# UNIVERSIDAD VERACRUZANA

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS**

**Campus Tuxpan**

**Maestría en Ciencias del Ambiente**

# "Remoción de excremento vacuno por los escarabajos del estiércol (Coleoptera: Scarabaeinae) en dos zonas ganaderas del norte de Veracruz"

**T E S I S**

**Que para obtener el título de:**
**MAESTRA EN CIENCIAS DEL AMBIENTE**

**P R E S E N T A:**

**Biol. Karen Pamela Miranda Flores**

**Director:**
**Dr. Mario Enrique Favila Castillo**

**Co-director:**

**Dra. Ivette Alicia Chamorro Florescano**

**Dr. José Luis Alanís Méndez**

**Tuxpan, Ver.** **2014**

El presente trabajo de intervención: **"Remoción de excremento vacuno por los escarabajos del estiércol (Coleoptera: Scarabaeinae) en dos zonas ganaderas del norte de Veracruz"**, realizado por la C. Karen Pamela Miranda Flores, bajo la dirección del Dr. Mario Enrique Favila Castillo y asesoría del consejo particular de los C. Dra. Ivette Alicia Chamorro Florescano y Dr. José Luis Alanís Méndez, ha sido revisado y aprobado como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS DEL AMBIENTE**

DR. MARIO ENRIQUE FAVILA CASTILLO

**DIRECTOR**

DRA. IVETTE ALICIA CHAMORRO FLORESCANO

**CO-DIRECTOR**

DR. JOSÉ LUIS ALANÍS MÉNDEZ

**CO-DIRECTOR**

Tuxpan de Rodríguez Cano, Ver. Agosto 2014

Universidad Veracruzana

# UNIVERSIDAD VERACRUZANA
## Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
## Maestría en Ciencias del Ambiente

Universidad Veracruzana

Revisión del trabajo de intervención de la alumna: **Karen Pamela Miranda Flores**

| Nombre | Fecha | Fecha | Dictamen | Firma |
|---|---|---|---|---|
| Ascención Capistrán B. | | 2-09-2014 | Aprobada | |
| Jordán Gutiérrez Vivanco | | 4-09-2014. | Aprobada | |
| Juan Manuel Pech Canché | | 9-09-2014 | Aprobada | |

En la presente revisión se acordó que el trabajo de intervención denominado "Remoción de excremento vacuno por los escarabajos del estiércol (Coleoptera: Scarabaeinae) en dos zonas ganaderas del norte de Veracruz" que presenta el sustentante para obtener el Título de Maestro, está terminado por lo que puede proceder a su inmediata impresión.

# AGRADECIMIENTOS

Al apoyo financiero del CONACYT, otorgado mediante la beca de posgrado N°491110.

Al Dr. Mario E. Favila Castillo por aceptarme como parte de su grupo de alumnos, la paciencia, el apoyo incondicional y sobre todo las enseñanzas que fueron una herramienta fundamental en este trabajo.

A la Dra. Ivette A. Chamorro Florescano por el apoyo brindado para realizar este trabajo, el tiempo invertido, paciencia, amistad y sobre todo su acertada orientación.

Al Dr. José Luis Alanís Méndez por su apoyo, solidaridad y sugerencias que enriquecieron este trabajo.

A la Dra. Miryam Damborsky, por sus valiosas aportaciones para la mejora de este trabajo, así como la confianza y amistad brindada.

Dr. Alfonso Díaz Rojas la por orientación e identificación de los organismos, lo cual es un elemento indispensable en este estudio.

A los miembros de la comisión lectora Dr. Juan Manuel Pech Canche, Dr. Ascensión Capistrán Barradas, Mtro. Jordán Gutiérrez Vivanco, por sus aportaciones que favorecieron el manuscrito final.

Al Sr. Rogelio Melo y Profr. Arturo Ramírez por brindarme la confianza y apoyo al permitir el acceso a los terrenos donde se realizó el estudio.

Juan Pablo, Salvador, Laura, Xochitl, Isaías, gracias por su amistad y apoyo cuando lo necesité, más de una vez en campo y sobre todo quiero agradecer a Luis Ángel por apoyarme incondicionalmente durante este trayecto. Gracias por tu paciencia.

A mis compañeros y amigos Wendy, Catya, Luz, Reina, Laura e Isaías, por su amistad y estar conmigo directa e indirectamente.

# DEDICATORIAS

**A mi madre**

Por ese apoyo incondicional, las distintas maneras de demostrarme tu amor y jamás dejarme sola, eres el motor de mi vida.

**A mi padre**

Gracias inculcarme lo valores necesarios para salir adelante y enseñarme que con esfuerzo y dedicación todo es posible.

**A mi hermana**

Por ser una parte fundamental en mi vida, tu cariño y tus palabras que me motivan a ser mejor.

**A mi hermano**

Eres simplemente mi inspiración, la fuerza que me empuja a seguir adelante.

**A mi sobrino**

Por ser una personita muy importante en mi vida y motivo de querer ser mejor.

**A Luis Ángel**

Por formar parte de mi vida, tu amor, paciencia y apoyo incondicional. Tu presencia en mi vida hace que sea mejor.

# ÍNDICE

**AGRADECIMIENTOS** ..... **I**

**DEDICATORIAS** ..... **II**

**RESUMEN** ..... **VI**

**1. INTRODUCCIÓN** ..... **1**

**2. ANTECEDENTES** ..... **5**

**3. OBJETIVOS** ..... **14**

3.1 Objetivo general ..... 14

3.2 Objetivos particulares ..... 14

**4. HIPÓTESIS** ..... **15**

**5. ÁREA DE ESTUDIO** ..... **16**

5.1 Tamiahua ..... 16

5.2 Tlacolula ..... 18

**6. MATERIAL Y MÉTODOS** ..... **20**

6.1 Selección de zonas y muestreo ..... 20

6.2 Método de trampeo ..... 22

6.2.1 Estructura de la comunidad de los escarabajos del estiércol en zonas ganaderas ..... 22

6.2.2 Evaluación de las tasas de remoción ..... 23

6.3 Procesamiento de las muestras ..... 25

6.4. Análisis de datos ..... 26

**7. RESULTADOS** ..... **28**

7.1 Resultados generales ..... 28

7.2 Eficiencia de muestro ..... 29

7.3. Curvas de rarefacción con extrapolación. ..... 31

7.4. Composición y estructura de la comunidad de escarabajos ..... 32

7.5 Curvas rango abundancia por zona y temporada ..... 34

7.6 Tasas de remoción ..... 35

7.7 Análisis de varianza de muestras repetidas ..... 37

7.8 Especies eficientes en la remoción ..... 39

**8. DISCUSIÓN** ..... **40**

**9. CONCLUSIONES** ..... **51**

9.1 APLICACIÓN PRÁCTICA ..... 53

**10. BIBLIOGRAFÍA.** ..... **57**

# ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Lista preliminar de escarabajos del estiércol que se alimentan de estiércol de ganado y están presentes en pastizales y áreas abiertas de la región tropical de México (Favila, 2014) ..... 6

Cuadro 2. Características de los ranchos ganaderos en las zonas de estudio. .....20

Cuadro 3. Abundancia y riqueza total de especies de escarabajos colectados (Subfamilia: Scarabaeinae) en dos temporadas (secas y lluvias), en ranchos ganaderos de Tamiahua (Tam) y Tlacolula (Tla), Veracruz. Para Gremio Ca=Cavador, Ro=Rodador, En=Endocóprido); para Actividad trófica C=Coprófago, N=Necrófago, G=Generalista; para actividad diaria Noc= Nocturno, Diur= Diurno. .....29

Cuadro 4. Especies observadas y esperadas, porcentaje de eficiencia de muestreo para dos estimadores (Chao 2 e ICE): A) General por zona (Tamiahua y Tlacolula), B) Cada zona por temporadas (Ll= Lluvias, S=Secas). .....30

Cuadro 5.Porcentaje de consumo de boñigas por zonas (pastizal 1 y pastizal 2) y por zona: A) Tamiahua, B) Tlacolula, durante los tres periodos de estudio. .....37

Cuadro 6. Análisis de Varianza para muestras repetidas (R: meses), para evaluar la remoción de estiércol en dos zonas ganaderas del norte de Veracruz (Tlacolula y Tamiahua). .....38

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Corte de una boñiga de excremento donde se observan los tres gremios de escarabajos coprófagos, I: Cavadores, II: Endocópridos, III: Rodadores (tomado de Bertone *et al.,* 2006). ..... 2

Figura 2. Localización del Municipio de Tamiahua, Veracruz. Sitios de muestreo marcados en rojo. .....16

Figura 3. Localización del municipio de Chicontepec, Veracruz. Sitios de muestreo marcados en verde.....18

Figura 4. Ubicación pastizales Tamiahua, Veracruz (R1: Rancho 1, R2: Rancho 2)....21

Figura 5. Ubicación de pastizales en Tlacolula, Veracruz (R1: Rancho 1, R2: Rancho 2).....21

Figura 6. a) Trampas de caída, b) Colocación del plato para la protección de las lluvias. .....23

Figura 7. Diagrama de las trampas usadas para evaluar tasas de remoción de excremento por los escarabajos del estiércol. .....24

Figura 8. Disposición de trampas remoción (blanco) y trampas control de humedad (negro) en campo. .....25

Figura 9. Curvas de rarefacción con extrapolación para las muestras de especies, con intervalos de confianza al 95%. La extrapolación de las curvas de ambos sitios fueron realizadas considerando 1.5 veces el muestro total. .....31

Figura 10. Actividad Trófica de los escarabajos del estiércol en las dos zonas de estudio. .....32

Figura 11. Actividad diaria de los escarabajos del estiércol en las dos zonas de estudio. .....33

Figura 12.Gremios de la subfamilia Scarabaeinae en las dos zonas de estudio.....33

Figura 13. Curvas de rango-abundancia, basadas en el número de individuos de cada especie para cada zona por temporadas A) Lluvias y B) Secas. Los números de las especies corresponden a las listadas en el Cuadro 3. .....35

Figura 14. Valores promedios de remoción para Tamiahua y Tlacolula.....38

Figura 15. Curvas de dominancia-abundancia, basadas en el número de individuos de cada especies en ambas zonas, con el experimento de remoción. Los números de las especies corresponden a las listadas en el Cuadro 3. .....39

# RESUMEN


**“Remoción de excremento vacuno por los escarabajos del estiércol (Coleoptera: Scarabaeinae) en dos zonas ganaderas del norte de Veracruz"**

Karen Pamela Miranda Flores

En la presente investigación se evaluó la composición y estructura de la comunidad de escarabajos del estiércol y su eficiencia durante la remoción de excremento vacuno, en dos temporadas del año (lluvias y secas), en ranchos ganaderos de dos zonas del norte de Veracruz (Tlacolula y Tamiahua). Se utilizaron trampas pit-fall para evaluar la cantidad de estiércol removido. En los ranchos ganaderos en las dos zonas de estudio se colectaron 634 individuos pertenecientes a 16 especies de 12 géneros. Tlacolula tuvo más especie (15 especies) que Tamiahua (5 especies). La especies más abundantes fueron: *Canthon cyanellus cyanellus, Canthidium pseudopuncticolle* y *Digitonthophagus gazella* y la menos abundantes: *Pseudocanthon perplexus*, *Dichotomius amplicollis, Dichotomius colonicus, Euristernus mexicanus,* y *Onthophagus batesi,* con una abundancia de uno a dos individuos. Las especies coprófagas fueron las dominantes al igual que el gremio de lo cavadores y las especies de hábitos nocturnos. La eficiencia de muestreo para Tamiahua fue de 100% y para Tlacolula de un 93.33%. Durante la época de lluvias se registraron la mayor riqueza y abundancia de especies. En la temporada de secas, en ambas zonas, la remoción por los escarabajos del estiércol fue nula, pero en la temporada de lluvias hubo remoción en las dos zonas. Se registraron diferencias estadísticamente significativas en la tasas de remoción entre ambas zonas, siendo mayor en Tlacolula y se observó la dominancia de *D. gazella* en ambas zonas. En Tamiahua la remoción del estiércol fue muy baja. Se requieren de estudios para determinar las causas de esta reducción en este servicio ambiental brindado por los escarabajos del estiércol en esta región ganadera del norte de Veracruz.



**Palabras clave**: Escarabajos, Estiércol, Norte de Veracruz, Pastizales, Remoción.

# 1. INTRODUCCIÓN

La ganadería es una de las actividades económicas más importantes del estado de Veracruz, registrándose más de 4 millones de cabezas de ganado en todo el estado (INEGI, 2007). Una vaca defeca de 12 a 20 veces al día, y sus heces pueden cubrir hasta un metro cuadrado de suelo por día. El peso total de heces por día de una vaca oscila entre 20 a 45 kg, aunque varía en función de la raza del bovino y de las condiciones climáticas de cada región (Bavera y Peñafort, 2006). Considerando un peso promedio de 25 kg de excremento por vaca/día, en Veracruz los 4 millones de cabezas producen aproximadamente $100 \times 10^6$ kg de estiércol en todo el estado diariamente. Sin embargo, tal cantidad de estiércol no es un problema grave, en términos ecológicos, debido a que más del 70% de este recurso es consumido por los escarabajos del estiércol (Hanski y Camberlot, 1991), que son abundantes en México, y en el estado de Veracruz. De esta forma, los escarabajos del estiércol ofrecen servicios ambientales muy importantes para los ganaderos al utilizar como alimento el estiércol de las vacas y de otros animales domésticos como burros, borregos, caballos, cabras y puercos.

Los escarabajos del estiércol de la subfamilia Scarabaeinae son insectos clave en los ecosistemas tropicales y templados, ya que desempeñan un papel importante en el reciclaje de materia orgánica y en el enriquecimiento de los suelos con nutrientes (Halffter y Matthews, 1966; Halffter y Edmonds, 1982; Nichols *et al.,* 2008). Los escarabajos del estiércol utilizan principalmente el

excremento de vertebrados como fuente de alimentación, aunque pueden utilizar otro tipo de recursos, los cuales, en general, son muy nutritivos, pero efímeros y su distribución espacial y temporal es muy discontinua, por lo que la competencia intraespecífica e interespecífica es muy intensa (Hanski y Cambefort, 1991; Nichols *et al*., 2008). La respuesta a esta fuerte competencia ha sido la relocalización rápida del alimento a sitios seguros, lo que dio origen a dos grupos bien definidos de escarabajos: los cavadores (especies que entierran el alimento en galerías debajo o al lado de la fuente de alimentación) y los rodadores (especies que transportan un fragmento de alimento, generalmente en forma de bola, a un sitio lejano de dicha fuente). Existe también un grupo de especies que se alimenta y nidifica en la fuente de alimentación, conocido como residentes o endocópridos (Fig. 1).

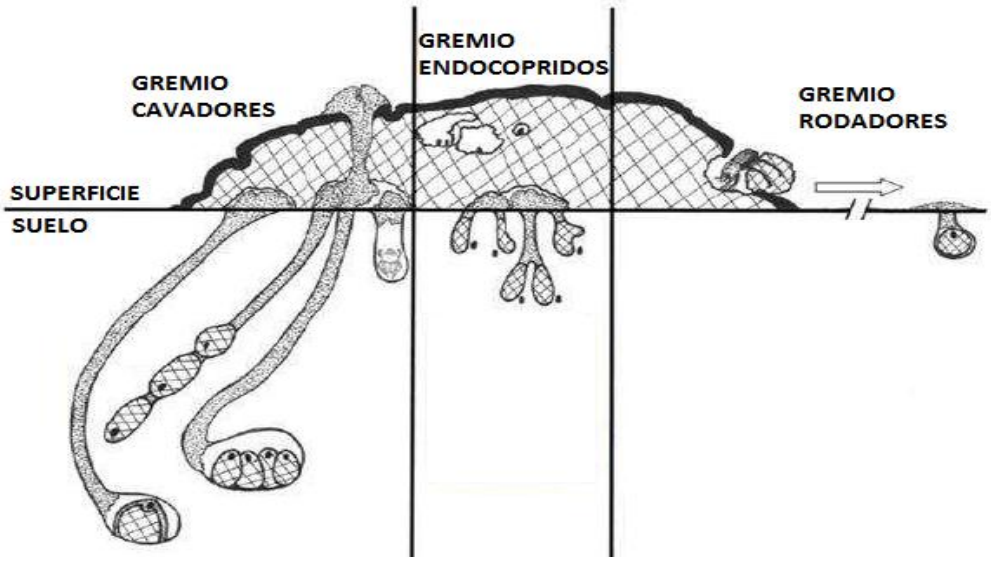



**Figura 1.** Corte de una boñiga de excremento donde se observan los tres gremios de escarabajos coprófagos, I: Cavadores, II: Endocópridos, III: Rodadores (tomado de Bertone *et al.,* 2006).

En zonas ganaderas, los escarabajos del estiércol al enterrar su alimento, realizan una actividad de limpieza del pastizal, pero su eficiencia varía dependiendo del tamaño y la abundancia de las especies, que cambia según la temporada del año: existe una mayor abundancia de escarabajos en lluvias que en secas, debido a que en la temporada de lluvias es cuando estos escarabajos se reproducen (Halffter y Edmonds, 1982; Andresen, 2002; Gill, 1991). Otro factor importante es la hora del día, ya que durante el amanecer y el atardecer son las horas del día en que la tasa de defecación de los mamíferos aumenta, lo que coincide con los patrones de actividad de muchas especies de los escarabajos coprófagos (Gill, 1991). Generalmente los organismos grandes son menos abundantes que los chicos pero son más eficientes en la utilización del estiércol; además, existe mayor número de especies nocturnas que diurnas (Halffter *et al*., 1992).

Las especies cavadoras son más eficientes en remover el estiércol que los rodadores (Nichols *et al*., 2008). Se ha encontrado que las especies cavadoras grandes, pueden enterrar de 10 a 500 g de estiércol por individuo en los pastizales ganaderos de la Michilía en Durango, México (Anduaga y Huerta, 2007). Por lo tanto el tiempo de enterramiento de la bosta de estiércol variará de unas horas a 2 ó 3 días dependiendo la temporada del año, de su tamaño, de las características de cada especie, y del número de escarabajos que lleguen a utilizarla.

De esta forma, es reconocida la importancia de los escarabajos en el mantenimiento de la integridad de los ecosistemas, lo que favorece principalmente la limpieza de pastizales, el aumento de la fertilización del suelo y el control de parásitos dañinos para el ganado, principalmente moscas y parásitos gastrointestinales (Nichols *et al.,* 2008). Aunque se sabe que a través de sus comportamientos alimentarios y reproductivos, los escarabajos del estiércol participan en el reciclaje de nutrientes al suelo, no se han evaluado las tasas de remoción del excremento vacuno en zonas ganaderas del norte de Veracruz. Tampoco se ha determinado que especies son más eficientes en incorporar al suelo el estiércol, ni se conoce la eficiencia de remoción de estiércol en las temporadas de lluvias y de secas.

Por todo lo anterior, el estado de salud de los pastizales ganaderos depende de la presencia de los escarabajos del estiércol. Por la importancia que tienen estos insectos en la sustentabilidad de estos agroecosistemas, la necesidad de proteger la diversidad y entender los procesos ecológicos en los que participan, surge el interés por evaluar la coprofauna regional y la función de los escarabajos del estiércol durante la remoción de excremento vacuno en zonas ganaderas del norte de Veracruz.

# 2. ANTECEDENTES

Los escarabajos del estiércol, presentan una amplia distribución geográfica y son reconocidos mundialmente por los servicios ecológicos que realizan tanto a ecosistemas naturales (bosques, selvas, sabanas) como en los modificados por el hombre (agroecosistemas) (Yamada *et al*., 2007). En los ecosistemas tropicales, los coleópteros se han distinguido por ser el grupo de mayor abundancia y riqueza de especies (Erwin, 1988). Dentro de los coleópteros, los escarabajos del estiércol de la subfamilia Scarabaeinae son un grupo indicador de gran utilidad en estudios de biodiversidad, gracias a que permite evaluar el estado de conservación de un ecosistema debido a las modificaciones que sufren frecuentemente por las actividades humanas y el efecto de la fragmentación sobre las comunidades (Halffter y Favila, 1993; Favila y Halffter, 1997; Spector, 2006).

En México, la riqueza de especies de Scarabaeinae difiere en cada estado, dependiendo principalmente de la diversidad de ambientes en cada región geográfica (Martínez *et al*., 2011). En zonas tropicales de México se encuentran aproximadamente 24 especies en pastizales, de las cuales dos son introducidas (Favila, 2014) (Cuadro 1). En los pastizales de Veracruz hay aproximadamente 13 especies (Halffter *et al*., 1992; Favila, 2014; Miranda, 2012; Santiago, 2013; Méndez, 2014; Carrillo, 2014).

**Cuadro 1**. Lista preliminar de escarabajos del estiércol que se alimentan de estiércol de ganado y están presentes en pastizales y áreas abiertas de la región tropical de México (Favila, 2014)

| **Especies** |
| --- |
| *Ateuchus rodriguezi* DeBorre, 1866 |
| *Canthon (Boreocanthon) ateuchiceps* Bates, 1887 |
| *Canthon (Canthon) indigaceus chevrolati* Harold, 1868 |
| *Canthon (Canthon) indigaceus chiapas* Robinson, 1948 |
| *Canthon (Canthon) indigaceus indigaceus* LeConte, 1866 |
| *Copris incertus* Say, 1835 |
| *Copris sallei* Harold, 1869 |
| *Dichotomius centralis* Harold, 1869 |
| *Dichotomius colonicus* Say, 1835 |
| *Digitonthophagus gazella* Fabricius, 1787 |
| *Euoniticellus intermedius* Reiche, 1848 |
| *Phanaeus (Phanaeus) amithaon* Harold, 1875 |
| *Phanaeus (Phanaeus) damon* Castelnau, 1840 |
| *Phanaeus (Phanaeus) daphnis* Harold, 1863 |
| *Phanaeus (Phanaeus) nimrod* Harold, 1863 |
| *Phanaeus mexicanus* Harold, 1863 |
| *Phanaeus (Phanaeus) tridens* Laporte y Castelnau, 1840 |
| *Phanaeus ( Phanaeus) tridens pseudofurcosus* Balthasar, 1939 |
| Phanaeus *(Phanaeus) furiosus* Bates, 1887 |
| *Phanaeus (Phanaeus) scutifer* Bates, 1887 |
| *Onthophagus batesi* Howden y Cartwright, 1963 |
| *Onthophagus hoepfneri* Harold, 1869 |
| *Onthophagus incensus* Say, 1835 |
| *Onthophagus landolti* Harold, 1880 |

En los sistemas ganaderos el reciclaje de nutrientes al suelo es de gran importancia, los escarabajos del estiércol realizan la remoción y entierro de estiércol, brindando este servicio ecológico ya que su alimentación en los pastizales es principalmente a base del estiércol de ganado vacuno y equino (FAO, 2010), que contiene microorganismos como bacterias y hongos, rico en componentes líquidos y utilizan el material fibroso para la crianza de sus larvas (Bastos *et al.*, 2010).

Sin embargo la acción de estos insectos es más importante a escala de ensamble de especies que de especie; esto implica que la remoción eficiente de excremento sobre el suelo se da en sitios con muchas especies de escarabajos (comunidad diversa), mientras que la eficiencia de remoción disminuye a medida que hay menos especies en el sistema (Bastos *et al.,* 2010). Además, la diversidad de especies y la eficiencia de la remoción de estiércol varían en función de la temporada del año (Amezquita y Favila, 2010).

Se ha estimado que el valor económico de los servicios ecológicos que los escarabajos estercoleros brindan a los ecosistemas de pastizales es muy alto y que su ausencia produce pérdidas en el ecosistema y, como consecuencia, pérdidas económicas a los ganaderos (Nichols *et al.,* 2008).

En el estado de Veracruz se ha estimado que los servicios ambientales de los escarabajos del estiércol, considerando los servicios de limpieza del pastizal, reducción de la evaporación del nitrógeno y el control de plagas, provocan un

ahorro de 33 millones de pesos al año, lo que genera grandes beneficios a la productividad ganadera de Veracruz a un menor costo de mantenimiento de los pastizales si es que no estuvieran estos benéficos insectos (Cruz, 2011; Huerta *et al.*, 2013). Debido a esto, los escarabajos estercoleros son un grupo con funciones fundamentales para la sustentabilidad de los pastizales. Y el equilibrio ecológico de los agroecosistemas, entre las que destacan:

a) Limpieza de pastizales. Al ser el estiércol del ganado (bovino, caprino, ovino, etc.) el recurso para su alimentación y reproducción, estos insectos brindan servicios ecológicos de gran valor, ya que la producción forrajera depende estrechamente del reciclaje de la materia orgánica producida y de la cantidad de elementos minerales disponibles. La acción de los coprófagos, que desgajan, reparten y entierran las heces, acelera extraordinariamente el proceso de incorporación al suelo, a la vez que lo fertilizan. Sin su actuación, la acumulación de los excrementos sería insostenible para los ecosistemas. Se ha calculado que los escarabajos coprófagos entierran 1.5 toneladas de excremento/hectárea/año (Pauilian, 1988).

b) Fertilización del suelo. Por la acción de los escarabajos del estiércol, una fracción considerable de nutrientes retorna al suelo lo que da nutrimentos al pastizal. Algunos investigadores reportaron en estudios experimentales en el campo una relación positiva significativa entre la cantidad de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio con la presencia de

abundantes escarabajos estercoleros (Fincher, 1981; Bang *et al*., 2005; Yamada *et al.,* 2007).

c) Control de moscas. Las excretas son fuente de incubación y multiplicación de moscas del cuerno (*Haematobia irritans*) y de la cara (*Musca autumnalis*), dos plagas de importancia económica en la ganadería (Vásquez-Martínez, 2003). Los escarabajos, al mover las excretas, dañan los huevos y reducen la disponibilidad de excremento para que se desarrollen las larvas de mosca, provocando un decremento significativo de sus poblaciones. También se ha reportado que el escarabajo estercolero *Digitonthophagus gazella*, reduce en 95% la emergencia de estas moscas (Thomas, 2001).

d) Se ha encontrado que los machos de *C. c. cyanellus* producen en sus glándulas abdominales y pigidiales compuestos que evitan que larvas de moscas, hongos saprófagos y entomopatógenos, y bacterias fitopatógenas se desarrollen en las bolas nido, en donde la hembra deposita los huevos fertilizados (Bellés y Favila, 1983; Cortéz-Gallardo y Favila, 2007). Además, se ha encontrado que dos especies de *Canthon* (*Canthon cyanellus* y *Canthon femoralis* Chevrolat), producen sustancias defensivas que evitan la presencia de hormigas depredadoras (Cortez *et al*., 2012), lo que sugiere que estos compuesto podrían servir en el control biológico de plagas, como moscas y hormigas, en zonas ganaderas.

e) Control de parásitos gastrointestinales. En Australia, la presencia de *Digitonthophagus gazella* en pastizales donde se alimenta el ganado bovino disminuye la emergencia de larvas de nematodos gastrointestinales. Así mismo, el ganado que pasta en praderas sin escarabajos estercoleros adquiere 9 veces más endoparásitos comparado con bovinos que pastan en áreas con escarabajos (Bryan y Kerr, 1989).

El valor económico de los escarabajos estercoleros es muy alto. Por ejemplo en Australia, para mejorar la fertilidad de los suelos se introdujeron 55 especies de escarabajos, principalmente provenientes de Sudáfrica. Esta fauna introducida permitió mejorar la fertilidad del suelo y aumentar la producción animal. En Estados Unidos, las pérdidas por falta de escarabajos en los pastizales se estiman en 380 millones de dólares al año (Fincher, 1981). Esta cantidad representa lo que, en ausencia de estos insectos, se gasta por año en fertilizantes suplementarios para el sector agrícola, intervenciones técnicas costosas y multiplicación de tratamientos sanitarios para el ganado.

Un alto porcentaje de actividad pecuaria utiliza substancias químicas, entre ellas los desparasitantes del ganado a base de ivermectina y abamectina (Campbell, 1989; Õmura, 2008). Las cuales son aplicadas cotidianamente al ganado para el control tanto de endo-parásitos como los nematodos intestinales y pulmonares (Benz *et al.,* 1989), como de ecto-parásitos

principalmente las garrapatas y las moscas hematófagas, por lo que ahora se les conocen también como endectócidos (Taylor, 2001).

Aunado a esto, existen otros productos químicos que son utilizados en las practicas ganaderas como lo son: los insecticidas y los herbicidas, el uso de estos puede alterar la actividad de los escarabajos coprófagos; sin embargo, las sustancias que tienen un mayor efecto sobre ellos, son los desparasitantes (Boxall *et al.,* 2004; Floate *et al*., 2005, Martínez y Lumaret, 2006), debido a que son metabolizados y excretados en las heces y la orina, después de haber cumplido su función dentro del animal pasando al suelo, después permanecen en el estiércol por un tiempo variable según la dosis y la vía de administración (McKeand *et al*., 1988; Floate *et al*., 2005). Al estar presente en el estiércol resulta tóxico para algunas especies que se alimentan cotidianamente de este recurso, como lo son los escarabajos estercoleros (Holter *et al.,* 1993), afectando la supervivencia y la actividad reproductora de numerosas especies (Ridsdill-Smith, 1993; Lumaret *et al.,* 1993; Krüger y Scholtz, 1997; Martínez *et al*., 2000), además de que disminuye la atracción del estiércol hacia la fauna que normalmente consume este recurso de manera diferencial según la especie (McKeand *et al*., 1988; Holter *et al*., 1993; Errouissi *et al.,* 2004; Floate, 2007), y por ende altera el proceso de degradación de heces (Sommer y Bibby, 2002), afectando de esta manera las funciones ecológicas de las especies.

En la especie europea *Aphodius constans*, se ha observado que la ivermectina presente en el estiércol de animales con dispositivo de liberación lenta, puede

retardar el desarrollo de las larvas hasta por 105 días, siendo letal incluso a bajas concentraciones (Errouissi *et al.,* 2001). En *Digitonthophagus gazella*, también se observó una reducción significativa del número de nidos elaborados y de adultos que llegan a desarrollarse desde huevo, cuando los padres fueron alimentados con estiércol de animales tratados previamente con ivermectina (Bastos *et al.,* 2010). De acuerdo a estos resultados, es posible que estas substancias modifiquen la estructura de la comunidad al disminuir la abundancia de los escarabajos estercoleros y las funciones con las que participan en los ecosistemas de pastizales ganaderos (Krüger y Scholtz 1998; Hutton y Giller, 2003).

Hasta ahora en México, y en particular en Veracruz, se han hecho pocas observaciones sobre el efecto que tienen las substancias químicas utilizadas comúnmente en las prácticas agropecuarias, sobre la supervivencia y abundancia poblacional de los escarabajos estercoleros. La mayoría de los ganaderos de Veracruz utiliza desparasitantes (INEGI, 2007), y además utilizan herbicidas para controlar las malezas (Martínez y Cruz, 2009). Motivo por el cual es posible que las especies de escarabajos estercoleros estén sufriendo cambios en sus poblaciones, como consecuencias de los efectos tóxicos de estas substancias, como ocurre en otros países (Davis *et al.,* 2004).

Actualmente, los estudios enfocados a evaluar los efectos que provoca la fragmentación de los bosques tropicales sobre las tasas de remoción por los escarabajos del estiércol (Amezquita y Favila, 2010) así como a entender su

papel en la sustentabilidad de los pastizales, la contribución al equilibrio ecológico y a la productividad de las actividades agropecuarias son muy pocos (Anduaga y Huerta, 2007). No se conocen datos de las tasa de remoción de excremento vacuno en zonas ganaderas del norte de Veracruz, motivo por el cual surge el interés de evaluar la función de los escarabajos en estos agroecosistemas.

Para lograr este objetivo, se propone analizar la composición y estructura de los escarabajos del estiércol (Scarabaeinae) y evaluar las tasas de remoción de excremento de ganado durante dos temporadas (lluvias y secas) en pastizales de uso ganadero del norte del estado de Veracruz. Así mismo, se propone determinar las especies de Scarabaeinae que se encuentran en las boñigas de estiércol durante su proceso de degradación en ambas temporadas

.

# 3. OBJETIVOS

## 3.1 Objetivo general

Evaluar la composición y estructura de la comunidad de escarabajos del estiércol y su eficiencia durante la remoción de excremento vacuno, en dos temporadas del año, en ranchos ganaderos de dos zonas del norte de Veracruz.

## 3.2 Objetivos particulares

- Evaluar la composición y estructura de la comunidad de escarabajos del estiércol en dos zonas de uso ganadero en temporada de lluvias y seca.

- Comparar las tasas de consumo de estiércol vacuno por los escarabajos en dos zonas ganaderas, en dos temporadas del año.

- Determinar que especies intervienen en la remoción del estiércol en las zonas ganaderas de estudio.

# 4. HIPÓTESIS

- La riqueza y abundancia de especies de escarabajos del estiércol será mayor en la temporada de lluvias que en la de secas para ambas zonas.

- Las tasas de consumo de excremento vacuno, será similar en ambas zonas de estudio y mayor en la temporada de lluvias.

- Las especies cavadoras serán más eficientes en la remoción de excremento que las rodadoras en ambas temporadas y ambas zonas.

# 5. ÁREA DE ESTUDIO

## 5.1 Tamiahua

El municipio de Tamiahua se encuentra ubicado en la región huasteca del norte de Veracruz entre las coordenadas 21° 06° y 21° 20° N y 97° 23´ y 97° 46 W a una altura de 10 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Ozuluama de Mascareñas y Tampico Alto, Veracruz; al este con el golfo de México. Al sur con Temapache y Tuxpan; al oeste con Tamalín, Chinampa de Gorostiza, Naranjos, Amatlán, Tancoco y Cerro Azul. Cuenta con una extensión territorial de 985.4 km$^2$, equivalente al 1.35 % del territorio estatal (Fig. 2) (SEGOB-INAFED, 2005).

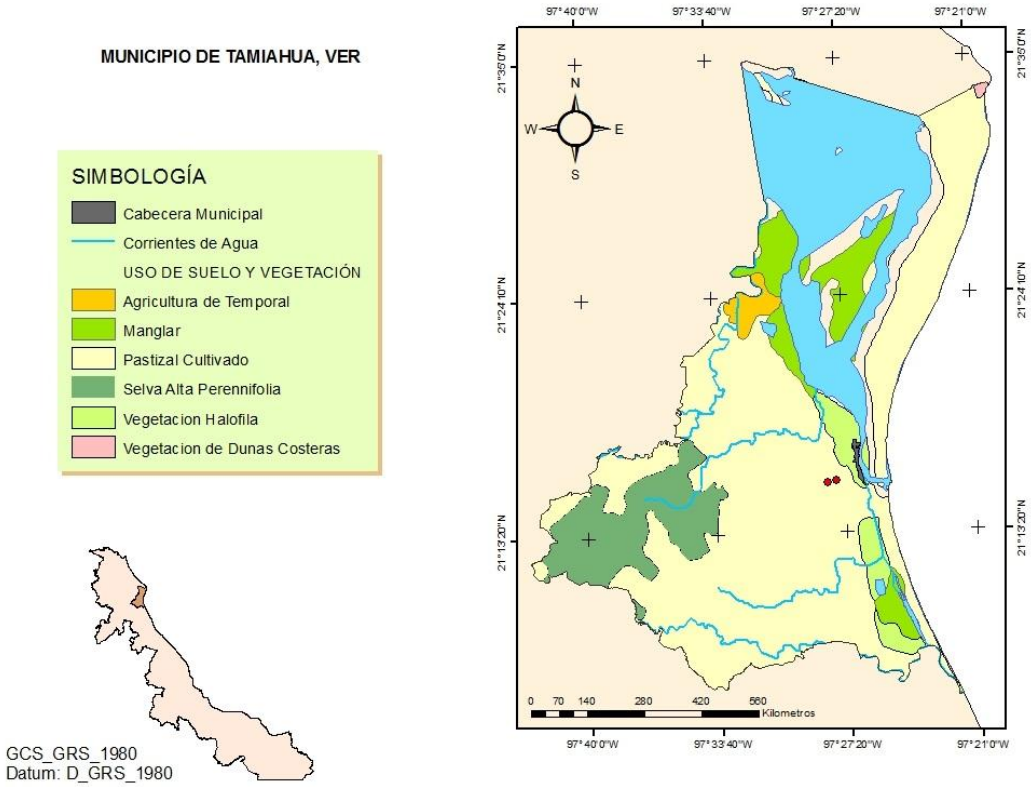



**Figura 2.** Localización del Municipio de Tamiahua, Veracruz. Sitios de muestreo marcados en rojo.

Tamiahua se ubica en la región costera centro oriental con clima cálido-húmedo, temperatura media anual entre los 22° y los 26° C, especialmente en la porción norte y central con precipitaciones que se distribuyen entre los 1000 mm y 1500 mm, respectivamente (Ortiz *et al*., 2006).

Presenta suelo de tipo feozem, se caracteriza por una capa rica en nutrientes y está sujeto a la erosión por la inclinación del terreno, se utiliza el 60 % en agricultura y ganadería. Los ecosistemas que coexisten en el municipio son: selva mediana con chicozapote y pucté (árbol de chile), entre su vegetación sobresalen el encino y maderas preciosas donde se desarrolla una fauna compuesta por conejos, tuzas y liebres principalmente (Arias, 1992).

El municipio cuenta con una superficie total de 68,311.154 hectáreas dedicadas a la agricultura, de las que se siembran 46,645.851 hectáreas, en las 3,266 unidades de producción. Los principales productos agrícolas en el municipio y la superficie que se cosecha en hectáreas son las siguientes: maíz (3,170 ha), frijol (630, ha), chile verde (270 ha) y naranja (1,871 ha). La ganadería se desarrolla en una superficie de 36,442 hectáreas en donde se ubican 2,445 unidades de producción rural con actividad de cría y explotación de ganado bovino, además de la cría de ganado porcino y ovino. Las granjas avícolas tienen cierta importancia en la región (Arias, 1992).

## 5.2 Tlacolula

Dentro del municipio de Chicontepec se encuentra la localidad de Tlacolula, que es la segunda zona donde se eligió llevar a cabo esta investigación, la mayor parte del área tiene un uso agrícola y ganadero. Debido a la escasa información que existe acerca de esta zona se presentan los datos generales del municipio.

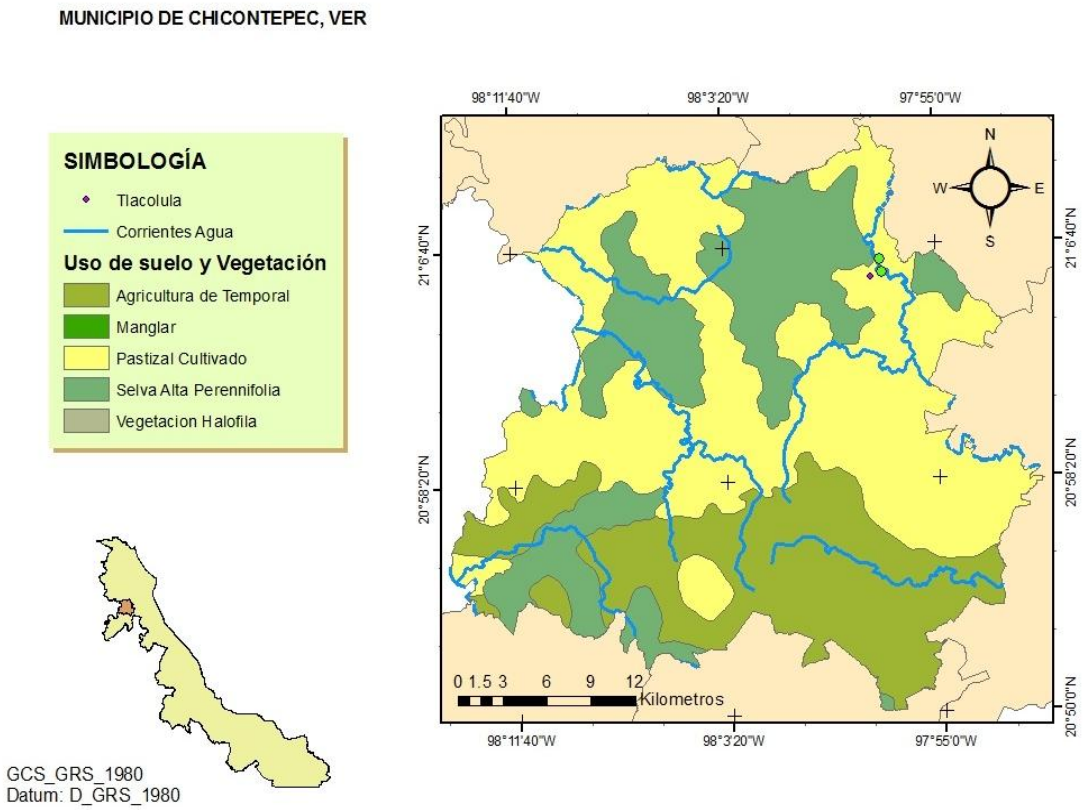



**Figura 3.** Localización del municipio de Chicontepec, Veracruz. Sitios de muestreo marcados en verde.

El municipio de Chicontepec está ubicado en la zona norte del estado, en las coordenadas 20º58´ N y 98º10´ W, a una altura de 520 metros sobre el nivel del mar. Limita al Norte con Tantoyuca e Ixcatepec, al Este con Temapache y Tepetzintla, al Sur con Ixhuatlán de Madero y Benito Juárez, al Oeste con el Estado de Hidalgo Tiene una superficie de 978 Km2, cifra que representa un 1.34% total del Estado. El municipio se encuentra ubicado en la región montañosa de la Huasteca Veracruzana, donde las ramificaciones de la Sierra madre Oriental reciben el nombre local de la sierra de Chicontepec, significando precisamente “siete cerros” (Fig. 3).

El suelo en la región es de tipo regosol y vertisol, se caracteriza por no presentar capas de arcilla. El 65% del territorio municipal está dedicado a la ganadería, un 25% a la agricultura, un 5% es superficie forestal y un 5% se destina a la población rural, urbana, carreteras y cerros (Gobierno del estado de Veracruz 1997).

El municipio cuenta con una superficie total de 85,407 hectáreas, de las que se siembran 57,515.293 hectáreas, en las 9,673 unidades de producción. Tiene una superficie de 59,487 hectáreas dedicadas a la ganadería, en donde se ubican 6,930 unidades de producción rural con actividad de cría y explotación de animales. Cuenta con 83,758 cabezas de ganado bovino de doble propósito, además de cría de ganado porcino, ovino, caprino y equino. Las granjas avícolas y apícolas tienen cierta importancia para el municipio.

# 6. MATERIAL Y MÉTODOS

Para desarrollar esta investigación y cumplir con los objetivos propuestos se formuló un plan de trabajo integrado por cuatro etapas que se describen a continuación.

## 6.1 Selección de zonas y muestreo

Para obtener la diversidad de la subfamilia Scarabaeinae y evaluar la función en el reciclaje de excremento vacuno, se seleccionaron dos zonas ganaderas del norte de Veracruz y en cada una de ellas dos ranchos ganaderos activos. En el municipio de Tamiahua los dos ranchos estuvieron localizados en las coordenadas 21°15'42.13"N, 97°27'49.09"O y 21°15'36.31"N, 97°28'14.74"O (Fig.4). En Tlacolula, municipio de Chicontepec, los dos ranchos se localizaron en las coordenadas 21°5'39.86"N, 97°57'3.97"O y 21°6'8.88"N, 97°57'8.77"O (Fig.5). Las características de los ranchos se muestran en el cuadro 2.

**Cuadro 2.** Características de los ranchos ganaderos en las zonas de estudio.

| Zona | Rancho | Superficie (hectáreas) | Núm. de animales | Fármacos empleados | Años activos |
|---|---|---|---|---|---|
| **Tamiahua** | 1 | 8 | 13 | Ivomec y todax. | 50 |
| | 2 | 23 | 37 | No herbicidas. No plaguicidas | 50 |
| **Tlacolula** | 1 | 8 | 13 | Panur y Ropercol | 40 |
| | 2 | 20 | 19 | Herbicidas fitoamina. Plaguicidas-floyey. | 40 |

**Figura 4.** Ubicación pastizales Tamiahua, Veracruz (R1: Rancho 1, R2: Rancho 2)

**Figura 5**. Ubicación de pastizales en Tlacolula, Veracruz (R1: Rancho 1, R2: Rancho 2)

El estudio se realizó durante la temporada de secas en Tamiahua en los meses de marzo-mayo de 2013 y Tlacolula de abril y mayo de 2013), en la temporada de lluvias Tamiahua se trabajó en los meses de julio, agosto y septiembre de 2013 y Tlacolula en principios de agosto, finales de agosto y septiembre de 2013). Cada rancho de colecta fue georreferenciado con un GPS.

## 6.2 Método de trampeo

### 6.2.1 Estructura de la comunidad de los escarabajos del estiércol en zonas ganaderas

Para la colecta de escarabajos, en cada rancho de cada zona se establecieron dos transectos lineales separados 500 m. Se colocaron un total de 20 trampas, 10 cebadas con excremento humano (coprotrampas) y 10 con calamar (necrotrampas) separadas cada 50 metros como sugieren Larsen y Forsyth (2005). Las trampas se colocaron a nivel del suelo durante 48 h.

Para estos muestreos se utilizaron trampas de caída o pit-fall. Cada trampa consistió en un bote de plástico de medio litro de capacidad que se enterraron a nivel del suelo, el cual antes de ser enterrado se le llenó con tierra hasta la mitad del bote y sobre la tierra, se colocó el cebo. Posteriormente, se cerraron con la tapa, a la cual previamente se le hizo un orificio en forma triangular para permitir el acceso de los especímenes. En la temporada de lluvias, se colocó

por encima de cada trampa un plato (a unos 20 cm de altura) para protegerla del agua (Fig. 6).

a) b)

**Figura 6.** a) Trampas de caída, b) Colocación del plato para la protección de las lluvias.

### 6.2.2 Evaluación de las tasas de remoción

Para medir la cantidad de excremento removido por cada gremio de escarabajos estercoleros se utilizó un sistema que consistió de dos recipientes de plástico. Al recipiente 1 de 35 cm de diámetro y 18 cm de altura se le colocó una capa de tierra en el fondo. El recipiente 2 de 30 cm de diámetro y 8 cm de altura se colocó dentro del recipiente 1, de forma tal que ambos queden con la abertura al mismo nivel. El recipiente 2 se llenó de tierra a tope y se colocaron 200 g de excremento bovino. Con este diseño de trampa se espera que las especies cavadoras queden en el recipiente interno mientas que las especies rodadoras en el externo (Fig. 7).

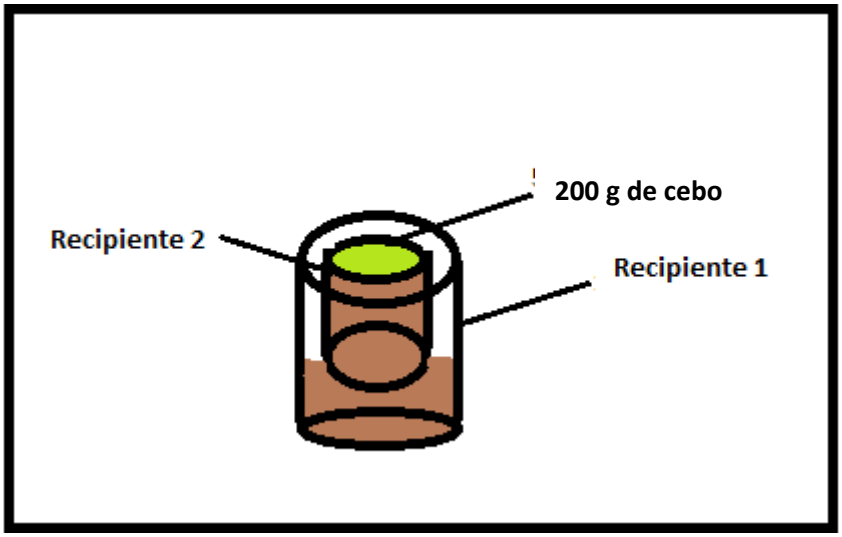



**Figura 7**. Diagrama de las trampas usadas para evaluar tasas de remoción de excremento por los escarabajos del estiércol.

Se realizó una mezcla homogénea de estiércol fresco utilizando varias bostas para obtener una bosta universal, estas fueron extraídas de la zona donde se realizó el estudio, posteriormente se pesaron bostas de 200 g para cada trampa y se congeló durante 24 h.

En cada rancho se colocaron dos transectos separados por 500 m. En cada transecto se colocaron 6 trampas que estuvieron activas durante 48 horas; en la temporada de secas y la temporada de lluvias. De las seis trampas empleadas en cada transecto, tres midieron la cantidad de excremento que incorporaban al suelo los escarabajos estercoleros y las otras tres trampas restantes se utilizaron como factor de corrección para medir la pérdida de peso del excremento por deshidratación (control de humedad). Estas últimas son iguales a las primeras, pero estuvieron tapadas con tela de alambre para excluir la presencia de escarabajos.

Las trampas para estimar la remoción se colocaron a 200 m de distancia entre sí; A 30 cm de distancia de cada trampa de remoción se colocó una trampa de control de humedad. De esta forma, en cada transecto se colocaron tres bloques de dos trampas. Teniendo en cuenta que son dos ranchos por zona y en cada uno se colocaron 12 trampas, se obtuvo un total de 24 trampas por zona (Fig.8).

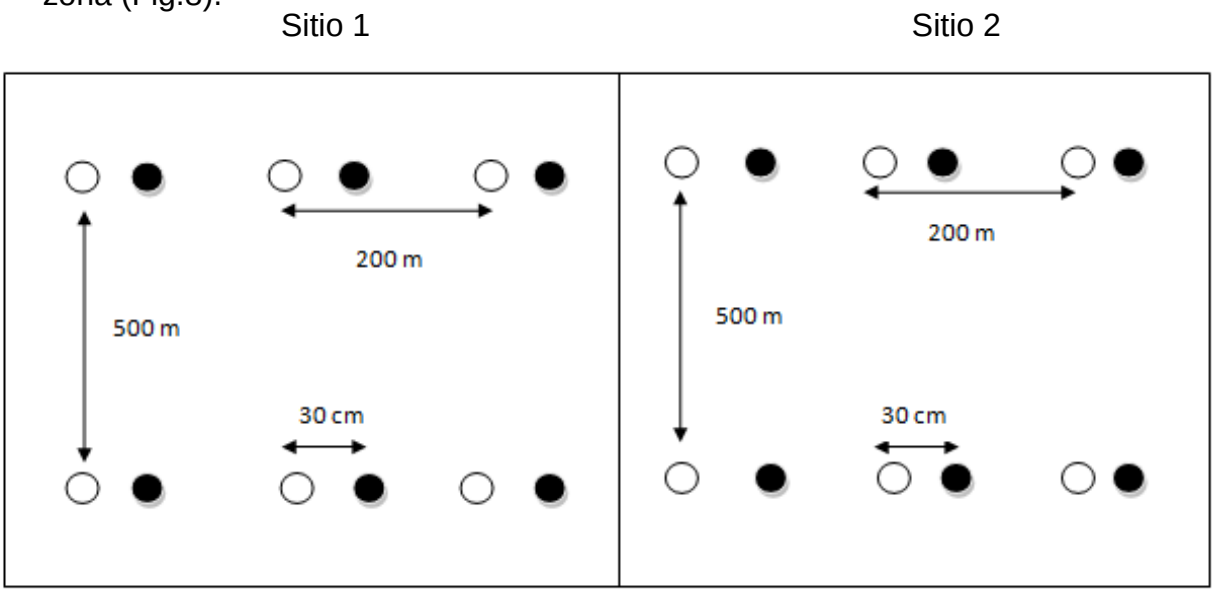



**Figura 8**. Disposición de trampas remoción (blanco) y trampas control de humedad (negro) en campo.

### 6.3 Procesamiento de las muestras

Concluido el tiempo de permanencia de las trampas (48 h) fueron extraídas, y etiquetadas para posteriormente ser trasladadas al laboratorio de la Facultad de Ciencias Biológicas Agropecuarias de la Universidad Veracruzana en la ciudad de Tuxpan. En el caso de las trampas para medir la remoción y las de control se pesaron los sobrantes del cebo con ayuda de básculas digitales y se

realizó la toma de datos para los análisis posteriores. Los escarabajos capturados fueron fijados en alcohol al 70%, posteriormente cada organismo fue montado con ayuda de un microscopio de disección, fijándolos con alfileres entomológicos dentro de una caja entomológica. Después, se identificaron hasta especie por medio de claves de identificación y con ayuda de expertos. Los ejemplares colectados y montados se integraron a la colección de referencia de la región del Laboratorio de Preservación y Conservación Zoológica, de la Universidad Veracruzana, Campus Tuxpan.

### 6.4. Análisis de datos

La eficiencia del muestreo se evaluó mediante curvas de acumulación de especies, con el programa EstimateS 9.1.0 (Colwell, 2013). Se utilizaron estimadores de riqueza basados en incidencia de especies (Chao2 y ICE), debido a que las abundancias de las especies fue relativamente baja durante los muestreos (Colwell y Coddington, 1994; Gotelli y Colwell, 2001). La eficiencia o “integridad” del muestreo se obtuvo como el porcentaje de especies observadas en relación al total predichas por cada estimador.

La comparación entre la riqueza de especies de ambas zonas de estudio se analizó utilizando curvas de rarefacción, extrapolando las curvas el equivalente a 1.5 veces el esfuerzo de muestreo en cada zona, para determinar si con un mayor número de muestras incrementa la riqueza de especies obtenida. Con

este método se obtuvieron los intervalos de confianza de la riqueza estimada al 95%, lo que permite evaluar si hay diferencias significativas en la riqueza de especies de ambas zonas (Colwell 2013).

Se usaron curvas rango abundancia para representar la diversidad de especies por zona y por temporada, debido a que permiten comparar la composición de la comunidad a partir de la riqueza específica (Magurran, 2004; Feinsinger, 2003). Las especies fueron ordenadas de la más abundante a la menos abundante.

Los gramos de excremento removidos por las especies de escarabajos estercoleros al finalizar las 48 h, se obtuvieron de la resta a los 200 g de excremento expuesto, de los gramos perdidos por deshidratación y los gramos de excremento remanente en el interior de cada trampa. Del recipiente 1 se obtuvieron las bolas de estiércol rodadas por los escarabajos rodadores, las cuales fueron pesadas en una balanza analítica. Del recipiente dos se restaron el peso inicial con respecto al final, considerando la corrección por desecación.

Para determinar si la cantidad de excremento incorporado al suelo entre las zonas fue diferente se realizó un análisis de varianza de muestras repetidas en el cual se consideró al rancho (Tlacolula - Tamiahua) como el factor de agrupación y a los meses como el factor de repetición. El análisis se realizó con el paquete estadístico Statistica 7.0 (StatSoft.Inc. 2004).

# 7. RESULTADOS

## 7.1 Resultados generales

En los muestreos realizados durante la temporada de lluvias y secas en los ranchos ganaderos de Tamiahua y Tlacolula, se colectó un total de 634 individuos pertenecientes a 16 especies distribuidas en 12 géneros (Cuadro 2).

La abundancia de los Scarabaeinae fluctuó para cada uno de los pastizales estudiados. El Cuadro 3 muestra que la especie *Canthon cyanellus cyanellus* cuenta con la mayor abundancia (327 organismos), seguida de *Canthidium pseudopuncticolle* y *Digitonthophagus gazella*.

Las especies menos abundantes fueron: *Pseudocanthon perplexus*, *Dichotomius amplicollis, Dichotomius colonicus, Euristernus mexicanus,* y *Onthophagus batesi,* estas especies presentaron una abundancia de uno a dos individuos.

**Cuadro 3.** Abundancia y riqueza total de especies de escarabajos colectados (Subfamilia: Scarabaeinae) en dos temporadas (secas y lluvias), en ranchos ganaderos de Tamiahua (Tam) y Tlacolula (Tla), Veracruz. Para Gremio Ca=Cavador, Ro=Rodador, En=Endocóprido); para Actividad trófica C=Coprófago, N=Necrófago, G=Generalista; para actividad diaria Noc= Nocturno, Diur= Diurno.

| Especies | Gremio | | | Secas | | Lluvias | | Remoción | | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ac Trófica | Ac Diaria | Tam | Tla | Tam | Tla | Tam | Tla | |
| 1. *Ateuchus texanus (Robinson, 1948)* | Ca | C | Noc | | | | 3 | | 2 | **5** |
| 2. *Canthidium pseudopuncticolle(Harold 1867)* | Ca | C | Noc | 30 | | 41 | 18 | | | **89** |
| 3.*Canthon cyanellus cyanellus (LeConte 1859)* | Ro | G | Diur | 13 | 12 | 18 | 281 | | 3 | **327** |
| 4.*Copris incertus(Say 1835)* | Ca | C | Noc | | 3 | | 7 | | 17 | **27** |
| 5.*Coprophanaeus pluto(Harold 1863)* | Ca | G | Noc | 1 | | 4 | 42 | | 1 | **48** |
| 6.*Delthochilum lobipes(Bates 1887)* | Ro | N | Noc | 1 | | 3 | 2 | | | **6** |
| 7.*Dichotomius amplicollis (Harold 1869)* | Ca | C | Noc | | 2 | | | | | **2** |
| 8.*Dichotomius Colonicus(Say 1835)* | Ca | G | Noc | | | | 2 | | | **2** |
| *9.Digitonthophagus gazella (Fabricius 1787)* | Ca | C | Diur | 4 | | 3 | 3 | 42 | 29 | **81** |
| 10.*Onthopagus landolti (Harold 1880)* | Ca | C | Diur | | | | 7 | | 7 | **14** |
| 11.*Onthopagus lncensus(Say 1835)* | Ca | C | Diur | | | | 3 | | 7 | **10** |
| 12.*Onthophagus corrosus(Bates 1887)* | Ca | C | Diur | | | | 5 | | | **5** |
| 13.*Onthpagus batesi(Howden y Cartwright 1963)* | Ca | C | Noc | | | | 2 | | | **2** |
| 14.*Pseudocanthon perplexus (LeConte, 1847)* | Ca | G | Noc | | | | 1 | | | **1** |
| 15.*Euoniticellus intermedius(Reiche, 1849)* | Ca | C | Diur | | | | | | 13 | **13** |
| 16.*Euristernus mexicanus(Harold 1869)* | En | C | Noc | | | | | | 2 | **2** |
| **Total** | | | | 49 | 17 | 69 | 376 | 42 | 81 | **634** |
| **Riqueza de especies** | | | | 5 | 3 | 5 | 14 | 1 | 9 | |

## 7.2 Eficiencia de muestro

Los estimadores de riqueza específica para Tlacolula sugieren que se pueden colectar de una a dos especies más a las obtenidas (Cuadro 4A). Con base en el estimador Chao 2, la eficiencia de muestreo es de 93.33%, pero con ICE la eficiencia del muestro fue del 87. 5%. En Tamiahua con base en ambos estimadores, se observó que se colectó el total de especies presentes, representando un 100% de eficiencia de muestreo (Cuadro 4A).

La evaluación de la eficiencia de muestreo para cada zona (Tamiahua y Tlacolula), por temporada (lluvias y secas) se presenta en el Cuadro 4B. De acuerdo a los estimadores usados, en Tamiahua en la temporada de secas se pudieron haber colectado 2 especies más con base en el estimador ICE, representando el 71.42% de eficiencia de muestreo; sin embargo, con Chao 2, la eficiencia fue del 100 %.

Para la temporada de lluvias en Tamiahua y la temporada de secas en Tlacolula, los estimadores indican que se obtuvo un inventario completo con una eficiencia de muestreo del 100% en ambos casos. Sin embargo, en la temporada de lluvias en Tlacolula el estimador ICE sugiere que se logró una eficiencia de muestreo del 86.66%, por lo que faltó colectar de 1 a 2 especies más. Estas dos especies fueron colectadas en los experimentos de remoción (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Especies observadas y esperadas, porcentaje de eficiencia de muestreo para dos estimadores (Chao 2 e ICE): A) General por zona (Tamiahua y Tlacolula), B) Cada zona por temporadas (Ll= Lluvias, S=Secas).

| A) General | Esp. Obs | Índices | | % Eficiencia de muestreo | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Chao 2 | ICE | Chao 2 | ICE |
| **Tamiahua** | 5 | 5 | 5 | 100 | 100 |
| **Tlacolula** | 14 | 15 | 16 | 93.33 | 87.5 |

| B) Zonas/ temporada | Esp. Obs | | Índices | | | | % Eficiencia de muestreo | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Chao 2 | | ICE | | Chao 2 | | ICE | |
| | S | LL | S | LL | S | LL | S | LL | S | LL |
| **Tamiahua** | 5 | 5 | 5 | 5 | 7 | 5 | 100 | 100 | 71.42 | 100 |
| **Tlacolula** | 3 | 13 | 3 | 14 | 3 | 15 | 100 | 92.85 | 100 | 86.66 |

### 7.3. Curvas de rarefacción con extrapolación.

La extrapolación de especies para Tamiahua muestra que se alcanzó la asíntota, lo cual indica que existe una alta probabilidad de que el número de especies observadas sean similares a las calculadas (100%). Para Tlacolula la curva de acumulación de especies con una extrapolación de 1.5, muestra que no se alcanzó la asíntota y con base en los estimadores obtenidos, podemos afirmar que se colectaron el 82.35 % de las especies esperadas (Fig.9).

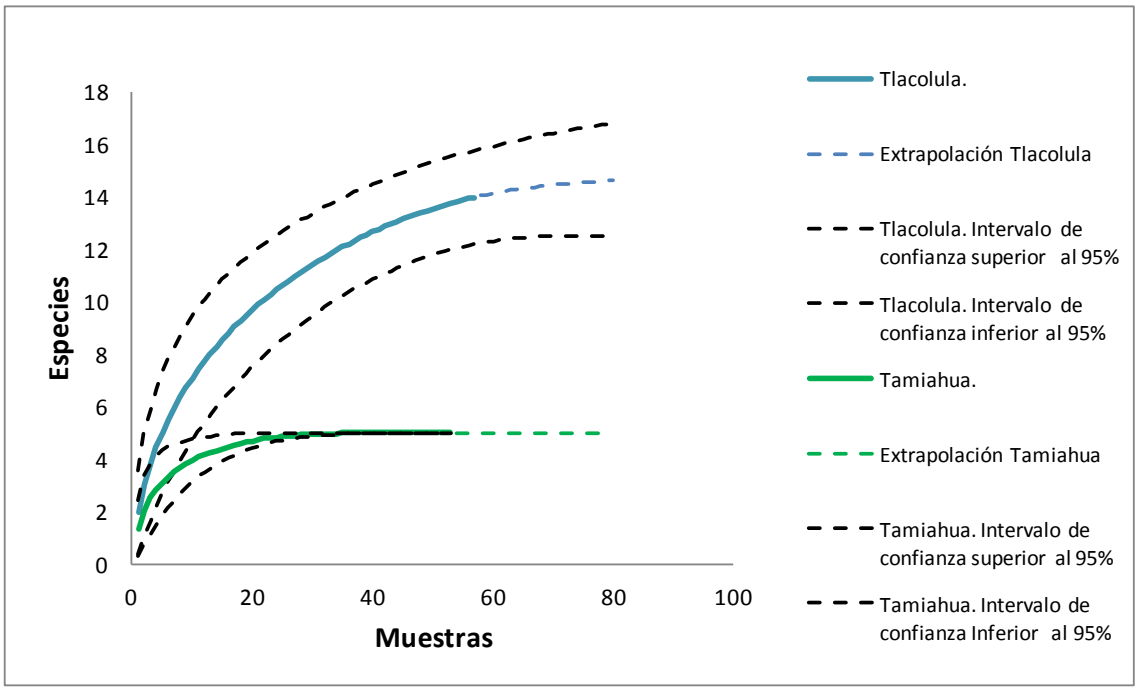



**Figura 9.** Curvas de rarefacción con extrapolación para las muestras, con intervalos de confianza al 95%. La extrapolación de las curvas de ambos sitios fueron realizadas considerando 1.5 veces el muestro total.

### 7.4. Composición y estructura de la comunidad de escarabajos

De acuerdo al tipo de alimentación, con base en el total, se obtuvo que las especies consideradas especialistas coprófagas son *A. texanus, C. pseudo puncticolle, C. incertus, D. amplicollis, D. gazella, E. mexicanus, E. intermedius, O. corrosus, O. incensus, O. landolti, O batesi, P. perplexus* representando un 75% (12/16). Las especies generalistas, dada la abundancia con que fueron colectadas son *C. cyanellus cyanellus, C. pluto, D. colonicus* con un porcentaje de 18.75 % (3/16). La especie especialista necrófaga fue *D. lobipes* ocupando un 6.25% (1/16) (Fig. 10).

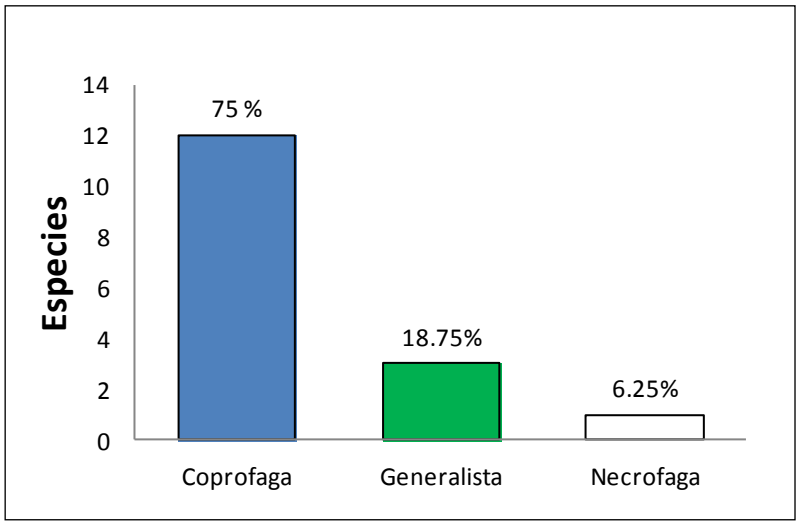



**Figura 10.** Actividad Trófica de los escarabajos del estiércol en las dos zonas de estudio**.**

Del total de los ejemplares colectados, la riqueza de las especies con hábitos nocturnos (62.5%) fue superior a las especies diurnas (37.5%) (Fig.11).

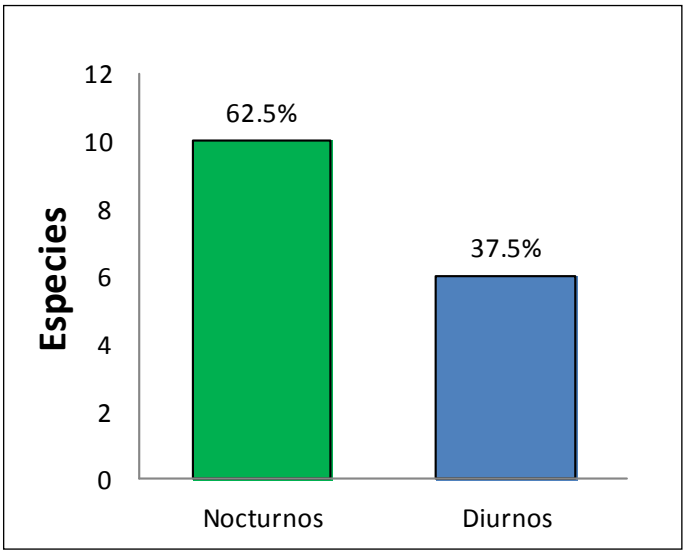



**Figura 11.** Actividad diaria de los escarabajos del estiércol en las dos zonas de estudio**.**

Se observó el predominio de especies de escarabajos cavadores (81.25%) ante los rodadores (12.5%) y endocópridos (6.25%) (Fig. 12).

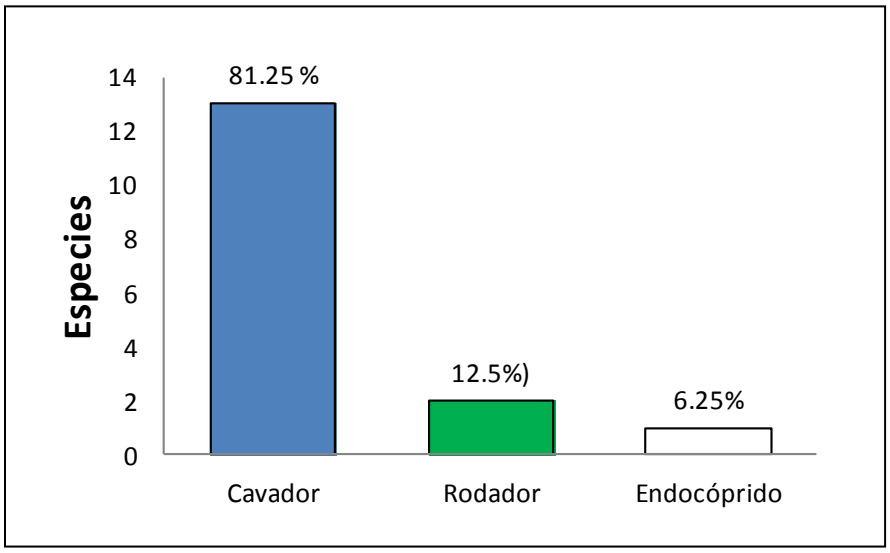
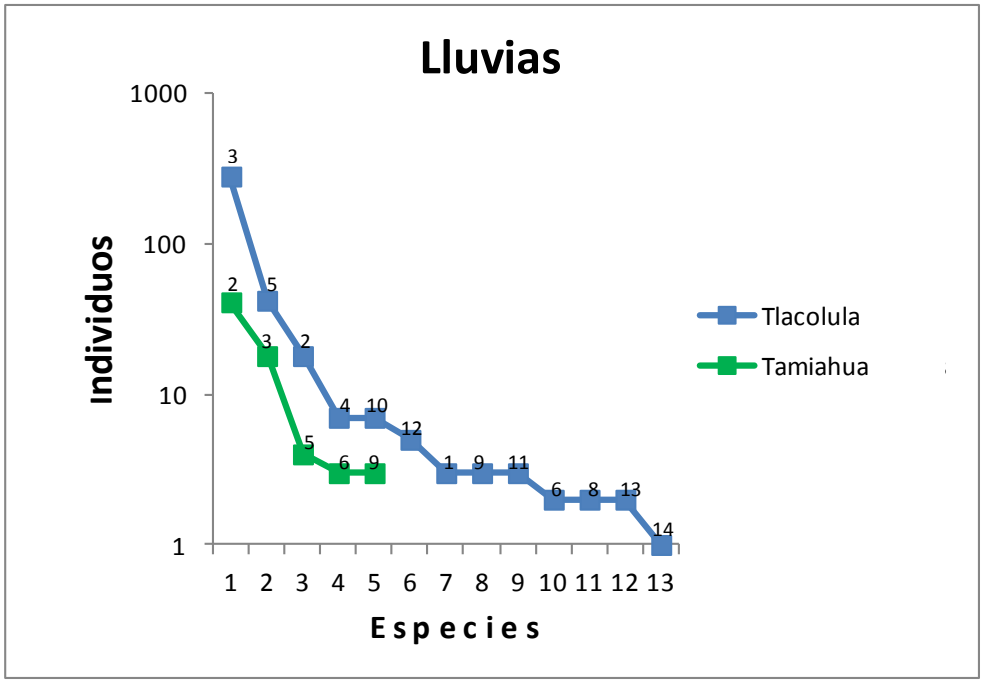



**Figura 12.**Gremios de la subfamilia Scarabaeinae en las dos zonas de estudio**.**

### 7.5 Curvas rango abundancia por zona y temporada

Con respecto a la dominancia de especies, en Tamiahua se observó que tanto en la temporada de lluvias como en secas *C. Pseudopunticolle* fue la especie más abundante, con 41 y 30 individuos (Fig. 13). En Tlacolula la especie que presentó mayor abundancia fue *C. cyanellus cyanellus* en lluvias y secas con 281 y 12 organismos respectivamente. De manera general se observó que existe una mayor abundancia de las especies dominantes, en lluvias que en secas para ambas zonas.

A)



B)

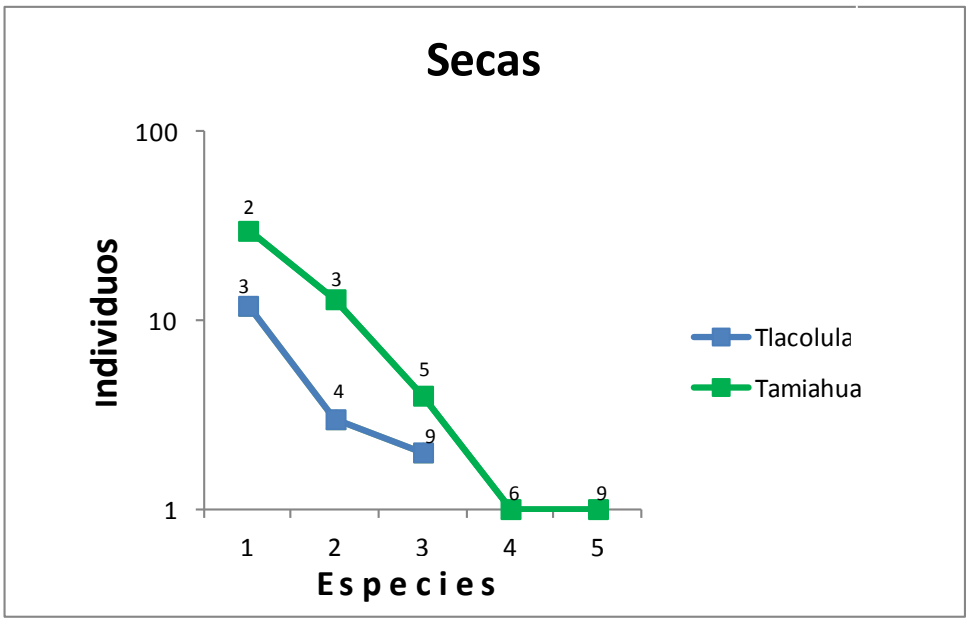



**Figura 13.** Curvas de rango-abundancia, basadas en el número de individuos de cada especie para cada zona por temporadas A) Lluvias y B) Secas. Los números de las especies corresponden a las listadas en el Cuadro 3.

### 7.6 Tasas de remoción

Con base en los datos obtenidos en los muestreos realizados en la temporada de secas para ambas zonas, Tamiahua (marzo-mayo 2013) y Tlacolula (abril-mayo 2013), la remoción por los escarabajos del estiércol fue nula, ya que los organismos no llegaron a las trampas, lo cual se debe a la baja abundancia y riqueza encontrada, lo que se atribuye principalmente a la temporada del año.

Sin embargo, para la temporada de lluvias los escarabajos del estiércol estuvieron activos y se verificó remoción (Cuadro 4 AB).

En Tamiahua la remoción de estiércol varió entre las trampas con respecto al total de las muestras. Del total de trampas (36) sólo en 21 hubo remoción (58.33% intervenidas) y varió en los tres meses. De manera general se obtuvo un porcentaje de remoción para julio 10.20 %, en agosto del 16.19 % y en septiembre la remoción fue de 11.79 %. Al considerar exclusivamente a las trampas en donde si hubo remoción por los escarabajos del estiércol, para julio la remoción fue de 31.07 %, en agosto de 21.33 % y en septiembre de 20.35 % (Cuadro 5 A).

En Tlacolula la remoción de estiércol varió entre las trampas con respecto al total de las muestras. Del total de trampas (36) sólo en 28 hubo remoción (77.77 % de intervención) y varió en los tres meses. De manera general se obtuvo un porcentaje de remoción para principios de agosto 24.7%, a finales de agosto del 18.36 % y en septiembre la remoción fue de 15.10%. Al considerar exclusivamente a las trampas en donde si hubo remoción por los escarabajos del estiércol, para principios de agosto la remoción fue de 26.8%, a finales de agosto de 18.36 % y en septiembre de25.90% (Cuadro 5B).

Aunque en la temporada de lluvias se observó actividad, la remoción fue baja (Cuadro 5).

**Cuadro 5**.Porcentaje de consumo de boñigas por zonas (pastizal 1 y pastizal 2) y por zona: A) Tamiahua, B) Tlacolula, durante los tres periodos de estudio.

**A)**

| | % Remoción de estiércol | Tamiahua | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Julio | | Agosto | | Septiembre | |
| | | **Rancho 1** | **Rancho 2** | **Rancho 1** | **Rancho 2** | **Rancho 1** | **Rancho 2** |
| **RANCHO** | Total general / intervención de los escarabajos. | 14.37/31.92 | 6.045/30.22 | 14.01/20.13 | 18.37 /22.52 | 9.78/14.61 | 13.8/26.09 |
| **ZONA** | Total general / intervención de los escarabajos. | 10.207/31.07 | | 16.19 /21.33 | | 11.79/20.35 | |

**B)**

| | % Remoción de estiércol | Tlacolula | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Julio | | Agosto | | Septiembre | |
| | | **Rancho 1** | **Rancho 2** | **Rancho 1** | **Rancho 2** | **Rancho 1** | **Rancho 2** |
| **RANCHO** | Total general / intervención de los escarabajos. | 21.6/25.79 | 27.81/41.66 | 17.73/17.73 | 19/19 | 11.16/32.74 | 19.05/19.05 |
| **ZONA** | Total general / intervención de los escarabajos. | 24.7/26.8 | | 18.36/18.36 | | 15.10/25.90 | |

## 7.7 Análisis de varianza de muestras repetidas

El análisis de varianza (Cuadro 6) mostró que hubo diferencias estadísticamente significativas en la tasas de remoción entre ambas zonas ($F = 7.681$, $p = 0.011$); mostrando una mayor remoción en Tlacolula (Fig.14). Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la tasa de remoción presentada entre los meses ($F = 0.095$, $p = 0.909$).

**Cuadro 6**. Análisis de Varianza para muestras repetidas (R: meses), para evaluar la remoción de estiércol en dos zonas ganaderas del norte de Veracruz (Tlacolula y Tamiahua).

| | Suma de cuadrados | Grados de libertad | CM | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| **Zona** | 4577.17 | 1 | 4577.17 | 7.68092 | 0.011133 |
| **R** | 168.87 | 2 | 84.44 | 0.09544 | 0.909162 |
| **R*Zona** | 1256.12 | 2 | 628.06 | 0.70989 | 0.497243 |

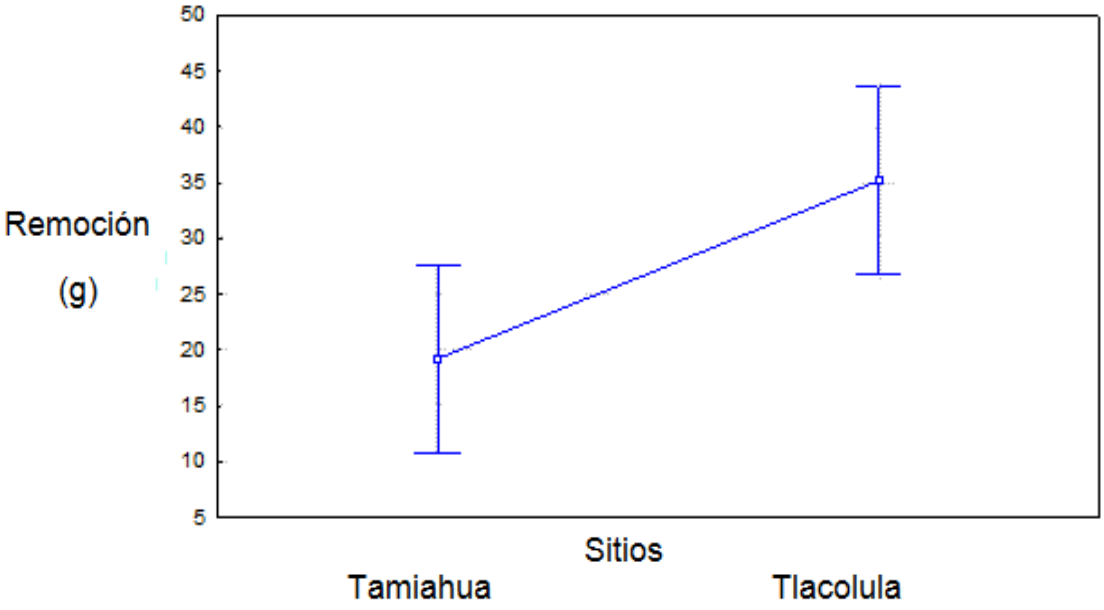



**Figura 14.** Valores promedios de remoción para Tamiahua y Tlacolula

### 7.8 Especies eficientes en la remoción

En los muestreos en los que se registró la remoción en ambas zonas, la especie dominante fue *D. gazella*, con 42 individuos en Tamiahua y 29 en Tlacolula (Fig. 15).

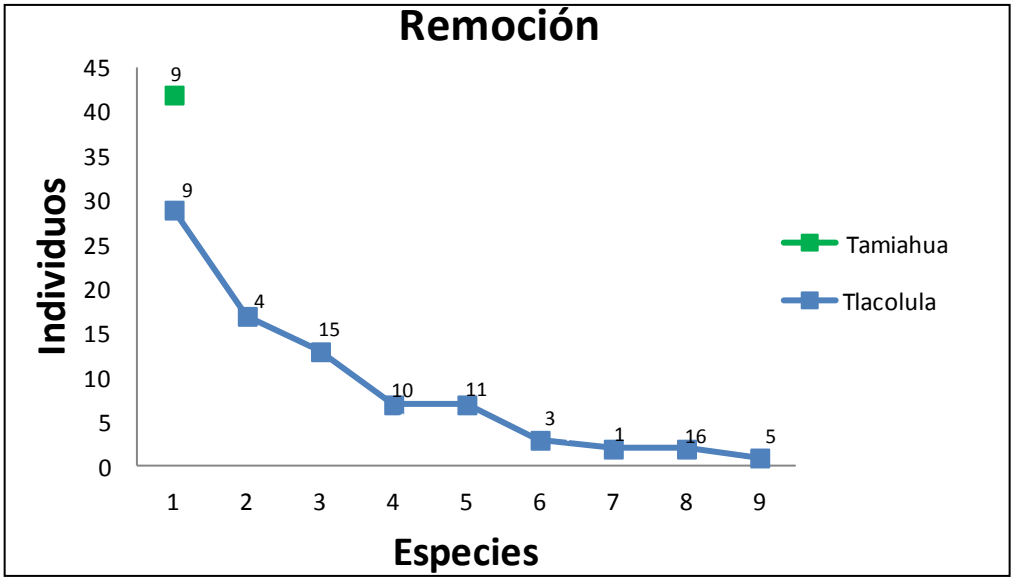



**Figura 15**. Curvas de dominancia-abundancia, basadas en el número de individuos de cada especies en ambas zonas, con el experimento de remoción. Los números de las especies corresponden a las listadas en el Cuadro 3.

En las trampas de remoción, para Tamiahua se registró únicamente una especie perteneciente al gremio de los cavadores. Mientras que en Tlacolula se colectaron nueve especies, se observó el predominio de especies de escarabajos cavadores (siete especies), ante los rodadores (una especie) y endocópridos (una especie)

# 8. DISCUSIÓN

En la presente investigación se colectó de manera general en los ranchos ganaderos de las dos zonas de estudio un total de 634 individuos pertenecientes a 16 especies distribuidas en 12 géneros, lo cual representa el 66. 66% de las especies reportadas para zonas ganaderas en la región tropical de México (Favila, 2014). Los escarabajos del estiércol han sido poco estudiados en ambientes ganaderos en la zona de estudio. No obstante, se cuenta con algunos registros (publicados en artículos científicos y en tesis de licenciatura y maestría) de información de áreas cercanas, enfocados de manera general a la diversidad de Scarabaeinae, para evaluar el estado de conservación de la vegetación original y los efectos de la transformación de la misma sobre este grupo de insectos (Favila, 2014; Gómez, 2013, Halffter *et al*., 1992; Méndez, 2014, Miranda, 2012; Santiago, 2013; Carrillo, 2014)

En un estudio previo desarrollado por Gómez (2013) en las zonas ganaderas Tamiahua-Tuxpan se encontró que la riqueza de especies fue ligeramente mayor (7 especies) a lo encontrado en el presente para la zona de Tamiahua (5 especies). Sin embargo, en Tlacolula se registró un mayor número de especies (13). Las diferencias entre lo reportado por Gómez (2013) en su estudio de la zona Tamiahua-Tuxpan y el presente trabajo, probablemente esté relacionada con la actividad de los pastizales, ya que no trabajó con pastizales ganaderos activos. Una posible explicación a esta diferencia en especies, es que las poblaciones de escarabajos estercoleros se comporten como una

metacomunidad, en la que las poblaciones tengan extinciones locales, así como colonizaciones de un sitio a otro (Hanski 1999).

La disponibilidad de excremento de ganado vacuno puede ser un factor importante, ya que diferentes trabajos han señalado el uso extenso que algunas especies pueden hacer de este recurso, en ausencia o lejanía de excremento de animales silvestres y otras formas de materia orgánica en descomposición (Halffter, 1991; Hanski y Cambefort, 1991; García – Ramírez y Pardo, 2004). En el caso de Tamiahua, esta diferencia puede estar influida por la baja cobertura vegetal, la lejanía a zonas con áreas de vegetación original, así como la falta de conectores biológicos, lo cual propicia que las especies queden aisladas dentro de los fragmentos impidiendo su traslado (Noss, 1991; Magura *et al*., 2001; Díaz *et al*., 2011).

Por otro lado, Halffter *et al.,* (1992) señalan que los sitios donde hay actividades productivas, en este caso ganaderas, la diversidad de escarabajos es menor, por efecto de la insolación que reciben las áreas. En el caso de este estudio, Tlacolula a pesar de ser pastizales ganaderos activos, cuenta con cercas vivas, las cuales funcionan como conectores biológicos a zonas de cobertura vegetal ubicadas, relativamente a corta distancia de los ranchos ganaderos de estudio. Demostrando de esta manera, con base en los resultados obtenidos que la comunidad de escarabajos del estiércol puede verse modificada debido a las alteraciones que sufren los ecosistemas frecuentemente por las actividades humana (Halffter y Favila, 1993, Favila y

Halffter, 1997, Spector, 2006), en este caso, por el cambio de uso de suelo, permitiendo de esta manera detectar y valorar los cambios biológicos y ecológicos sobre la comunidad de escarabajos (Sánchez-Velázquez *et al*., 2012).

En cuanto a la estructura de la comunidad de escarabajos, se observó el predominio de especies cavadoras, al igual que las especies nocturnas tanto en riqueza como en abundancia. Sin embargo, Tlacolula solo siguió el mismo patrón en cuanto a la riqueza de especies (mayor número de especies cavadoras), pero difirió en la abundancia, ya que las especies rodadoras y diurnas tuvieron mayor número de individuos para esta zona.

Escobar y Chacón (2000), mencionan que las especies de escarabajos rodadores son altamente sensibles a los cambios en la estructura del suelo, en este caso los suelos de los pastizales son muy duros debido a la compactación que sufre por el pisoteo del ganado, dificultando de esta manera el enterramiento del alimento, lo que puede afectar la dinámica de este gremio al encontrarse en lugares abiertos carentes de cercas vivas. Ya que, además de funcionar como conectores bilógicos, el uso de especies arbóreas mejora el reciclaje de nutrientes debido a la recuperación de los mismos a través de sus raíces, incorporan los nutrientes a su biomasa y luego los regresan a la superficie del suelo a través de los aportes de materia orgánica, la cual se descompone liberando nuevamente los nutrientes y dejándolos a disposición

de las pasturas, favoreciendo de esta manera la calidad del suelo (Navas, 2007).

Por otro lado las condiciones de suelos someros, favorecen el predominio en abundancia de las especies rodadoras, como las del género *Canthon*; por el contrario, las especies cavadoras, aunque cuantitativamente no están bien representadas en este estudio, debido a la necesidad de suelos profundos, superan en riqueza a las primeras, al ser favorecidas por la pérdida y deterioro de la vegetación natural, lo que coincide con lo reportado por Mora-Aguilar y Montes de Oca (2009) y Morón *et al.,* (1987), quienes encontraron más riqueza de especies cavadoras. Es probable que esta diferencia entre la riqueza de especies esté relacionada con las características del suelo, que explica y fundamenta la riqueza de especies del gremio cavador y la abundancia en rodadores, ya que la abundancia de la especie *Canthon cyanellus cyanellus* fue mayor notablemente sobre el resto de las especies.

Diversos estudios desarrollados en zonas tropicales han señalado la relación favorable que existe entre la temporada de lluvia con la actividad y ciclo de vida de los escarabajos del estiércol (Halffter y Edmonds, 1982; Barraza *et al.*, 2010). Lo cual concuerda con los resultados obtenidos, con respecto a la riqueza y abundancia de especies, que fue mayor en la temporada de lluvias en ambas zonas y menor en la temporada de secas.

En relación con la dominancia de especies en las dos temporadas, la especie más dominante en la época de lluvias para Tamiahua fue *C. pseudopunticolle* y en Tlacolula *C. cyanellus cyanellus*. En la temporada de secas, en la que hubo una disminución en la actividad de los escarabajos, posiblemente debido a que no pueden elaborar galerías por la dureza y compactación del suelo, los escarabajos permanecen enterrados y no salen a la superficie, sino al comienzo de las primeras lluvias (Halffter y Edmonds, 1982; Barraza *et al.*, 2010). Así mismo Halffter (1991) señala que el suelo es un factor fundamental para el entendimiento de la diversidad de Scarabaeinae, porque en él se desarrolla la mayor parte de su ciclo de vida.

Gotelli y Colwell (2001) señalan que la riqueza de especies de un sitio está vinculada al esfuerzo de muestreo y que es importante obtener un inventario completo de los sitios para hacer comparaciones válidas. Recientemente Collwell *et al. (*2012), desarrollan una metodología para emplear no solo curvas de rarefacción, sino también curvas de extrapolación para la comparación de la riqueza de especies en diferentes zonas de estudio, obteniendo intervalos de confianza de la riqueza estimada al 95%.

En el presente estudio se realizó una extrapolación de 1.5 veces el tamaño de la muestra original para analizar si con un mayor esfuerzo de muestreo variaban los resultados obtenidos. De acuerdo a los resultados obtenidos con Mao Tau, se registró el total de fauna de manera general para Tamiahua; sin embargo, para Tlacolula el registro fue de 82.35 %. Por otra parte, los

estimadores de riqueza de igual manera indican que para Tamiahua el registro faunístico fue completo, pero en Tlacolula todavía se podrían colectar de una a dos especies más a las obtenidas en este estudio, con base en los estimadores Chao 2 y ICE. Si se quisiera complementar el inventario, se tendría que hacer un esfuerzo de muestreo mayor, pero no se garantiza encontrar a las especies faltantes que proponen los estimadores (Moreno y Halffter, 2001). Sin embargo, a pesar de que en Tamiahua los estimadores señalan haber obtenido un inventario completo, no significa que son todas las especies existentes en el sitio, ya que los estimadores no dejan de ser predicciones matemáticas acerca de la riqueza de especies potencial de un sitio.

En lo referente a la remoción de excremento vacuno, en la temporada de secas para ambas zonas, la remoción por los escarabajos del estiércol fue nula, lo cual se debe a la baja abundancia y riqueza encontrada, lo que se atribuye principalmente a la temporada del año coincidiendo con Amezquita y Favila, (2010) que señalan que la diversidad de especies y la eficiencia de la remoción de estiércol varían en función de la temporada del año, siendo menor en la de secas. Sin embargo, es llamativa la nula presencia de escarabajos y por lo tanto no hubo remoción.

Sin embargo, se comprobó remoción del excremento en la temporada de lluvias, lo que se relaciona con la mayor actividad de estos insectos en dicha temporada como lo citan múltiples autores (Chacón 2005, Delgado 2007, García 2006, Morón y Zaragoza 1976, Percino 2002, Salamanca 2006). El

aumento en la riqueza y abundancia de especies, se atribuye al incremento en los recursos alimenticios y por lo mismo, es la temporada de reproducción para muchas de estas especies, ya que algunas son estacionales. Sin embargo, siguen siendo llamativos los resultados que se obtienen en este trabajo, ya que la remoción fue baja, lo que se atribuye a la baja riqueza y abundancia de especies en ambas zona. Otros estudios realizados en el país específicamente en áreas ganaderas reportan mayor riqueza de especies y abundancias que superan aproximadamente siete a 26 veces lo encontrado en este estudio (véase Basto, 2012; Montes de Oca, 2001), por lo cual se asume que todos estos cambios se han ido generando debido a la transformación de la vegetación original en áreas de potrero, y a las condiciones de suelo que se generan (Hansky y Cambenfort, 1991; Halffter y Arellano, 2002). Así como al uso de insecticidas y desparasitantes del ganado (Lumarte *et al*., 1986; 1993, Martínez y Cruz, 2009).

Los resultados muestran que existen diferencias significativas en las tasa de remoción entre Tlacolula y Tamiahua, mostrando una mayor remoción en Tlacolula, lo que puede considerarse que es favorecido por los conectores biológicos que se encuentran en la zona, los cuales son más anchos. Estrada et al. (1998), señala que es probable que la menor complejidad estructural de la vegetación afecte la riqueza de los escarabajos del estiércol, lo que puede deberse a la alta exposición al viento y a la radiación solar que dan como resultado condiciones de temperatura y humedad no adecuadas para muchas especies (Halffter, 1991; Hanski y Cambefort, 1991; Gill,1991).

En el experimento de remoción, el gremio cavador fue el dominante en ambas zonas tanto en riqueza como en abundancia. Lo cual coincide con Slade *et al*., (2007), quienes reporta resultados similares en cuanto al dominio del gremio cavador. Sin embargo, en Tamiahua se registró únicamente una especie y en Tlacolula se colectaron ocho especies. En ambas zonas, sobresalió la especie *D. gazella* con mayor abundancia por lo que se asume que probablemente la mayor remoción esté determinada por la dominancia de dicha especie que se encuentra presente en las zonas de estudio.

Halffter *et al*. (1992) y Martínez *et al* (2001), señalan que en los pastizales puede existir una mayor dominancia de algunas de las especies asociadas con ambientes abiertos y donde hay gran disponibilidad de excremento, como es el caso de *D. gazella*, especie de origen africano introducida a Texas y California entre 1972 y 1974 (Anderson y Loomis, 1978; Fincher, 1986), que posee una alta tasa de reproducción (Blume y Aga, 1978), gran capacidad de dispersión (Hanski y Cambefort, 1991) y amplio potencial para procesar cantidades importantes de estiércol bovino (Behling-Miranda *et al*., 2000), además se establece con facilidad en zonas bajas con escasa vegetación, altas temperaturas y con algunos períodos de lluvia al año (Rivera y Wolf, 2007). De acuerdo con Blume y Aga (1978) esta especie muestra preferencia por regiones de pastos abiertos y suelos arenosos.

No obstante, con los datos obtenidos pudimos percatarnos de que la remoción de excremento en estas zonas es baja, la remoción eficiente de excremento sobre el suelo se da en sitios con muchas especies de escarabajos, mientras que la eficiencia de remoción disminuye a medida que hay menos especies en el sistema lo cual encontramos en este estudio (Bastos *et al.,* 2010). Las prácticas aplicadas en el manejo y control del ecosistema ganado-pastizales, generan impactos ecológicos graves en estos ambientes que se ven reflejados en su pobreza faunística, lo que se atribuye principalmente al uso de productos químicos como los vermicidas, desparasitantes, insecticidas y los herbicidas, entre los más importantes, los cuales tienen un efecto negativo sobre la comunidad de escarabajos, debido a que los residuos de estos químicos pueden producir un desequilibrio en el entorno ambiental afectando principalmente a las especies animales del suelo y al hombre, además de ocasionar pérdidas económicas (Martínez y Lumaret, 2006).

Se ha encontrado que la mortalidad de los insectos es considerable durante los 10 primeros días que siguen al tratamiento del animal, el contenido tóxico excretado puede llegar a matar hasta 20,000 escarabajos coprófagos durante este periodo, sin contar a los demás insectos relacionados (Lumaret, 1986). De acuerdo a los resultados obtenidos y con base en la literatura consultada, es posible que la estructura de la comunidad en los pastizales estudiados, principalmente en Tamiahua, la disminución en diversidad y abundancia de escarabajos del estiércol se deba a la aplicación de desparasitantes al ganado. Esto ha provocado también una disminución en la abundancia de los

escarabajos estercoleros y una reducción en las funciones de remoción del estiércol en los ecosistemas de pastizales ganaderos (véase Krüger y Scholtz, 1998; Hutton y Giller, 2003).

Con base en el análisis de los resultados obtenidos, es notorio el impacto que la actividad humana ha tenido sobre estas áreas y por ende en la coprofauna, alterando las funciones ecológicas que se desempeñan dentro de ellas, por tal motivo es de gran importancia realizar estudios de monitoreo de estos ambientes para descubrir los cambios en la composición y estructura de la comunidad de los escarabajos del estiércol, a fin de detectar los impactos negativos y posibles causas del deterioro del sistema. De esta forma, se pueden proponer alternativas de solución e implementar el manejo de los agroecosistemas, mediante técnicas sostenibles que favorezcan la producción ganadera, y disminuyan los efectos negativos, entre ellos minimizar el uso de los productos químicos y/o uso de productos menos nocivos, especialmente en la temporada de reproducción de estos organismos, que es la temporada de lluvias.

Por otro lado, establecer conexiones entre los fragmentos de vegetación original mediante la implementación del uso de cercas vivas que cumplan la función de corredores biológicos y permitan el desplazamiento de las especies entre un sitio y otro, contribuir en la reforestación y regeneración de la vegetación original cercana a los pastizales ganaderos, con todo esto se obtendrían grandes beneficios no solo ecológicos sino también económicos.

Nuevos paradigmas en la biología de la conservación proponen que los agrosistemas, incluyendo las zonas ganaderas, deben de estar conformados por parches de hábitat natural interconectados dentro de la matriz agrícola manejada.

El objetivo es contar con una matriz que sea "amigable con la biodiversidad" y facilite el movimiento de las especies forestales, entre parches de bosque (Perfecto y Vandermeer 2008). Sin embargo, en la zona de Tamiahua lo que predomina son los pastizales abiertos, prácticamente sin fragmentos de vegetación original. Una propuesta, resultado de este estudio, es que se debería favorecer el crecimiento de bosques secundarios, los cuales, se ha demostrado, conservan las especies de los bosques originales. Esta estrategia de manejo de paisaje debería favorecer la generación de una matriz amigable con el ambiente, lo que podría repercutir en un incremento en la diversidad de escarabajos de estiércol que pudieran aprovechar más eficientemente el estiércol del ganado vacuno.

# 9. CONCLUSIONES

La riqueza registrada de manera general fue de 16 especies, distribuidas en 12 géneros, se presentó mayor riqueza en Tlacolula (15 especies) y menor en Tamiahua (5 especies).

La especies con mayor abundancia fueron *Canthon cyanellus cyanellus, Canthidium pseudopuncticolle* y *Digitonthophagus gazella*.

Las especies menos abundantes fueron: *Pseudocanthon perplexus*, *Dichotomius amplicollis, Dichotomius colonicus, Euristernus mexicanus,* y *Onthophagus batesi,* con una abundancia de uno a dos individuos.

Con base en las preferencias alimenticias las especies coprófagas fueron las dominantes al igual que el gremio de lo cavadores y las especies de hábitos nocturnos.

Las especies dominantes en ambas épocas, pero con una mayor abundancia en lluvias que en secas, fueron para Tamiahua *C. Pseudopunticolle* y para Tlacolula *C. cyanellus cyanellus*.

Es probable que los resultados mencionados anteriormente estén relacionados con la ubicación de los terrenos, la distancia con áreas de vegetación original, la presencia de cercas vivas, las características del suelo así como de las necesidades alimentarias y reproductivas de cada gremio de la comunidad de los escarabajos del estiércol.

La eficiencia de muestreo para Tamiahua fue de 100% y para Tlacolula de un 93.33%, mostrando de esta forma que el esfuerzo de muestreo fue muy bueno.

Se registró mayor riqueza y abundancia de especies en la temporada de lluvias que en la de secas, debido a las condiciones climáticas, que favorecen la reproducción de estos organismos.

En la temporada de secas en ambas zonas la remoción por los escarabajos del estiércol fue nula pero, en la temporada de lluvias pudo verificarse la remoción ya que los escarabajos estuvieron activos. Sin embargo la remoción fue baja.

Se registraron diferencias estadísticamente significativas en la tasas de remoción entre ambas zonas, siendo mayor en Tlacolula, debido a la mayor riqueza y abundancia de especies para ésta zona.

En los registros de remoción se observó la dominancia de *D. gazella* en ambas zonas, especie invasora de origen Africano, que se ha adaptado muy bien a las zonas ganaderas tropicales de México y de otros países de América tropical.

## 9.1 APLICACIÓN PRÁCTICA

En este trabajo se analizó la composición, estructura y función de los escarabajos del estiércol en dos zonas ganaderas del Nortel del estado de Veracruz, lo cual representa una contribución al conocimiento y registros de las especies existentes en la región ya que actualmente es una zona poco estudiada.

El estado de Veracruz, es uno de los principales estados productores ganaderos en México, por tal motivo es necesario involucrar a los ganaderos de la región y hacer de su conocimiento la importancia de la presencia de los escarabajos del estiércol en los pastizales ganaderos, debido a que la productividad en estas zonas depende en buena medida del reciclaje de nutrientes al suelo, siendo esta una de las principales funciones ecológicas que realizan los escarabajos del estiércol. Otra de sus funciones es disminuir la proliferación de moscas y parásitos que podrían generar serios problemas sanitarios. Además, ya que en estas zonas la cantidad de excremento vacuno es tan grande que, de no ser usado por los escarabajos del estiércol, podría llegar a cubrir grandes áreas del pastizal, matando a los pastos, alimento base del ganado, lo que produciría una reducción de las zonas ganaderas .

Sin embargo, todos estos problemas no ocurren gracias a que los escarabajos del estiércol remueven este recurso, eliminando grandes proporciones del excremento, el cual es incorporado al ciclo de nutrientes de los pastizales, es así como los escarabajos estercoleros contribuyen a la sustentabilidad y al equilibrio ecológico de los pastizales ganaderos del norte de Veracruz.

Es necesaria la difusión de información del impacto negativo de la implementación de técnicas inadecuadas para el manejo de los pastizales en la región, que han provocado la pérdida de biodiversidad, y en particular de la diversidad de escarabajos del estiércol, lo que podría estar afectando la productividad ganadera. Una de las amenazas más fuertes para los escarabajos del estiércol es la práctica de control de plagas, parásitos y enfermedades relacionadas con el ganado, que utilizan productos químicos como vermicidas, fertilizantes y herbicidas los cuales, si son usados de forma exagerada, pueden reducir las poblaciones de los escarabajos del estiércol, lo que puede provocar un desequilibrio en el ecosistema.

Los escarabajos del estiércol son indicadores del estado de salud de los ecosistemas naturales y aquellos modificados por el hombre, como es el caso de los pastizales ganaderos, por ello es de gran importancia el conocimiento de la abundancia, riqueza y biología para generar estrategias de conservación de estas especies. Debido a que la productividad ganadera depende de la presencia de los escarabajos del estiércol, es fundamental monitorear a este

grupo biológico, con el fin de tener criterios que permitan tomar decisiones y proponer estrategias que fortalezcan su conservación.

Sería de gran utilidad que la información generada en estos estudios se difundiera dentro de las asociaciones ganaderas, y hacerla del conocimiento de la mayoría de ellos la importancia de la conservación de estos organismos y motivarlos a contribuir en ella. Así como también es necesario generar una calendarización de la aplicación de los productos utilizados en el manejo de los pastizales y ganado, la disminución de su uso en temporadas de lluvias, época de máxima actividad de los escarabajos del estiércol, es fundamental para la conservación de estas especies ya que es cuando se reproducen. Así mismo, es necesario involucrar a los ganaderos en el uso sostenible de los recursos naturales en zonas ganaderas mediante la adopción de técnicas adecuadas que permitan mejorar la productividad, favorecer la conservación de la biodiversidad y reducir la degradación de áreas de vegetación original aún existentes, ya que esto beneficia tanto a ganaderos como al medio ambiente.

Para el mejoramiento de las zonas ganaderas es de gran importancia el incremento de la conectividad entre ecosistemas naturales y estas áreas, lo que se puede lograr por medio del establecimiento de cercas vivas y árboles dispersos en potrero, con esto se lograría aumentar la cobertura vegetal de los predios y mejorar la conectividad entre fragmentos los relativamente cercanos a estas áreas, que permitiría a estos organismos desplazarse entre estas áreas y así mismo mantener la composición, estructura y la función de los

escarabajos del estiércol dentro de los ecosistemas tanto naturales como aquellos modificados por el hombre.

Finalmente, es de gran importancia la toma de conciencia e implementación de técnicas de ganadería sustentable, para el cuidado del medio ambiente y los escarabajos del estiércol, por todas la funciones ecológicas que desempeña, ya que se trata de un problema de sensibilización de las personas involucradas en estas actividades principalmente, debido a que se desconoce el valor, los beneficios del servicio de los escarabajos estercoleros y las pérdidas económicas que representaría disminución o pérdida de estos organismos en el ambiente.

# 10. BIBLIOGRAFÍA.


Amezquita, S. y Favila, M.E. 2010. Removal Rates of Native and Exotic Dung by Dung Beetles (Scarabaeidae: Scarabaeinae) in a Fragmented Tropical Rain Forest. Environmental Entomology 2: 328-336.

Andressen, E. 2002. Effects of season and vegetation type on community organization of dung beetles in a tropical dry forest. Biotropica 37: 291-300.

Anduaga, S. y Huerta. C. 2007. Importance of dung incorporation activity by three species of coprophagous beetle (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) macro-fauna in pastureland on “La Michilía” Biosphere Reserve in Durango, Mexico. Environmental Entomology 36 (3): 555-559.

Arias H. R. 1992. Información básica municipal de Veracruz Cambio XXI, fundación Veracruz Artes gráficas. Xalapa, Ver.

Bang, H.S., Lee, J.H., Kwon, O.S., Jang S. y Kim W.H. 2005. Effects of paracoprid dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) on the growth of pasture herbage and on the underlying soil. Applied Soil Ecology . 29: 165-171.

Barraza, M. J., Montes F. J., Martínez H. N. y Deloya C. 2010. Ensamblaje de escarabajos coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) del bosque tropical seco, Bahía Concha, Santa Marta (Colombia). Revista Colombiana de Entomología 36:285-291.

Basto, E. G., Rodriguez V. R. I., Delfín, G.H y Reyes N.E. 2012. [Actualizado en agosto de 2010]. Página electrónica. (http://www.bayersanidadanimal.com.mx/ipublish/data/files/Bayvet_39.pdf)

Basto, E. G., Rodriguez V. R. I., Reyes, N.E. y Delfín, G.H. Escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de ranchos ganaderos de Yucatán, México. Revista mexicana de biodiversidad.83: 380-386

Bavera A y Peñafort H. 2006. Lectura de las bostas del bovino y su relación con la alimentación. Cursos de producción bovina de carne. FAV UNR. www. Producción-animal.com. [Actualizado el 19 de septiembre de 2012].

Bellés, S. y Favila, M. E., 1993. Protection chimique du nid chez Canthon cyanellus cyanellus LeConte (Col. Scarabaeidae. Bulletin de la Societe Entomologique de France., 88: 602-607.

Behling-Miranda, C. H., Santos J. C. C. Y Bianchin I. 2000. The role of *Digitonthophagus gazella* on pasture clearing and production as a result of burial of cattle dung. Pasturas. Tropicales. 22: 14-18.

Benz G. W., Roncalli R. A., S.J. Gross. 1989. Use of ivermectin in cattle, sheep, goats, and swine. Pp. 215-229. In: Campbell, W.C. (ed.) Ivermectin and Abamectin. Springer-Verlag.New York. 363.

Bertone M. A, Watson W, Stringham M, Green J, Washburn S, Poore M, y Hucks M. (2006).Dung beetles of central and eastern North Carolina cattle pastures.North Carolina Cooperative Extension. North Carolina State University. Raleigh, NC. (19 June 2013).

Blume, R. R. y A. Aga. 1978. *Onthophagus gazella* F.: Progress of experimental releases in South Texas. Folia. Entomologica Mexicana. 39-40: 190-191.

Boxall, A.B.A., Fogg L.A., Blackwell, P.A., Kay P., Pemberton E.J., Croxford A. 2004.Veterinary Medicines in the Environment. Rev. Environmental Contamination and Toxicology. 180:1-91.

Bryan, R.P., Kerr, J.D. 1989. Factors affecting the survival and migration of the freeliving stages of gastrointestinal nematode parasites of cattle in central Queensland. Veterinary Parasitology. 30:315-326.

Campbell, W.C. 1989. Ivermectin and Abamectin. Springer-Verlag. New York. 363.

Carrillo, B. 2014. Diversidad de EscarabajosCopronecrófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) en los municipios de Tamalín y Tantima Veracruz .Tesis de especialidad. Universidad Veracruzana Tuxpan, Veracruz, México. 71 p.

Chacón, A.L. 2005. Fauna de Coleoptera Lamellicornia del municipio de San Felipe Teotlalcingo,Puebla, México. Tesis inédita de licenciatura, Escuela de Biología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México

Colwell R.K. y Coddington J.A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. In: Hawksworth D. L (ed), Biodiversity: Measurement and Estimation. Chapman and Hall, London, 75-79.

Colwell, R.K. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. Persistent URL <purl.oclc.org/estimates>.

Cortez-Gallardo, V., Favila, M.E., 2007. Actividad antifúngica del ácido 4-metoxi fenilácetico producido en las glándulas esternales de machos del escarabajo rodador *Canthon cyanellus cyanellus* (Coleoptera: Scarabaeidae). Entomología Mexicana 6:355–359.

Cortez, V., M.E. Favila, J.R. Verdú, Ortiz A. J. 2012. Behavioral and antennal electrophysiological responses of a predator ant to the pygidial gland secretions of two species of Neotropical dung roller beetles. Chemoecology 22: 29-38.

Cruz, M.M. 2011. Importancia de los Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) como bioindicadores del estado de conservación en vegetación fragmentada de Tuxpan y Tamiahua, Veracruz, México. Tesis de Doctoral. Colegio de Postgraduados .Tepetates, Veracruz, México. 106.

Davis, A.L.V., Scholtz C.H., Dooley P.W., Bram N.,y Kryger U.2004. Scarabaeine dung beetles as indicators of biodiversity, habitat transformation and pest control chemicals in agro-ecosystems. South African Journal of Science. 100: 415-424.

Delgado, J.M. 2007. Fauna de Coleoptera Lamellicornia en el municipio de Chignahuapan, Puebla,México. Tesis inédita de licenciatura, Escuela de Biología. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.

Díaz, A., E. Galante y M. E. Favila. 2011. Escarabajos del estiércol en la selva fragmentada de Los Tuxtlas, Veracruz. In: La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado Vol. I. Contexto actual del estado y perspectivas de conservación de su biodiversidad. A. Cruz, M. Soto, H. Rodríguez, E. Boege, E. Sedas, W. Márquez, M. Primo, G. Castillo, A.L. Lara, E. Olguín, C. Landeros (eds.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. Pp. 469-481.

Errouissi, F., Alvinerie M., Galtie P., Kerboeuf D. y Lumaret, J. P. 2001. The negative effects of the residues of ivermectin in cattle dung using a sustained-release bolus on *Aphodius constans* (Duft.) (Coleoptera: Aphodiidae). Veterinary Research. 32(5): 421-427.

Errouissi, F., Haloti S., Jay-Robert P., Janati-Idrissi A. y Lumaret J.-P. 2004. Effects of the attractiveness for dung beetles of dung pat origin and size along a climatic gradient. Environmental Entomology. 33(1):45-53.

Erwin, T.L. 1988. The tropical forest canopy. The heart of biotic diversity. En: Biodiversity. Wilson, E. (ed.). National Academic Press, Washington D.C. 123-129.

Escobar, F., y Chacón de Ulloa P. 2000. Distribución espacial y temporal en un gradiente de sucesión de la fauna de coleópteros coprófagos (Scarabaeidae, Aphodiinae) en un bosque tropical montano, Nariño, Colombia. Revista de Biología Tropical 48 (4): 961–975.

Estrada, A., Coates-Estrada R., Anzures A. y Cammarano P. 1998. Dung and carrion beetles in tropical rain forest fragments and agricultural habitats at los Tuxtlas, México. Journal of Tropical Ecology 14: 577-593.

Favila, M.E. 2014. Historical, Biogeographical and ecological factors explain the success of some native dung beetles after the introduction of cattle in Mexico. Pastos. 42 (2):161-181

Favila, M.E. y Halffter, G. 1997. The use of indicator groups for measuring biodiversity as related to community structure and function. Acta Zoológica Mexicana 72: 1-25.

FAO. 2010. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Ganadería Bovina en América Latina. Escenario. 2008-2009 y tendencias del sector.1-148.

Feinsinger, P. 2003. El diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad. FAN (Fundación Amigos de la Naturaleza), Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 242

Fincher, G.T. 1981. The potential value of dung beetles in pasture ecosystems. Journal of the Georgia Entomological Society. 16(2):316-333.

Floate, K.D., Wardhaugh K. G., Boxall A. B. A., y Sherratt T. N. 2005. Fecal residues of veterinary parasiticides: Nontarget effects in the pasture environment. Annual Review of Entomology 50: 153-179.

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-Ramírez, J. C. y Pardo-Locarno L. C. 2004. Escarabajos Scarabaeinae saprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en un bosque muy húmedo premontano de los andes occidentales colombianos. Ecología Aplicada 3:59-63

García, S. 2006. Estudio faunístico de Coleoptera Lamellicornia de la región La Malinche, Tlaxcala,México. Tesis inédita de licenciatura, Escuela de Biología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.

Gill, B. D. 1991. Dung Beetles in American Tropical Forest, p. 211–229.In: I. Hanski Y. Cambefort (eds.). Dung Beetle Ecology. Princeton University Press, Princeton. 481 p.

Gómez, S. 2013. Importancia de los Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) como bioindicadores del estado de conservación en vegetación fragmentada de Tuxpan y Tamiahua, Veracruz, México. Tesis de Maestría. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz, México. 75 p.

Gotelli N.J. y Colwell R.K. 2001. Quantifying biodiversity: Procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. Ecology Letters 4: 379-391.

Halffter, G. y Matthews, E. G. 1966. The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae).Folia Entomológica Mexicana (12/14): 1–312.

Halffter, G. y Edmonds W. D. 1982. The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae). An ecological and evolutive approach. Publication 10, Instituto de Ecología A. C., México, D. F. 176.

Halffter, G. 1991. Historical and ecological factors determining the geographical distribution of beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). Folia Entomológica Mexicana 82:195-238.

Halffter, G., Favila, M.E. y Halffter V. 1992. A comparative study of the structure of the scarab guild in Mexican tropical rain forests and derived cosystems. Folia Entomológica Mexicana 84: 131-156

Halffter, G. y Favila M. E. 1993. The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) an animal group for analyzing, inventorying and monitoring biodiversity in

tropical rainforest and modified landscapes. Biology International. 27: 15-21.

Halffter, G. y Arellano L. 2002. Response of dung beetle diversity to human-induced changes in a tropical landscape. Biotropica 34:144-154.

Hanski, I. y Cambefort Y. 1991. Dung beetles ecology. Princeton University, New Jersey. Pags. Cons. 331-349.

Holter, P., Sommer C. y Gronvold, J. 1993. Attractiveness of dung from ivermectin-treated cattle to Danish and afrotropical scarabaeid dung beetles. Veterinary Parasitology. 48:159-169.

Huerta, C., Martínez M.I., Montes de Oca E., Cruz-Rosales M., Favila M.E. 2013. The role of dung beetles in the sustainability of pasture and grasslands. 441-463. In: A. Yáñez-Arancibia, R. Dávalos-Sotelo, J.W Day, E. Reyes (eds.). Ecological Dimensions for Sustainable Socio Economic Delevopment. Witpress. USA.

Hutton, S.A. y Giller, P.S. 2003. The effects of intensification of agriculture on northern temperate dung beetle communities. Journal of Applied Ecology 40: 994–1007.

INEGI. 2007. Censo Agropecuario, VIII Censo Agrícola Ganadero y Forestal. Cuadros 37 y 38. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, Aguascalientes, Aguascalientes, México. (http://www.inegi.gob.mx) [Actualizado al 16 abril de 2009].

Krüger, K. y Scholtz C. H. 1997. Lethal and sublethal effect of ivermectin on the dungbreeding beetles Euoniticellus intermedius (Treiche) and Onitis alexis Klug (Coleoptera: Scarabaeidae). Agriculture, Ecosystems & Environment . 61: 123-131.

Krüger, K. y Scholtz C. H. 1998. Changes in 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.

Larsen T.H. y Forsyth A. 2005. Trap spacing and transect design for dung beetle biodiversity studies. Biotropica 37: 322-325

Lumaret, J.P. 1986. Toxicité de certains helminthicides vis-à-vis des insectes coprophages et conséquences sur la disparition des excréments de la surface du sol. Acta Oecologica. 7(4): 313-324.

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 drugivermectin residues on dung beetle (Insecta: Coleoptera). Journal of Applied Ecology 30:428-236.

Magurran, A. E. 1988. Diversidad ecológica y su medición. University Press, Cambridge

Magurran, A. E 2004. Measuring biological diversity. Blackwell, Oxford. 192

Magura, T., Ködöböcz V. y Tóthméréz, B. 2001. Effects of habitat fragmentation on carabids in forest patches. Journal of Biogeography 28: 129-138.

Martínez, M. I., Cruz M., R. y 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 Zoológica Mexicana. (n.s) 80: 185-186.

Martínez, M. I. y Lumaret, J.P. 2006. Las prácticas agropecuarias y sus consecuencias en la entomofauna y el entorno ambiental. Folia Entomológica Mexicana., 45(1): 57-68.

Martínez, M. I. y Cruz R. 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.

Méndez, S. 2014. Diversidad de los escarabajos copronecrófagos (Coleóptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en diferentes tipos de vegetación en la Defensa Castillo de Teayo, Veracruz. Tesis de licenciatura. Tuxpan, Veracruz, México. 71 p.

Martínez M. I., Cruz M., Montes de Oca E. y Suárez T. 2011. La función de los escarabajos del estiércol en los pastizales ganaderos. Primera Edición. Secretaría de Educación de Veracruz. Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. Xalapa, Veracruz, México. 73 p.

McKeand, J., K. Bairden y A. M. Ibarra-Silva. 1988. The degradation of bovine faecal pats containing ivermectin. Veterinary Record. 122: 587-588.

Miranda K.P. 2012. Composición y estructura de la comunidad de escarabajos copro-necrófagos en paisajes transformados, una problemática regional. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz, México. 68.

Montes de Oca, E. 2001. Escarabajos coprófagos de un escenario ganadero típico de la región de los Tuxtlas, Veracruz, México: importancia del paisaje en la composición de un gremio funcional. Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 82:111–132.

Moreno, C. y Halffter G. 2001. Spatial and temporal analysis of alfa, beta y gamma diversities of bats in a fragmented landscape. Biodiversity and Conservation 10: 367-382.

Morón, M. A., Camal, J. F. y Canul, O. 1987. Análisis de la entomofauna necrófila del área Norte de la Reserva de la Biósfera “Sian Ka’an”, Quintana Roo, México. Folia Entomológica Mexicana, 69: 83-98.

Mora-Aguilar, E. F. y Montes de Oca E. 2009. Escarabajos necrófagos (Coleoptera: Scarabaeidae y Trogidae) de la región central baja de Veracruz, México. Acta Zoológica Mexicana (n. s.), 25(3):569-588.

Morón, M.A. y Zaragoza S. 1976. Coleópteros Melolonthidae y Scarabaeidae de Villa de Allende, México. Anales del Instituto de Biología Serie Zoológica, 47: 83-118.

Navas, A. 2007. Sistemas silvopastoriles para el diseño de fincas ganaderas sostenibles. Asociación Colombiana de Médicos Veterinarios y Zootecnistas. ACOVEZ. 16. Página electrónica http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/manejo%20silvopastoril/85-sistemas.pdf

Nichols, E., Spector, Louzada S., Larsen J., Amezquita, S., Favila, M. E. y The Scarabaeinae Research Network. 2008. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. Biological Conservation, 141: 1461-1474.

Noss, R. F. 1991. Landscape connectivity: Different functions at different scales, en E. Hudson (ed.). Landscape linkages and biodiversity, Island Press, pp. 27-53.

Perfecto I, Vandermeer J. 2008. Biodiversityconservation in tropical agroecosystems: A new conservation paradigm. Annals of the New York Academy of Sciences 1134: 173-200.

Rivera, C. y M. Wolff. 2007. *Digitonthophagus gazella* (Coleoptera: Scarabaeidae): distribución en América y dos nuevos registros para Colombia. Revista Colombiana de Entomología. 33 (2): 190-192

Salamanca, C. 2006. Fauna de Coleoptera Lamellicornia en la región de Tlachichuca y Ahuatepecdel Camino (Ciudad Serdán), Puebla, México. Tesis inédita de licenciatura, Escuela de Biología,Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.

Sánchez-Velázquez, B., H. Carrillo-Ruiz, M. A. Morón y S. P. Rivas-Arancibia. 2012. Especies de Scarabaeidae e Hybosoridae (Coleoptera: Scarabaeoidea) que habitan en la comunidad del Rancho El Salado, Jolalpan, Puebla, México. Dugesiana 18(2): 207-215.

Santiago J.P. 2013. Riqueza y abundancia de escarabajos copro-necrófagos (Coleoptera: Sacarabaeidae: Scarabaeinae) en diferentes ecosistemas. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz, México. 47 p.

SEGOB-INAFED. 2005. Enciclopedia de los Municipios de México. Veracruz de Ignacio de la Llave. Tamiahua. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. (http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_Veracruz).

Slade E.M., Mann D.J., Villanueva J.F y Lewis O.T.2007. Experimental evidence for these effects of dung beetle functional group richness and composition on ecosystem function in a tropical. Journal of Animal Ecology, 76, 1094-1104.

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.Taylor, M.A. 2001. Recent developments in ectoparasiticides. Vet. J., 161(3): 253-268.

Spector, S. 2006. Scarabaeine dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae): an invertebrate focal taxon for biodiversity research and conservation. The Coleopterists Bulletin 60: 71-83.

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 [Actualizado en: enero de 2011]

Õmura, S. 2008. Ivermectin: 25 years and still going strong. International Journal of Antimicrobial Agents. 31: 91-98.

Ortiz, P. M. A. G. De La Lanza, Salazar, E. E. M. P. y Carvajal, P. J. L. 2006. Diferenciación del espacio de México: un inventario regional. Instituto de Geografía. 1ª Edición. Universidad Nacional Autónoma de México. Serie de textos universitarios. 138.

Percino, S.M. 2002. Fauna de Coleoptera Lamellicornia del municipio de Zacatlán, Puebla, México.Tesis inédita de licenciatura, Escuela de Biología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla,México.

Ridsdill-Smith, T. J. 1993. Effects of avermectin residue in cattle dung on dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) reproduction and survival. Vet. Parasit. 48: 127-137.

Vázquez-Martínez R. 2003. [Actualizado en junio de 2003].Página electrónica. (http://www.bayersanidadanimal.com.mx/img/revista_bayvet/bayvetno.13.pdf).

Vera, E. 2014. Los scarabaeinae asociados a ecosistemas perturbados en la comunidad de Ojite Rancho Nuevo, Tuxpan, Veracruz. México. Tesis de licenciatura. Tuxpan, Veracruz, México. 35 p.

Yamada, D., Imura O., Shi K. y Shibuya T. 2007. Effect of tunneler dung beetles on cattle dung decomposition, soil nutrients and herbage growth. Grassland Science, 53:121-129.