concuerda con lo reportado por Fernández *et al.* (1994), quienes no encontraron ninguna larva en diciembre, febrero y marzo, que corresponde a los meses más secos.

Los meses de julio, agosto y septiembre del 2008, y junio del 2009 no fueron los más abundantes en cantidades de larvas, sin embargo, fueron meses que presentaron más de 100mm de precipitación en promedio, por lo que seguramente hubo contaminación del pastizal, debido a que los huevecillos encontraron las condiciones de precipitación favorables para la eclosión y transformación a larvas infectivas en un lapso no mayor de tres semanas (Rossanigo y Gruner, 1994). Iqbal *et al.* (2005) señalan que la mayor contaminación de los pastizales es de julio a septiembre, relacionándose con la época de monzones. A su vez, Encalada *et al.* (2009), mencionan que los picos de infección de las pastos son de junio a octubre, meses con mayor precipitación. De igual manera, Silva *et al.* (2010), indican que la precipitación favorece la migración larvaria, por lo que a mayor precipitación y humedad, mayor cantidad de larvas en los pastizales.

La especie *Haemonchus contortus* fue la más abundante, con una presencia de 80% en todos los meses de muestreo, incluyendo períodos de sequía. En este sentido, Amaradasa *et al.* (2010) señala que *H. contortus*, puede sobrevivir relativamente en periodos secos por más de 21 días.

Las larvas de *H. contortus* son más abundantes en los meses de junio a noviembre, comprendidos en el verano y el otoño. Lo anterior es similar a lo estudiado por Krecek *et al.* (1991) en Sudáfrica y concuerda con los resultados de Jimenez *et al.* (2007), quienes reportan que de mayo a agosto, las larvas de *Haemonchus* spp. y *Cooperia* spp. son predominantes, mientras que *Trichostrongylus* y *Oesophagostomum* fueron las menos prevalentes. Estos estudios y otros realizados

en ovinos, realzan la dominancia y competitividad de *H. contortus* en los pastizales comparada con *T. columbriformis* y *Oesophagostomum* (Bailey *et al.*, 2009; Encalada *et al.*, 2009).

Por otra parte, el análisis espacial mostró un patrón agregado de las larvas infectantes en el pastizal durante los diez meses de muestreo. En este sentido Boag *et al.* (1992) mostraron que *Haemonchus contortus*, *Nematodirus battus*, *Teladostargia circumcincta*, *Chabertia ovina*, *Trichuris ovis*, *Strongyloides papillosus*, *Trichostrongylus axei*, *Cooperia curticei* y *Oesophagostomum venulosum*, presentan un patrón de agregación en diferentes meses del año.

Lo anterior coincide con lo reportado por Boag *et al.* (1989), quienes al estudiar la distribución espacial de *Nematodirus battus*, *N. filicollis* y *Trichostrongylus vitrinus*, larvas infectantes de borregos en pastizales encontraron un patrón de agregación. La especie *Trichostrongylus tenius* evaluada en condiciones de campo, presenta un comportamiento de agregación (Saunders *et al.*, 2000). Este tipo de comportamiento puede deberse a que la oviposición de huevecillos es en masas y la posterior dispersión de las larvas. Este tipo de procesos se puede representar por conglomerados distribuidos al azar, con una media m_1 para los grupos y una media m_2 para las entidades dispersantes, lo que da origen a una distribución denominada Neyman A (Neyman, 1939). En este contexto, es posible que, a pesar de que el estiércol se deposita aleatoriamente por el ganado, cada boñiga contiene cierta cantidad de huevecillos de nematodos, lo que puede originar la disposición espacial agregada de sus larvas que se estimó mediante diversos índices.

Por otro lado, Boom y Sheath (2008), al evaluar los muestreos del pasto cercano al estiércol de bovinos, encontraron que las larvas recién eclosionadas se agregan hacia el estiércol, debido al corte del pasto y a una lluvia significativa, factores que determinan su permanencia en el pastizal y su posterior consumo junto con el forraje.

En cuanto a la evaluación de la desparasitación de los bovinos con ivermectina, realizada en julio y diciembre del 2008 y en junio 2009; no tuvo efecto en la disminución del número de huevecillos de los nematodos por gramos de heces. Solamente se observaron las mayores abundancias de huevecillos durante los meses de julio, octubre y noviembre del 2008. En este sentido, Tyrrell *et al.* (2002), demostraron que la ivermectina aplicada oralmente a los borregos no reduce el número de huevecillos en el estiércol, sino que aumentan a partir del décimo día de la aplicación. Sin embargo, existen estudios que demuestran la eficacia de la desparasitación con ivermectina, como el realizado por Francisco *et al.* (2011), quienes al evaluar la eficacia de dos dosis de ivermectina (T1: 0.5 mg/kg peso vivo y T2: 1 mg/kg peso vivo) en caballos en pastoreo, sobre la reducción de huevecillos, concluyeron que el uso de 1 mg/kg peso vivo, controla la infestación por nematodos gastroentéricos.

Posiblemente los nematodos en estudio presentan resistencia a la ivermectina, la cual ha sido aplicada por más de 15 años en el rancho donde se realizó el estudio. Muy probablemente la efectividad de éste antihelmíntico haya disminuido o hasta cesado. La resistencia a un producto químico se produce cuando después de cada tratamiento sobrevive un pequeño número de individuos que son resistentes al

químico utilizado, y son los únicos que logran reproducirse y contaminar los pastizales con sus huevecillos (Jackson, 1993). Otra posibilidad es que los conteos de huevecillos no sean representativos del efecto de la ivermectina, pues su aplicación está orientada al control de las larvas adulta siendo estas las que ovipositan.

1.5 Conclusiones

En el pasto se encontraron larvas de tercer estadio de cuatro especies de nematodos gastrontestinales, durante los diez meses de muestreo. Las poblaciones más abundantes ocurrieron en octubre del 2008 y las menos abundantes en abril y mayo del 2009. Estas abundancias poblacionales se correlacionan positivamente con la precipitación.

H. contortus fue la especie más dominante durante todo el estudio, presentándose en los diez meses de muestreo. Las larvas infectivas de esta especie presentan un patrón de agregación en el pastizal en todos los meses de muestreo.

La ivermectina aplicada a los bovinos, no disminuyó la cantidad de huevecillos de las cuatro especies de nematodos gastroentéricos en el estiércol, por lo que la utilización de éste antihelmíntico en el rancho San Ramón parece no tener efectividad sobre los nematodos.

1.6 Literatura citada

- Amaradasa, B.S., Lane, R.A., Manage, A. 2010. Vertical migration of *Haemonchus contortus* infective larvae on *Cynodon dactylon* and *Paspalum notatum* pastures in response to climatic conditions. *Veterinary Parasitology*. 170:78-87.
- Andrews, L.K. y Quezada, J.R. 1989. Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura: Estado actual y futuro. Escuela agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras, Centroamérica. 623 p.
- Bailey, J.N., Kahn, L.P., Walkden-Brown, S.W. 2009. Availability of gastrointestinal nematode larvae to sheep following winter contamination of pasture with six nematode species on the Northern tablelands of New South Wales. *Veterinary Parasitology*. 160:89-99.
- Blackmore, S. 2007. Agricultura de Precisión (AP). *Revista Nacional de Agricultura*. 949:20-28.
- 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.
- Boag, B., Topham, P.B., Webster, R. 1989. Spatial distribution on pasture of infective larvae of the gastrointestinal nematode parasites of sheep. *International Journal of Parasitology*. 19:681-685.
- Boag, B., Hackett, C.T., Topham, P.B. 1992. The use of Taylor's power law to describe the aggregated of gastrointestinal nematodes of sheep. *International Journal of Parasitology*. 22:267-270.
- Boom, C.J., Sheath, G.W. 2008. Migration of gastrointestinal nematode larvae from cattle faecal pats onto grazable herbage. *Veterinary Parasitology*. 157:260-266.
- Bryan, R.P., Kerr, J.D. 1988. The grazing behavior of cattle in relation to the sampling of infective nematode larvae on pasture. 30:73-82.
- Conder, G.A., Campbell, W.C. 1995. Chemotherapy of nematode infections of veterinary importance, with special reference to drug resistance. *Advances in Parasitology*. 35:1-84.
- Encalada, M.L.A., Cordoba, B.J.A., Vargas, M.J.J., García, R.M.J., Uicab, B.L., Del Río, R.J. 2009. Prevalencia de nematodos gastroentéricos de becerros en sistemas de doble propósito del municipio de Escárcega, Campeche, México. *Agrociencia*. 43:569-576.

- Fine, A., Hartman, R., Krecek, R.C., Groeneveld, H. 1993. Effects of time, from collection to processing, on the recovery of *Haemonchus contortus* third-stage larvae from herbage. *Veterinary Parasitology*. 51:77-83.
- Fernández, R.M., Vázquez, P.V., Liebano, H.E. 1994. Development and recovery of *Haemonchus contortus* first larval stages on experimental plots in Mexico. 51:263-269.
- Francisco, I., Sánchez, J.A., Cortiñas, F.J., Francisco, J.R., Suárez, J., Capazal, C., Suárez, J.L., Arias, M.S., Morrondo, P., Sánchez-Andrade, R., Paz-Silva, A. 2011. Efficacy of ivermectin pour-on against nematodes infecting foals on pasture: coprological and biochemical analysis. *Journal of Equine Veterinary Science*. 31(9):530-535.
- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Offset Larios. S.A. México, D.F. 252 p.
- Gruner, L., Sauve, C. 1982. The distribution of *Trichostrongyle* infective larvae on pasture and grazing behavior in calves. *Veterinary Parasitology*. 11:203-213.
- Iqbal, Z., Lateef, M., Khan, M.N., Muhammad, G., Jabbar, A. 2005. Temporal density of trichostrongylid larvae on a communal pasture in a sub-tropical region of Pakistan. *Pakistan Veterinary Journal*. 25:87-91.
- Jackson F. 1993. Anthelmintic resistance - the state of play. *British Veterinary Journal*. 149:123-138.
- Jimenez, A.E., Montenegro, V.M., Hernández, J., Dolz, G., Maranda, L., Galindo, J., Epe, C., Schmieder, T. 2007. Dynamic of infections with gastrointestinal parasites and *Dictyocaulus viviparus* in dairy and beef cattle from Costa Rica. *Veterinary Parasitology*. 148:262-271.
- Krecek, R.C., Groeneveld, H.T., Van Wyk, J.A. 1991. Effects of time, day, season and stratum on *Haemonchus contortus* and *Haemonchus placei* third stage larvae on irrigated pasture. *Veterinary Parasitology*. 40:87-98.
- Krecek, R.C., Maingi, N. 2004. Comparison of two techniques used for the recovery of third-stage strongylid nematode larvae from herbage. *Veterinary Parasitology*. 122:233-243.
- Levine, N.D. 1963. Weather, climate, and the bionomics of ruminant nematode larvae. *Advances in Veterinary Sciences*. 8:215-261.

- Liebano, H.E., Vázquez, P.V., Fernández, R.M. 1998. Sobrevivencia de larvas infectantes de *Haemonchus contortus* en un clima cálido subhúmedo en México. *Veterinaria México*. 29:245-250.
- Litell, R.C., Henry, P.R., Ammerman, C.B. 1998. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. *Journal of Animal Science*. 76:1216-1231.
- López-Collado, J. 2004. SUPRA®. Surface Response Program for the Analysis of Spatial Data. Colegio de Postgraduados. Veracruz. 53 p.
- Morales, G.A., Pino, L.A., Graterol, D., Perdomo, L. 1991. Técnica de muestreo para la estimación de la abundancia y prevalencia de nematodos parásitos de bovinos. *Revista Científica, FCV de LUZ*. 1(29):46-50.
- Morisita, M. 1962. Iδ-Index, a measure of dispersión of individuals. *Researches on Population Ecology*. 4:1-7.
- Neyman, J. 1939. On a new class of contagious distributions applicable in entomology and bacteriology. *Annals of Mathematical Statistics*. 10:35-57.
- Niec, R. 1972. Método de recuperación de larvas infectantes de nematodos parásitos de los pastos. *Revista de Medicina Veterinaria*. Argentina. 53:289-293.
- Niec, R. 1968. Técnicas de cultivo e identificación de larvas infectivas de nematodos gastrointestinales en bovinos y ovinos. Red de helmintología para América Latina y el Caribe. FAO-INTA. Buenos Aires Argentina. 23 p.
- Olivares, P.J., Gutiérrez, S.I., Valencia, A.M.T. 2006. Prevalencia de nematodos gastroentéricos en terneros predestete del trópico de Guerrero, México, durante la época lluviosa. REDVET® *Revista Electrónica de Veterinaria*. 2(11):1-5. <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/636/63612653009.pdf> Fecha de consulta: Agosto 2011.
- Oliveira, A.L.F., Costa, C., Rodella, R.A., Silva, B.F., Amarante, A.F.T. 2009. Effect of plant trichomes on the vertical migration of *Haemonchus contortus* infective larvae on five tropical forages. *Tropical Animal Health and Production*. 41:775-782.
- Pielou, E.C. 1961. A single mechanism to account for regular, random and aggregated populations. *The Journal of Ecology*. 48:575-584.
- Rege, J.E.O., Tembely, S., Mukasa-Mugewa, E., Sovani, S., Anindo, D., Lahlou-Kassi, A., Nagda, S., Baker, R.L. 2002. Effect of breed and season on production and response to infections with gastrointestinal nematode parasites in sheep in the highlands of Ethiopia. *Livestock Production Science*. 78:159-174.

- Rojas, B.A. 1964. La binomial negativa y la estimación de intensidad de plagas en el suelo. *Fitotecnia Latinoamericana*. 1:27-36.
- Rossanigo, C.E., Gruner, L. 1994. Relative effect of temperature and moisture on the development of strongyle eggs to infective larvae in bovine pats in Argentina. *Veterinary Parasitology*. 55:317-325.
- Sandoval, E., Morales, G., Jiménez, D., Pino, A., Márquez, A. 2002. Dinámica del recuento de huevos por gramo de heces de estróngilos digestivos a diferentes horas del día en becerros naturalmente infectados. *Veterinaria Tropical*. 27:51-62.
- Saunders, L.M., Tompkins, D.M., Hudson, P.J. 2000. Spatial aggregation and temporal migration of free-living stages on the parasitic nematode *Trichostrongylus tenius*. *Functional Ecology*. 14:468-473.
- Silva, B.F., Amarante, M.R.V., Kadri, S.M., Carrijo-Mauad, J.R., Amarante, A.F.T. 2010. Vertical migration of *Haemonchus contortus* third stage larvae on *Brachiaria decumbens* grass. *Veterinary Parasitology*. 158:85-92.
- SAS. 2004. Statistical Analysis System. SAS/ STAT® 9.1 User's Guide. SAS Institute Inc. Cary, N. C. 5121 p.
- Soulsby, E.J. 1987. Nematodos. Parasitología y enfermedades parasitarias en los animales domésticos. Editorial Interamericana. 7ª Edición. México, D.F. Pp 169-239.
- Steel, R.G.D., Torrie, J.H., Dickey, D.A. 1997. Principles and procedures of statistics a biometrical approach. 3ª edition. Editorial McGrawHill. 666 p.
- Taylor, E.L. 1939. Technique for the estimation of pasture infestation by strongyloid larvae. *Parasitology*. 31:473-478.
- Taylor, L.R. 1961. Aggregation, variance and the mean. *Nature*. 189:732-735.
- Thienpont, D., Rochette, F., Vanparis, O.F.J. 1986. Diagnóstico de las helmintiasis por medio del examen coprológico. Janssen Research Foundation. Beerse, Bélgica. 187 p.
- Tyrrell, K.L., Dobson, R.J., Stein, P.A., Walkden, S.W. 2002. The effects of ivermectin and moxidectin on egg viability and larval development of ivermectin-resistant *Haemonchus contortus*. *Veterinary Parasitology*. 107:85-93.
- Uhlinger, C., Fetron, J., Johnstone, C.A. 1998. Field evaluation of benzimidazole drugs in a herd of dairy goats. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2:113-116.

- Vázquez, P.V., Rodríguez, J.M., Méndez, B., Escutia, S.I. 1994. Efectividad de cuatro antihelmínticos comerciales contra nematodos gastroentéricos de ovinos pelibuey. *Técnica Pecuaria en México*. 46:25-29.
- Vera, G.J., Pinto, M.V., López, C.L. y Reyna, R.R. 2002. Ecología de poblaciones de insectos. 2ª edición. Colegio de Postgraduados. México, D.F. Pp 116-135.
- Waller, P.J. 2003. Global perspectives on nematode parasite control in ruminant livestock: the need to adopt alternatives to chemotherapy, with emphasis on biological control. *Animal Health Research Reviews*. 4: 35-43.

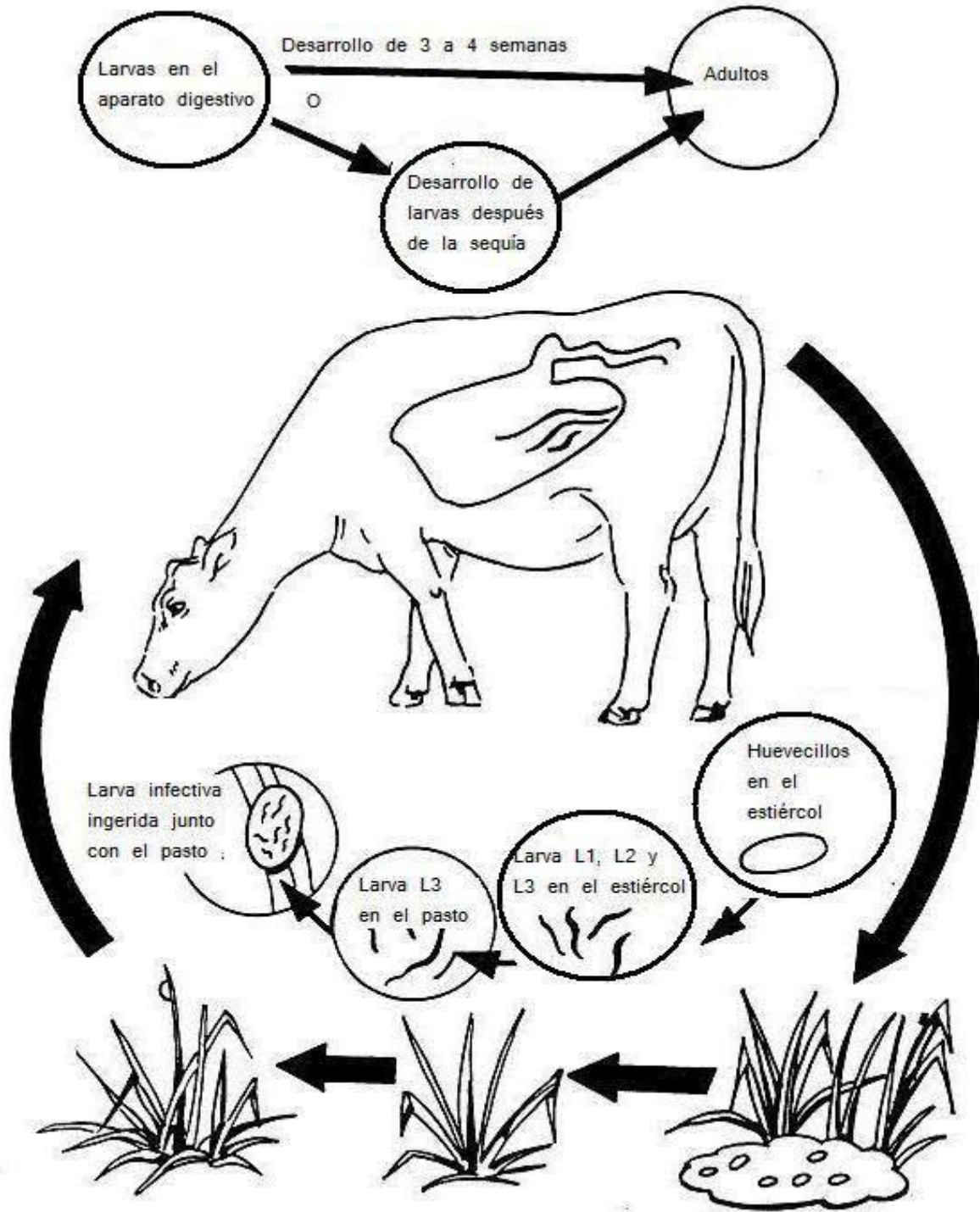
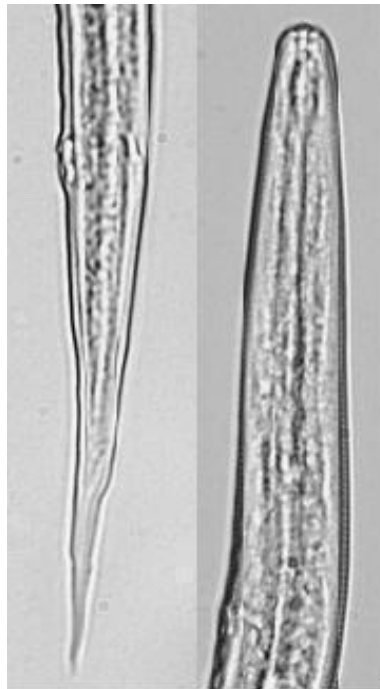
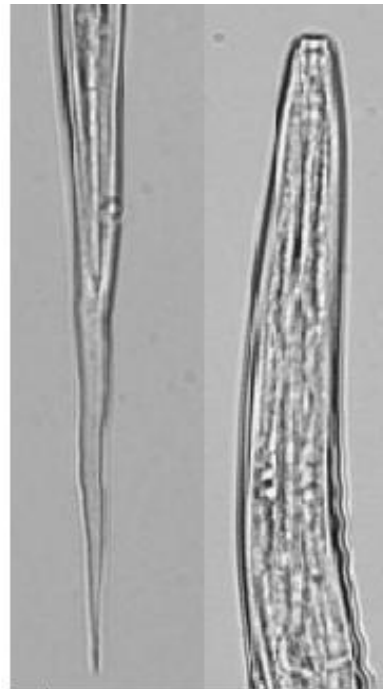


Figura 2. Ciclo de vida de los nematodos gastrointestinales que parasitan a los rumiantes.
 (www.petalia.com/Templates/StoryTemplate_Process.cfm?Story_No=1825&specie=7)



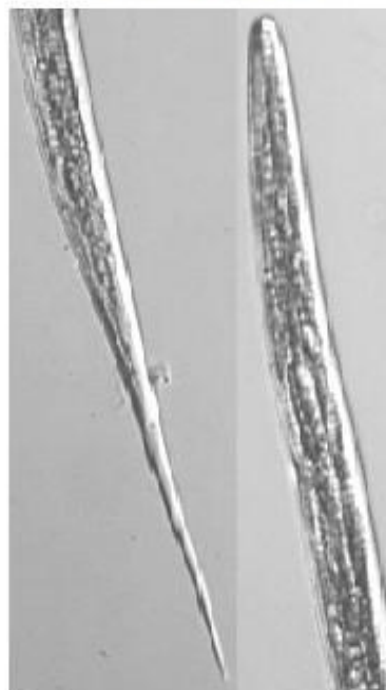
Trichostrongylus axei



***Ostertagia* spp.**



***Cooperia* spp.**



Haemonchus contortus

Figura 3. Larvas infectantes de nematodos gastrointestinales de bovinos encontradas en el pastizal del rancho San Ramón, en Medellín, Veracruz. Medida de largo total del cuerpo: *T. axei* (583-785 μm), *Ostertagia* spp.(780-978 μm), *Cooperia* spp. (666-899 μm) y *H. contortus* (600-805 μm).

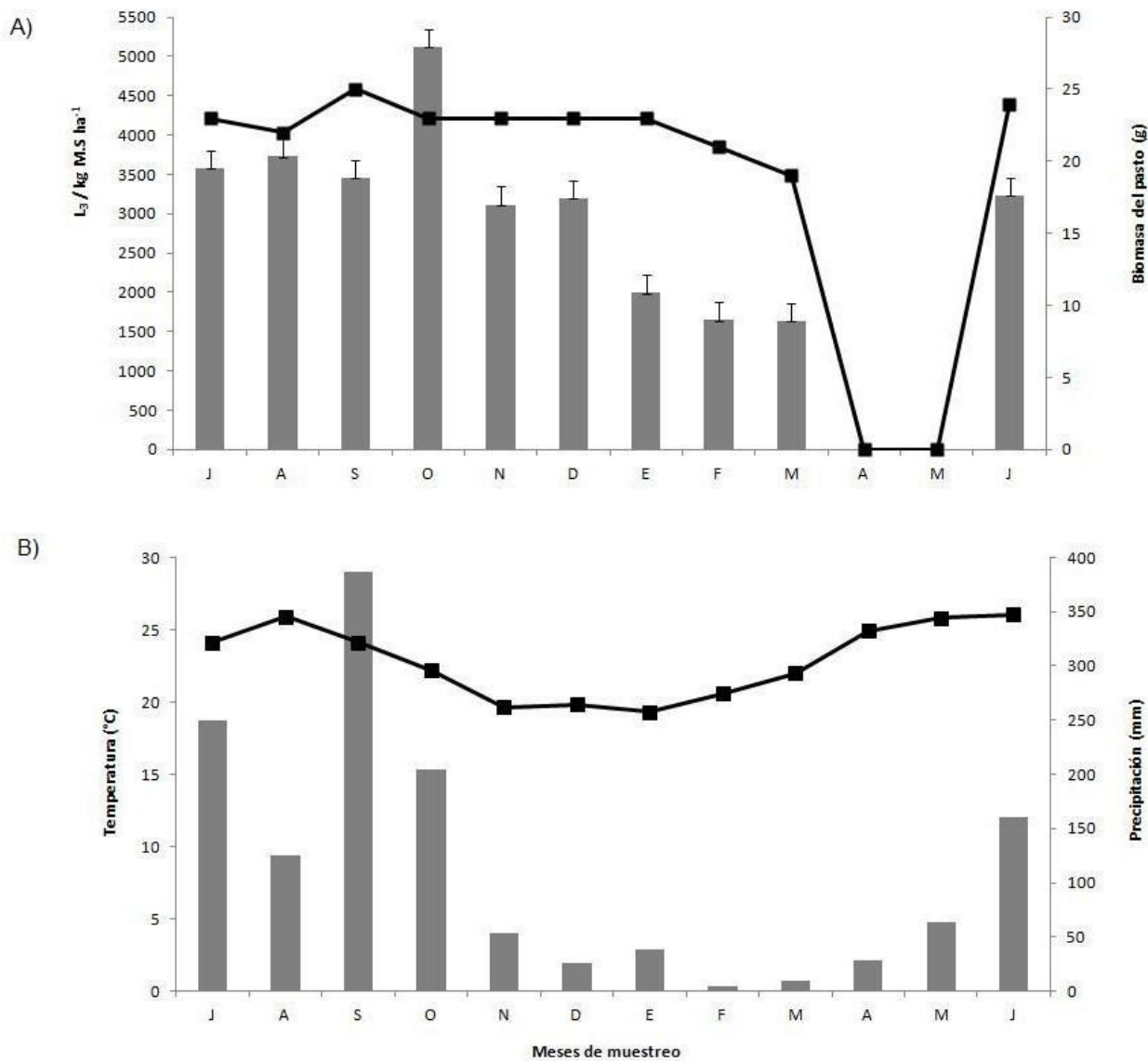


Figura 4. A) Promedio del número larvas infectantes de nematodos gastrointestinales por gramos de biomasa seca de pasto (L_3 kg MS ha^{-1}), colectadas de julio del 2008 a junio del 2009, en un pastizal ubicado en Medellín, Veracruz. B) Medias de Temperatura (\blacklozenge) y Precipitación (\square) durante el período comprendido de julio 2008 a junio 2009 en la Laguna, Medellín, Ver (Fuente: Estación meteorológica del INIFAP Cotaxtla).

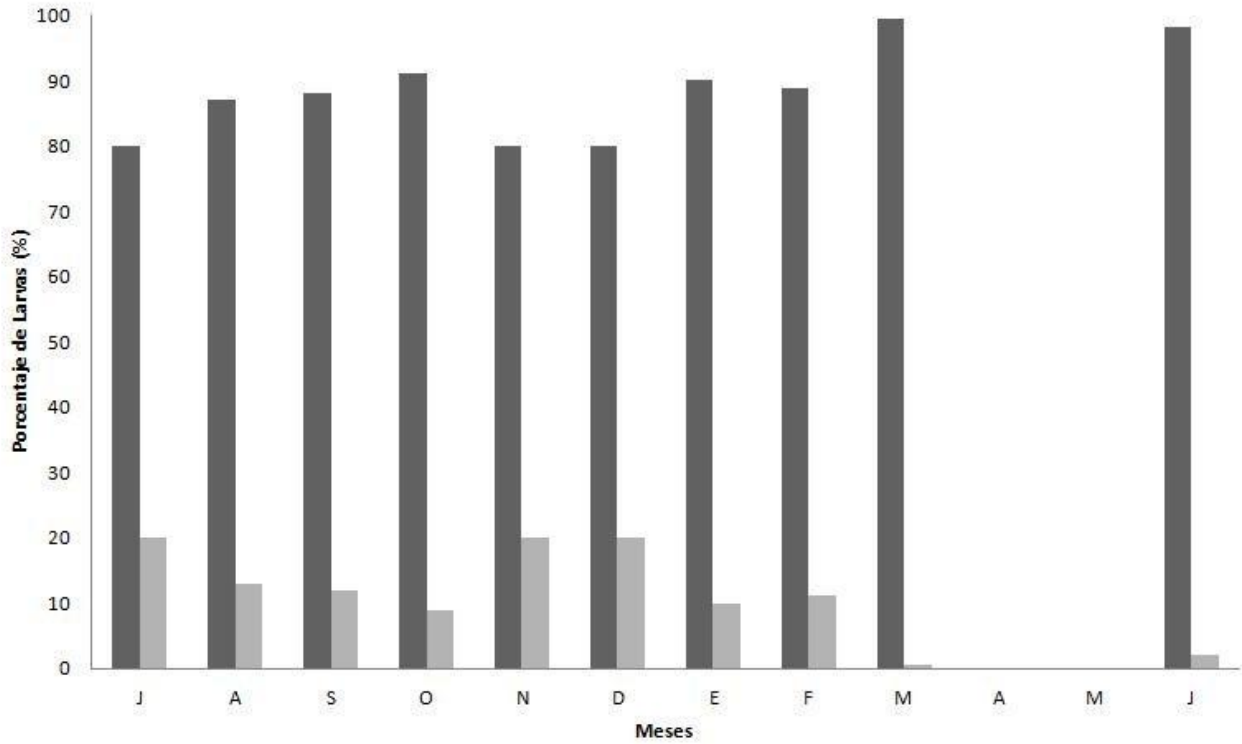


Figura 5. Porcentaje de larvas de tercer estadio de especies de nematodos, colectadas en un pastizal de Medellín, Veracruz. Las barras más oscuras (■) representan a las larvas de *H. contortus*. Las barras de color claro (□) agrupa las larvas de *Trichostrongylus* sp., *Ostertagia* sp. y *Cooperia* sp.

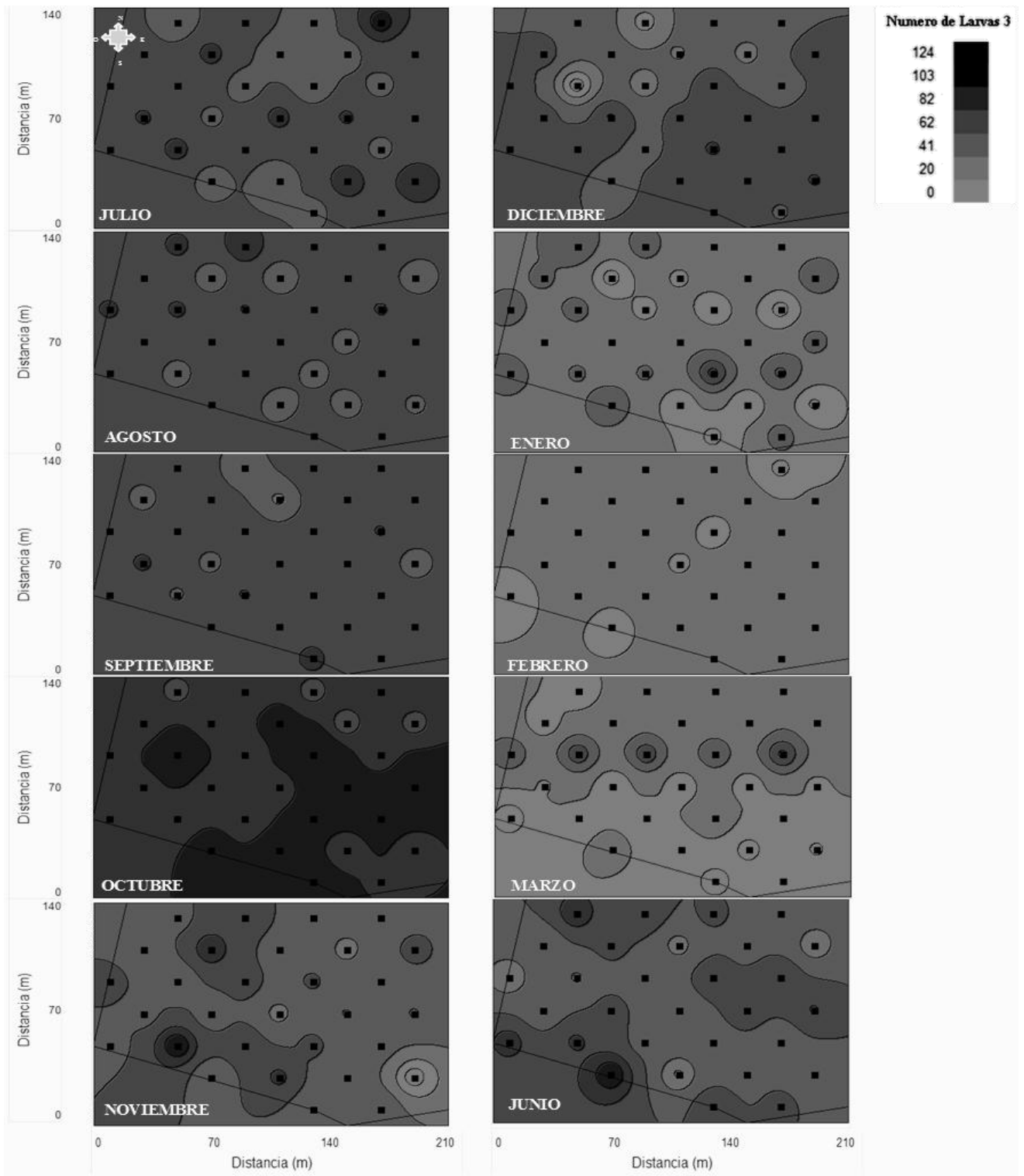


Figura 6. Isodensidades del número total de larvas infectivas, colectadas un pastizal de Medellín, Veracruz. Los cuadros (■) indican los puntos de muestreo de las larvas. Las líneas señalan el polígono correspondiente al potrero en estudio.

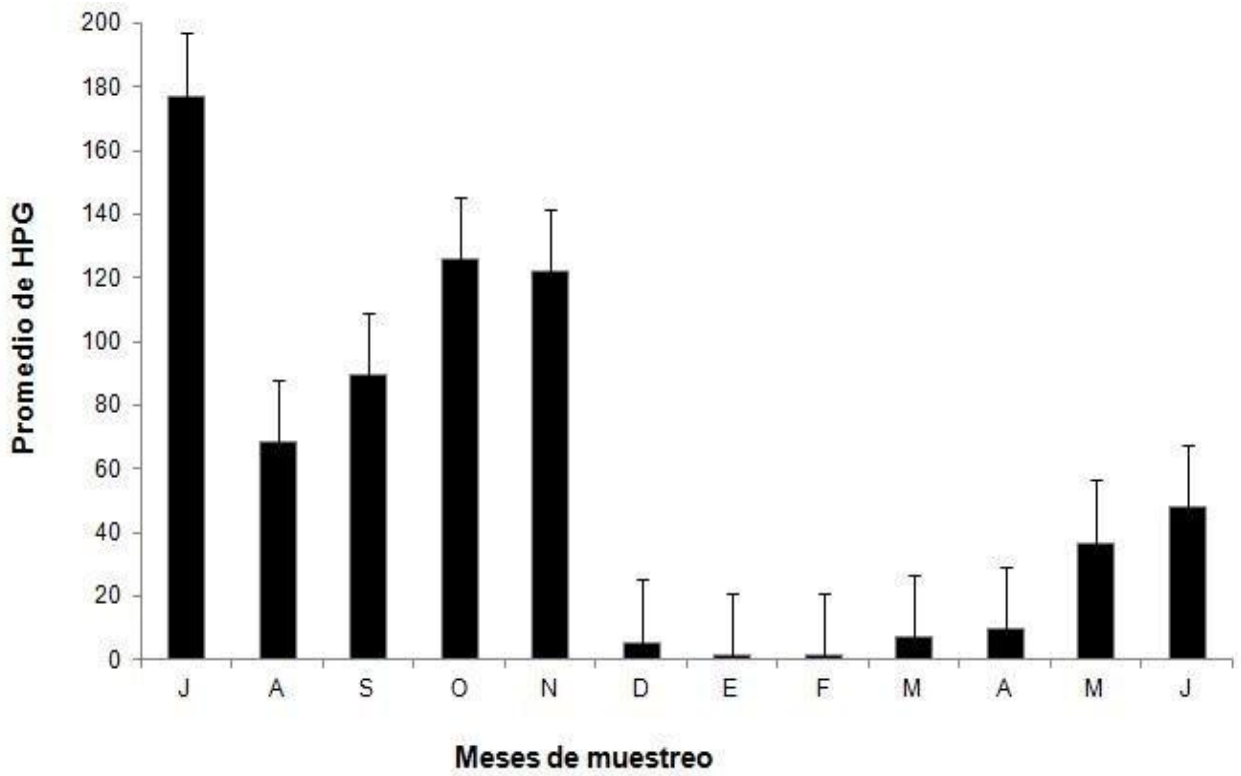


Figura 2.6. Promedio del número de huevecillos de nematodos gastrointestinales por gramos de heces (hpg) de bovinos en pastoreo, colectados de julio del 2008 a junio del 2009.

Cuadro 1. Índice de disposición espacial de *Haemonchus contortus* durante doce meses de muestreo, en el rancho ganadero San Ramón de Veracruz, México.

Meses	Índices		
	Varianza-media	K binomial negativa	Morisita
Julio	4.2*	24.9	1.0
Agosto	2.2*	66.8	1.0
Septiembre	1.5*	167.3	1.0
Octubre	7.4*	17.8	1.1
Noviembre	7.9*	9.7	1.1
Diciembre	7.2*	11.4	1.1
Enero	13.6*	3.4	1.3
Febrero	2.4*	25.2	1.0
Marzo	18.3*	1.9	1.5
Abril	--	--	--
Mayo	--	--	--
Junio	7.3*	11.3	1.1

*Significativamente agregada (prueba de χ^2 , $P < 0.05$), -- No hubieron datos

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

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

2.1 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 (Halffter 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 Halffter, 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 de los escarabajos. Sin

embargo, en México solo existe evidencia del efecto de los residuos de diferentes herbicidas químicos sobre la abundancia de escarabajos 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). 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.

2.2 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 (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.

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 interfiriera 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 fue 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. El estiércol era colocado inmediatamente en las trampas que quedaban expuestas por tres días cada mes durante un año. Posteriormente, las trampas fueron retiradas del pastizal.

Colecta. Los escarabajos encontrados muertos 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 con 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; los datos de las capturas se analizaron con el procedimiento MIXED y una estructura de covarianzas AR(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).

2.3 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, respectivamente. 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 2).

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 2), 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 8A). 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 8A). 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 8C).

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 8B).

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 2). 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 2), y las especies con menor abundancia fueron: *P. mexicanus*, *L. pseudolividus* y *N. fissicornis* presentando menos del 1 % (Cuadro 2).

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 9A).

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 9A, 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 9D 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 3).

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 10); 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 8C), pero en el resto de las fechas hay una distribución relativamente homogénea, que coincide con la época de menor precipitación (Figura 8C).

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 11). 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 8C). También se observa homogeneidad en abril y mayo del 2008, coincidiendo con la época de sequía en la zona de estudio (Figura 8C).

De manera particular, la disposición espacio-temporal del *E. intermedius* se presenta en la Figura 12. 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 3). Mientras que en agosto del 2008, marzo, abril y mayo del 2009, fueron los meses con menores capturas y menor agregación.

2.4 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).

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), más si se ha usado tantos años la ivermectina. 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.

2.5 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 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*, tuvo mayor agregación en el mes de octubre. Los escarabajos de esta especie, se agruparon en general, en la parte central del pastizal.

2.6 Literatura citada

- 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., 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 agriotic 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., Cambefort, Y. Eds. *Dung Beetle Ecology*. Princeton University Press. New Jersey. Pp 22-35.
- Chirico, J., Wikteliu, 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 (Scarabeinae, 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-burrying 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., Cambefort, Y. Eds. *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.

- Halffter, 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. 176 p.
- 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., Cambefort, Y. Eds. *Dung Beetle Ecology*. Princeton University Press. New Jersey. Pp 75-96.
- Hanski, I., Cambefort, Y. 1991. Spatial processes. In: Hanski, I., Cambefort, Y. Eds. *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., Gronvold, 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., Lützel Schwab, 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. Distribution and fine structure of antennal olfactory sensilla in Japanese dung beetle, *Geotrupes auratus* Mtos. (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.
- Montes de Oca, E., Halffter, 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., Halffter, 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., Halffter, 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. 1961. 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.
- SAS. 2004. Statistical Analysis System. 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. 3^a 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. 2^a 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., Móron, 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).

Cuadro 2. 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 Ivermectina	Con ivermectina
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>Scatimus 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

Cuadro 3. 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 , $P < 0.05$)

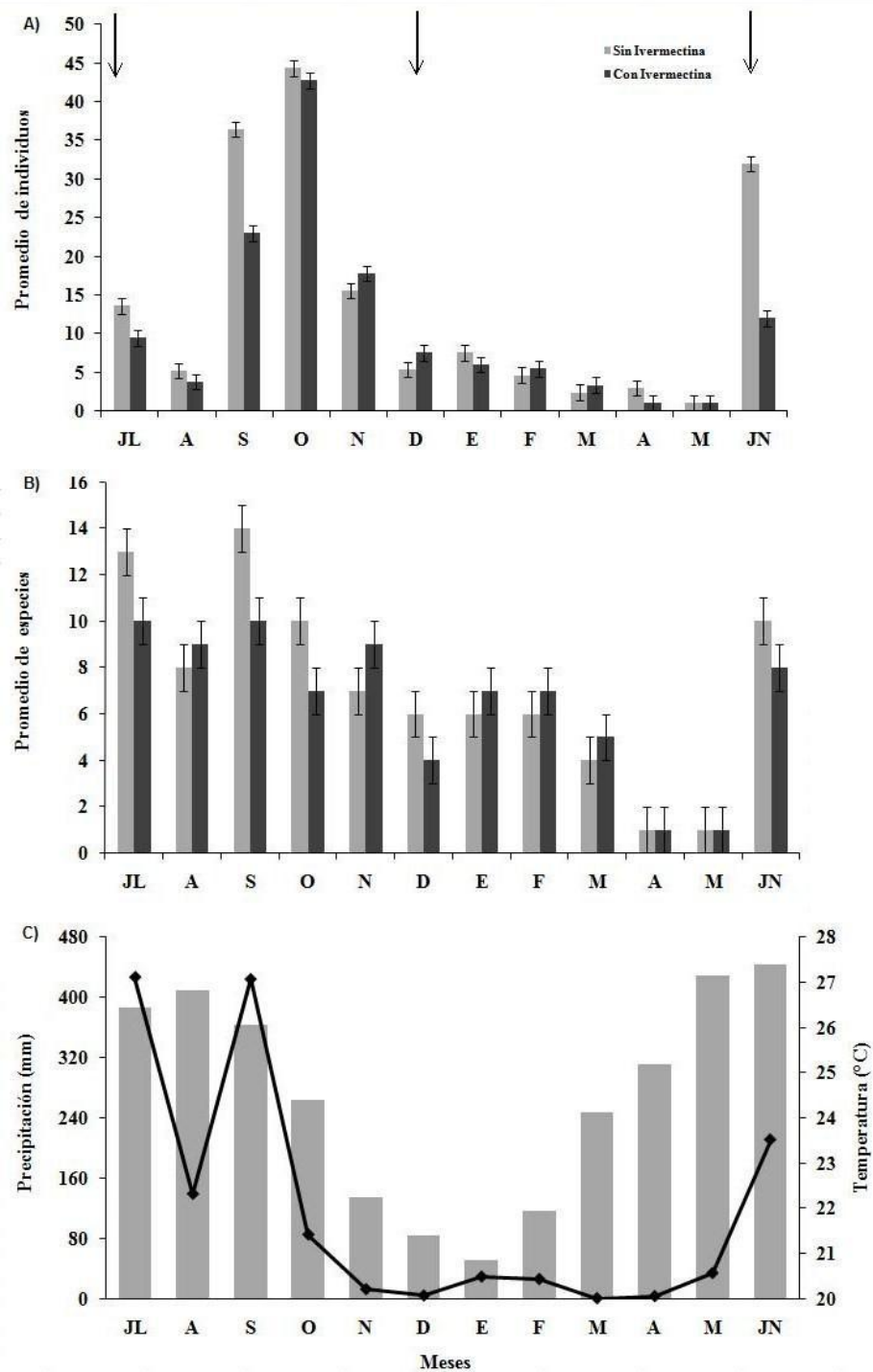


Figura 8. A) Medias del total de individuos colectados mensualmente, B) Medias del total de especies de escarabajos estercoleros colectadas en trampas de pozo seco cebadas con estiércol con y sin ivermectina, durante los meses de julio 2008 (JL) a junio 2009 (JN). C) Medias de Precipitación (◆) y Temperatura (□) 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.

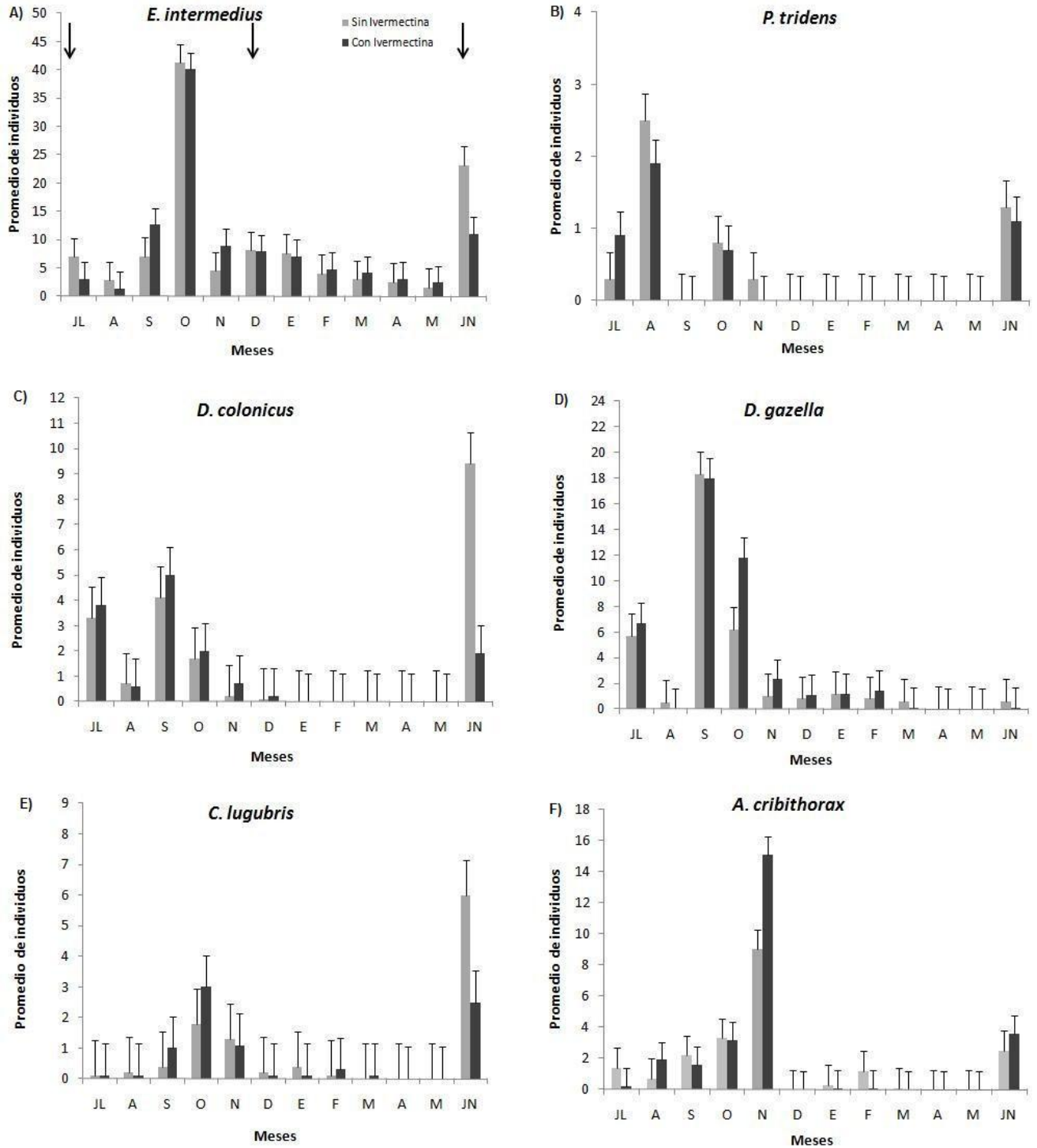


Figura 9. Promedio de individuos de varias especies de escarabajos estercoleros colectados durante un año de estudio de julio 2008 (JL) a junio 2009 (JN). A) *E. intermedius*. B) *P. tridens*. C) *D. colonicus*. D) *D. gazella*. E) *C. lugubris*. F) *A. cribithorax*. Las flechas en la Figura 2A, indican los meses en que fueron desparasitados los animales.

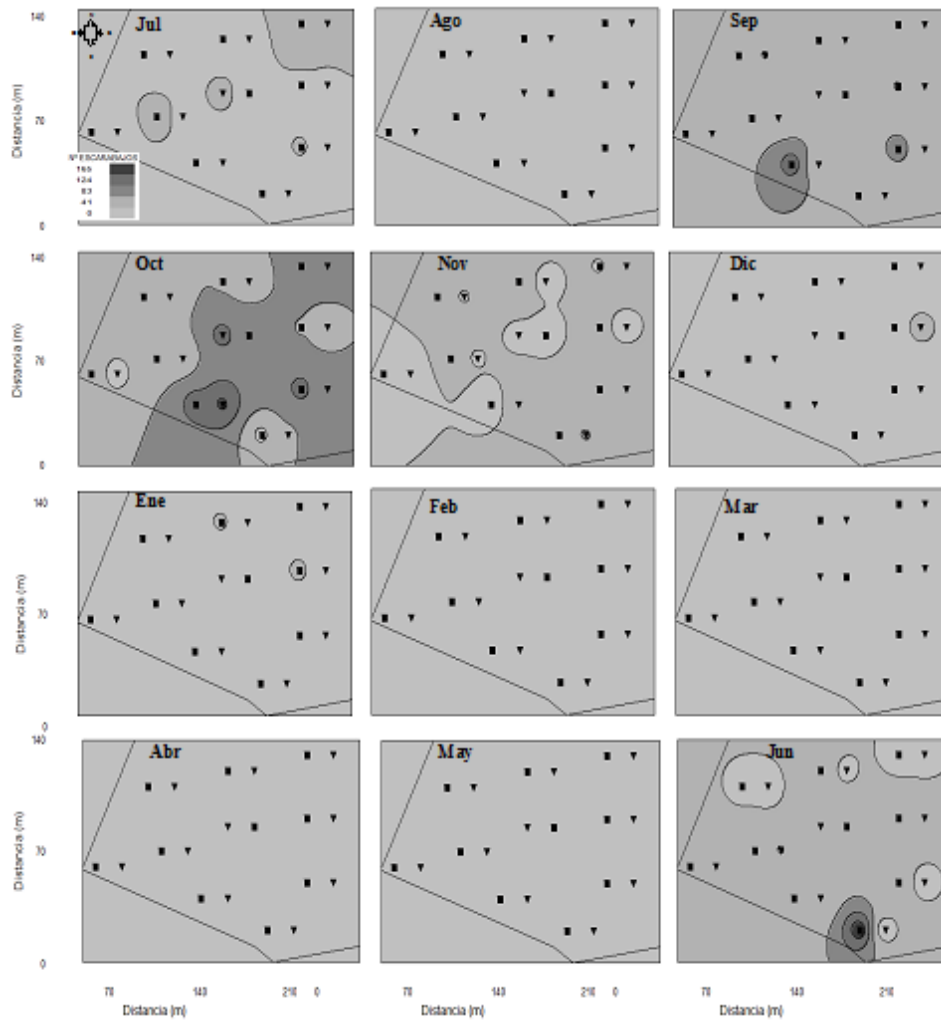


Figura 10. Iso-densidades del número total de escarabajos estercoleros capturados en un pastizal durante los años 2008 y 2009. Las etiquetas del lado superior derecho en cada mapa indican el mes de muestreo. Las tonalidades de color y densidades se presentan en la escala del primer mapa. Los cuadros (■) indican trampas con cebos sin ivermectina y los triángulos (▲) indican trampas con cebos con ivermectina.

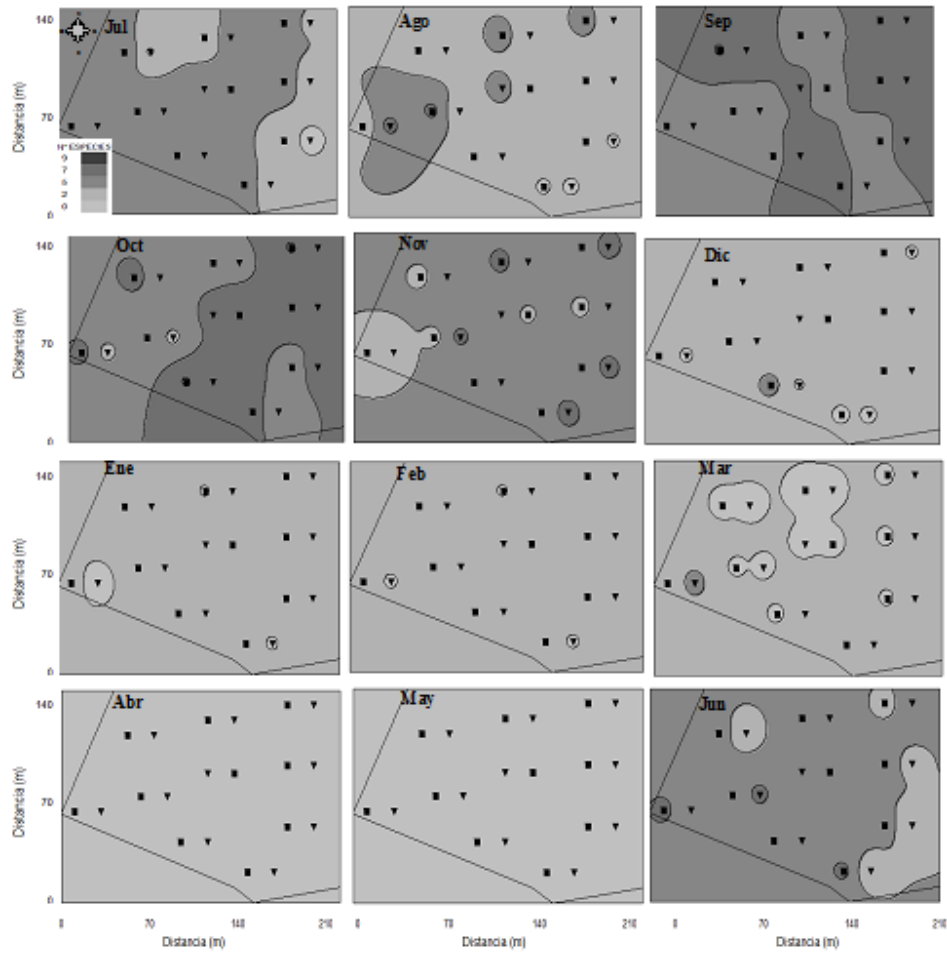


Figura 11. Disposición espacial y temporal de las especies de escarabajos coprófagos estercoleros colectadas durante doce meses de muestreo. Las etiquetas del lado superior derecho en cada mapa indican el mes de muestreo. Las tonalidades de color y densidades se presentan en la escala del primer mapa. Los cuadros (■) indican trampas con cebos sin ivermectina y los triángulos (▲) indican trampas con cebos con ivermectina.

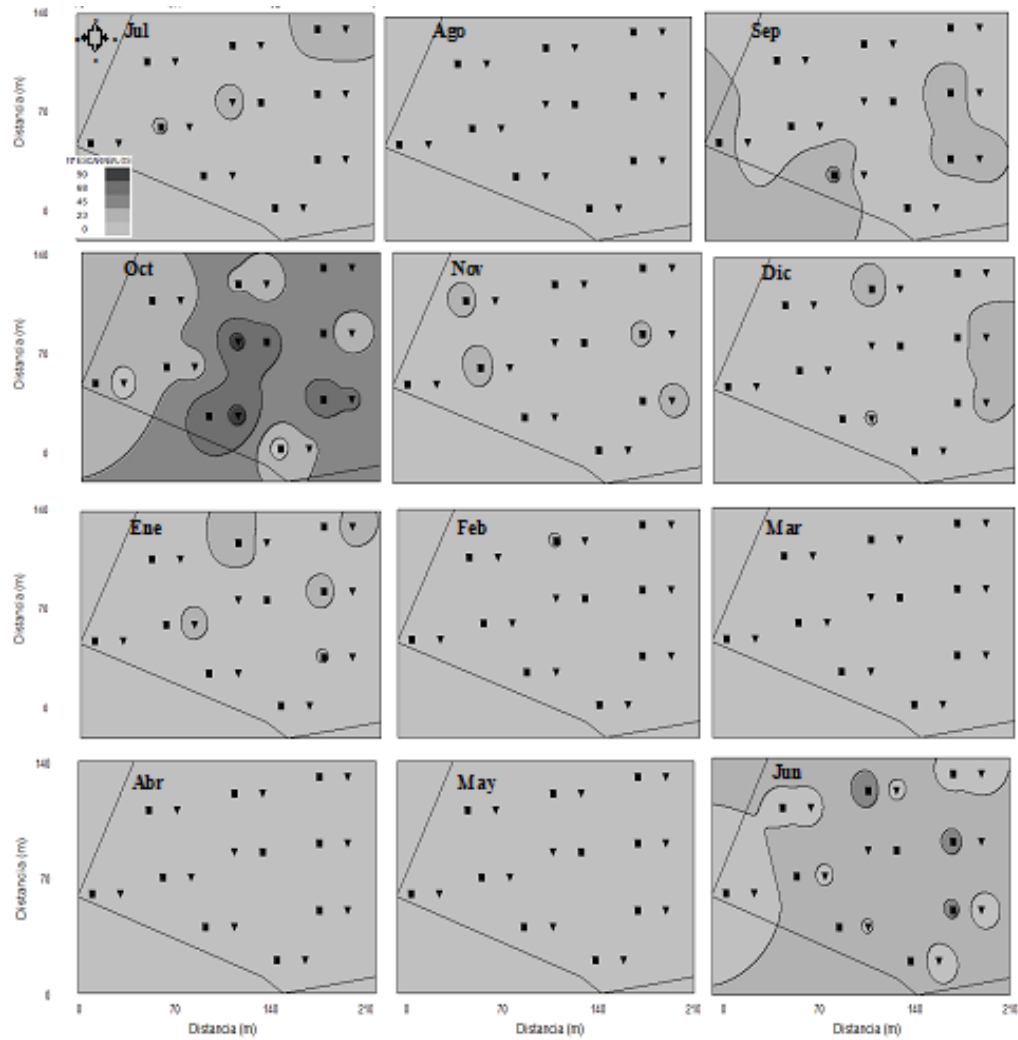


Figura 12. Disposición espacial de las poblaciones de *Euoniticellus intermedius* colectados durante doce meses. Las etiquetas del lado superior derecho en cada mapa indican el mes de muestreo. Las tonalidades de color y densidades se presentan en la escala del primer mapa. Los cuadros (■) indican trampas con cebos sin ivermectina y los triángulos (▲) indican trampas con cebos con ivermectina.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

Conclusiones

Con base en el análisis de la información referente a los agroecosistemas de producción bovinos, de los estudios realizados sobre la abundancia y la dinámica espacial de las fases exógenas de los nematodos gastrointestinales que parasitan a los bovinos, así como también la de los escarabajos estercoleros en el agroecosistemas bovino, se llegaron a las siguientes conclusiones:

En relación a los elementos del agroecosistema bovino:

- 1.- Se revisó la composición y funcionamiento del agroecosistema bovino, destacando la importancia de los pastizales, necesarios para la alimentación del ganado bovino en el estado de Veracruz.
- 2.- El pastizal brinda hospedaje y alimento a varias especies de organismos, que son benéficos para el pasto, pero perjudiciales para el ganado.
- 3.- En el agroecosistema bovino veracruzano, se realizan prácticas de manejo que pueden repercutir negativamente sobre la biocenosis del pastizal. El uso de productos químicos aplicados directa o indirectamente a los animales y al pastizal, puede reducir o eliminar las poblaciones de organismos presentes en el suelo.

En relación con los nematodos gastrointestinales:

1.- En el pastizal del Rancho San Ramón, existen las larvas infectantes durante casi todos los meses del año, en mayor cantidad cuando las condiciones climatológicas fueron las favorables para la eclosión de los huevecillos, y su posterior desarrollo a larva infectiva, lo cual sucedió durante los meses de junio a octubre de 2008 y junio de 2009.

2.- Se encontraron cuatro especies de larvas de nematodos gastrointestinales en etapa infectiva: *Cooperia* spp., *Ostertagia* spp., *Trichostrongylus axei* y *Haemonchus contortus*, de las cuales las tres primeras fueron encontradas en menor cantidad a comparación de *H. contortus*.

3.- La especie *H. contortus* fue la larva de nematodos gastrointestinales más abundante y apareció durante los diez meses de colecta. Sin embargo, en los meses de abril y mayo de 2009, no hubo material suficiente para su colecta debido probablemente a las bajas precipitaciones que impidieron el desarrollo de los pastos y el sobrepastoreo de los bovinos.

4.- Las larvas infectivas, presentaron agregación en los diez meses de muestreo, siendo que a mayor densidad de larvas, había mayor agregación.

5.- Al aplicar 1cm³ de Iverject F. Bovinos[®] vía intramuscular por cada 100 kg de peso vivo a los bovinos, no hubo disminución sobre la cantidad de huevecillos de nematodos gastroentéricos en las heces. Las cantidades de huevecillos fueron similares en heces con ivermectina y sin ivermectina.

En relación con los escarabajos estercoleros:

1.- Se colectaron 4569 individuos, que pertenecen a 15 especies. Las más abundantes fueron las especies africanas, *Euoniticellus intermedius* y *Digitonthophagus gazella*. Sin embargo solamente *E. intermedius* se observó durante todo el año de colecta.

2.- Los cebos con ivermectina afectan diferencialmente la abundancia de algunas especies, es decir, individuos de algunas especies fueron más capturados con ivermectina, pero en otras especies las capturas fueron menores; las especies afectadas con la ivermectina fueron *E. intermedius*, *D. gazella*, *P. tridens*, *D. colonicus*, *C. lugubris* y *A. cribithorax*.

3.- Los escarabajos estercoleros estudiados presentaron una disposición espacial agregada, acorde con la literatura. En este caso, se debe probablemente a que estas especies explotan recursos efímeros que se encuentran en unidades discretas (las boñigas) y puesto que tienen un efecto atrayente, esto hace que su arreglo sea agregado.

Recomendaciones

- Se requieren estudios para estimar la disposición de las heces en los potreros y la dispersión de larvas hacia la vegetación, ya que también influye el tipo de tricoma de los pastos.
- Realizar estudios de atracción de los ingredientes activos de los productos veterinarios sobre los escarabajos estercoleros, sin la interferencia del clorsulón u otro excipiente que pudiera tener algún efecto enmascarado sobre el producto comercial. De esta manera es posible estudiar el efecto directo de la ivermectina, como se hace convencionalmente con otros productos tales como feromonas o volátiles vegetales.
- Estudiar en condiciones de campo, la capacidad que tienen los escarabajos sobre el entierro de los huevecillos de los nematodos como otra actividad positiva de estos insectos. Este tipo de trabajos se han realizado en laboratorio en otras partes del mundo y sería factible realizarlos en México.