BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

INSTITUTO DE CIENCIAS

CENTRO DE AGROECOLOGIA

MAESTRIA EN MANEJO SOSTENIBLE DE AGROECOSISTEMAS

COLEÓPTEROS EDAFÍCOLAS EN UNA ZONA FORESTAL EN EL MUNICIPIO DE TLAXCO, ESTADO DE TLAXCALA.

TESIS PRESENTADA PARA OBTENER EL TITULO DE:

MAESTRA EN MANEJO SOSTENIBLE DE AGROECOSISTEMAS

PRESENTA:

BIÓL. YASMIN JUAREZ ORTIZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. AGUSTÍN ARAGÓN GARCÍA

Puebla, Puebla, Septiembre 2018

AGRADECIMIENTOS

- **Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** (CONACYT) por el apoyo económico que me otorgó para realizar mis estudios de Maestría en Ciencias.
- **Al Dr. Miguel Ángel Morón Ríos** por su apoyo incondicional y su orientación al frente de este trabajo de investigación, expresándole así mi admiración y respeto.
- **A la maestría en Manejo Sostenible de Agroecosistemas** por el apoyo durante mi formación académica y por las experiencias vividas.
- **Al Dr. Agustín Aragón García** por tomar el mando en la dirección de este trabajo, así como su orientación y asesoría durante mi formación académica.
- **Al Dr. Macotulio Soto Hernández** por sus valiosos consejos y recomendaciones que enriquecieron de forma significativa este trabajo de investigación, así como su amistad.
- **Al Dr. Arcángel Molina Martínez** por su asesoría durante los análisis estadísticos.
- **Al Dr. Daniel Jiménez García** por su revisión, comentarios y correcciones.
- **Al. Dr. Miguel Aragón Sánchez** por su apoyo para tomar las fotografías de los ejemplares así como por su amistad.
- **Al departamento de parasitología agrícola** de la UAAAN y a los Dres. Oswaldo García Martínez y Gabriel Gallegos Morales por las facilidades brindadas para el uso del microscopio electrónico de barrido.
- **A mi familia** por su incondicional apoyo, cariño y comprensión durante la realización y culminación de este trabajo.
- **A mis compañeros y amigos** por su valioso apoyo en la recolecta de los ejemplares.
- **A don Gonzalo y ejidatarios del Rosario**, Tlaxco por permitirme realizar mis muestreos en tan bonito bosque.
- **A mis amigos** que me acompañaron a lo largo de este proceso y que compartieron momentos importantes conmigo y me alentaron a seguir siempre adelante echándome porras en todo momento: Karla, Paty, Gaby, Edgar, Santi, Yair, Clau, Dali, Ruth, Dani, Ale, Armando, Bea, Ángel, Beto, Blanquita, Isra y Lili.

DEDICATORIA

A mis padres:

Godrofredo Juárez Torres y Teresa Ortiz Pérez

Una meta más en mi vida se ha cumplido y no tengo como agradecerles su apoyo, comprensión y amor, porque con su sacrificio me dieron la posibilidad de llegar hasta esta instancia. Gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en mi vida, por compartir mis penas y mis alegrías, mis pequeñas victorias y fracasos, siempre recibiendo de ustedes la palabra de aliento que me dio la fuerza para seguir luchando y enseñarme a enfrentar los obstáculos, así como mostrarme que la perseverancia y el esfuerzo son el camino para lograr objetivos, por eso y muchas otras cosas más los amo. En culminación de una etapa más, me dispongo a conquistar nuevas metas y lograr mi realización personal con la promesa de seguir siempre adelante.

A mi maestro:

Dr. Miguel Ángel Morón Ríos †

Mil palabras no bastaran para agradecerle sus valiosos consejos, sugerencias, observaciones y apoyo a lo largo de mi trabajo de investigación, enriqueciéndolo de manera significativa con su capacidad y experiencia científica en un marco de confianza y respeto. Fue un verdadero honor haber estado bajo su dirección, así como recibir tan valiosos consejos y enseñanzas de su gran acervo del saber, cabe resaltar que fue un total deleite escucharlo detenidamente cada vez que platicábamos y que hasta el momento siguen rindiendo frutos aquellas palabras, fue una gran persona y excelente maestro a quien expreso mi más profunda admiración y respeto, esperando que desde donde este siga guiando mis pasos profesionalmente.

ÍNDICE

RESUMEN 1
ABSTRACT 3
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 5
II. INTRODUCCIÓN 8
2.1 Importancia de las plantaciones forestales 8
2.2 Fauna edáfica forestal 9
III. ANTECEDENTES 10
IV. MARCO TEÓRICO 16
4.1 La agroecología y su importancia en los recursos renovables en el sector forestal 16
4.2 Región forestal de Tlaxcala 17
4.3 Manejo forestal 17
4.4 Importancia de los artrópodos 19
4.5 Importancia del orden Coleoptera 20
4.5.1 Coleópteros que causan daños al sistema radical 22
4.5.2 Coleoptera como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. 24
4.6 Manejo agroecológico 24
4.6.1 Las técnicas usadas para el control de plagas y enfermedades en zonas forestales 25
4.6.2 Control biológico 25
4.6.3 Control silvicultural 26
4.6.3 Control mecánico 26
4.6.2 Control químico 27
V. JUSTIFICACIÓN 27
VI. OBJETIVOS 28
6. 1 Objetivo general 28
6.2 Objetivos específicos 28
VII. HIPÓTESIS 28
VIII. METODOLOGÍA 29
8.1 Área de estudio 29

8.2 Diseño de muestreo 30
8.3 Trabajo de laboratorio 31
IX. RESULTADOS Y DISCUSÍON 31
9.1 Fauna de coleópteros edafícolas 31
9.1.1 Familia Curculionidae Latreille 1802 32
9.1.2 Familia Melolonthidae Leach 1819 39
9.1.3 Familia Chrysomelidae Latreille, 1802 45
9.1.4 Familia Elateridae Leach, 1815 46
9.1.5 Familia Carabidae Latreille, 1802 47
9.1.6 Familia Staphylinidae Latreille, 1802 49
9.1.7 Familia Cantharidae Imhoff, 1856 50
9.1.8 Familia Scarabaeidae Latreille, 1802 51
9.2 Riqueza y abundancia 51
9.3 Diversidad 54
9.4 Eficiencia de muestreo 56
9.5 Análisis de suelo 56
9.6 Análisis de correspondencia de las especies asociadas al estado del árbol 58
9.7 Manejo agroecológico de plagas del suelo en una zona forestal 61
X. CONCLUSIONES 70
XI. LITERATURA CITADA 72

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Familias de coleópteros presentes en la rizosfera de *Pinus patula* en zona con y sin manejo forestal en El Rosario, Tlaxco, Tlaxcala. 32
Cuadro 2. Abundancia relativa de la familia Curculionidae presentes en la rizosfera de *Pinus patula* en zona con y sin manejo forestal en El Rosario, Tlaxco, Tlaxcala..... 38
Cuadro 3. Lista de especies y abundancia relativa de la familia Melolonthidae presentes en la rizosfera de *Pinus patula* en zona con y sin manejo forestal en El Rosario, Tlaxco, Tlaxcala. 40
Cuadro 4. Lista de especies y abundancia relativa de la familia Chrysomelidae presentes en la rizosfera de *Pinus patula* en zona con y sin manejo forestal en El Rosario, Tlaxco, Tlaxcala. 45
Cuadro 5. Lista de especies y abundancia relativa de la familia Elateridae presentes en la rizosfera de *Pinus patula* en zona con y sin manejo forestal en El Rosario, Tlaxco, Tlaxcala. 47
Cuadro 6. Lista de especies y abundancia relativa de la familia Carabidae presentes en la rizosfera de *Pinus patula* en zona con y sin manejo forestal en El Rosario, Tlaxco, Tlaxcala. 48
Cuadro 7. Lista de especies y abundancia relativa de la familia Staphylinidae presentes en la rizosfera de *Pinus patula* en zona con y sin manejo forestal en El Rosario, Tlaxco, Tlaxcala. 49
Cuadro 8. Lista de especies y abundancia relativa de la familia Cantharidae presentes en la rizosfera de *Pinus patula* en zona con y sin manejo forestal en El Rosario, Tlaxco, Tlaxcala. 50
Cuadro 9. Se muestra la riqueza observada y la estimada de acuerdo con los estimadores Chao 2 e ICE, así como la diversidad Alpha de Fisher para cada uno de los sitios evaluados y de manera general para ambos sitios. 54
Cuadro 10. Análisis de suelo en la zona con manejo forestal en el ejido El Rosario, Tlaxco, Tlaxcala. 57
Cuadro 11. Análisis de suelo en la zona sin manejo forestal en el ejido El Rosario del Tlaxco, Tlaxcala. 57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la zona forestal en el ejido El Rosario, Tlaxco, Tlaxcala. 30
Figura 2. A) Sensorio antenal, vista apical y lateral; B) Posición de la seta epicraneal 3 en la capsula cefálica; C) Cóndilos postoccipitales; D) Setas vetromalares; E) Seta malar dorsal y F) Pliegues dorsales de la larva (Marvaldi 1998 y 2003). 33
Figura 3. Larva morfoespecie 1, A) Capsula cefálica dorsal, B) Capsula cefálica lateral, C) Cuerpo lateral de la larva y D) Últimos segmentos abdominales. 34
Figura 4. Larva morfoespecie 3, A) Capsula cefálica dorsal, B) Capsula cefálica lateral, C) Cuerpo lateral de la larva, área pedal y D) Últimos segmentos abdominales. 34
Figura 5. Larva morfoespecie 4, A) Capsula cefálica dorsal, B) Capsula cefálica lateral, C) Cuerpo lateral de la larva y D) Últimos segmentos abdominales. 35
Figura 6. Larva morfoespecie 5, A) Capsula cefálica dorsal, B) Capsula cefálica lateral, C) Cuerpo lateral de la larva y D) Últimos segmentos abdominales. 35
Figura 7. Larva morfoespecie 7, A) Capsula cefálica dorsal, B) Capsula cefálica lateral, C) Cuerpo lateral de la larva y D) Últimos segmentos abdominales. 36
Figura 8. Caracteres morfológicos de la pupa de Entiminae: A) Vista ventral y B) vista dorsal (Juarez 2014)..... 37
Figura 9. Curculionidae, Entiminae, sp. 1, A) vista lateral y B) vista dorsal. 38
Figura 10. Curculionidae, Entiminae, sp. 2, A) vista lateral y B) vista dorsal. 38
Figura 11. *Phyllophaga* sp. 5 alimentándose de raíz, siendo esta especie la más abundante de la familia. 41
Figura 12. Estructuras diagnosticas de las larvas de tercer estadios de *Macrodactylus nigripes*: A) Vista anterior de la maxila izquierda, B) Vista dorsal del labio-hipofaringe, C) Vista dorsal del último segmento antenal, D) Epifaringe. E) Raster. Línea de escala =1 mm. (Aragón 2013)..... 44
Figura 13. *Colaspis* sp. 1, fue la más abundante de la familia Chrysomelidae. 46
Figura 14. Abundancia relativa de las familias de Coleoptera edafícolas en zona sin manejo forestal en el ejido El Rosario, Tlaxco, Tlaxcala. 52
Figura 15. Abundancia relativa de las familias de Coleoptera edafícola en zona con manejo forestal en el ejido El Rosario, Tlaxco, Tlaxcala. 53

Figura 16. Diversidad Alfa de coleópteros edafícola en zonas con y sin manejo forestal en el ejido El Rosario, Tlaxco, Tlaxcala. 55
Figura 17. Curvas de rarefacción de Coleoptera para las zonas con y sin manejo forestal. 56
Figura 18. Análisis de correspondencia entre el estado del árbol (*Pinus patula*) y las especies asociadas a éstos. 61
Figura 19. Trampa omnidireccional tipo embudo con luz fluorescente negra. *Tomado de Aragón *et al*., 2008. 63

RESUMEN

Se presentan los resultados de un estudio sobre coleópteros edafícolas en *Pinus Patula* Schiede ex Schltdl. et Cham. en un bosque templado en el ejido El Rosario, municipio de Tlaxco, Tlaxcala. Ubicado en las coordenadas 19° 40’ N y 98° 13’ O a 2 540 msnm, con un clima templado subhúmedo y una precipitación medio anual de 713 mm. Los muestreos se realizaron mensualmente de octubre de 2016 a septiembre de 2017. Se eligieron seis sitios en distintos sectores; tres zonas con manejo y tres sin manejo forestal, después se trazaron cuadrantes de 50x50 m; hecho lo anterior, se recolectaron los especímenes en la base de tres árboles para lo cual se extrajo el suelo considerando un área de 50 cm por lado y 40 cm de profundidad. Todo el material fue procesado en el laboratorio de control de plagas del Centro de Agroecología de la BUAP.

Se obtuvieron 850 ejemplares de coleopteros; en los cuales se identificaron 43 especies de las siguientes familias: Curculionidae, Melolonthidae, Chrysomelidae, Carabidae, Elateridae, Staphylinidae, Cantharidae y Scarabaeidae. Los curculiónidos fueron los más abundantes con 397 ejemplares entre larvas pupas y adultos, donde la subfamilia Entiminae fue la mejor representada. El segundo lugar en abundancia correspondió a la familia Melolonthidae con 152 ejemplares, aquí destacó el género *Phyllophaga* Harris; además está la familia fue la que presento mayor número de especies.

La mayor riqueza y abundancia de especies se presentó en la zona sin manejo forestal de acuerdo a los estimadores ICE y Chao 2; además de acuerdo al análisis de diversidad Alpha de Fisher hubo una diferencia significativa entre ambas zonas, siendo la zona sin manejo forestal la más diversa. Ahora bien, de acuerdo a los análisis de correspondencia tenemos que las especies más asociadas a árboles sanos son: Chrysomelidae (una especie), Staphylinidae (tres especies), Elateridae (tres especies), Carabidae (una especie) y Curculionidae (una especie); mientras que las especies más asociadas a los árboles dañados son: Curculionidae (una especie), Melolonthidae (una especie), Chrysomelidae (tres especies), Carabidae, Staphylinidae y Aphodiinae con una respectivamente.

Para el manejo agroecológico de las especies que pueden causar daños importantes al sistema radical, se sugiere realizar colectas de adultos de *Phyllophaga* por medio de trampas de luz fluorescente aprovechando su fototactismo positivo, también realizar la aplicación de extractos vegetales acuosos en éste caso de higuerilla (*Ricinus communis*) de

la familia Euphorbiaceae al pie de los arbolitos, así como la aplicación de abonos orgánicos y como una manera de complementar, la aplicación de abonos foliares a las plántulas recién trasplantadas en el bosque.

ABSTRACT

The results of a study on edaphric coleoptera in *Pinus Patula* Schiede ex Schltdl are presented. et Cham. in a temperate forest in the Ejido El Rosario, municipality of Tlaxco, Tlaxcala. Located at coordinates 19 ° 40 'N and 98 ° 13' W at 2 540 meters above sea level, with a temperate sub-humid climate and an average annual rainfall of 713 mm. The results were obtained from October 2016 to September 2017. Six sites were chosen in different sectors; three areas with management and three without forest management, then quadrants of 50x50 m were drawn; Given the above, the specimens were collected at the base of three trees for which the soil was extracted considering an area of 50 cm per side and 40 cm deep. All the material was processed in the pest control laboratory of the Center for Agroecology of the BUAP.

We obtained 850 specimens of coleptera; in which 43 species of the following families were identified: Curculionidae, Melolonthidae, Chrysomelidae, Carabidae, Elateridae, Staphylinidae, Cantharidae and Scarabaeidae. The curculionids were the most abundant with 397 specimens between pupal larvae and adults, where the Entiminae subfamily was the best represented. The second place in abundance corresponded to the Melolonthidae family with 152 specimens, here the genus *Phyllophaga* Harris stood out; It is also the family that presented the greatest number of species.

The greatest wealth and abundance of species occurred in the area without forest management according to the ICE and Chao 2 estimators; In addition, according to Fisher's Alpha diversity analysis, there was a significant difference between the two zones, with the most diverse forest management area. Now, according to correspondence analysis we have that the species most associated with healthy trees are: Chrysomelidae (one species), Staphylinidae (three species), Elateridae (three species), Carabidae (one species) and Curculionidae (one species); while the species most associated with damaged trees are: Curculionidae (one species), Melolonthidae (one species), Chrysomelidae (three species), Carabidae, Staphylinidae and Aphodiinae with one respectively.

For agroecological management of the species that can cause important damage to the root system, it is suggested to collect *Phyllophaga* adults by means of fluorescent light traps taking advantage of their positive phototacticism, also to apply aqueous vegetable extracts in this case of castor bean (*Ricinus communis*) of the family Euphorbiaceae at the

foot of the trees, as well as the application of organic fertilizers and as a way to complement, the application of foliar fertilizers to the newly transplanted seedlings in the forest.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los bosques además de ser utilizados para su explotación y sean parte de diversión por parte del ser humano, son ecosistemas que desarrollan funciones múltiples de vital importancia para la vida del planeta (Führer, 2000), proporcionan así una serie de bienes y servicios como: protección directa contra la erosión del suelo, funciona como un rico reservorio de biodiversidad, contribuyen a regular los ciclos hidrológicos, minimizan el calentamiento del suelo por la radiación solar, así como su importante papel en la producción de madera (Granados *et al*., 2007). Por ello es importante concientizar a las personas de que los bosques están amenazados por la degradación incontrolada y la conversión a otras formas de uso del suelo; afectados por las crecientes necesidades humanas, la expansión agrícola y por una mala ordenación ambiental perjudicial que incluye la falta del control de los incendios forestales y de medidas contra el furtivismo, la explotación maderera comercial no sostenible, el sobrepastoreo, los contaminantes atmosféricos, incentivos económicos y actividades de otros sectores de la economía.

Asimismo, con el aumento de la población hay un mayor incremento en la demanda de alimento y provisiones, como consecuencia para poder aumentar la producción se tuvo que usar insumos agrícolas como fertilizantes y pesticidas sintéticos, lo que repercute de manera negativa al ambiente, provocando así graves problemas en la salud humana. El uso de estos productos causa contaminación del aire, suelo y agua; además, los pesticidas inducen resistencia en los insectos, esto debido al uso indiscriminado y continuo, afectando también la fauna benéfica, como los enemigos naturales, parasitoides y la reducción de la población de abejas, entre otros polinizadores que, representan una fuerza natural para continuar los ciclos de las plantas y la evolución, envenenamiento de aves y peces, reducción de la biodiversidad entre otros (Brechelt, 2004).

Aunado a esto representan un peligro para la salud de los seres vivos, debido a que estas sustancias son sumamente cancerígenas o causan mutaciones y reacciones alérgicas. Ahora bien, cualquier persona que utilice pesticidas químicos con regularidad, tienen un mayor riesgo de llegar a tener niveles tóxicos en sus cuerpos y esto va a depender de la forma de contacto y las condiciones físicas del hombre, pero no solo va a afectar a la

persona que aplica estas sustancias sino también al consumidor de estos productos agrícolas, ya que estos tóxicos llegan de diferentes formas al usuario: por medio de los residuos en las hortalizas o vía la cadena alimenticia, concentrándose y causando daños irreparables y permanentes en la salud humana (Brechelt, 2004).

Los efectos de la pérdida y degradación de los bosques se traducen en erosión del suelo, pérdida de la diversidad biológica, daño a los hábitats silvestres y devastación de cuencas hidrográficas, deterioro de la calidad de vida y reducción de oportunidades para el desarrollo. Debido a ello, se busca establecer bosques estables, saludables, diversos y sostenibles. El desafío es equilibrar el desarrollo económico y la diversidad ecológica (SAF, 1992), para ello es necesario que las estrategias de ordenación forestal tomen en consideración la diversidad biológica, los procesos de los ecosistemas y la productividad de la estación a largo plazo para mantener y mejorar el bienestar humano sobre bases ecológica y económicas. Desafortunadamente hay muy poca información acerca de la fauna edáfica forestal, aun cuando a nivel mundial son cada vez más los problemas que se conocen de plagas del sistema radicular de las plantas; además, los problemas de taxonomía están muy lejos de resolverse, esto se debe en parte a la gran diversidad de especies que se han detectado y que la gran mayoría de estas no se han determinado (Aragón *et al*., 2003).

Con base en lo descrito anteriormente, se destaca la importancia ecológica y económica que tienen los insectos en los ambientes forestales, en condiciones de vivero, plantaciones, bosques en aprovechamiento y reservas forestales. Por lo que, es necesario impulsar el estudio de estos insectos en los diferentes tipos de bosques del país, ya que conocer mejor la fauna edáfica permitirá disponer de información básica que permita manejar las plagas forestales (depredadores de las raíces de las plantas y por ende afectando así su crecimiento) y proteger estos recursos naturales (aprovechando el ecosistema sin destruirlo), tan importantes para la conservación de los suelos, los mantos de agua y la biota silvestre, así como estudiar a los organismos que desempeñan papeles positivos (contribuyendo a la fertilidad del suelo y degradando la materia orgánica) (Morón *et al.*, 2010a).

Por lo tanto, debido a la falta de información es necesario concentrar más esfuerzos hacia el estudio de la entomofauna en los suelos forestales del país, ya que los insectos tienen muchas funciones en la economía de los bosques y son al igual que los árboles una parte esencial de la compleja asociación de organismos que lo comprenden; aunque la mayoría de las especies de insectos proporcionan algún beneficio, también hay especies que son sumamente dañinas. Al considerar el tiempo de crecimiento de las especies con interés forestal y la inversión que se requiere para renovar una plantación, el conocimiento adecuado de las especies de insectos que afectan el sistema radical de tales árboles en los diferentes ambientes del país adquiere notable importancia (Morón *et al*., 2010a).

II. INTRODUCCIÓN

2.1 Importancia de las plantaciones forestales

En México, los bosques templados comprenden principalmente bosques de pino, encino, oyamel y sabino, tienen un alto valor estratégico por ser la fuente principal de madera; además de otros bienes y servicios ambientales. En consecuencia, es importante reconocer que los recursos forestales de una zona forman una cubierta vegetal de la que se desprenden bienes y servicios como protección directa contra la erosión del suelo, refugio para la fauna silvestre e influencia sobre las condiciones climatológicas, captura de bióxido de carbono (CO2) (Granados *et al*., 2007).

Esto pone de manifiesto la importancia de reconocer que los bosques ofrecen una amplia variedad de ventajas tanto sociales como económicas, ya sea en ámbito laboral, así como beneficios generados por la transformación y comercialización de los productos forestales o con las inversiones en el sector forestal. Por lo anterior la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura reconoce que la viabilidad económica del sector forestal es un requisito imprescindible para salvaguardar las funciones ambientales, sociales y culturales de los bosques (FAO, 2005). Actualmente, a diferencia de décadas anteriores, se concede gran importancia a los medios de subsistencia rural, a la distribución de los beneficios generados, a la seguridad alimentaria y a la forma en que los bosques contribuyen al logro de esos objetivos.

A pesar de la diversidad de funciones y al alto potencial de aprovechamiento de los recursos forestales, en México su sobreexplotación resulta en una enorme pérdida de la cubierta forestal (entre 75 mil y 1.98 millones de hectáreas anuales) que favorece la degradación del ambiente (SEMARNAT, 2002). Por lo anterior es necesario el establecimiento de reglas para su correcto manejo, considerando la importancia de las diferentes facetas de su papel ambiental, y con base en ello realizar prácticas de manejo que deriven de consideraciones básicas de los fundamentos ecológicos, y de una correcta orientación de la economía (Mallén, 2005).

2.2 Fauna edáfica forestal

El bosque funciona como un rico reservorio de biodiversidad ya que, en general, contienen más especies vegetales y animales, a diferencia de hábitats más expuestos como los páramos, praderas entre otros; asimismo la cobertura vegetal del bosque ofrece variaciones climáticas amortiguadas del clima general de la zona. Esta característica lo convierte en el medio atractivo para el asentamiento y refugio de fauna. Según como se manifieste el dosel arbóreo habrá variaciones importantes en iluminación/sombra, temperatura, humedad relativa, viento/brisa, deposición de hojarasca, características físico-químicas del suelo, etcétera. A estos factores, hay que añadir otros de carácter más general como son la pluviosidad, topografía del terreno, orientación, pendiente del suelo, etcétera. Por tanto, el bosque cobra especial valor científico no solo por su potencial de heterogeneidad, directamente proporcional a la diversidad biológica y ecológica, sino también porque han sobrevivido hasta nuestros días al margen de la intervención humana (Carbiener, 1996).

El bosque como sistema ecológico no está circunscrito, exclusivamente, al conjunto de especies vegetales que lo configuran y a la fauna que se asocia a ellas; también es parte, el suelo y subsuelo que lo sustentan, hábitats que además de atesorar una extraordinaria biodiversidad juegan un papel vital en los ciclos biogeoquímicos (Dajoz, 2001). Bajo condiciones de humedad, cierta oscuridad y, en general, riqueza de nutrientes, el basamento del bosque reúne comunidades de animales que, en su mayoría están dominados por artrópodos. Estos invertebrados desempeñan diferentes roles ecológicos, destacando la función de degradación, saprófaga y depredadora de muchos otros artrópodos. Entre estos últimos, destaca la presencia de numerosos arácnidos (arañas, opiliones, pseudoscorpiones, ácaros, etcétera) miriápodos, quilópodos e insectos. Los insectos están especialmente bien representados por el orden Coleóptera que forma el conjunto natural más numeroso (De Liña *et al*., 1999).

El orden Coleoptera es el grupo de insectos con gran diversidad en forma, tamaño y coloración; tienen hábitos mirmecófilos, termitófilos, filófagos, rizófagos, frugívoros, micetófagos, fitófagos, necrófagos, entre otros; pueden vivir prácticamente en cualquier

ecosistema terrestre, desde aquellas zonas desérticas extremas hasta bosque tropicales siempre verdes, pasando por todo tipo de vegetación silvestre o cultivada, y desde el borde de las playas marinas, hasta los límites de nieve en las montañas a más de 4,000 m de altitud (Morón, 2004). Este orden está bien representado por las siguientes familias con mayor importancia para México: Carabidae, Cantharidae, Coccinelidae, Dermestidae, Tenebrionidae, Elateridae, Scarabaeidae, Melolothidae, Cerambycidae, Chrysomelidae, Bruchidae y Curculionidae (Morón y Terrón, 1988).

En el orden Coleoptera, por el gran número de especies y por su importancia económica destacan las familias Curculionidae y Melolonthidae. La primera familia, es muy importante, debido a que algunas especies son plagas importantes de plantas ornamentales, agrícolas y forestales (Anderson, 2002). Todas las partes de las plantas, desde la raíz a las semillas, pueden ser ingeridas por alguna especie del grupo, y es probable que todas las especies de angiospermas sean atacadas al menos por alguna especie de gorgojo (Zimmermann, 1994). Por lo tanto, debido a su distribución y hábito alimenticio este grupo es el mejor representado dentro de la fauna edafícola. La segunda familia, muchas de sus especies desempeñan funciones importantes como: polinización, degradación, facilitan el reciclaje de la materia orgánica y como bioindicadores zoogeográficos y ecológicos (Morón 1984). También incluye especies que pueden constituirse en plagas de diversos cultivos, tanto en su estado adulto, como en el larvario (Morón y Terrón, 1988).

III. ANTECEDENTES

Los artrópodos asociados con los suelos forestales han sido poco estudiados en México; en gran parte se debe a que, en la historia y desarrollo de la entomología forestal sea puesto mayor atención a las investigaciones dedicadas al estudio de las especies consideradas dañinas para el bosque (Dajoz, 2001), se han enfocado en primera instancia hacia los insectos que causan el deterioro de las especies maderables, como los descortezadores y barrenadores, por ejemplo: las subfamilias Scolytinae, Platypodinae (Cibrián-Tovar *et al*., 1989) y los defoliadores de pino como *Zadiprion vallicola* Roh. (Méndez y Cibrián, 1985); en segundo término a los degradadores de restos xilosos como

son organismos pertenecientes a las familias: Passalidae (60.4%), Cerambicydae (17.6%), Melolonthidae (5.6%) y en menor proporción Elateridae, Tenebrionidae, Curculionidae, Scarabaeidae, Callirhipidae y Carabidae (16.4%) (Morón *et al.*, 1988; Rivera y Morón 1992); y en tercer término a las especies rizófagas o degradadoras que habitan el suelo y la hojarasca como lo es *Phyllophaga rubella* (Bates) (Cibrián *et al*., 1995; Bustos y Rivera, 2003; Tapia *et al*., 2003). Los principales grupos estudiados en estos niveles tróficos han sido los miembros de los órdenes Orthoptera, Homoptera, Hemiptera, Isoptera, Lepidoptera, Diptera, Hymenoptera y Coleóptera (Rodríguez del Bosque y Morón, 2010).

Para conocer mejor la diversidad de algunas familias destacan trabajos como los de Tapia *et al*. (2003), quienes reportaron la abundancia y diversidad de Melolonthidae en diferentes tipos de suelos forestales en el estado de Puebla. Las áreas elegidas para dichos muestreos fueron la región del Izta-Popo y Teziutlán, se realizaron 20 colectas en las dos áreas de estudio, obteniendo un total de 311 ejemplares de Melolonthidae edafícolas, de las larvas colectadas, el género mejor representado fue *Phyllophaga* Harris con 159 ejemplares (53.69%) que corresponden a cinco especies, el género *Cyclocephala* Dejean está representado por 121 individuos (40.87%) de dos especies y los géneros *Anomala* Samouelle con cinco individuos (1.68%), *Diplotaxis* Kirby con un solo individuo (0.33%), *Isonychus* Mannerheim con ocho ejemplares (2.7%) y *Macrodactylus* Dejean con dos ejemplares de una sola especie cada uno, se determinó que la zona con la mayor cantidad de ejemplares es la del Izta-Popo, aunque existe menos diversidad de especies con respecto a la zona de Teziutlán.

Otros estudios relacionados con la fauna edáfica en zonas forestales está el realizado por Morón *et al*. (2010b), presentando resultados preliminares sobre los coleópteros edafícolas establecidos en una plantación comercial de árboles de Navidad, *Pseudotsuga macrolepis* Flous (Pinaceae) ubicada en la región de Las Vigas, Veracruz. De un total de 72 muestras, Melolonthidae registró la mayor abundancia con 1,507 ejemplares entre huevos, larvas, pupas y adultos; le siguió Curculionidae, con 343 ejemplares; Carabidae, Chrysomelidae, Elateridae y Staphylinidae con la menor abundancia. En conclusión, con los datos disponibles, no fue posible establecer alguna relación directa entre la abundancia

de “gallina ciega” y el incremento en la marchitez, la disminución de porte o la pérdida de raíces en los árboles. Juarez y Morón (2017) también en Las Vigas, Veracruz; aunque, con curculiónidos, obtuvieron 1,054 ejemplares entre larvas, pupas y adultos, encontraron que las larvas son las mejor representadas y más abundantes con siete morfoespecies, seguido de los adultos con seis especies, que son: *Amphidees major* Sharp, 1891, *Asynonychus godmani* Crotch, 1867, *Epicaerus operculatus* (Say) 1831 (ocupó el primer sitio en abundancia), *Pandeleteius viridiventris* Champion, 1911, *Sphenophorus cicatristriatus* Fahraeus, 1838 y *Listroderes costirostris* Schoenherr, 1826; esta última representó un nuevo registro para el estado de Veracruz.

García de Jesús *et al*., 2013 realizaron un estudio en la Malinche o Matlalcuéyetl entre la proporción sureste del estado de Tlaxcala y el noreste del estado de Puebla, reportando un total de 673 ejemplares adultos representantes de 36 especies incluidas en 19 géneros de nueve subfamilias de Scarabaeoidea, así como 71 larvas y dos pupas de ocho especies de Melolonthidae. En cuanto a la evaluación de la fauna local, la subfamilia con mayor riqueza de especies fue Melolonthinae con el 30.5%, Cetoniinae, Ochodaeinae y Troginae fueron las subfamilias con menor riqueza representando solo el 2.8% del total. La especie más abundante fue *Macrodactylus nigripes* la cual fue equivalente al 21.8% de la muestra, seguida de *Phyllophaga rugithorax* con el 15.6%, en tanto que la mayoría de las especies restantes representaron una escasa representatividad en la muestra.

Salamanca *et al*., (2013) hicieron un estudio en el municipio de Chalchicomula de Sesma se localiza en la parte centro-este del estado de Puebla, capturaron en total de 1,501 ejemplares adultos. Identificaron seis familias de Scarabaeoidea, nueve subfamilias 12 tribus, 19 géneros y 31 especies; así como 38 larvas de seis morfoespecies de Melolonthidae. En relación a la fauna local de las tres familias de Scarabaeoidea presentes se observó que los Melolonthidae presentaron la mayor riqueza con 20 especies con el 64.5%, así como también la mayor abundancia con 870 individuos, seguidos por los Scarabaeidae con seis especies con el 19.3% y 389 individuos, mientras los Cetoniidae reunieron 222 ejemplares de una sola especie con el 3.2% y el resto de ejemplares con mucho menor representatividad. De los ejemplares capturados, las especies con mayor

importancia ecológica son *Macrodactylus nigripes* Bates por su impacto en las partes aéreas de algunas plantas cultivadas y varias especies silvestres y entre las especies con larvas sapro-rizófagas *Phyllophaga matincampoi* Miguel y Aragón fue la más abundante y puede ocupar un papel destacado en la dinámica del suelo en el bosque.

Delgado *et al*., 2013 llevaron a cabo un estudio en el municipio de Chignahuapan, sierra norte de Puebla, localidad con clima predominantemente templado subhúmedo y semifrío; la vegetación dominante es bosque de pino. Ellos obtuvieron un total de 498 individuos; identificaron tres familias de Scarabaeoidea que representan a seis subfamilias, 12 tribus, 16 géneros y 30 especies. En la evaluación de la fauna local los Melolonthidae ofrecieron la mayor riqueza y abundancia con 16 especies (55.1%) y 260 individuos, seguidos por los Scarabaeidae con 11 especies (41.3%) y 242 individuos, mientras los Cetoniidae reunieron solo dos ejemplares de una especie (3.4%). Considerando las 30 especies capturadas en Chignahuapan se aprecia que la subfamilia Melolonthinae fue la mejor representada (10 spp.), seguida de Scarabaeeinae (7 spp.), Rutelinae (5 spp.), Aphodiinae (4 spp.), Dynastinae (3 spp.) y Cetoniinae (1 sp.); en cuanto al número de individuos colectados por especie, *Phyllophaga schencklingi* (Moser) fue la más abundante con 144 ejemplares, seguida de *Cephalocyclus luridiventris* (Harold), *Onthophagus chevrolati* Harold, *Macrodactylus nigripes*, *Onthophagus mexicanus* Bates y *Diplotaxis cribraticollis* Blanchard.

Muñoz *et al*. (2013) realizaron un estudio en la región de Teziutlán; la cual, se ubica en la transición de los climas templados de la Sierra Norte a los cálidos del declive del Golfo, el tipo de vegetación que se encuentra en la región es bosque de pino-encino y bosque de encino-pino, bastante explotados. Los autores capturaron 2,082 ejemplares que representan a 58 especies en 29 géneros, 18 tribus y siete subfamilias de Melolonthidae, Scarabaeidae y Passalidae. En la evaluación de la fauna local observaron que Melolonthidae presentó la mayor riqueza con 46 especies (79.3%), así como también la mayor abundancia con 1,921 individuos, seguidos por los Scarabaeidae con ocho especies (13.7%) y 43 individuos, mientras los Passalidae reunieron 18 ejemplares de cuatro especies (6.8%). De las 58 especies registradas la subfamilia Rutelinae es la mejor

representada (16 spp.), seguida de Melolonthinae (15 spp.), Dynastinae (13 spp.), Scarabaeinae (6 spp.), Passalinae (4 spp.), Aphodiinae (2 spp.) y Hopliinae (2 spp.).

Adicionalmente Arce *et al*. (2014) evaluaron los daños atribuibles a "gallina ciega" en una plantación de *Pseudotsuga macrolepis*, en el estudio realizaron un experimento por confinamiento del huésped y larvas de dos especies de *Phyllophaga* en macetas, expuestas a las condiciones ambientales del mismo rancho para observar su relación con los daños a los árboles de *P*. *macrolepis*. Con los datos concluyeron que las larvas de *Phyllophaga heteronycha* (Bates) ocasionaron la muerte de los arbolitos de entre 3.4 y 10 %; en tanto, *P. leonina* (Bates) causó de 7 a 23.3% de las muertes. Estos datos les permitieron concluir que ambas especies son rizófagas y que la segunda especie es más voraz, debido a que por lo menos 5 larvas son suficientes para ocasionar un daño importante en las raíces de estos árboles.

Hernández *et al*. (2017) realizaron un estudio de diversidad de larvas de coleópteros asociadas a bosque de pino con aprovechamiento forestal en Zacatlán, Puebla. El muestreo se realizó de marzo de 2016 a febrero de 2017; el cual, se hizo en 4 sitios distintos: bosque maduro (BM), bosque intermedio (BI), sitio permanente de investigación (SPIS) y una zona de aprovechamiento (ZA), donde obtuvieron un total de 63 ejemplares pertenecientes a los géneros *Phyllophaga*, *Diplotaxis*, *Odontotaenius* Kuwert, *Conoderus* Eschscholtz, *Glyptotus* LeConte, *Centronopus* Solier y *Agriote* Eschscholtz. De acuerdo con los resultados obtenidos el BM presentó la mayor abundancia, mientras que la diversidad no fue significativamente distinta entre los cuatro sitios, la ZA fue el sitio que presentó una comunidad con mayor dominancia, se concluyó que el manejo forestal parece no afectar la diversidad local de las especies.

En cuanto a los estudios de biodiversidad de los bosques tropicales varía tanto a escala espacial como temporal. García *et al*. (2010) examinaron la variación en riqueza de especies y composición de tres subfamilias de escarabeidos: Dynastinae, Rutelinae y Melolonthinae. Los muestreos se llevaron a cabo en seis localidades en un transecto de noroeste a suroeste en bosques lluviosos premontanos en Costa Rica. En ese estudio

analizaron la diversidad de escarabajos en tres niveles espaciotemporales: cordillera, localidad y mes. La composición y riqueza de especies variaron en los tres niveles estudiados. Los niveles de localidad y mes mostraron índices de similitud mayores a los de las cordilleras. La partición aditiva de la diversidad mostró valores de diversidad superiores a los esperados, solo en los niveles espaciales. La diversidad entre cordilleras representó la mayor contribución a la diversidad gamma. Los resultados mostraron una alta variación espacio-temporal en los ensambles de escarabajos a través del bosque lluvioso y subrayan que los análisis a varias escalas espaciotemporales dentro de un único tipo de bosque son cruciales para el entendimiento de los patrones de diversidad de escarabajos en ecosistemas forestales.

En este estudio García *et al*., 2012 estudiaron la variación en la diversidad de escarabajos (Dynastinae, Rutelinae y Melolonthinae) a lo largo de un gradiente de bosque tropical. Se investigaron los cambios en la composición de las especies y la riqueza entre las elevaciones. Se examinaron las diferencias en los patrones altitudinales utilizando diferentes grupos de especies: todo el conjunto, cada subfamilia separada y dos hábitos tróficos diferentes (fitófago o saproxilico). De acuerdo con los resultados obtenidos, la composición y la riqueza de las especies cambiaron a lo largo del gradiente. El pico en la riqueza de especies varió según el grupo de especies considerado. Los bosques en estas altitudes también fueron los más ricos en especies exclusivas. La rotación de la composición de especies entre las elevaciones apareció con una clara separación entre la fauna de las tierras bajas y de las tierras altas. Este último fue más bajo en riqueza, pero también tenía especies exclusivas. La temperatura, la humedad y la altitud afectaron la distribución de las especies, siendo la altitud el factor más importante para todas las subfamilias estudiadas. El hecho de que la riqueza de especies alcanzó su punto máximo en elevaciones donde el impacto humano es actualmente importante subraya el valor del desarrollo de estrategias de conservación para estas áreas.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1 La agroecología y su importancia en los recursos renovables en el sector forestal

La actividad forestal enfrenta nuevos desafíos derivados de las exigencias de nuestra sociedad, que ante los desastres naturales extremos causados por el uso abusivo de los recursos forestales, vive preocupada por la magnitud de problemas tales como la destrucción de las selvas, los desmontes en los bosques de clima templado frío, el avance de la desertificación, la escasez de leña combustible, la baja contribución del sector forestal en el desarrollo de las comunidades rurales, la contaminación atmosférica y los incendios forestales (CONAFOR, 2001). Desde la perspectiva del manejo agroecológico se requiere de un equipo multidisciplinario para hacer énfasis y responder a los problemas agrícolas y forestales con base en la descripción y análisis de las principales plagas y enfermedades que pueden atacar a los cultivos, así como, la forma de su control sustentada en prácticas culturales, control biológico, asociaciones benéficas, uso de biopreparados, insecticidas botánicos, cultivos de plantas con efectos insecticidas, que de manera integral sirvan para obtener un eficiente control sobre los enemigos de las plantas. Para asegurar sostenibilidad agro-socio-económica, este enfoque integral de sistemas, incorpora tecnologías apropiadas y buenas prácticas agrícolas, logrando así la reducción y aplicación de químicos, mejorando y aumentando la calidad del suelo incrementando la rentabilidad de la producción (Lastres *et al*., 2012).

Debido a ello, el manejo sustentable de recursos forestales tiene como objetivo lograr bosques ecológicamente estables, saludables, diversos y sostenibles. El desafío es equilibrar el desarrollo económico y la diversidad ecológica, para ello es necesario que las estrategias de ordenación forestal tomen en consideración la diversidad biológica, los procesos de los ecosistemas y la productividad de la estación a largo plazo para mantener y mejorar el bienestar humano sobre bases ecológica y económicamente sostenibles (SAF, 1992).

Por lo anterior, si queremos aprovechar todo el potencial de los recursos arbóreos y forestales en pro del desarrollo sostenible, debemos considerarlos desde una perspectiva

amplia, holística, y debemos manejarlos de acuerdo con esa perspectiva. Para ello debe existir un marco conceptual en el que se unan la ciencia y la conciencia social"; es por ello que la ordenación forestal sostenible es el concepto más importante de nuestra época y que influye directamente en el futuro de todos los bosques y de todas las personas del planeta (SAF, 1992).

4.2 Región forestal de Tlaxcala

El Estado de Tlaxcala registra una superficie de 85 376 hectáreas de uso forestal, de las cuales 51 709 hectáreas se encuentran ocupadas por bosques de clima templado (16 433 hectáreas, corresponden al Parque Nacional la Malinche, mismas que están sujetas a un aprovechamiento forestal de tipo artesanal y regulado por el Gobierno del Estado), 5 049 hectáreas de vegetación de zonas áridas, 40 hectáreas, de vegetación hidrófila y alófila y 28 578 hectáreas, de áreas perturbadas. El volumen anual aprovechado no sobre pasa los 4 500 metros cúbicos (0.23 m^3/ha.) de madera en rollo; por tanto, este aprovechamiento beneficia a más de mil familias, con asentamientos históricos en la montaña, y el resto de la superficie boscosa (37 276 Has.) se encuentra distribuida en dos zonas forestales que son Tlaxco-Terrenate y Calpulalpan-Nanacamilpa (INAFED, 2006).

4.3 Manejo forestal

Para la conservación de estas zonas tiene que haber manejo forestal; el cual, es un proceso que comprende el conjunto de acciones y procedimientos que tienen por objeto la ordenación (la organización económica de un área forestal tomando en cuenta sus características silvícolas, que implica la división espacial y temporal de las actividades del manejo forestal), el cultivo, la protección, la conservación, la restauración y el aprovechamiento de los recursos y servicios ambientales del ecosistema forestal, considerando los principios ecológicos, respetando la integralidad funcional e interdependencia de recursos y sin que merme la capacidad productiva de los ecosistemas y recursos existentes en la misma (Hernández, 2014), para la producción de ciertos bienes deseados en forma eficiente.

Por esta razón se desarrollan actividades que se aplican a un rodal desde la preparación del sitio para su regeneración hasta la cosecha final, con el fin de regenerarlo, mantenerlo, protegerlo y promover su crecimiento. Por tanto, para la zona de estudio de este trabajo se utilizó el sistema de manejo de "Método de Desarrollo Silvícola" (MDS), en este sistema de manejo se aplican varias "cortas de aclareo" en la etapa de crecimiento rápido del bosque, y al final del turno se aplica una corta intensiva llamada "corta de regeneración" (dejando en pie solamente árboles padres), para promover que se establezca la regeneración natural, misma que es liberada en el siguiente ciclo de corta. El objetivo final de esta secuencia de tratamientos es llevar a los bosques desde su estructura original (un tanto irregular) hacia una estructura regular, a través de la ejecución de un turno (Cano, 1988); además de captar el máximo potencial productivo de sitio para la producción maderable y lograr un rendimiento sostenido en volumen y productos, con los que se pretende alcanzar el concepto de bosque regular normal. Este sistema de manejo es para bosques coetáneos, donde la corta es regulada por área y volumen; este método tiene como objetivo incrementar la productividad de los bosques a través de la aplicación de métodos silvícolas más intensivos (Hernández *et al*., 2008).

Ahora bien, el MDS consiste en que cada 70 años se hagan cinco aclareos, preaclareo, corta de regeneración, y de liberación; con ello se pretende lograr bosques regulares en todos los rodales del predio con manejo y aumentar la productividad de los bosques a través del cultivo intensivo de un solo piso por subrodal. El MDS, por las condiciones bajo las cuales se desarrolla la vegetación presente en la Unidad de Manejo Forestal (UMAFOR) considera la aplicación de siete tratamientos silvícolas: preaclareo entre los primeros 10 y 15 años, el primer aclareo a los 20 a 25 años, el segundo entre los 30 a 35 años, el tercero entre los 40 a 45 años, el cuarto entre los 50-55 años, el quinto entre los 60-65 años, la corta de regeneración a los 70 años, la corta de liberación y preaclareo a los 80 años y 10 años del segundo ciclo. La variación en la aplicación de cada tratamiento depende de la calidad del sitio del área con manejo (Grupo Pima´s S.C. 2009).

Lo anterior pone de manifiesto la importancia del manejo consensuado, racional y equitativo de los recursos por sus propios habitantes, siendo un aspecto prioritario que se

debe considerar para poder desarrollar sustentablemente este sector a nivel nacional. De esta manera, el manejo sostenible se identifica por que se basa en una producción diversificada maderable y no maderable; genera servicios ambientales (captación de agua, carbono, protección contra la erosión y diversidad biológica); y este tiene por objetivo lograr bosques ecológicamente estables, saludables, diversos y sostenibles. El desafío es equilibrar el desarrollo económico y la diversidad ecológica (SAF, 1992); para ello, es necesario que las estrategias de ordenación forestal tomen en consideración la diversidad biológica, los procesos de los ecosistemas y la productividad de la estación a largo plazo para mantener y mejorar el bienestar humano sobre bases ecológica y económicamente sostenibles.

4.4 Importancia de los artrópodos

El bosque a pesar de los múltiples beneficios mencionados anteriormente ofrece variaciones climáticas amortiguadas del clima general de la zona; esta característica lo convierte en un medio muy atractivo para el asentamiento y refugio de fauna, siendo este efecto especialmente visible en el diverso filo de los artrópodos (Remmert, 1991); con más de un millón de especies descritas. Incluyen, entre otros grupos, a las arañas, insectos, crustáceos y miriápodos. Son animales segmentados, y se caracterizan por poseer un esqueleto externo articulado compuesto de quitina, con apéndices con musculatura propia en posición ventrolateral, pareados en cada uno de los segmentos. Al ser rígido este exoesqueleto no permite el crecimiento, que se realiza mediante mudas, es decir, se desecha el exoesqueleto que se ha quedado pequeño, y se forma otro adecuado al mayor tamaño del individuo en crecimiento (Ribera *et al.*, 2015).

Dada su diversidad y abundancia no es sorprendente que los artrópodos desempeñen un papel fundamental en prácticamente todos los ecosistemas tanto marinos como terrestres o de agua dulce. Así, los artrópodos son probablemente los mayores consumidores primarios, y la base de muchas cadenas tróficas ya sea directa o indirectamente. Son también, junto con hongos y bacterias, los principales descomponedores de muchos ecosistemas, jugando un papel fundamental en el reciclado de nutrientes, especialmente en

los ambientes terrestres y dulceacuícolas. Finalmente, en los ecosistemas terrestres el papel polinizador de los insectos es indispensable para la reproducción de muchos grupos de plantas, y en consecuencia para la de todos los organismos que dependen de ellas, incluyéndonos a nosotros los humanos (Ribera *et al*., 2015).

Se pueden distinguir tres comunidades de artrópodos claramente relacionadas con el bosque. Por un lado, se encuentran las especies fitófagas las cuales están íntimamente relacionadas con los vegetales debido a sus diferentes estrategias nutricionales (especies filófagas, xilófagas, rizófagas, antófagas, y frugívoras). Por otro lado, están las especies depredadoras que buscan presas fitófagas sobre el dosel arbóreo o cualquier otro estrato de vegetación. Por último y no menos importante, un conjunto muy heterogéneo de especies que viven en distintas capas del suelo forestal (nivel epiedáfico, edáfico y endogeo) disfrutando de microambientes muy especiales lo que les facilita la supervivencia, dado el marcado carácter estenoico de muchas de ellas (Mattson y Addy, 1975).

4.5 Importancia del orden Coleoptera

Entre la fauna que podemos encontrar asociada con la zona de interés está el orden Coleoptera conocidos como: escarabajos, mayates, picudos, catarinas, chochos, temoles, pinacates, brocas, barrenillos, etc…, se caracterizan por presentar el aparato bucal de tipo masticador bien desarrollado; el primer par de alas está muy endurecido, y durante el reposo cubre a las alas metatorácicas y al dorso del abdomen (Morón y Terrón, 1988). Este orden es el de mayor diversidad conocida dentro del reino animal, es uno de los mejor representados en los agroecosistemas de climas templados (Marasas, 2002). Tienen importancia económica como destructores del follaje de numerosos cultivos, barrenadores de madera y productos almacenados, degradadores de materia vegetal y animal, también como depredadores de otras especies dañinas (Morón y Terrón, 1988).

Las especies con mayor importancia están incluidas en las siguientes familias: Carabidae, destaca por su hábito polífago (depredadores de larvas de lepidópteros y otros insectos) y hábil desplazamiento, la convierte en el regulador más importantes de las

poblaciones de plagas (Holland y Luff, 2000); Cantharidae son considerados degradadores del follaje, depredadores o polinizadores; Coccinelidae son depredadores de homópteros o degradadores de follaje; Tenebrionidae son degradadores de semillas y harinas, o de plántulas y raíces; Elateridae son considerados degradadores del sistema radical; Scarabaeidae son degradadores de excrementos y carroñan, reguladores y dispersores de helmintiasis animales; Melolothidae son degradadores de follaje, raíces, frutos y flores, polinizadores y de restos vegetales; Cerambycidae son barrenadores de tallos, troncos y tubérculos; Chrysomelidae son degradadores de follaje, transmisores de virosis vegetales y polinizadores; y Curculionidae son barrenadores de tallos, frutos, descortezadores de troncos, ramas, tubérculos y semillas (Morón y Terrón, 1988).

Es de destacar a la familia Melolonthidae que en estado larval son conocidos como "gallina ciega o el complejo gallina ciega", larvas edafícolas que en densidades altas puede haber hasta 600 individuos/m² (Morón, 2001). Varían en tamaño va 3 y 90 mm de longitud y pesan entre 0.05 y 27 g. Además, tienen una gran capacidad para excavar, y necesitan consumir de 45 a 80 veces su peso en raíces o materia orgánica para completar su desarrollo; ocupan una posición destacada en una amplia variedad de ambientes edáficos naturales o inducidos de todo el mundo (Morón, 2001). Otro grupo de gran importancia ecológica y económica son los "gorgojos o picudos" de la superfamilia Curculionoidea, la mayoría de estas especies son estrictamente fitófagas y tienen un rango estrecho de plantas hospederas (Oberprieler *et al.,* 2007). La mayoría de las especies están asociadas con angiospermas y pocas a gimnospermas, principalmente a varias coníferas en la familia Pinaceae. Los hábitos alimenticios de adultos y larvas varían, pero pueden ser clasificados dentro de dos grupos: uno en el que tanto las larvas como los adultos son polífagos (Entiminae), y otro en el cual adultos y larvas tienen un rango más restringido de plantas hospederas. Las especies con rangos de hospederos más restringidos se alimentan poco como adultos (a menudo visitando flores) o sobre follaje o en estructuras reproductivas, y sus larvas se alimentan en el interior de los tallos, raíces, hojas o estructuras reproductivas de pocos taxa de plantas congenéricas o confamiliares (Anderson, 2002).

4.5.1 Coleópteros que causan daños al sistema radical

Las larvas de coleópteros que integran la fauna edáfica pueden tener hábitos rizófagos (se alimentan de raíces), saprófagos (se alimentan de materia orgánica) y facultativos (pueden ser tanto rizófagos como saprófagos). Se ha reconocido la importancia de las larvas de escarabajos (complejo "gallina ciega") como uno de los grupos principales que dañan cultivos de importancia para el hombre, por ejemplo: el maíz, haba, caña de azúcar, cebolla, chile, zempazuchil, maguey, papa, pastos forrajeros, pastos ornamentales, remolacha, rosas, sorgo, plantaciones forestales entre otros cultivos, ya que son plagas rizófagas y constituyen un factor que limita la producción al causar daños que generan pérdidas considerables para los productores en sus cultivos (Najera, 1998).

En los bosques de coníferas y encinos se pueden encontrar entre 11 y 19 géneros de la familia Melolonthidae (Morón, 1996) entre las cuales destaca *Phyllophaga rubella* (Bates) como la única especie de importancia forestal de México, los adultos causan defoliación en el consumo de follaje, mientras que las larvas se alimentan de las raíces, debilitan los árboles hasta matarlos. Su importancia radica en que este insecto es un factor importante de mortalidad de plántulas en viveros forestales y de plantas jóvenes en plantaciones de árboles de Navidad. Entre las especies afectadas se pueden encontrar: *Pinus ayacahuite* Ehrenb. ex Schltdl y *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham (SEMARNAT y CONAFOR, 2000; Morón *et al*., 2010a).

Otro punto importante son las condiciones que se mantienen en los viveros de donde se obtienen los arbolitos que se van a cultivar, ya que el entorno puede ser favorables para la propagación de insectos fitófagos, sobre todo por la alta densidad de plantas jóvenes, con tejidos suculentos y suaves. Es importante tomar en consideración que aun cuando las raíces de las plántulas de los viveros están en bolsas de polietileno o macetas de materiales sintéticos, se ha observado la presencia de larvas escarabeiformes, porque tal sustrato esta de tal forma enriquecido, húmedo y sombreado, que es atractivo para las hembras de melolontidos, sobre todo de las especies de *Phyllophaga*, *Diplotaxis* y *Paranomala*, bajo tales circunstancias es probable que la plántula tenga problemas para su desarrollo y

muestre síntomas de deterioro o muera, sin que las causas reales de ello sean registradas con precisión (Morón *et al*., 2010a).

Otra especie subterránea forestal es el "descortezador del renuevo" *Dendroctonus rhizophagus* Thomas & Bright (Curculionidae; Scolytinae) se ha considerado plaga importante en las plantaciones de varias especies de *Pinus* establecidas entre los 1,900 y 2,100 m de altitud en las montañas. En el verano los adultos maduros perforan la base de los pinos pequeños, en cuyo exterior se forma acumulación notable de resina, porque bajo la corteza hacen una galería amplia que rodea el tronco; los huevos son depositados en la parte superior de dicha galería, cuando las larvas emergen hacen otra galería comunal ascendente que poco a poco la extienden por el floema del tronco y las ramas. En otoño las larvas descienden hasta las raíces principales, siempre bajo la corteza, en donde pasan el invierno. En primavera las larvas regresan al cuello de la raíz para pupar. (Cibrián *et al*., 1995). Sin embargo, poco se sabe sobre la diversidad de escarabajos del suelo en bosques de pino con aprovechamiento forestal, así como sus hábitos alimenticios y el daño que pueden llegar a causar.

Por otro lado, los elatéridos, algunos son depredadores de insectos esternorincos de cuerpo suave, muchos se alimentan de frutas maduras o caídas, néctar, polen, partes florales, cuerpos fructíferos de ascomicetos, nectarios extra-florales y secreciones radiculares. Las larvas de este grupo se encuentran en suelos limo-arcillosos o arenosos, sotobosque, debajo de rocas, material vegetal en descomposición, troncos en vías de degradación, bromelias, nidos de insectos sociales como las termitas, algunas pueden ser caníbales (Costa *et al*., 1988, 2010). Otras especies de los géneros de la subfamilia Elaterinae *Agriotes* Eschscholtz, *Limonius* Eschscholtz y *Selatosomus* Stephens (Elaterinae) se alimentan de semillas, raíces y plántulas de gramíneas; ocasionalmente de raíces, algunas de importancia agrícola como: maíz, papa, caña de azúcar; y tubérculos de ciertos vegetales (Zurita *et al*., 2014).

4.5.2 Coleoptera como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo.

Para predecir el estado de degradación del suelo se utilizan variables de sus propiedades físicas, químicas y/o biológicas. La macrofauna, (incluye los invertebrados del suelo mayores a 2 mm de diámetro) es un componente biológico que puede ser usado para ese propósito. Tanto su riqueza taxonómica como su densidad, biomasa y composición funcional cambian en dependencia del efecto de diversos usos y manejos del suelo (Cabrera, 2012). Los macroinvertebrados intervienen en la trituración de los restos vegetales (Coleóptera, Diplopoda, Isopoda y Gastropoda) y algunos funcionan como depredadores de animales vivos de macrofauna y la mesofauna edáfica (Araneae, Chilopoda) (Cabrera *et al*., 2011).

Dentro de este tipo de organismos utilizados como indicadores biológicos se encuentran grupos de coleópteros, organismos epigeos con función detritívora, representados por algunos escarabajos, que pueden ser utilizados para indicar el estado de perturbación en el medio edáfica. Ellos viven y se alimentan de la superficie del suelo, con lo que ayudan en el fraccionamiento de la hojarasca y, por ende, en los procesos de descomposición y mineralización de la materia orgánica. Esta comunidad detritívora es una de las más expuestas en dicha superficie, es muy sensible a los cambios bruscos de humedad y temperatura, por lo que tienden a desaparecer ante estas condiciones de estrés. Tal situación puede estar ocasionada por la menor cobertura vegetal y entrada de residuos, así como por mayor exposición a la radiación solar (Zerbino *et al*., 2008).

4.6 Manejo agroecológico

Los problemas que se conocen de plagas del sistema radicular de las plantas van en aumento. Por otro lado, los problemas de taxonomía están muy lejos de resolverse; además el control químico que se está realizando ocasiona muchos más problemas que beneficios, porque no hay una aplicación adecuada (Aragón *et al*., 2003), provocando la eliminación de la vegetación silvestre que sirve como fuente de alimento o refugio a los enemigos naturales (parasitoides y depredadores) de las plagas; así la densidad de éstos disminuye y

el de la plaga aumenta; además de contaminar el suelo, el agua y la salud humana entre otras cosas. Ahora bien, tomando en cuenta los factores negativos del uso de las sustancias químicas, se tienen que tomar medidas de manejo menos dañinas como lo plantea el Manejo Agroecológico de Plagas (MAP), método que utiliza diferentes técnicas de control (biológicas, culturales y físicas), complementarias entre sí y que tiene como prioridad evitar o reducir el daño que ocasiona una o más plagas sobre un determinado cultivo.

En consecuencia, el uso indiscriminado de tratamientos químicos y los riesgos que encierran para la salud y el ambiente, ha dado lugar a un interés creciente por el uso del MAP como una prometedora alternativa o una forma complementaria de apoyo para reducir el uso de este tipo de tratamientos, permitiendo una producción estable, ecológica, económicamente rentable y permanente. Para el manejo agroecológico se hace uso de técnicas complementarias para responder a los problemas agrícolas con base en la descripción y análisis de las principales plagas y enfermedades que pueden atacar a los cultivos, así como la forma de su control. Es importante mencionar que el objetivo de este no es eliminar los organismos perjudiciales, sino regular el crecimiento de sus poblaciones para evitar la necesidad de tratamientos o acciones directas para combatirlas. Además, es importante tomar en cuenta que este sistema de manejo apunta a resolver las causas, buscando las soluciones en la raíz de los problemas, por ello este enfoque está más orientado a prevenir que a curar los problemas, resulta una excelente alternativa para el manejo de plagas y enfermedades siendo este un sistema amigable con el medio ambiente y nuestra salud (Brechelt, 2004).

4.6.1 Las técnicas usadas para el control de plagas y enfermedades en zonas forestales

4.6.2 Control biológico

Consiste en emplear organismos vivos para reducir la densidad de la población de organismos plaga. Los utilizados comúnmente como enemigos naturales son: parasitoides, depredadores, patógenos y competidores (Martínez, 2013). Estos agentes de control provienen de una gran variedad de grupos taxonómicos como: los insectos, ácaros,

nematodos y microorganismos, tales como las bacterias, virus y hongos (Bale, 2011). Por ejemplo: para el control del complejo "gallina ciega" los nematodos de la familia Steinermtidae y Heterorhabditidae poseen características que los hacen interesantes como agentes de control microbiano, estas dos familias de Nematodos guardan una relación mutualista con bacterias que portan estructuras especializadas (Méndez, 1997).

4.6.3 Control silvicultural

Consiste en la aplicación de tratamientos silviculturales como podas (activad de manejo que consta en la corta o eliminación de las ramas de la parte inferior del fuste de los árboles para mejorar su calidad y obtener madera libre de nudos), raleos (consiste en extraer, cortar o eliminar los árboles de un sector que compiten en el crecimiento y desarrollo de aquello árboles seleccionados para su cosecha final y/o para eliminar árboles con crecimientos deficientes o formas defectuosas), cortas sanitarias, entre otros para disminuir la posibilidad que los árboles sean atacados por plagas y enfermedades. También, al momento de generar una masa forestal o forrajera, se debe escoger la especie apropiada, especialmente si estará expuesta a sequías frecuentes (Martínez, 2013).

4.6.3 Control mecánico

Se basa en la remoción y destrucción de árboles atacados o infestados por plagas y enfermedades para su destrucción. También se encuentra el control de malezas, actividad que consiste en la eliminación y despeje de pastos y matorrales presentes en el área cercana a la planta o a la plantación y que puede afectar el crecimiento y desarrollo de éstas. Esta actividad se puede realizar antes o después de la plantación. Para ello debe tenerse en cuenta:

1. Generalmente se debe evitar el control de malezas en las áreas inmediatamente cercanas a cárcavas y a fuentes o cursos de agua.

2. El control mecánico de malezas utiliza herramientas manuales tales como palas, azadones y rozones, las cuales son empleadas principalmente para despejes de casillas y fajas de plantación. Su principal ventaja es que no se incorporan químicos al suelo y al agua.

3. Al momento de efectuar el control de malezas por vía mecánica, se debe evitar la remoción del suelo y focalizar la extracción de maleza del tipo exótica y agresiva (Martínez, 2013).

4.6.2 Control químico

Uso de insecticidas o plaguicidas permitidos. Su aplicación debe realizarse cumpliendo con los procedimientos de seguridad informados por el fabricante de los productos, además debe ser de forma selectiva y localizada de acuerdo con la dosis recomendada. Se debe tener presente que este tipo de control por lo general es de alto costo y sus efectos son temporales (Martínez, 2013). Otro método es el uso de feromonas, las cuales son sustancias de estructura química compleja emitidas por un individuo de un sexo para atraer a otro u otros del sexo opuesto, con el objetivo de alcanzar el apareamiento (Ward *et al*., 2002). Los compuestos químicos pueden ser extraídos para usarse como alternativa para el control de plagas. De ahí que se ha optado por explorar otras opciones y desde hace algunos años se buscando implementar el uso de feromonas sexuales para el manejo de control de insectos plagas.

V. JUSTIFICACIÓN

La actividad principal de la fauna edafícola en zonas boscosas es la descomposición de la materia orgánica y el consumo de hongos y raíces, actividad que puede beneficiar o dañar a plantaciones forestales. Para ello, es necesario determinar la riqueza, hábitos y abundancia de los insectos subterráneos forestales. Por lo tanto, se considera oportuno llevar a cabo la presente investigación, donde se generará información de la composición, riqueza y abundancia de la fauna del bosque templado con y sin manejo forestal, permitiendo la planificación del uso de la tierra en relación con objetivos múltiples de conservación y producción, proporcionando información sobre la ecología y estadios inmaduros de muchas especies, y de esta forma enriquecer el conocimiento sobre la morfología y taxonomía de los estados inmaduros de coleóptera, como herramienta básica para la conservación de especies benéficas y el manejo de plagas forestales.

VI. OBJETIVOS

6. 1 Objetivo general

Determinar la fauna de coleópteros edafícolas establecidos en una zona forestal bajo dos sistemas de producción, con manejo y sin manejo de *Pinus patula* en el ejido El Rosario, Tlaxco, Tlaxcala.

6.2 Objetivos específicos

- Estimar la riqueza y abundancia de coleópteros edafícolas asociados a la rizosfera de *Pinus patula* en un bosque templado.

- Determinar la composición de las comunidades de coleópteros edafícolas en zonas con y sin manejo forestal.

- Evaluar la relación entre la presencia de coleópteros y el estado de salud aparente del árbol.

- Proponer recomendaciones sobre el manejo agroecológico de la especie que ocasione daños importantes al sistema radical de *P. patula*.

VII. HIPÓTESIS

El tipo de manejo forestal de *Pinus patula* influye en la diversidad de coleópteros edafícolas asociados a esta, y puede propiciar el desarrollo de poblaciones dañinas.

VIII. METODOLOGÍA

8.1 Área de estudio

Se encuentra en el ejido El Rosario, perteneciente al municipio de Tlaxco, en el estado de Tlaxcala (Fig. 1), ubicado en el altiplano central mexicano a 2 540 metros sobre el nivel del mar, localidad con clima templado subhúmedo, con régimen de lluvias en los meses de junio a septiembre, los meses más calurosos son de marzo a mayo y la precipitación media anual es de 713.2 milímetros (SMN, 2010).

La vegetación del ejido por su ubicación geográfica y clima está compuesta principalmente por bosques de pino y oyamel; cuyas especies más representativas son ayacahuite (*Pinus ayacahuite* Ehren.), pino real (*Pinus montezumae* Lamb.), pino colorado (*P. patula* Schitdl. et Cham.), pino blanco (*Pinus pseudostrobus* Lindl.), teocote (*Pinus teocote* Schitdl. et Cham.), oyamel (*Abies religiosa* (HBK) Schitdl. et Cham.); además con algunos individuos aislados de pinabete (*P. macrolepis* Flous), esta última especie es de gran valor botánico para el estado, pues es en esta área donde sólo es posible encontrar pequeños manchones. Este bosque de pino se encuentra severamente infectado por balitas o injerto de pino (*Arceuthobium vaginatum* Humb. & Bonpl. ex Willd.), el cual causa deformaciones sobre troncos y ramas (INEGI, 2005; INAFED, 2016).

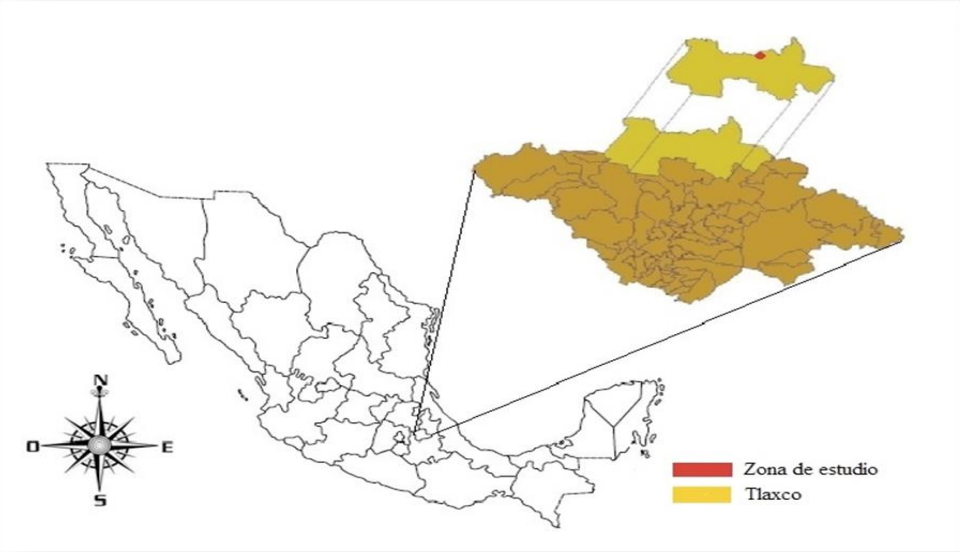

Figura 1. Ubicación de la zona forestal en el ejido El Rosario, Tlaxco, Tlaxcala.

8.2 Diseño de muestreo

En la localidad se trazaron seis cuadrantes de 50 x 50 m, tres en la zona con manejo forestal situadas en las siguientes coordenadas: cuadrante 1: N 19.69048° O 098.21941°, cuadrante 2: N 19.68991° O 098.22191° y cuadrante 3: N 19.69492° O 098.21975°; y tres en la zona sin manejo forestal, cuadrante 4: N 19.69290° O 098.23219°, cuadrante 5: N 19.69783° O 098.21727° y cuadrante 6: N 19.70364° O 098.21558°.

Los muestreos se realizaron de octubre de 2016 a septiembre de 2017, en cada cuadrante se escogieron y extrajeron al azar tres árboles de *P. patula* de 70 a 280 cm de altura; se revisó la rizosfera de cada uno como sigue: árbol uno "muestra A" sin daño evidente (follaje completamente verde y flexible); árbol dos "muestra B" con daño evidente (follaje parcialmente seco o rojizo) y árbol tres "muestra C" árbol dañado (follaje rojizo, seco, quebradizo). En la base del tronco de cada árbol se excavo un área de 50 cm de diámetro y 40 cm de profundidad; se procedió a revisar manualmente todo el suelo extraído para separar los insectos visibles. Los ejemplares obtenidos se guardaron en recipientes rotulados para cada muestra y se fijaron con solución Pampel, ahí se conservaron durante 15 días y posteriormente se cambiaron a alcohol etílico al 70% en pequeños viales de cristal, etiquetados debidamente para no perder el origen de las muestras.

8.3 Trabajo de laboratorio

Los insectos colectados (larvas, pupas y adultos) se trasladaron al laboratorio de Entomología del Centro de Agroecología y Ambiente del Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (CENAGRO-ICUAP) para su procesamiento. Los adultos fueron montados en alfileres entomológicos y posteriormente se realizó la identificación del material con ayuda de las claves taxonómicas propuestas por Sharp y Champion (1909-1910), Anderson (1947), Morón y Terrón (1988), Morón y Deloya (1991), Ritcher (1996), Marvaldi (1999; 2003) y Muñiz (2008). Una vez determinado el material, se le agregó a cada ejemplar su etiqueta de determinación, se contabilizaron de acuerdo con los criterios de especie o morfoespecie y se efectuaron una serie de pruebas estadísticas, para evaluar la integridad de los inventarios se empleó el estimador de riqueza Chao 2 e ICE con el software 9.1.0 (Colwell, 2013) con 100 aleatorizaciones, con la finalidad fue comparar el número de especies encontradas en relación al número pronosticado por el estimador (Magurran, 2004); se calculó la riqueza de especies entre sitios utilizando el método de rarefacción para poder comparar el número de ejemplares de la comunidad con diferentes tamaños de muestra y entre temporadas (James y Rathbun, 1981), ésta se derivó con base en el número de especies totales de todas la fechas de muestreo y sirve como curva calibradora para estimar el número esperado de especies para cada período de muestreo. Para evaluar la relación de las especies encontradas con el estado del árbol muestreado se realizó un análisis de correspondencia con el software Statistica 6.0. El material colectado etiquetado y determinado fue depositado en la Colección Entomológica Miguel Ángel Morón Ríos del Centro de Agroecología del Instituto de ciencias de la BUAP.

IX. RESULTADOS Y DISCUSÍON

9.1 Fauna de coleópteros edafícolas

Se recolectaron un total de 850 ejemplares, fueron identificadas ocho familias y 43 especies (Cuadro 1). La familia Curculionidae fue la mejor representada con el 46.74% de

la muestra y ocho especies, le sigue la familia Melolonthidae con el 17.88% representado por diez especies, en tercer intancia la familia Chrysomelidae con el 14.94% y posteriormente la familia Elateridae con el 14.7%; el resto de las familias se encontro con menos del 5% de representatividad.

Cuadro 1. Familias de coleópteros presentes en la rizosfera de *Pinus patula* en zona con y sin manejo forestal en El Rosario, Tlaxco, Tlaxcala.

Familia	No. de individuos	Abundancia relativa %	No. de especies
Curculionidae	397	46.74	8
Melolonthidae	152	17.88	10
Chrysomelidae	127	14.94	6
Elateridae	125	14.7	5
Carabidae	27	3.17	7
Staphylinidae	12	1.41	5
Cantharidae	9	1.05	1
Scarabaeidae	1	0.11	1
Total	850	100	43

9.1.1 Familia Curculionidae Latreille 1802

Se colectó un total de 397 ejemplares entre larvas, pupas y adultos para las zonas con y sin manejo forestal. De acuerdo con las características morfológicas, se reconocieron las siguientes morfoespecies: ocho en larva, cuatro en pupa y dos en adulto (Cuadro 2), todas agrupadas en la subfamilia Entiminae. Las larvas fueron las más abundantes con 375 individuos; ocho morfoespecies pertenecientes a la tribu Entimini (de la larva 1 a la 7), las cuales se pueden apreciar de la figura 3 a la 7, donde la larva 4 fue la más abundante con el 54.18%, seguida por la larva 3 con el 26.79% del total. La zona sin manejo forestal fue la zona que tuvo mayor representatividad de ejemplares en abundancia. La subfamilia Entiminae se identifican de otros curculiónidos por los siguientes caracteres diagnósticos: sensorio antenal más ancho que largo, truncado o ampliamente redondeada en el ápice; seta

epicraneal dorsal 3 (*des3*) en la línea frontal a veces contiguos a la frente o epicráneo; cóndilos postoccipitales presentes; sensillum entre *des2* y *pes4* (seta epicraneal posterior 4) ausente; maxilares con 4 setas ventromalares (*vms*), y por lo general con seta malar dorsal 8 (*dms*), de los segmentos AI-VII con pliegues dorsales 3-4; AVIII siempre presentan la seta postdorsal 5 (*pds5*) homóloga de los segmentos precedentes (Fig. 2) (Marvaldi 1998; 2003).

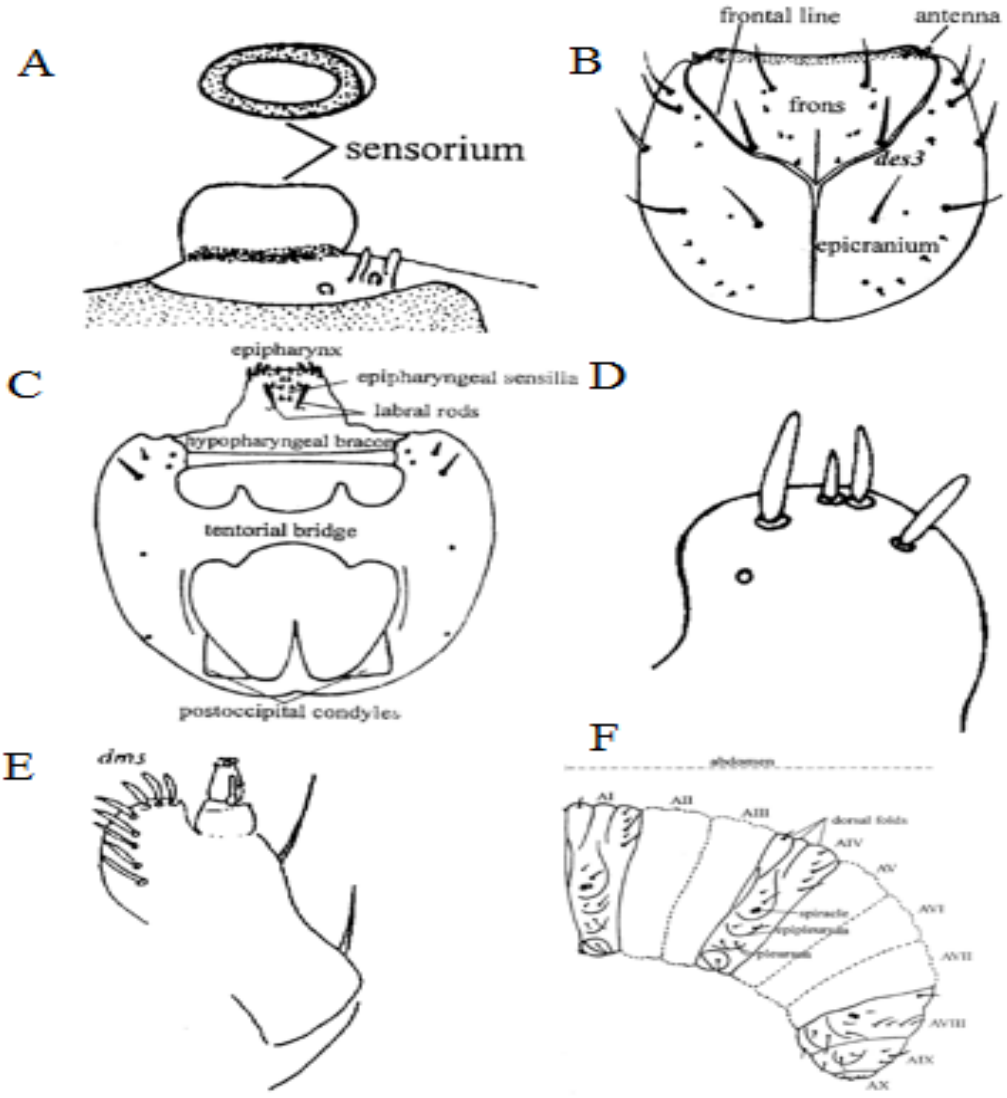

Figura 2. A) Sensorio antenal, vista apical y lateral; B) Posición de la seta epicraneal 3 en la capsula cefálica; C) Cóndilos postoccipitales; D) Setas vetromalares; E) Seta malar dorsal y F) Pliegues dorsales de la larva (Marvaldi 1998 y 2003).

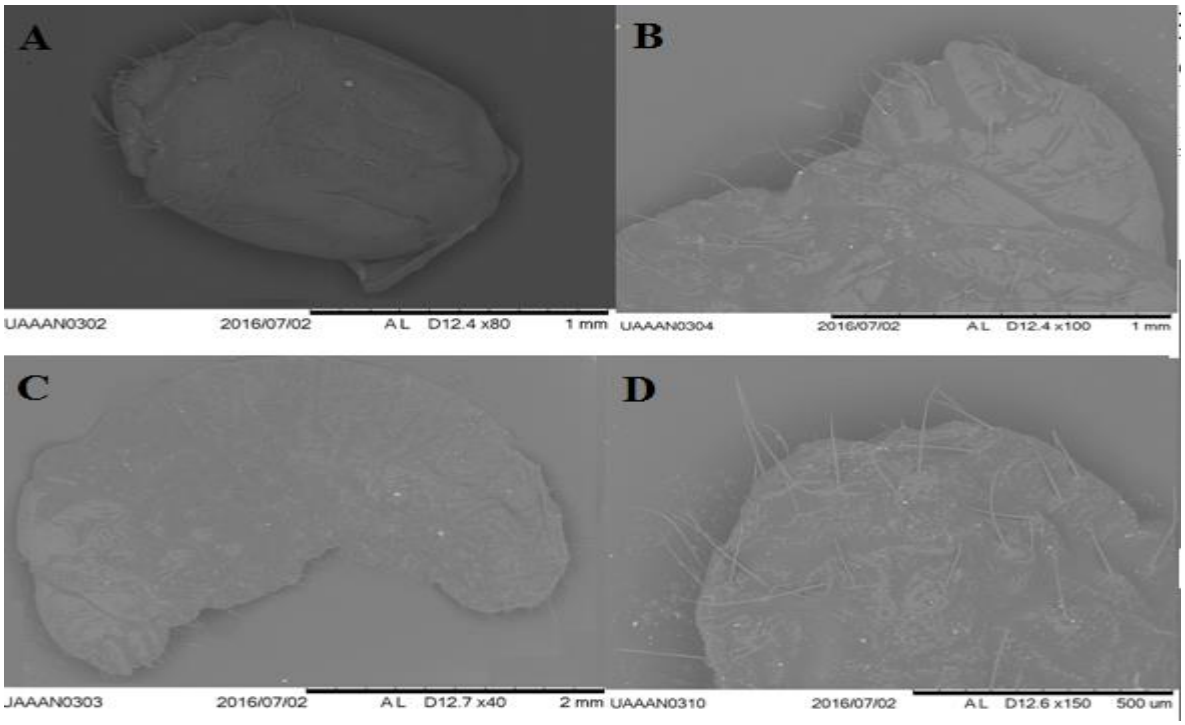

Figura 3. Larva morfoespecie 1, A) Capsula cefálica dorsal, B) Capsula cefálica lateral, C) Cuerpo lateral de la larva y D) Últimos segmentos abdominales.

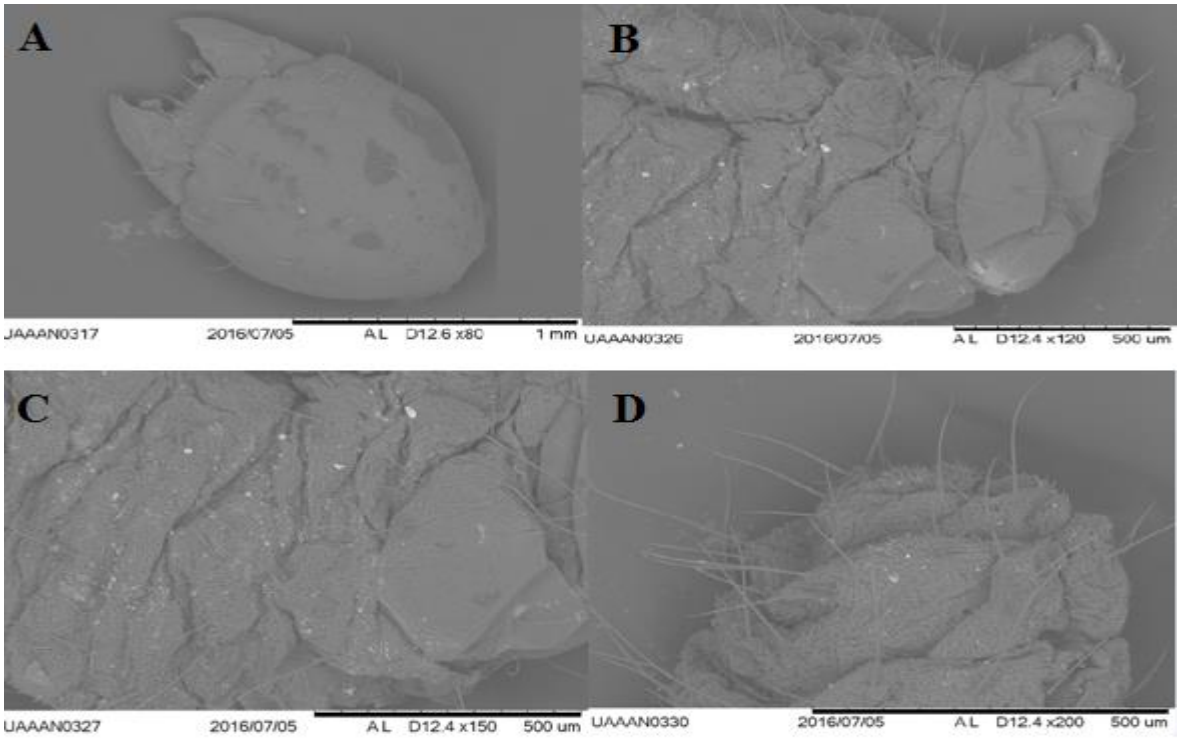

Figura 4. Larva morfoespecie 3, A) Capsula cefálica dorsal, B) Capsula cefálica lateral, C) Cuerpo lateral de la larva, área pedal y D) Últimos segmentos abdominales.

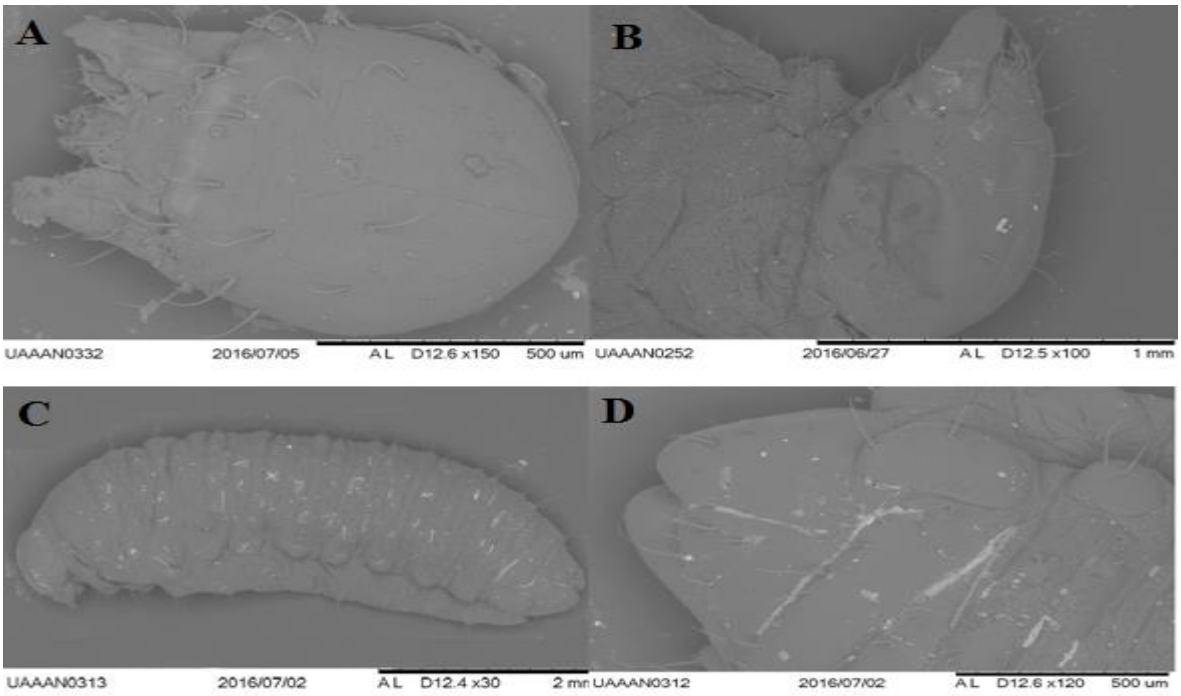

Figura 5. Larva morfoespecie 4, A) Capsula cefálica dorsal, B) Capsula cefálica lateral, C) Cuerpo lateral de la larva y D) Últimos segmentos abdominales.

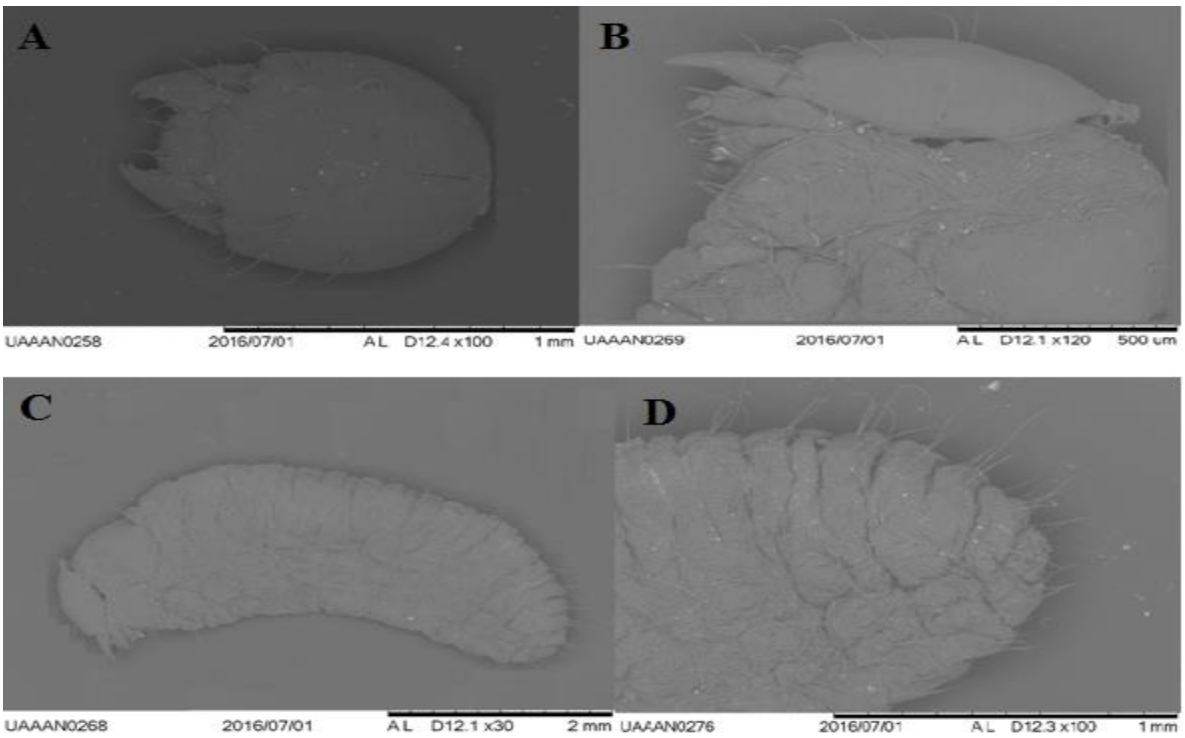

Figura 6. Larva morfoespecie 5, A) Capsula cefálica dorsal, B) Capsula cefálica lateral, C) Cuerpo lateral de la larva y D) Últimos segmentos abdominales.

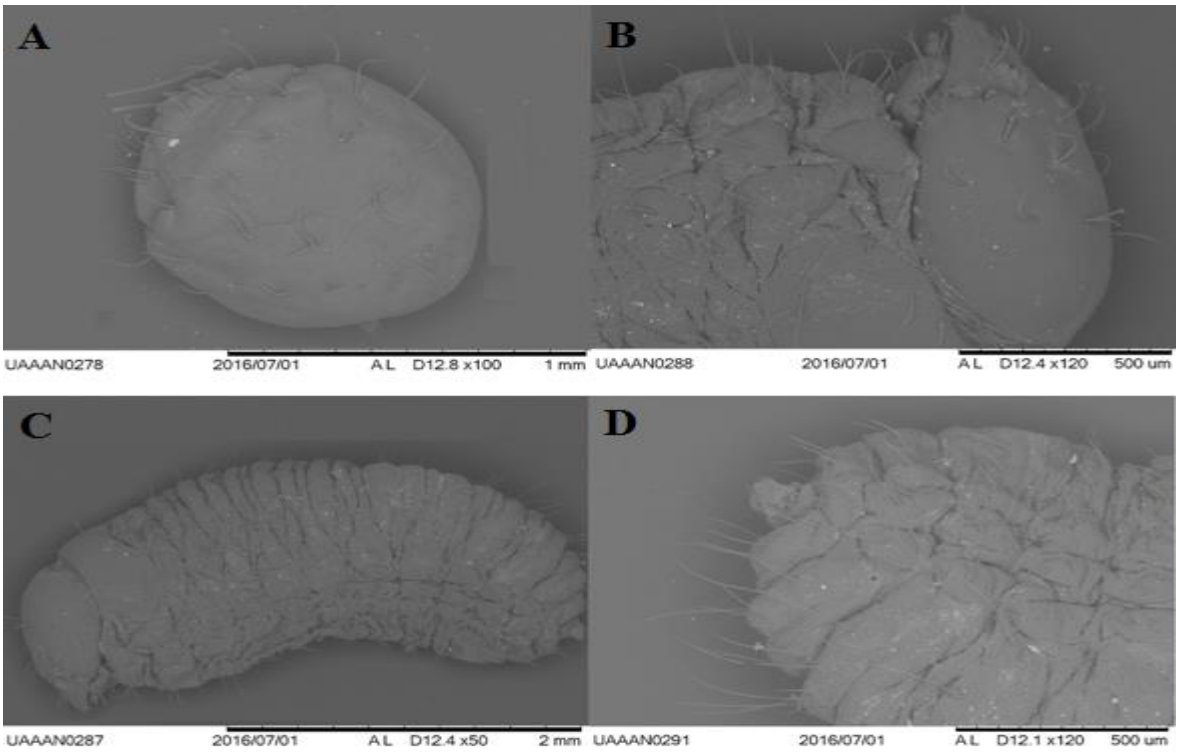

Figura 7. Larva morfoespecie 7, A) Capsula cefálica dorsal, B) Capsula cefálica lateral, C) Cuerpo lateral de la larva y D) Últimos segmentos abdominales.

En pupas se reconocieron cuatro morfoespecies de la subfamilia Entiminae; donde la más abundante fue la pupa 3 con el 70%, seguida por la pupa 2 con el 15%. La zona sin manejo forestal tuvo la mayor riqueza y abundancia de individuos. Las características morfológicas de las pupas de la subfamilia Entiminae son las siguientes: La pupa de Curculionidae es de tipo exarata, se reconocen fácilmente las tres regiones corporales: 1) la cabeza con el rostro corto, procesos mandibulares bien diferenciados, en ellas, las tecas mandibulares son muy grandes y están provistas de una o dos setas; 2) el protórax está bien diferenciado y tiene forma semicircular, más ancho que largo, con la base ligeramente cóncava, los pedúnculos de las setas sobresalen del margen otorgándole un aspecto erizado. Las patas están recogidas bajo el vientre y los únicos segmentos que se reconocen bien son los fémures, tibias y conjunto de los tarsos. Al igual que en la mayoría de los Curculionidae, destacan 2 setas pedunculadas sobre la cara externa distal de los fémures; el abdomen lo conforman 9 segmentos que se estrechan progresivamente hacia el ápice. Los segmentos I-VI son subiguales, tan largos como el metatorácico, el VII es más largo, el

VIII más corto y el IX es terminal, el segmento X esta reducido a una placa circular con un surco transversal, solo visible ventralmente (Fig. 8) (May, 1966 citado en Lanteri *et al*., 1997; May, 2014).

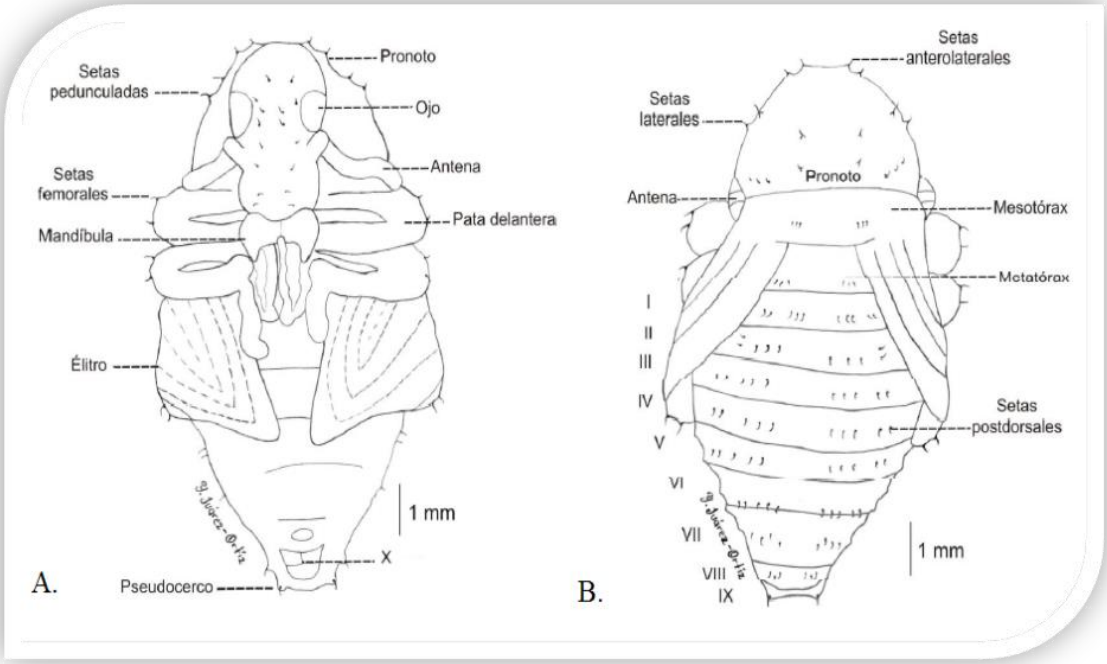

Figura 8. Caracteres morfológicos de la pupa de Entiminae: A) Vista ventral y B) vista dorsal (Juarez 2014).

En las muestras obtenidas se encontraron dos adultos de Curculionidae (Fig. 9 y 10), fueron colectados en la zona sin manejo forestal, pertenecientes a la subfamilia Entiminae de acuerdo con la clasificación de Alonso-Zarazaga y Lyal (1999). Los adultos de Entiminae se pueden reconocer por la siguiente combinación de caracteres: rostro variable, largo y cilíndrico o corto y ancho, sin suturas pregulares; tarsos de cinco artejos (el cuarto reducido), tamaño variable, con o sin ojos, ápices de tibias variables; uñas solas o connadas, antenas insertadas variablemente en el rostro, escapo corto o largo que en la mayoría encaja en la escroba y va más allá del margen trasero de los ojos, funículo de 5, 6 ó 7 artículos, maza antenal con mayoría de tres artículos y suturas evidentes, en su mayoría el cuerpo con algunas escamas anchas o setas finas, la mayoría con escamas variables pero sin barniz; diente apical tibial presente pequeño o moderadamente grande, generalmente más pequeño que las uñas, peine apical de setas transversales a la longitud de las tibias; mandíbulas con

cicatriz prominente externa en la cara apical, en el ápice externo de la cara con escamas o setas finas, mandíbulas generalmente robustas y gruesas (Anderson, 2002).

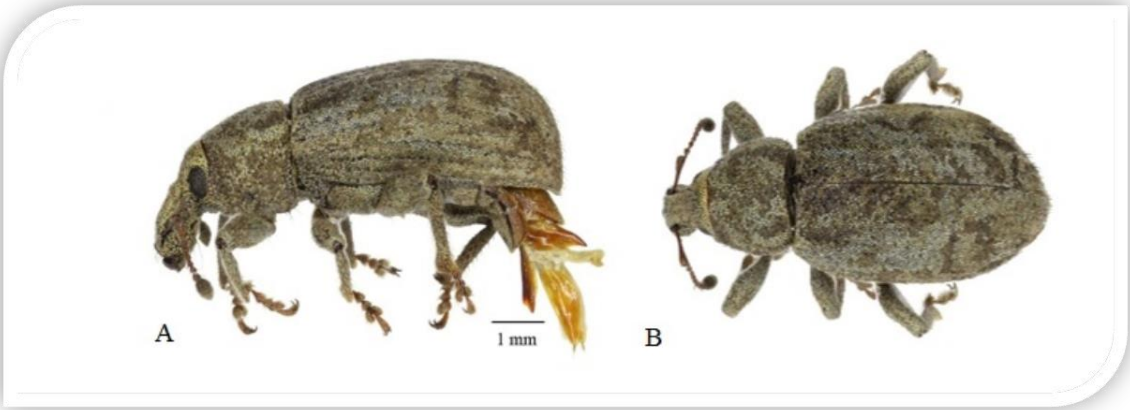

Figura 9. Curculionidae, Entiminae, sp. 1, A) vista lateral y B) vista dorsal.

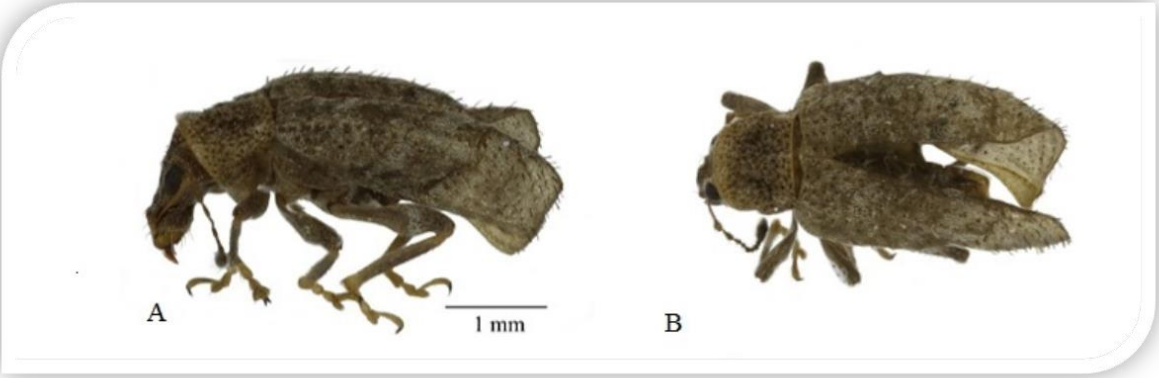

Figura 10. Curculionidae, Entiminae, sp. 2, A) vista lateral y B) vista dorsal.

Cuadro 2. Abundancia relativa de la familia Curculionidae presentes en la rizosfera de *Pinus patula* en zona con y sin manejo forestal en El Rosario, Tlaxco, Tlaxcala.

	Zona con manejo forestal		**Zona sin manejo forestal**	
Morfoespecies	Número de individuos	Abundancia relativa	Número de individuos	Abundancia relativa
Larva 1	0	0%	3	0.75%
Larva 2	1	0.25%	1	0.25%
Larva 3	13	3.27%	80	20.15%

Larva 4	25	6.29%	178	44.92%
Larva 5	2	0.5%	7	1.76%
Larva 6	0	0%	1	0.25%
Larva 7	15	3.77%	42	10.57%
Larva 8	3	0.75%	4	1%
Pupa 1	0	0%	1	0.25%
Pupa 2	1	0.25%	2	0.5%
Pupa 3	0	0%	14	3.52%
Pupa 4	0	0%	2	0.5%
Adulto sp. 1	0	0%	1	0.25%
Adulto sp. 2	0	0%	1	0.25%
Total	60	15.08%	337	84.92%

Los datos obtenidos coinciden con los resultados de Juárez (2014) en un cultivo de *Pseudotsuga macrolepis* Flous. En dicho estudio colectaron un total de 921 larvas; la mayoría las morfoespecies identificadas fueron Entiminae: en larva ocho morfoespecies y 44 pupas representadas por cinco morfoespecies; esta subfamilia está estrechamente asociada al suelo, esto debido a su hábito alimenticio y de reproducción; además es de las subfamilias más numerosas con 1 150 géneros y 12 200 especies, y se distribuyen en todas las regiones biogeográficas del mundo; por tanto, es común encontrar estos curculiónidos en el suelo debido a que ahí pasan normalmente la etapa de larva; estadio de larga duración, la mayoría de estas especies viven libres en el suelo, se alimentan de una gran variedad de plantas (abarcando las diferentes familias de angiospermas y algunas gimnospermas) y consta de cuatro o más estadios (Marvaldi y Loiácono 1994; Guerrero *et al*. 2004).

9.1.2 Familia Melolonthidae Leach 1819

Se colectaron en total 152 larvas de Melolonthidae tanto en las zonas con y sin manejo forestal. Se determinaron diez especies de los géneros: *Macrodactylus, Diplotaxis* y *Phyllophaga* siendo este último el mejor representado con siete especies; de las cuales *Phyllophaga* sp. 5 (Fig. 11) fue la más abundante con el 67.76%, seguido por *Phyllophaga*

sp. 4 con tan solo el 7.96%, el resto de las especies se encontraron en mucho menor proporción. Este género de igual manera fue el mejor representado de acuerdo a lo obtenido por Tapia *et al*. (2003) en la zona del Izta-Popo y Teziutlán en México, al igual que lo reportado por Morón *et al*. (2010a) en Las Vigas, Veracruz, México; además citan a *Phyllophaga* como el género más abundante de la muestra; lo que puede deberse a la distribución y diversidad de este género, que se encuentra muy bien representado en el altiplano con 98 especies, a diferencia del resto de los géneros de Melolothidae que encontramos en esa zona (Morón, 1994). Cabe resaltar que la riqueza y abundancia de ejemplares fue mucho mayor para la zona sin manejo forestal presentando diez especies representadas por 64.49% de la muestra, mientras que la zona con manejo presentó tres especies representados por el 35.51% (Cuadro 3).

Cuadro 3. Lista de especies y abundancia relativa de la familia Melolonthidae presentes en la rizosfera de *Pinus patula* en zona con y sin manejo forestal en El Rosario, Tlaxco, Tlaxcala.

	Zona con manejo forestal		**Zona sin manejo forestal**	
Especie	Número de individuos	Abundancia relativa	Número de individuos	Abundancia relativa
***Phyllophaga* sp. 1**	0	0%	3	1.97%
***Phyllophaga* sp. 2**	0	0%	10	6.57%
***Phyllophaga* sp. 3**	0	0%	11	7.23%
***Phyllophaga* sp. 4**	0	0%	12	7.96%
***Phyllophaga* sp. 5**	52	34.21%	51	33.55%
***Phyllophaga* sp. 6**	0	0%	1	0.65%
***Phyllophaga* sp. 7**	0	0%	2	1.31%
Macrodactylus mexicanus	1	0.65%	3	1.97%
Macrodactylus nigripes	1	0.65%	3	1.97%
***Diplotaxis* sp. 1**	0	0%	2	1.31%
Total	54	35.51%	98	64.49%

Figura 11. *Phyllophaga* sp. 5 alimentándose de raíz, siendo esta especie la más abundante de la familia.

***Macrodactylus mexicanus* Burmeister, 1845.**

Los machos presentan cabeza negra, cubierta de vestidura exceptuando la región occipital y el tercio apical del clípeo, el cual es rugoso. Pronoto negro con vestidura setífera amarilla o grisácea recumbente. Prosternón corto, negro, con su proceso grueso, poco curvo y algunas veces con el ápice ancho, que también puede estar hendido o bífido, fácilmente visible desde el frente. Escutelo negro. Élitros con el integumento del disco rojizo ceniciento, oscureciendo hacia los márgenes progresivamente desde su mitad posterior hacia los ápices, cubiertos por densa vestidura setífera gris o amarilla que permite ver claramente seis estrías libres de sedas. Mesotibias con los espolones apicales largos, el mayor grueso y recurvado en el ápice, y el menor recto, con tres cuartos de la longitud del otro; artejos tarsales rojizos con la mitad distal obscurecida. Esternitos 2º a 5º con hileras oblicuas de cuatro a seis sedas largas, gruesas, a cada lado de la línea media, el cuarto apical del 5º esternito glabro, algo rojizo; la placa anal, ovalada, obscura y apicalmente hialina, con sedas largas cerca de su ápice; placa pigidial larga, convexa, semitriangular con vestidura similar a la dorsal. Cápsula genital con una longitud total de 3.5 mm, rojiza oscura con su falobase no acinturada; parámeros circulares y redondeados externamente,

fusionados en su región dorso-basal externa y soló una ligera depresión en la unión de ambos; con 1.30 mm de largo por 1.02 mm de ancho.

Las hembras son **s**imilares a los machos, pero con el cuerpo generalmente más corto y robusto; el pronoto más corto y ancho, la vestidura setífera más densa en todo el cuerpo; el abdomen globoso, con escasas sedas erectas dispersas o en línea a lo largo de los esternitos, la placa pigidial corta y triangular; placas genitales largas, ovales de 1.20 mm de largo por 0.48 mm de ancho, con su tercio apical externo ligeramente emarginado y su región media interna cóncava y ápice redondeado asimétrico. Longitud total del cuerpo: 9.0 a 12.5 mm; anchura humeral: 3.0 a 3.5 mm, tomado de Arce y Morón, 2000.

Biología y Hábitos. Los adultos están activos en los meses de mayo a septiembre, en ambientes templados, fríos o semi-cálidos moderadamente húmedos, situados entre los 100 y 2,650 m de altitud, aunque es más común en alturas superiores a los 1,000 m. Algunos de los huéspedes conocidos para esta especie son: *Schinus molle* L. (Anacardiaceae), *Tithonia tubaeformis* (Jacq.) Cass. (Asteraceae); *Brassica napus* L. (Cruciferae); *Zea mays* L. (Gramineae); *Persea americana* Mill. (Lauraceae); *Phaseolus vulgaris* L., *Vicia faba* L., *Erythrina americana* Mill., (Leguminosae); *Sphaeralceae angustifolia* (Cav.) G. Don, *Hibiscus rosa-sinensis* L. (Malvaceae); *Pinus sp.* (Pinaceae); *Simsia amplexicaulis* (Cav.) Pers. (Proteaceae); *Polygonum punctatum* (Elliott) Small (Polygonaceae); *Pyrus communis* L., *Crataegus mexicana* DC. (Rosaceae); *Salix babylonica* Linneo (Salicaceae); *Capsicum annuum* L. (Solanaceae); *Triumfetta bogotensis* DC. (Tiliaceae); *Vitis vinífera* L. (Vitaceae) y *Lantana cámara* L. (Verbenaceae) (Arce y Morón, 2000).

Distribución. Oaxaca, Puebla, Veracruz, Estado de México, Distrito Federal, Michoacán, Jalisco, Durango, Morelos, Hidalgo, Tlaxcala, Querétaro, Zacatecas, Coahuila y Baja California Norte (Arce y Morón, 2000).

***Macrodactylus nigripes* Bates, 1887.**

Los machos presentan **c**abeza negra con el clípeo corto, robusto y sumamente punteado. Funículo antenal amarillo con la maza negra. Piezas bucales pardo obscuro. Pronoto negro; prosternón con su proceso prosternal largo, robusto, poco curvo y en

ocasiones hendido en el ápice, fácilmente visible desde el frente. Escutelo negro. Élitros negros con sus márgenes interno y externo libres de vestidura amarilla- verdosa, y en algunos casos se puede ver cuatro estrías no bien definidas. Pterosternón obscuro. Espolones mesotibiales largos, el mayor recurvado, en su ápice y el otro corto recto o sólo ligeramente curvo, de tres cuartos la longitud del mayor; artejos tarsales negros. Esternitos 2º a 5º con hileras oblicuas de cuatro a siete sedas largas y amarillas; cuarto apical del 5º esternito glabro, pero con una hilera de sedas en el borde distal; placa anal ovalada, con su mitad apical hialina y sin vestidura, pero con sedas largas ligeramente más claras que las abdominales; placa pigidial alargada, convexa, semi-triangular con vestidura igual a la dorsal. Cápsula genital con longitud total de 2.92 mm, pardo obscura, con su falobase no acinturada; parámeros de forma circular, totalmente fusionados dorso-basalmente, sólo con una ligera acanaladura donde se unen, con 1.30 mm de largo por 1.04 mm de ancho, con sus ápices lanceolados ligeramente redondeados y cortos, las hileras de sedas son cortas y poco abundantes y obscuras.

Las hembras son **s**imilares a los machos pero con el cuerpo un poco más corto y con el abdomen globoso con hileras de sedas algo acumuladas en número variable en la parte central o distribuidas a lo largo de los esternitos 2º a 5º; pronoto densamente cubierto por vestidura amarilla o gris, poco erecta en el disco y recumbente en los márgenes, placa pigidial corta y semi-triangular; placas genitales largas y ovales de 1.22 mm de largo por 0.50 mm de ancho, con sus márgenes externos rectos y su ápice truncado algo redondeado. Longitud total del cuerpo: 9 a 12 mm; anchura humeral: 3 a 4 mm, tomado de Arce y Morón, 2000.

Caracteres diagnósticos para determinar la larva de tercer estadio de *Macrodactylus nigripes*

Abertura anal en forma de “V” o “Y”. Mandíbulas sin área estridulada ventral. Raster con un par de Palidias y séptula definida. Epifaringe con Proplegmatia. Anchura de la cápsula cefálica 2.3-2.5 mm. Último artejo antenal con dos áreas sensoriales dorsales y tres áreas sensoriales ventrales. Haptomerum prominente con 4 heli. Proplegmatia ausente. Cada palidium está formado por 6-7 pali (Fig. 12) (Aragón, 2013).

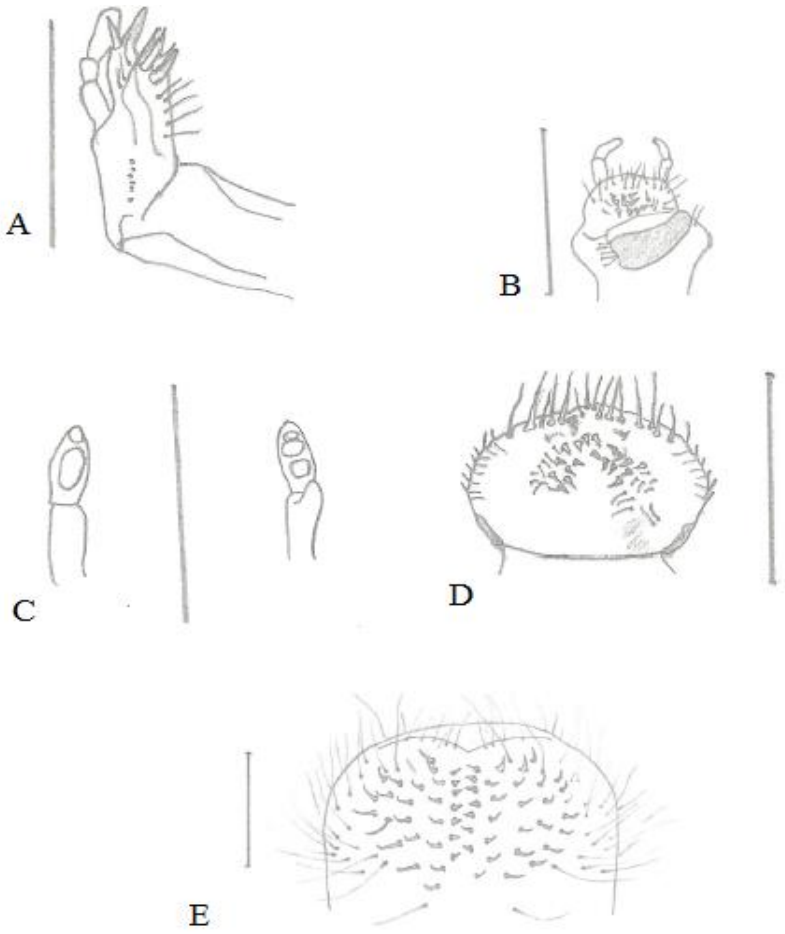

Figura 12. Estructuras diagnosticas de las larvas de tercer estadios de *Macrodactylus nigripes*: A) Vista anterior de la maxila izquierda, B) Vista dorsal del labio-hipofaringe, C) Vista dorsal del último segmento antenal, D) Epifaringe. E) Raster. Línea de escala =1 mm. (Aragón 2013).

Biología y hábitos. Los adultos están activos de mayo a noviembre, en ambientes templados a fríos, húmedos o sub-húmedos, situados entre los 1,000 y 2,550 m de altitud. Algunos de los huéspedes conocidos para esta especie son: *Baccharis conferta* Kunth, *Barkleyanthus salicifolius* (Kunth) H. Rob. & Brettell (Asteraceae); *B. napus* L., *Brassica oleracea* L. (Cruciferae); *Z. mays* L., *Hordeum vulgare* L. (Gramineae); *P. vulgaris* L., *V. fava* L. (Leguminosae); *Fraxinus* sp. (Oleaceae); *Malus pumila* Borkh, *P. communis* L. y *Rubus adenotrichus* Schltdl. (Rosaceae) (Arce y Morón, 2000).

Distribución. Chiapas, Coahuila, Hidalgo, Puebla, Oaxaca, Tlaxcala, Veracruz, Estado de México, Querétaro, Michoacán y Morelos (Arce y Morón, 2000).

9.1.3 Familia Chrysomelidae Latreille, 1802

Se obtuvo un total de 127 larvas de Chrysomelidae tanto en la zona con y sin manejo forestal. Se determinaron seis morfoespecies de larvas y un adulto de acuerdo con las características morfológicas, donde el género *Colaspis* fue el mejor representado con tres especies, de las cuales *Colaspis* sp. 1 (Fig. 13) fue la más abundante con el 47.23% de la muestra, seguido por *Colaspis* sp. 3 con el 22.89% y el resto de las morfoespecies con mucho menor proporción. La zona sin manejo forestal tuvo mayor abundancia con el 70.11% de los individuos a diferencia de la zona con manejo forestal con tan solo el 29.89% de la muestra total (Cuadro 4).

Cuadro 4. Lista de especies y abundancia relativa de la familia Chrysomelidae presentes en la rizosfera de *Pinus patula* en zona con y sin manejo forestal en El Rosario, Tlaxco, Tlaxcala.

	Zona con manejo forestal		**Zona sin manejo forestal**	
Especies	Número de individuos	Abundancia relativa	Número de individuos	Abundancia relativa
***Colaspis* sp. 1**	20	15.74%	40	31.49%
***Colaspis* sp. 2**	2	1.57%	4	3.14%
***Colaspis* sp 3**	2	1.57%	27	21.32%
Chrysomelidae sp. 4	11	8.66%	0	0%
Chrysomelidae sp. 5	1	0.78%	17	13.38%
Chrysomelidae sp. 6	0	0%	1	0.78%
Adulto sp. 1	2	1.57%	0	0%
Total	38	29.89%	89	70.11%

Figura 13. *Colaspis* sp. 1, fue la más abundante de la familia Chrysomelidae.

La biología y dinámica de las poblaciones de crisomélidos de México aún son poco conocidas, la mayoría de las investigaciones se han enfocado a las especies plaga (García y Marín, 2010; Pérez *et al*., 2010); y de acuerdo al estudio realizado por Ordóñez *et al*. (2014) sobre biodiversidad de Chrysomelidae en México, se han registrado 5 especies pertenecientes a la subfamilia Chrysomelinae para el estado de Tlaxcala, por tanto el hecho de haber encontrado en este estudio tres especies del género *Colaspis* pertenecientes a la subfamilia Eumolpinae representarían nuevos registros para el estado.

9.1.4 Familia Elateridae Leach, 1815

Se obtuvo en total 125 ejemplares tanto en la zona con y sin manejo forestal. Se determinaron cinco morfoespecies de larvas de las cuales Elateridae sp. 1 fue la más abundante con el 81.6%, seguido por Cebrioninae sp. 1 y Elateridae sp. 4 con el 4.8%. La zona sin manejo forestal tuvo mayor abundancia con el 51.2% de los individuos a diferencia de la zona con manejo forestal con el 48.8% de la muestra total (Cuadro 5).

Cuadro 5. Lista de especies y abundancia relativa de la familia Elateridae presentes en la rizosfera de *Pinus patula* en zona con y sin manejo forestal en El Rosario, Tlaxco, Tlaxcala.

	Zona con manejo forestal		Zona sin manejo forestal	
Morfoespecies	Número de individuos	Abundancia relativa	Número de individuos	Abundancia relativa
Cebrioninae sp. 1	0	0%	6	4.8%
Elateridae sp. 1	49	39.2%	53	42.4%
Elateridae sp. 2	2	1.6%	1	0.8%
Elateridae sp. 3	1	0.8%	0	0%
Elateridae sp. 4	5	4%	1	0.8%
Elateridae pup. 1	4	3.2%	3	2.4%
Total	61	48.8%	64	51.2%

Además de acuerdo al estudio realizado por Zurita *et al*. (2014) sobre biodiversidad de elatéridos en México, para el estado de Tlaxcala no se tiene registrada ni una sola especies, por tanto el hecho de haber encontrado en este estudio cinco especies (una de ellos perteneciente a la subfamilia Cebrioninae) representarían nuevos registros para el estado de Tlaxcala. Si bien es cierto que se ha avanzado en el conocimiento de los elatéridos de nuestro país, falta mucho por conocer sobre de su riqueza, en la mayoría de los estados falta trabajo de campo y es notorio particularmente en Aguascalientes, Zacatecas y Tlaxcala (Zurita *et al*., 2014).

9.1.5 Familia Carabidae Latreille, 1802

Se obtuvo en total de 27 ejemplares para las zonas con y sin manejo forestal. De acuerdo con las características morfológicas, se reconocieron siete morfoespecies de adultos, donde Carabidae sp. 1 fue la más abundante con el 40.78%, seguida por Carabidae sp. 4 con el 22.22%, el resto de las especies se encuentras en mucho menor proporción. La zona sin manejo forestal tuvo mayor riqueza y abundancia de ejemplares presentando las siete especies y el 77.78% de la muestra total (Cuadro 6).

Cuadro 6. Lista de especies y abundancia relativa de la familia Carabidae presentes en la rizosfera de *Pinus patula* en zona con y sin manejo forestal en El Rosario, Tlaxco, Tlaxcala.

	Zona con manejo forestal		**Zona sin manejo forestal**	
Morfoespecies	Número de individuos	Abundancia relativa	Número de individuos	Abundancia relativa
Carabidae sp. 1	0	0%	11	40.78%
Carabidae sp. 2	0	0%	1	3.7%
Carabidae sp. 3	0	0%	2	7.4%
Carabidae sp. 4	6	22.22%	2	7.4%
Carabidae sp. 5	0	0%	1	3.7%
Carabidae sp. 6	0	0%	2	7.4%
Carabidae sp. 7	0	0%	2	7.4%
Total	6	22.22%	21	77.78%

La familia Carabidae es de ambientes terrestres, aunque existen algunas que habitan ambientes costeros marinos. La gran mayoría de los carábidos son predadores, existiendo algunas especies fitófagas (Zabrini y algunos Harpalini) (Moore, 1979). Las larvas son terrestres a diferencia de los demás adéfagos (Thompson, 1979). El estado larval posee tres estadios y su régimen alimenticio es amplio; la mayoría son predadores, pudiendo algunos alimentarse de frutas o semillas, ser comensales de hormigas o ectoparásitos de pupas de coleópteros (Roig, 1998). Los carábidos son insectos muy abundantes en ecosistemas húmedos, siendo su diversidad menor en ambientes templados áridos (Erwin, 1985). Pueden pertenecer principalmente a tres grupos ecológicos: higrófilos, que viven en los bordes de arroyos o estanques; arborícolas, que viven en troncos u hojas; y geófilos, que viven en el suelo sin estar asociados al agua, estos pueden constituir elementos de la macrofauna de suelo, endógeos (Thiele, 1977). Dentro de los agroecosistemas, constituyen un elemento importante al ser controladores de numerosas plagas (Allen, 1979) es por ello que encontrarlos en nuestra zona de estudio es un buen indicador de controladores biológicos.

9.1.6 Familia Staphylinidae Latreille, 1802

Se obtuvo un total de 12 ejemplares para las zonas con y sin manejo forestal. De acuerdo con las características morfológicas, se reconocieron cinco especies de adultos y una larva, donde Staphylinidae sp. 2 y sp. 3 fueron la más abundante con el 25.02%, el resto de las especies con tan solo un ejemplar representados por el 8.33%. Al igual que Elateridae, la zona con manejo forestal fue la que presento la mayor abundancia de ejemplares con el 58.35%, pero menor riqueza de especies con tan solo tres mientras que la zona sin manejo presento cinco especies (Cuadro 7).

Cuadro 7. Lista de especies y abundancia relativa de la familia Staphylinidae presentes en la rizosfera de *Pinus patula* en zona con y sin manejo forestal en El Rosario, Tlaxco, Tlaxcala.

	Zona con manejo forestal		**Zona sin manejo forestal**	
Morfoespecies	Número de individuos	Abundancia relativa	Número de individuos	Abundancia relativa
Staphylinidae sp. 1	0	0%	1	8.33%
Staphylinidae sp. 2	3	25.02%	0	0%
Staphylinidae sp. 3	1	8.33%	1	8.33%
Staphylinidae sp. 4	3	25%	1	8.33%
Staphylinidae sp. 5	0	0%	1	8.33%
Staphylinidae lar. sp. 1	0	0%	1	8.33%
Total	7	58.35%	5	41.65%

La familia Staphylinidae es la más diversa de escarabajos y del reino animal con 55 440 especies descritas (Grebennikov y Newton, 2009), ha sido utilizada como grupo indicador de cambios ambientales, para medir el impacto humano sobre la biodiversidad y para comparar hábitats con diferente cobertura vegetal (Pohl *et al*., 2008); además este grupo ha sido de gran importancia como herramienta para la priorización de áreas de conservación como menciona Anderson y Ashe (2000). Por lo tanto, los adultos y larvas de estafilínidos se pueden encontrar en una gran variedad de ambientes, desde el nivel del mar hasta sitios de alta montaña ubicados por arriba de los 4 000 m de altitud. Sin embargo, aun cuando son muy diversos, en nuestra zona de estudio encontramos muy baja riqueza y abundancia, lo que se puede deber a sus hábitos, ya que más que encontrarse en la rizosfera del suelo se pueden recolectar asociados a frutos, hongos, madera en descomposición, hojarasca, debajo de rocas, en el borde de arroyos, ríos, lagos, lagunas, en cadáveres de fauna silvestre o cadáveres humanos, en nidos de aves o de insectos, en madrigueras de mamíferos, como ectocomensales de mamíferos o parasitoides como mencionan Jiménez *et al*. (2009).

9.1.7 Familia Cantharidae Imhoff, 1856

Se obtuvo un total de nueve ejemplares para las zonas con y sin manejo forestal. De acuerdo con las características morfológicas, se reconocieron cuatro especies de adultos y una larva, donde Cantharidae larva sp. 1 fue la más abundante con el 66.66%, el resto de las especies con tan solo un ejemplar representados por el 11.11%. La zona sin manejo forestal fue la que presento la mayor abundancia y abundancia de ejemplares con el 66.66% de la muestra (Cuadro 8).

Cuadro 8. Lista de especies y abundancia relativa de la familia Cantharidae presentes en la rizosfera de *Pinus patula* en zona con y sin manejo forestal en El Rosario, Tlaxco, Tlaxcala.

	Zona con manejo forestal		**Zona sin manejo forestal**	
Morfoespecies	Número de individuos	Abundancia relativa	Número de individuos	Abundancia relativa
Cantharidae sp.	0	0%	1	11.11%

1				
Cantharidae sp. 2	0	0%	1	11.11%
Cantharidae sp. 3	1	11.11%	0	0%
Cantharidae lar. sp. 1	2	22.22%	4	44.44%
Total	3	33.33%	6	66.66%

9.1.8 Familia Scarabaeidae Latreille, 1802

Se obtuvo sólo un ejemplar de la familia Scarabaeidae en la zona sin manejo forestal y de acuerdo a sus características morfológicas pertenece a la subfamilia Aphodiinae. Una gran parte de estas especies posee hábitos asociados a los excrementos de vertebrados, mostrando un comportamiento habitualmente endocóprido, es decir, comiendo y reproduciéndose en el interior de éstos (Halffter y Edmonds 1982, Cambefort 1991). Son el grupo predominante en las comunidades de escarabajos del estiércol de las zonas templado–frías. Por tanto encontrar este ejemplar dentro de nuestras muestras pudo haber sido una coincidencia, al estar dentro del estiércol cerca de la base de los pinos muestreados, ya que sus hábitos no son edafícolas sino más bien endocópridos.

9.2 Riqueza y abundancia

Se obtuvieron 621 ejemplares para la zona sin manejo forestal (Fig. 14) siendo esta zona la que presento mayor riqueza que va del 61.03% al 70.72% de acuerdo a los estimadores que se utilizaron (ICE y Chao 2) respectivamente (Cuadro 9); ademas de mayor abundancia de organismos, siendo la familia Curculionidae la más abundante con el 54.29% y representada por ocho especies, seguida por Melolonthidae con tan sólo el 15.78% de la abundancia; sin embargo, presento mayor riqueza con diez especies y el resto de las familias con mucho menor representatividad.

El hecho de encontrar la mayor abundancia de ejemplares pertenecientes a Curculionidae no es de sorprender, debido a que es uno de los grupos mejor representados dentro del reino animal (Oberprieler *et al*., 2007), y dado que la mayoría de las especies que encontramos pertenecen a la subfamilia Entiminae, es común localizar a las larvas de estas especies viviendo libres en el suelo alimentándose externamente en las raíces, mientras que los adultos tienden a alimentarse de follaje fresco o estructuras reproductoras como flores o brotes (Anderson, 2002). Sin embargo, a pesar de su amplia distribución y el gran número de especies que representan a esta familia, Morón *et al.* (2010b) realizaron un estudio preliminar sobre coleópteros edafícolas en una plantación comercial de árboles de navidad (*P. macrolepis*) y mostro que la mayor abundancia perteneció a la familia Melolonthidae y en segunda instancia a Curculionidae; además Hernández *et al*. (2017) hicieron estudios de diversidad de coleópteros edafícolas en un bosque de pino encontrando representantes de Melolonthidae, Passalidae, Elateridae y Tenebrionidae sin registrar un solo ejemplar de Curculionidae.

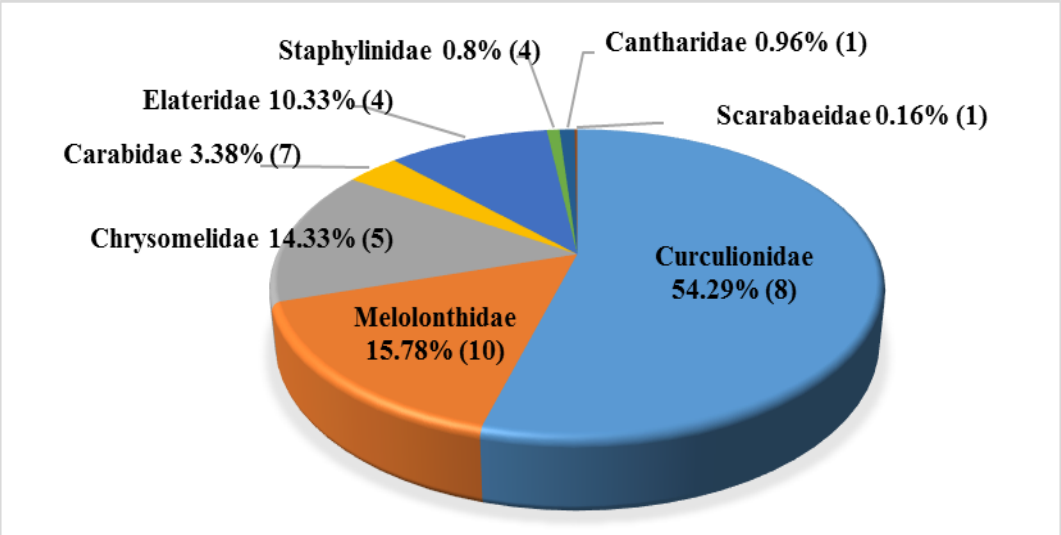

Figura 14. Abundancia relativa de las familias de Coleoptera edafícolas en zona sin manejo forestal en el ejido El Rosario, Tlaxco, Tlaxcala.

Se obtuvieron 229 individuos para la zona con manejo forestal (Fig. 15), por lo tanto, nuestros datos indicaron que esta zona presentó menor riqueza con valores que van del 63.8% al 63.99% de acuerdo a los estimadores (Cuadro 9); y menor abundancia, donde ahora la familia Elateridae fue la más abundante con el 26.64% representado por cuatro

especies, le sigue la familia Curculonidae con el 23.58% presentando esta el mayor número de especies con seis, cabe resaltar que la abundancia de individuos por familia en esta zona fue mucho menor que la zona sin manejo forestal, con excepción de la familia Staphylinidae, donde la cantidad de individuos fue mayor en la zona con manejo forestal, y finalmente la familia Scarabaeoidae estuvo aunsente para esta zona.

El encontrar en la zona con manejo forestal mayoría de elatéridos puede deberse a que suelen haber agregaciones de adultos usualmente abundantes por algunas semanas; asimismo, esta familia suele ser depredadora de otros insectos (Johnson, 2002) por lo que podrían estar ahí alimentándose y por ende contribuyendo a la disminución de la abundancia de insectos para esa zona, además las larvas que viven en el suelo son generalmente depredadoras u omnívoras; algunas especies de los géneros de la subfamilia Elaterinae *Agriotes* Eschscholtz, *Limonius* Eschscholtz y *Selatosomus* Stephens (Elaterinae) se alimentan de semillas recién germinadas, raíces y plántulas de gramíneas; ocasionalmente de raíces, algunas de importancia agrícola (Zurita *et al*., 2014), es por ello que podrían estar contribuyendo a la decreciente abundancia de individuos para esta zona.

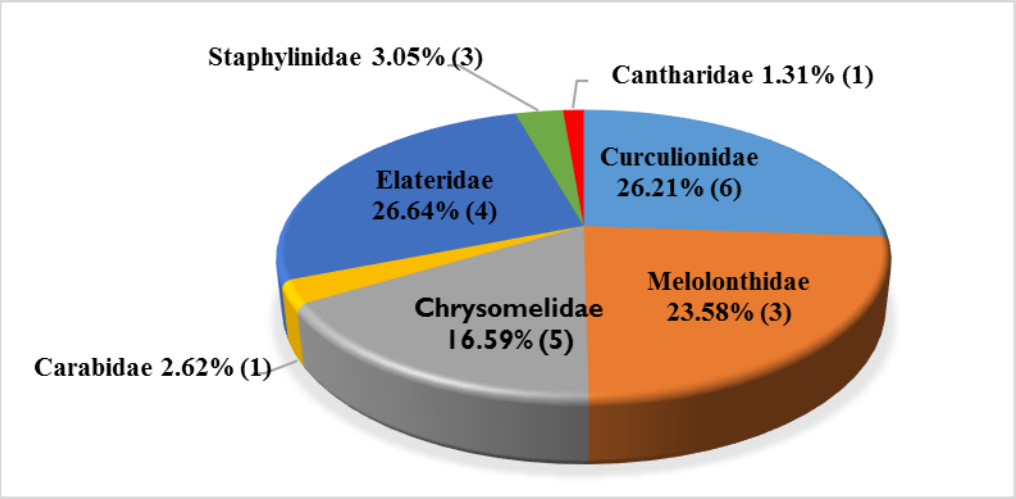

Figura 15. Abundancia relativa de las familias de Coleoptera edafícola en zona con manejo forestal en el ejido El Rosario, Tlaxco, Tlaxcala.

Cuadro 9. Se muestra la riqueza observada y la estimada de acuerdo con los estimadores Chao 2 e ICE, así como la diversidad Alpha de Fisher para cada uno de los sitios evaluados y de manera general para ambos sitios.

Sitio	No. de organismos	No. de especies	Chao 2	ICE	%Completitud Chao 2	%Completitud ICE	Alpha de Fisher
Con Manejo Forestal	218	22	34.38	34.48	63.99	63.8	6.11
Sin Manejo Forestal	596	40	56.56	65.54	70.72	61.03	9.67
Global	814	43	52.98	56.03	81.16	76.74	9.68

9.3 Diversidad

Para estimar la diversidad, se hizo mediante el índice Alfa de Fisher, el cual evalúa eficazmente la diversidad en función del número de individuos y el número de especies, se obtuvo un valor de 6.11 para la zona con manejo forestal y 9.67 para la zona sin manejo; por tanto, hubo una diferencia significativa en la diversidad Alfa para ambas zonas (Fig. 16). Lo que nos sugiere que probablemente las condiciones de la perturbación en este caso el tipo de manejo forestal permiten que puede existir un reemplazo o la desaparición de especies entre los sitios, es decir, que las especies se pueden perder, o por consecuencia del aprovechamiento forestal son sustituidas por especies que pueden adaptarse a condiciones de disturbio (Nichols *et al*., 2007; Davis y Philips, 2009).

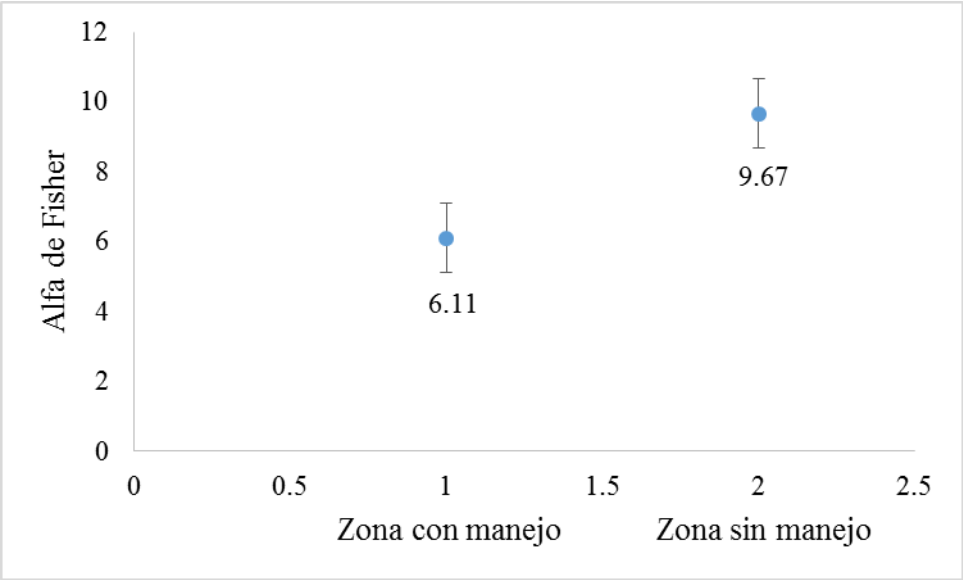

Figura 16. Diversidad Alfa de coleópteros edafícola en zonas con y sin manejo forestal en el ejido El Rosario, Tlaxco, Tlaxcala.

La comparación de las curvas de rarefacción obtenidas para cada zona, muestran que la zona sin manejo forestal es significativamente más diversa, mientras que para la zona con manejo forestal tuvo una menor riqueza de especies como ya se había mencionado anteriormente (Fig. 17). La curva de rarefacción nos dice que nuestro esfuerzo de muestreo para la zona sin manejo forestal fue suficiente a diferencia de la zona con manejo, donde se pudo observar una tendencia negativa en la diversidad registrada, lo que puede atribuírsele a que algunas especies son sensibles a las modificaciones derivadas de la explotación forestal intensiva o extensiva, como la erosión del suelo y la compactación, la desaparición de la cubierta de la hojarasca y aunado a esto el aumento de la insolación, en consecuencia va a ver alteraciones de la temperatura y humedad del suelo como menciona Morón *et al.* 2010b. Un mayor esfuerzo de muestreo es probable no arroje más especies para esta zona. Otro factor importante pudo ser el gradiente altitudinal como menciona García *et al.* (2012) donde la composición y la riqueza de las especies entre las elevaciones marca una clara diferencia entre la fauna de tierras bajas (mayor riqueza) y altas (menor riqueza), por lo tanto debido a que la zona sin manejo forestal se encuentra en zona baja del bosque se pudo encontrar mayor riqueza y abundancia.

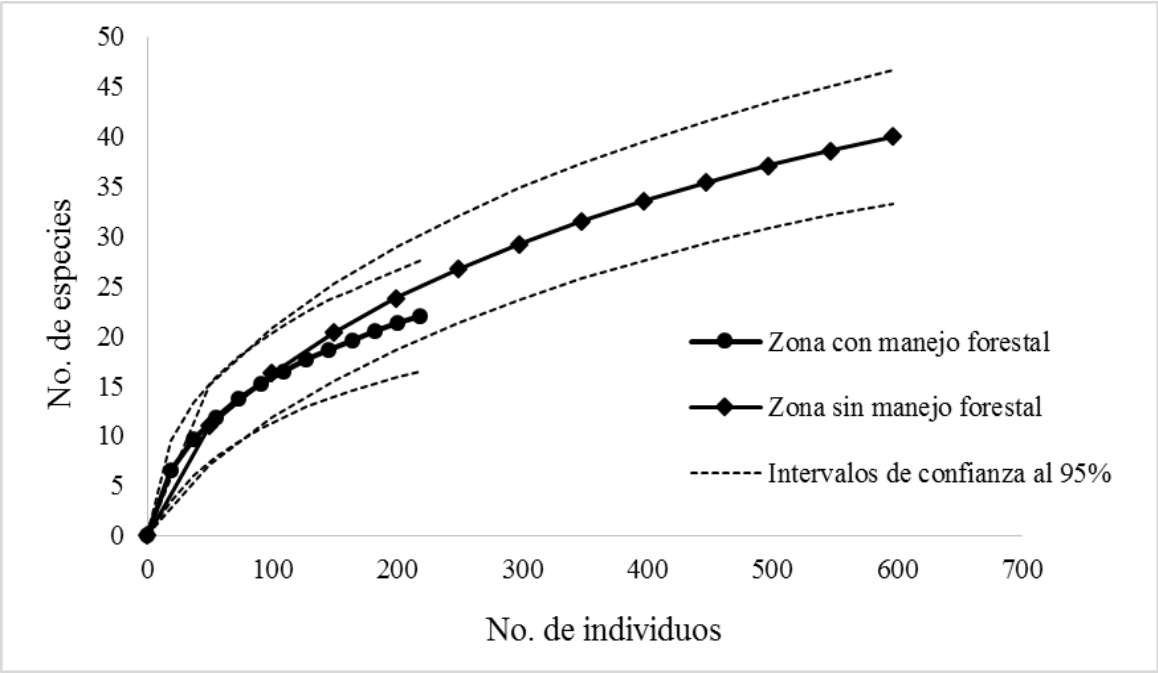

Figura 17. Curvas de rarefacción de Coleoptera para las zonas con y sin manejo forestal.

9.4 Eficiencia de muestreo

De manera general la predicción de la riqueza especifica en las zonas de estudio de acuerdo con los estimadores es de 52 a 56 especies, mostrando que la eficiencia del muestreo fue de un 76.74 a 81.16% (Cuadro 9). De acuerdo con tal predicción estarían faltando por registrar en promedio 9 especies, lo que concuerda con lo obtenido por Salamanca *et al*. (2013) en la región del Citlaltépetl, Tlalchichuca y Ahuatepec, edo. de Puebla, mostrando que la eficiencia de muestreo fue de 70 a 83% y según la predicción faltan por registrar entre 6 y 13 especies, al igual que el estudio realizado por García de Jesús *et al*. (2013) en la Malinche o Matlalcuéyetl donde la eficiencia de muestreo para escarabajos fue de un 72 a 86% y de acuerdo a la predicción estaría faltando por registrar en promedio 10 especies.

9.5 Análisis de suelo

El resultado del análisis de suelos para la zona con manejo forestal (Cuadro 10) muestra que los tres cuadrantes presentan pH fuertemente ácido con valores de 4 a 5, la

cantidad de materia orgánica es muy alta que va del 10 a 21% para todos, cabe destacar que el cuadrante uno fue el que presento la mayor cantidad de materia orgánica de todos los cuadrantes con y sin manejo forestal. Para la zona sin manejo forestal (Cuadro 11) de igual manera los suelos son fuertemente ácidos, con valores que van de los 4.3 a 4.6, y la cantidad de materia orgánica también es alta con cantidades que van del 8.9 a 13.2%; en ambas zonas los valores de nitrógeno total son muy similares al igual que la textura del suelo.

Cuadro 10. Análisis de suelo en la zona con manejo forestal en el ejido El Rosario, Tlaxco, Tlaxcala.

Parámetros y unidades	**C-1**	**C-2**	**C-3**	**Promedios**
pH	4	5	4.6	4.53
Materia orgánica %	21	10	10.6	13.87
Nitrógeno total %	0.861	0.364	0.497	0.57
Arena %	40.8	42.8	36.8	40.13
Limo %	38	42	30	36.67
Arcilla %	21.2	15.2	33.2	23.2
Textura	Franca	Franca	Franco arcillosa	
P mg/kg	69	97	37	67.67
C %	12.2	5.8	6.1	8.03
Relación C/N	14.16	15.93	12.27	14.12

Cuadro 11. Análisis de suelo en la zona sin manejo forestal en el ejido El Rosario del Tlaxco, Tlaxcala.

Parámetros y unidades	**C-4**	**C-5**	**C-6**	**Promedios**
pH	4.6	4.3	4.5	4.47
Materia orgánica %	8.9	13.2	12.9	11.67
Nitrógeno total %	0.455	0.493	0.562	0.50

Arena %	38.8	38.8	32.8	36.8
Limo %	28	32	42	34
Arcilla %	33.2	29.2	25.2	29.2
Textura	Franco arcillosa	Franco arenosa	Franca	
P mg/kg	47	17	52	38.67
C %	5.1	7.6	7.5	6.73
Relación C/N	11.21	15.41	13.34	13.32

En cuanto a la relación del tipo de suelo con la presencia de coleópteros, se pueden encontrar especies con diferentes hábitos alimenticios compartiendo el mismo terreno sin importar el porcentaje de materia orgánica y pH que presenta el suelo, aun cuando las cantidades de materia orgánica son buenas en ambas zonas y el pH fuertemente acido, de manera general las condiciones de ambas zonas son muy similares, lo cual indica que la cantidad de materia orgánica y pH no representa una limitante para las dispersión de algunas especies de inmaduros de Melolonthidae de acuerdo a lo obtenido por Aragón (2013) que conforman la fauna edafícola, un ejemplo claro es la familia Melolonthidae encontrándose especies rizófagas y saprófagas en el mismo terreno, por tanto, la presencia o ausencia de materia orgánica no representa una limitante para las dispersión de las especies que conforman al complejo "gallina ciega".

9.6 Análisis de correspondencia de las especies asociadas al estado del árbol

De acuerdo con el análisis de correspondencia (Fig. 18) se pueden apreciar las relaciones existentes entre el estado de desarrollo del árbol y las especies asociadas a éstos. Es importante mencionar que entre más cerca se encuentren los puntos (especies) de las categorías (estado del árbol) mayor relación habrá entre éstos. Como se puede observar el análisis de correspondencia muestra que las especies que se encuentran más asociadas a los árboles sanos son: *Colaspis* sp. 3 (Col 3), Staphylinidae sp. 3 (Sta sp 3), Staphylinidae sp. 4 (Sta sp 4), Staphylinidae sp. 5 (Sta sp 3), Elateridae sp. 2 (Ela sp 2), Elateridae sp. 3 (Ela sp 3), Cebrioninae sp. 1 (Ceb sp 1), Carabidae sp. 5 (Car sp 5) y Entiminae larva 2 (Ent lar 2). El hecho de encontrar a varias especies de estafilínidos y carábidos (gremio de coleópteros

depredadores) podrían estar ejerciendo un papel importante en el control de las poblaciones de insectos fitófagos, por lo cual los árboles de *P. patula* se encuentran en buenas condiciones (follaje verde y flexible) (Baloriani *et al.*, 2009). En cuanto a las especies de elateridos, se sabe que los adultos suelen ser predadores de otros insectos y muchas otras especies se alimentan de frutas maduras, néctar, polen, partes florales, cuerpos fructíferos de ascomicetos y secreciones radiculares, para el caso de las larvas que viven en el suelo son generalmente depredadoras u omnívoras, algunas pocas especies se alimentan de semillas recién germinadas, raíces y plántulas de gramíneas; ocasionalmente de raíces, algunas de importancia agrícola como maíz, papa, caña de azúcar; y tubérculos de ciertos vegetales (Johnson, 2002) por lo que estos organismos no podrían presentar una amenaza a los arbolitos de esta zona como lo indica el análisis de correspondencia.

Mientras que las especies asociadas a los árboles enfermos son: Entiminae larva 3 (Ent lar 3), Entiminae larva 5 (Ent lar 5), Entiminae larva 6 (Ent lar 6), Entiminae larva 7 (Ent lar 7), Curculionidae larva 8 (Cur lar 8), *Phyllophaga* sp. 1 (Ph1), *Phyllophaga* sp. 2 (Ph2), *Phyllophaga* sp. 5 (Ph5), *Phyllophaga* sp. 7 (Ph7), *M. mexicanus* (Mm), Carabiadae sp. 2 (Car sp 2), Cantaridae larva 1 (Can lar 1) y Elateridae pupa 1 (Ela pup 1). El encontrar más especies de curculiónidos y melolóntidos asociados a este tipo de árboles nos indica que podrían tener hábitos rizófagos o facultativos (Najera, 1998). Para el caso de melolóntidos se pueden encontrar entre 11 y 19 géneros asociados a bosques de coníferas y encinos (Morón, 1996), entre los que destaca *Phyllophaga rubella* como especie de importancia forestal ya que las larvas se alimentan de las raíces y los adultos causan defoliación en el consumo de follaje de acuerdo con lo reportado por SEMARNAT y CONAFOR, 2000; Morón *et al*., 2010a. Además se pudo observar en campo que *Phyllophaga* sp. 5 se alimentaba de la raíz de *P. patula*, lo que refuerza la teoría de que efectivamente estas especies tienen hábitos rizófagos o facultativos.

En el caso de curculiónidos, para la subfamilia Entiminae hasta el momento no se ha documentado alguna especie rizófaga de *Pinus* pero si se sabe que las larvas constituyen el estado de desarrollo generalmente más dañino, alimentándose de las hojas, los tallos, las flores, los frutos, las semillas y las partes subterráneas de numerosas especies de

angiospermas y gimnospermas (Flores *et al*., 1985; Morón y Terrón, 1988; Cibrián *et al*., 1995; Muñiz, 2001; Lanteri *et al*., 2002). Por tanto, los daños ocasionados por las larvas suelen ser severos, pues destruyen las raíces más pequeñas y roen las más grandes en forma anular, lo que afecta notoriamente el crecimiento de las plantas o incluso puede llegar a ocasionar la muerte (Lanteri, 1994; Lanteri *et al*., 2002); pueden no causar daños aparentes a los arboles ahí cultivados, podrían alimentarse de las raíces tiernas de ellos en ausencia de su alimento; por lo que, podrían representar una plaga potencial.

Ahora bien, las especies asociadas a los árboles dañados son: Entiminae larva 1 (Ent lar 1), *Phyllophaga* sp. 3 (Ph3), *Colaspis* sp. 1 (Col 1), *Colaspis* sp. 2 (Col 2), Chrysomelidae sp. 5 (Chr 5), Carabidae sp. 3 (Car sp 3), Staphylinidae sp. 2 (Sta sp 2) y Aphodiinae sp. 1 (Aph sp 1). El hecho de encontrar la mayoría de crisomélidos en los árboles totalmente dañados nos podría sugerir que estas especies son rizófagas en estado inmaduro, ya que de acuerdo a lo reportado por Riley *et al*. (2002) los adultos consumen hojas, flores, polen y brotes nuevos de las plantas y las larvas se alimentan de raíces y tallos subterráneos. Cabe mencionar que la biología y dinámica de las poblaciones de estos insectos es poco conocida, los escasos estudios de los que se tienen registros son principalmente de plagas de cultivos agrícolas como la catarina de la papa (*Leptinotarsa decemlineata* [Say]), doradillas (*Diabrotica* spp.), la pulga saltona *Epitrix cucumeris* (Harris) y arrocillo (*Colaspis* spp.) (García y Marín, 2010; Pérez *et al*., 2010), coincidiendo *Colaspis* con tres de las especies encontradas en la rizosfera de *P. patula* en nuestra zona de estudio.

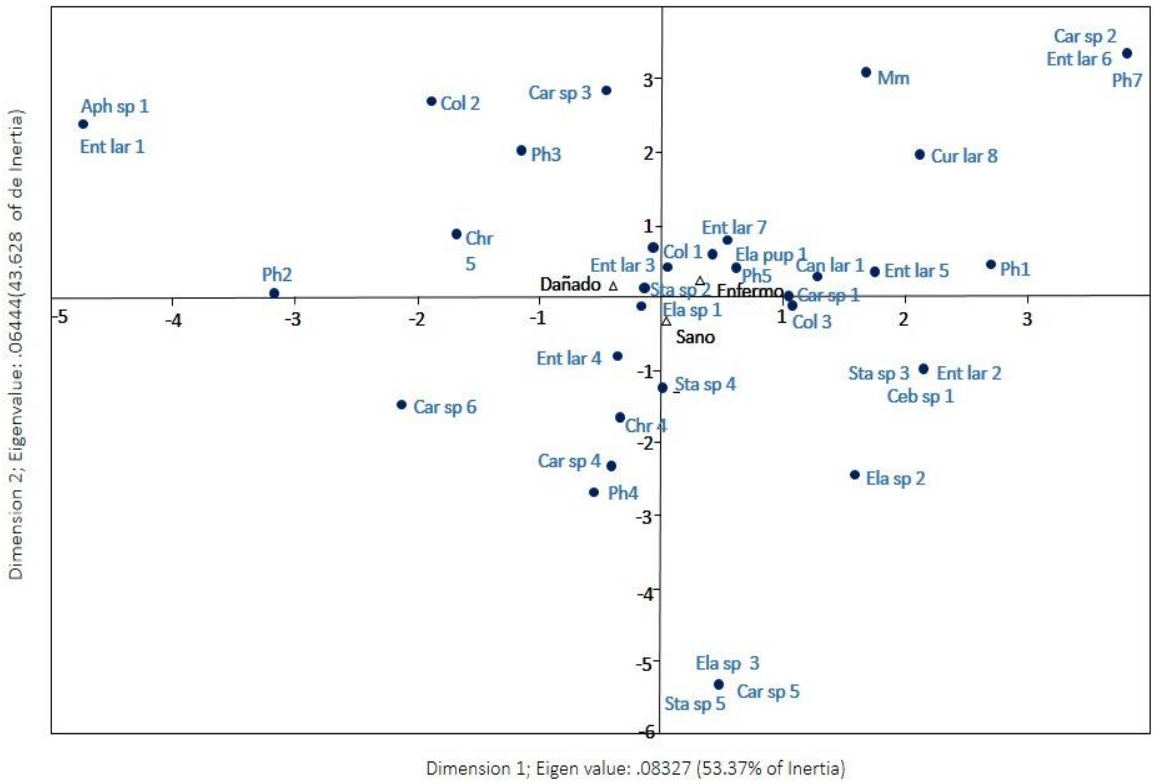

Figura 18. Análisis de correspondencia entre el estado del árbol (*Pinus patula*) y las especies asociadas a éstos.

9.7 Manejo agroecológico de plagas del suelo en una zona forestal

De acuerdo a los resultados del análisis de correspondencia las especies que guardan mayor relación con los árboles que están enfermos o dañados y que de alguna manera pueden ser responsables de estado del árbol son: Entiminae larva 1, Entiminae larva 3, Entiminae larva 5, Entiminae larva 6, Entiminae larva 7, Curculionidae larva 8, *Phyllophaga* sp. 1, *Phyllophaga* sp. 2, *Phyllophaga* sp. 3, *Phyllophaga* sp. 5, *Phyllophaga* sp. 7, *M. mexicanus*, Carabidae sp. 2, Cantharidae larva 1 y Elateridae pupa 1, *Colaspis* sp. 1, *Colaspis* sp. 2, Chrysomelidae sp. 5, Carabidae sp. 3, Staphylinidae sp. 2 y Aphodiinae sp. 1; y de acuerdo a lo observado en campo se puede aseverar que *Phyllophaga* sp. 5 es una especie rizófaga o facultativa, (Fig. 11). Ahora bien, para controlar estas especies normalmente el productor utiliza productos químicos, que cuando no se emplean adecuadamente tienen efectos adversos para el ambiente y los seres vivos, la salud de hombre, eliminan enemigos naturales, entre otros, entonces para evitar efectos nocivos y

como alternativa de control se recomiendan las siguientes prácticas que permitan la conservación y el manejo de la biodiversidad edáfica.

Colecta de adultos

Se puede realizar por medio de trampas de luz, consiste en hacer colectas nocturnas y sirve para atraer insectos voladores con fototactismo positivo. La trampa de luz utiliza una variedad de herramientas y equipos, pero siempre con el mismo principio, cuenta generalmente con un foco de luz negra, blanca, mercurial o fluorescente que se conecta a una fuente de electricidad, el foco es colocado en la parte media o superior de una manta blanca extendida que actúa como reflector de la luz y es en ella donde se posan la mayoría de los organismos. También puede ser colocada una manta blanca en el suelo por debajo de la manta extendida, ya que en esta zona también se posan varios organismos (Márquez, 2005).

Aragón y López, (2001) propusieron la recolección de adultos del género *Phyllophaga* con trampas de luz fluorescente (20 W a 12 V) conectada a una batería de automóvil, además tomando en consideración un factor muy importante como lo es el horario de vuelo de las especies para tener mayor éxito a la hora de la colecta. Se ha demostrado que la recolecta de adultos con trampas de luz fluorescente negra tipo embudo se considera un método eficaz para reducir los daños del complejo gallina ciega de acuerdo con los estudios realizados por Aragón *et al*. (2008); también concuerda con lo obtenido por Cuate *et al*. (2016) quienes obteniendo resultados positivos por medio de trampas de luz mercurial tipo pantalla, disminuyendo las poblaciones de los inmaduros e impactando de manera positiva en el rendimiento de las plantas.

Morón *et al*, (1998) realizaron un estudio piloto sobre control integrado de "gallina ciega" en cañaverales de Nayarit con el uso de trampas de luz fluorescente blanca de 12 voltios, colocadas sobre árboles de encinos y robles donde los insectos se alimentan y aparean entre las 19:30 y 20:30 horas, se demostró que una sola trampas puede atraer hasta 722 ejemplares de *Phyllophaga lalanza* Sailor provocando una disminución de 8 100 individuos en la siguiente generación, equivalentes a la población promedio de larvas en

casi media hectárea; coincidiendo con la misma eficiencia, de acuerdo a los resultados obtenidos por Nochebuena y Aragón (2005) en Cuautinchan, Puebla, donde el efecto de la colecta se vio reflejada en una menor incidencia de larvas por muestra de suelo, encontrándose 0.7 larvas por muestra en el tratamiento con trampas de luz, en comparación a 2.2 larvas por muestra en la parcela testigo (no hubo colecta de adultos), además tuvo mayor peso en seco de raíces y mayor diámetro del tallo las plantas de la parcela que tuvo trampas de luz.

Las trampas de luz se han considerado como una posibilidad de manejo de plagas siendo una alternativa ecológica y económica, para el control de "gallina ciega" como una forma de aprovechar el fototactismo positivo de los escarabajos como Melolonthidae, reduciendo el número de adultos y por consecuencia la población de larvas en la zona de interés (Aragón y Morón, 1998). Por tanto, para nuestras zonas en el bosque templado, se propone colocar trampas de luz fluorescente en la época de mayor actividad de vuelo, entre junio y agosto (Aragón y López, 2001), en los cuadrantes que se detectaron especies rizófagas. Las trampas son omnidireccionales tipo embudo con lámparas de luz fluorescente negra (20 W) conectadas a la corriente eléctrica, montadas sobre un embudo que conduce a una cubeta recolectora provista con agua y detergente en polvo a una concentración de 1% (Fig. 19). Se recomienda que la distancia entre las trampas de luz sea de 45 m y se encenderlas a las 20:00 h y mantener encendidas durante dos horas. Los adultos capturados en las trampas se deben recoger diariamente (Aragón *et al*., 2008).

Figura 19. Trampa omnidireccional tipo embudo con luz fluorescente negra. *Tomado de Aragón *et al*., 2008.

Control con extractos vegetales

Las plantas en el transcurso de su evolución han tenido una estrecha relación con los insectos, al estar sometidas durante millones de años al ataque de éstos han desarrollado mecanismos de defensa, son una alternativa eficaz del MAP, la actividad que presentan las plantas se deben a los compuestos químicos que las hacen útiles como: terpenos, lignanos, alcaloides, esteroides y ácidos grasos (Ducrot, 2005), siendo encontradas en toda la planta o sólo en algunas partes de sus estructuras; una sola planta puede contener de ocho a diez principios activos, lo que indica la complejidad y riqueza bioquímica que existe en la naturaleza como lo mencionan Ocegueda *et al*. (2005); por tanto, en los últimos años, se está retornando al uso de las plantas como fuente de pesticidas más seguros para el medio ambiente y la salud humana (Mansaray, 2000; Ottaway, 2001).

La utilización de extractos vegetales genera mecanismos de defensa como la repelencia, efecto antialimentario o acción tóxica y en algunos casos puede modificar los hábitos o el comportamiento de los insectos. Estos mecanismos están basados sustancialmente en componentes bioquímicos de la planta y en general son de bajo costo, se encuentran al alcance del agricultor, se descomponen rápidamente y en su mayoría no son venenosos para los mamíferos. Estos extractos vegetales, han mostrado efectos controladores contra ácaros, roedores, nematodos bacterias, virus, hongos e insectos (Grainge y Ahmed, 1988; Brechelt, 2004). Especies de plantas como ajo (*Allium sativum*), chile (*Capsicum frutecens*), higuerilla (*Ricinus comunis*), nim (*Azadirachta indica*) y paraíso (*Melia azedarach*) son utilizadas para el control de plagas, además son materia prima de varios insecticidas comerciales por su eficacia (Rodríguez y Nieto, 1997).

Aragón *et al.* (2003) realizaron pruebas de preferencia y no preferencia alimentaria en invernadero donde trabajaron con diferentes plantas, las cuales aplicaron en fresco y en seco, se molieron con un molino para grano, el producto obtenido se mezcló con la semilla de maíz, aplicando a una concentración del 15 % esto es por cada kilogramo de semilla de maíz se aplicaron 150 gr de planta. El uso de los extractos vegetales muestra que protegen la semilla durante la germinación y mantiene su actividad al menos durante un mes, hasta

llegar a la etapa de plántula. Por tanto, esta alternativa podría ser un buen método para proteger las raíces de los árboles.

Dentro de las especies con propiedades insecticidas se tiene a la higuerilla (*Ricinus communis* L.), es una planta silvestre que se encuentra fácilmente en la región, así como en otros lugares del País. Las semillas son venenosas por la presencia de metabolitos secundarios como albúminas, ricina y alcaloides, que son utilizados como nematicida e insecticida para el control de plagas en cultivos (Céspedes *et al*., 2001). El principal elemento tóxico es la ricina, es una fitotoxina y es la responsable de la toxicidad de animales como nematodos, insectos entre otros (Moshkin, 1986). Es por ello que resultaría una buena opción como control de plagas del suelo.

Pérez *et al*. (2017) realizaron estudios sobre la utilización de extractos vegetales como una alternativa para disminuir costos económicos y ecológicos en el control de plagas; por tanto proponemos la siguiente práctica agroecológica para el manejo de las especies rizófagas en el bosque. Recolectar la semilla de higuerilla en la zona de estudio, se secaría colocándola en papel a la sombra por un periodo de 20 a 30 días para su deshidratación, cada tres días se voltearía y se le cambiaría el papel para evitar contaminación de hongos o algún otro microorganismo; una vez seca la semilla se molería en un molino hasta que se obtenga un polvo, el cual se guardaría en bolsas de papel previamente rotuladas en un lugar fresco y seco hasta su uso. Para su aplicación se utilizara al 3%, es decir se disolverá 30 gramos de polvo por litro de agua y se dejara reposar una noche antes de su aplicación, se pueden aplicar estos extractos al pie del árbol trasplantado cuando se hace la reforestación del bosque y de alguna manera tener un efecto similar al de la protección de las semillas como menciona Aragón *et al*. (2003), en este caso protegiendo la raíz de la plántula.

Abonos orgánicos

Un suelo rico en materia orgánica contiene un gran número de microrganismos benéficos que controlan diversas plagas que se alimentan del sistema radical de las plantas y permite que los cultivos se desarrollen bajo condiciones óptimas de agua, aire y

nutrimentos. Esto hace que las plantas crezcan sanas y como consecuencia, relativamente más tolerantes al ataque de plagas (Villalobos, 1995). La importancia fundamental del uso de abonos orgánicos obedece a que éstos son fuente de vida bacteriana para el suelo y necesarios para la nutrición de las plantas. Los abonos orgánicos posibilitan la degradación de los nutrientes del suelo y permiten que las plantas los asimilen de mejor manera ayudando a un óptimo desarrollo de los cultivos; no solo aumentan las condiciones nutritivas de la tierra, sino que mejoran su condición física (estructura), incrementan la absorción del agua y mantienen la humedad del suelo. Su acción es prolongada, duradera y pueden ser utilizados con frecuencia sin dejar secuelas en el suelo y con un gran ahorro económico (Mosquera, 2010).

Los abonos orgánicos calientan el suelo y favorecen el desarrollo de las raíces, principal vía de nutrición de las plantas; se obtienen de la degradación y mineralización de materiales orgánicos (estiércoles, desechos de la cocina, pastos incorporados al suelo en estado verde, etc.), se utilizan en suelos agrícolas con el propósito de activar e incrementar la actividad microbiana de la tierra, el abono es rico en materia orgánica, energía y microorganismos. En cuanto a sus propiedades biológicas, favorecen la aireación y oxigenación del suelo, por lo que hay mayor actividad radicular y mayor actividad de los microorganismos aerobios. También producen sustancias inhibidoras y activadoras de crecimiento, incrementan considerablemente el desarrollo de microorganismos benéficos, tanto para degradar la materia orgánica del suelo como para favorecer el desarrollo del cultivo (Mosquera, 2010).

Para el caso de nuestra zona de estudio sería una buena alternativa utilizar estiércol de animales ya sea bovino u ovino, después de hacer el trasplante o agregarlo al pie de los arbolitos, ayudando a mejorar la calidad del suelo con un gran número de microrganismos benéficos que controlan diversas plagas que se alimentan del sistema radical de las plantas, ya sea fortaleciendo las raíces con todas sus propiedades o sirviendo el estiércol como alimento a las especies de insectos facultativos, por tanto permite que los cultivos se desarrollen bajo condiciones óptimas como menciona Villalobos (1995), obteniendo así beneficios múltiples.

Abonos foliares

La fertilización foliar, es la nutrición a través de las hojas, se utiliza como un complemento a la fertilización al suelo, bajo este sistema de nutrición la hoja juega un papel importante en el aprovechamiento de los nutrimentos. La fertilización foliar se ha convertido en una práctica común e importante para los productores, porque corrige las deficiencias nutrimentales de las plantas, favorece el buen desarrollo de los cultivos y mejora el rendimiento y la calidad del producto. Es importante tomar en cuenta que la fertilización foliar no substituye a la fertilización tradicional de los cultivos, pero sí es una práctica que sirve de respaldo, garantía o apoyo para suplementar o completar los requerimientos nutrimentales de un cultivo que no se pueden abastecer mediante la fertilización común al suelo (Trinidad y Aguilar, 1999).

El abastecimiento nutrimental vía fertilización edáfica depende de muchos factores de diferentes tipos como: origen del suelo, características físicas, químicas y biológicas, humedad, plagas y enfermedades (Bear, 1965; Trinidad *et al*., 1971). De ahí, que la fertilización foliar para ciertos nutrimentos y cultivos, bajo ciertas etapas del desarrollo de la planta y del medio, sea ventajosa y a veces más eficiente en la corrección de deficiencias que la fertilización edáfica, en estos casos la fertilización foliar será más ventajosa y eficiente para ciertos elementos, que la fertilización al suelo, entonces, la fertilización foliar debe utilizarse como una práctica especial para complementar requerimientos nutrimentales o corregir deficiencias de aquellos nutrimentos que no se pueden aprovechar eficientemente mediante la fertilización al suelo.

Entre los estudios realizados de fertilización foliar se encuentra el de Zepeda *et al*. (2002), mostrando que los fertilizantes foliares con macronutrimentos y micronutrimentos, incrementaron significativamente el porcentaje de germinación de la semilla, así como el peso seco de la parte aérea, de raíz y de plántula en tres genotipos de maíz. Rodríguez, (1997) demostró que la miel de abeja ha sido utilizada como fertilizante foliar y surfactante, señala que su aplicación a 2 % sobre el follaje de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y en el agua de riego (solución Steiner con miel de abeja a 1 %), incrementó notablemente la altura, el área foliar y el vigor de las plántulas. Esto debido a su

aportación de carbohidratos (97 %), proteínas, minerales (inferior a 1 %), vitaminas y aminoácidos (Hooper, 1990).

De acuerdo con lo mencionado anteriormente sabemos que la fertilización foliar puede contribuir en la calidad y en el incremento de los rendimientos de las cosechas, y que muchos problemas de fertilización al suelo se pueden resolver fácilmente mediante la fertilización foliar (Fregoni, 1986). Por tanto, esta es una alternativa en la nutrición de los cultivos que optimiza la capacidad productiva de las cosechas tanto de gramíneas, leguminosas, hortalizas, plántulas de vivero, frutales y especies forestales. La fertilización foliar, entonces, corrige las deficiencias nutrimentales que en un momento dado se presentan en el desarrollo de la planta, corrige requerimientos nutrimentales que no se logran cubrir con la fertilización común al suelo, mejorar la calidad del producto, acelerar o retardar alguna etapa fisiológica de la planta, siendo realmente un apoyo o respaldo a la fertilización edáfica para sobrepasar los rendimientos subóptimos (Trinidad y Aguilar, 1999). El hecho de tener un mejor desarrollo de la planta, esta resiste más los daños que las plagas le ocasionan.

Borges *et al*. (2014) realizaron un estudio sobre el efecto de la fertilización foliar con humus liquido proveniente del lixiviado de lombriz *Eisenia foetida*, (Lumbricidiae) suministrado a una concentración del 50% cada siete días en plantas de la morera (*Morus alba* L.) en su etapa de vivero, permitiendo disponer de plantas acondicionadas orgánicamente para garantizar su adaptación y desempeño productivo cuando sean trasladadas al campo; por tanto esta es una alternativa que puede funcionar en nuestra zona de estudio cuando se lleva a cabo la reforestación del bosque, empleando la dosis mencionada anteriormente antes y después del trasplante de los arbolitos de *P. patula*, permitiendo disponer de plantas acondicionadas orgánicamente para favorecer su adaptación y desempeño productivo al trasplantarse a campo, y de alguna manera generar más resistente a algún tipo de plaga, esto como una alternativa complementaria al manejo agroecológico en nuestra zona de estudio.

Con las practicas agroecológicas, explicadas anteriormente se pueden obtener resultados favorables basados en productos naturales haciendo un manejo agroecológico, que reduzcan la dependencia de los productos sintéticos y, por tanto, menos contaminación ambiental y mayor calidad a los recursos naturales (Celis *et al*., 2008). También se deberá hacer énfasis en la determinación taxonómica de las especies plaga, en el conocimiento de su ciclo de vida y fluctuación de poblaciones, así como de sus enemigos naturales y fauna benéfica asociada, ya que las modificaciones ocasionadas a su entorno pueden requerir ajustes en las estrategias de control como mencionan Ávila y Postali, (2004). Tomando como base los diversos trabajos efectuados tanto en México como en diversas partes del mundo, las perspectivas para la investigación del manejo agroecológico de plagas del suelo son bastante alentadoras.

X. CONCLUSIONES

1. Se colectaron un total de 850 ejemplares, de los cuales se determinaron 43 especies, pertenecientes a las familias: Curculionidae (8), Melolonthidae (10), Chrysomelidae (6), Carabidae (7), Elateridae (5), Staphylinidae (5), Cantharidae (1) y Scarabaeidae (1).

2. La familia Curculionidae fue la más abundante con el 46.74% de la muestra (397 ejemplares), y la familia Melolonthidae presento la mayor riqueza con diez especies.

3. La zona sin manejo forestal fue la que presento mayor riqueza que va del 61.03 al 70.72%, además presento la mayor abundancia con el 73.05% de la muestra (621 ejemplares). En contraste con la zona con manejo forestal que tuvo menor riqueza que va del 63.8 al 63.99%, y presento menor abundancia con el 26.95% de la muestra (229 ejemplares). Por lo tanto, el tipo de manejo forestal si influye en la diversidad de coleópteros edafícolas asociados con una plantación de *Pinus patula*, y puede propiciar el desarrollo de poblaciones dañinas.

4. En la composición de las comunidades, la zona con manejo forestal está representada por las familias Curculionidae (6 especies), Melolonthidae (3 especies), Chrysomelidae (5 especies), Elateridae (4 especies), Carabidae (1 especie), Staphylinidae (3 especies) y Cantharidae (1 especie). La zona sin manejo forestal está compuesta por las familias Curculionidae (8 especies), Melolonthidae (10 especies), Chrysomelidae (5 especies), Carabidae (7 especies), Elateridae (4 especies), Staphylinidae (4 especies), Cantharidae (1 especie) y Scarabaeidae (1 especie).

5. Se registraron tres especies de Chrysomelidae del género *Colaspis* y cinco especies de Elateridae siendo nuevos registros para el estado de Tlaxcala.

6. En la diversidad Alpha de Fisher la zona con manejo forestal tuvo un valor de 6.11 mientras que la zona sin manejo fue de 9.67; por lo tanto hubo una diferencia significativa, siendo la zona sin manejo la que presento mayor diversidad de especies.

7. La eficiencia de muestreo en general para ambas zonas fue de un 76.74 a 81.16%, por lo tanto, nuestros resultados sugieren inventarios bastante confiables con porcentajes de integridad por encima del 75%. De acuerdo con tal predicción estarían faltando por registrar en promedio 9 especies.

8. Las especies que están más asociadas a los árboles sanos son: *Colaspis* sp. 3, Staphylinidae sp. 3, Staphylinidae sp. 4, Staphylinidae sp. 5, Elateridae sp. 2, Elateridae sp. 3, Cebrioninae sp. 1, Carabidae sp. 5 y Entiminae larva 2. Mientras que las especies asociadas a los árboles enfermos son: Entiminae larva 3, Entiminae larva 5, Entiminae larva 6, Entiminae larva 7, Curculionidae larva 8, *Phyllophaga* sp. 1, *Phyllophaga* sp. 2, *Phyllophaga* sp. 5, *Phyllophaga* sp. 7, *Macrodactylus mexicanus*, Carabiadae sp. 2, Cantharidae larva 1 y Elateridae pupa 1. Ahora bien, las especies asociadas a los árboles dañados son: Entiminae larva 1, *Phyllophaga* sp. 3, *Colaspis* sp. 1, *Colaspis* sp. 2, Chrysomelidae sp. 5, Carabidae sp. 3, Staphylinidae sp. 2 y Aphodiinae sp. 1.

9. Las recomendaciones propuestas para el manejo agroecológico de las especies que pueden causar daños importantes al sistema radical de *P. patula* consisten en, realizar colectas de adultos por medio de trampas de luz fluorescente, realizar la aplicación de extractos vegetales acuosos, así como la aplicación de abonos orgánicos y foliares a las plántulas recién trasplantadas en el bosque.

XI. LITERATURA CITADA

Alonso-Zarazaga, M. A. & C. H. Lyal. C. (1999). A World Catalogue of Families and Genera of Curculionoidea (Insect: Coleoptera) (excepting Scolytidae and Platypodidae). The Natural History Museum, London y Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC), Entomopraxis, Barcelona, España. 315 pp.

Allen, R. T. (1979). The occurrence and importance of Ground beetles in Agricultural and sourrounding habitats. In: Erwin TL, GE Ball & DR Whitehead (Eds.), *Carabid beetles, their evolution, natural history, and classification* (pp. 485-505). Dr. W. Junk, The Hague, The Netherlands.

Anderson, W. H. (1947). A terminology for the anatomical characters useful in the taxonomy of weevil larvae. *Proceedings of the entomological Society of Washington*, 49, 123-132.

Anderson, R. S. & Ashe J. S. (2000). Leaf litter inhabiting beetles as surrogates for establishing priorities for conservation of selected tropical montane cloud forests in Honduras, Central America (Coleoptera; Staphylinidae, Curculionidae). *Biodiversity and Conservation*, 9(5): 617-653.

Anderson, R. S. (2002). Family 131. Curculionidae Latreille 1802. *In*: R. H. Arnett, M. C. Thomas, P. E. Skelley & J. H. Frank (Eds.), *American Beetles, Volume II: Polyphaga Scarabaeoidea through Curculionoidea* (pp. 722-806), CRC Press LLC, Boca Raton.

Aragón G. A. & Morón, M. A. (1998). Evaluación del daño ocasionado por el complejo "gallina ciega" (Coleoptera: Melolonthidae) en el estado de Puebla. En M. A. Morón & A. Aragón (Eds.), *Avances en el estudio de la diversidad, importancia y manejo de los coleópteros edafícolas americanos* (pp. 143-149), Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y la Sociedad Mexicana de Entomología, A. C. Puebla, México.

Aragón G., A., & López, J. F. (2001). *Descripción y control de las plagas del amaranto*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Instituto de Ciencias, Puebla, Pue. México. pp: 19-22.

Aragón G. A., Morón, M. A., Tapia, A. M., R., López, J. F. & Pérez, B. C. (2003). Especies de "gallina ciega" en algunos cultivos del Estado de Puebla y su control con Extractos Vegetales. En A. Aragón, M. A. Morón & A. Marín (Eds.), *Estudios sobre coleópteros del suelo en América* (pp. 283-297), Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.

Aragón, A., Nochebuena, C. D., Morón, M. A. & López, J. F. (2008). Uso de trampas de luz fluorescente para el manejo de la gallina ciega (Coleoptera: Melolonthidae) en maíz (*Zea mays* L.). *Agrociencia*, 42(2): 217-223.

Aragón, M. (2013). Especies de gallina ciega (Coleoptera: Melolonthidae) asociadas al cultivo de amaranto (*Amaranthus hipocondriacus* L.) en las faldas del Volcán Popocatépetl, en el Estado de Puebla. Tesis de Licenciatura en Biología. Benemerita Universidad Autonoma de Puebla, Puebla, Pue. 88 p.

Arce, R. & Morón, M. A. (2000). Taxonomía y distribución de las especies de Macrodactylus Latreille (Coleoptera: Melolonthidae) en México y Estados Unidos de América. *Acta Zool. Mex*. (n.s.), 79, 123-239.

Arce, R., Rojas, C. V. & Morón, M. A. (2014). Evaluación del daño de "gallina ciega" en las raíces de *Pseudotsuga macrolepis* (Pinaceae) en la región de Las Vigas, Veracruz, México. En A. Aragón & J. F. Pérez (Eds.). *Diversidad e Importancia Agrícola de Coleópteros Edafícolas* (pp. 147-159), La Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, México. ISBN: 978-607-487-794-6.

Ávila, C. J. & Postali, J. R. (2004). Influencia de fatores físicos edáficos sobre pragas de solo. En: J. R. Salvadori, C. J. Ávila & M. T. Braga da Silva (Eds.), Pragas de Solo no Brasil, EMBRAPA-CEP (pp. 69-98), Passo Fundo, RS. Brasil.

Bale J. (2011). Harmonization of regulations for invertebrate biocontrol agents in Europe: progress, problems and solutions. *Journal of Applied Entomology*, 135, 503–513.

Baloriani, G., Paleologos, M. F., Marasas, M. E. & Sarandon, S. J. (2009). Abundancia y Riqueza de la Macrofauna Edáfica (Coleoptera y Araneae), en Invernáculos Convencionales y en Transición Agroecológica. Arana, Argentina. *Rev. Bras. De Agroecología*, 4(2): 1733-1737.

Bear, F. E. (1965). *Chemistry of soil. Second Edition*. Reinhold Publishing Corporation. New York, N.Y. USA.

Borges, J. A., Barrios, M., Chávez, A. & Avendaño. (2014). Efecto de la fertilización foliar con humus liquido de lombriz durante el aviveramiento de la morera (*Morus alba* L.). *Bioagro*, 26(3): 159-164.

Brechelt, A. (2004). El manejo ecológico de plagas y enfermedades. Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina. Av. Providencia No. 365 Dpto.41, Santiago de Chile, Chile, 36 pp.

Bustos, H. R. & Rivera, L. E. (2003). Abundancia estacional de los coleópteros nocturnos de la familia Melolonthidae (Insecta: Lamellicornia) asociadas a un bosque de pino-encino en la Sierra de Quila, Jalisco, México. En A. Aragón, M. A. Morón & A. Marin (Eds.). *Estudios sobre Coleópteros del Suelo en América* (pp. 137-148), Publicación Especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.

Cabrera, G., Robaina, N. & Ponce de León, D. (2011). Composición funcional de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba. *Pastos y Forrajes*, 34:331.

Cabrera, G. (2012). La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba. *Pastos y Forrajes*, 35,4, 349-364.

Cambefort, Y. (1991). From saprophagy to coprophagy [22–35]. In: I. Hanski and Y. Cambefort (Eds.). Dung beetle ecology. Princeton University Press, Princeton, NJ, USA.

Cano, C. J. (1988). *El sistema de manejo regular en los bosques de México*. División de Ciencias Forestales, UACH. Chapingo, México, 221 p.

Carbiener, D. (1996). Pour une gestion écologique des forêts européennes. *Courrier de I'enviroment de I' INRA*, 29, 19-38.

Celis, A., Mendoza, C., Pachón, M., Cardona, J., Delgado, W. & Cuca, L. E. (2008). Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en la familia Piperaceae. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 26(1): 97-106.

Céspedes, C. L., Alarcón, J., Aranda, E., Becerra, J. & Silva, M. (2001). Insect growth regulator and insecticidal activity of beta-dihydroagarofurans from *Maytenuss* pp. (Celastraceae) (abstract). Zeitschrift für Naturforschung-C. *Journal of Biosciences*, 56: 603-613.

Cibrián, D., Méndez, J. T., Campos, R., Yates III, H. O. & Flores, J. E. (1995). *Insectos forestales de México*. Universidad Autónoma Chapingo, Edo., de México, México, 25 pp.

Cibrián, D., R. Reyna, H. Bravo & Sosa, C. (1989). Disposición espacial del ataque del descortezador de pinos *Dendroctonus adjunctus* Blandford (Coleoptera: Scolytidae). *Agrociencia*, 76, 243-255.

Colwell, R. K. (2013). Estimates (versión 9.1.0) [Software de cómputo]. Connecticut, USA: Statistical estimation of species richness and shared species from Samples.

CONAFOR. (2001). Programa Estratégico Forestal para México 2025. México, D.F.

Costa, C., Vanin, S. A. & Casari, S. A. (1988). *Larvas de Coleoptera do Brasil*. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, São Paulo. 282 p.

Costa, C., Lawrence, J. F & Rosa, S. P. (2010). Elateridae Leach, 1815. In R. G. Beutel & R. A. B. Leschen (Eds.). Handbook of Zoology, Vol. IV, Arthropoda: Insecta, Coleoptera: evolution and systematics (Polyphaga Part) (pp. 75-103), Jena, Friedrich-Schiller-Universität. Jena.

Cuate, V. A., Aragón, A., Pérez, C. B., López, J. F., Morón, M. A. & Rojas, R. I. (2016). Manejo del complejo gallina ciega (Coleoptera: melolonthidae) asociado al cultivo de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) en Puebla, México. *Agrociencia*, 50(7): 889-900.

Dajoz, R. (2001). *Entomologia forestal: los insectos y el bosque*. Papel y diversidad de los insectos en el medio forestal. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 171-184.

Davis, A. L. & Philips, T. K. (2009). Regional fragmentation of rain forest in West Africa and its effect on local dung beetle assemblage structure. *Biotropica*, 41: 215–220.

De Liña, V. C. (1999). *Entomología Agroforestal. Insectos y Ácaros que dañan cultivos y jardines.* Ediciones Agrotecnicas S. L. España. Pp. 27.

Delgado, J. M., Aragón, A. & Morón, M. A. (2013). Región de Chignahuapan. En M. A. Morón, A. Aragón & H. Carrillo (Eds.), *Fauna de Escarabajos del Estado de Puebla*. (pp. 169-187), Escarabajos Mesoamericanos, A. C.

Ducrot, P.H. (2005). Organic chemistry´s contribution to the understanding of biopesticida activity of natural products from higher plants. In Regnault, R.C., B.J.J. Philogene y C. Vincent (Eds.). *Biopesticides of plant origin. Lavoiser and Intercept, Ltd* (pp. 47–58), Paris and Andover.

Erwin, T. L. (1985). The taxon pulse: a general pattern of lineage radiation and extinction among carabid beetles. In G. E. Ball (Ed.). *Taxonomy, phylogeny and zoogeography of beetles and ants. A volume dedicated to the memory of Phlilip Jackson Darlington, Jr.* (1904-1983). Dr. W. Junk Publishers, 514 pp.

FAO. (2005). Situación de los bosques en el mundo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 153 p.

Flores, J. D., & Sánchez, V. M. (1985). Estudio ecológico preliminar de la entomofauna asociada al cultivo del manzano *Pyrus malus* L. en la Sierra de Arteaga, Coahuila. Agraria, *Revista Científica UAAAN*, 1(1): 11-26.

Fregoni, M. (1986). Some aspects of epigean nutrition of grapevines. In A. Alexander (Ed.). *Foliar fertilization. Proceedings of the First International Symposium of Foliar Fertilization by Schering* (pp. 205-211), Agrochemical Division. Berlin. 1985.

Führer, E. (2000). Forest functions, ecosystem stability and management. *Forest Ecology and Management*, 132, 29-38.

García, M. L. & Marín, A. (2010). Plagas del Suelo en Guanajuato. En A. Rodríguez-del Bosque y M. A. Morón (Eds.). *Plagas del Suelo* (pp. 299-311), L. Mundi Prensa México.

García, A., Micó, E., Numa, C. & Galante, E. (2010). Spatiotemporal Variation of Scarab Beetle Assemblages (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae, Melolonthinae, Rutelinae) in the Premontane Rain Forest in Costa Rica: A Question of Scale. *Annals of the Entomological Society of America*, 103,6, 956-964.

García, A., Micó, E. & Galante, E. (2012). From lowlands to highlands: searching for elevational patterns of species richness and distribution of scarab beetles in Costa Rica. *Diversity and Distributions*, 18, 543–553.

García de Jesús, S., Morón, M. A. & Aragón, A. (2013). Región del Matlalcuéyetl (La Malinche). En M. A. Morón, A. Aragón y H. Carrillo (Eds.). *Fauna de Escarabajos del Estado de Puebla* (pp. 147-168), Escarabajos Mesoamericanos, A. C.

Grainge, M. & Ahmed, S. (1988). Handbook of plant with pest-control properties. John Wiley and sons, Nueva York. 470 p.

Granados, D., López, G. F. & Hernández, M. A. (2007). Ecología y silvicultura en bosques templados. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 13,1, 67-83.

Grebennikov, V. V. & Newton, A. F. (2009). Good-bye Scydmaenidae, or why the ant-like stone beetles should become megadiverse Staphylinidae sensu latissimo (Coleoptera). *European Journal of Entomology*, 106: 275-301.

Grupo Pima´s S.C. (2009). Estudio Regional Forestal de la Unidad de Manejo Forestal No. 0802, El Largo-Madera. Madera, Chihuahua, 285 pg.

Guerrero, E., Lezcano, J. A., Sánchez, V. M., Corrales, J. & Landeros, J. (2004). Biología del picudo de la yema del manzano *Amphidees latifrons* (Sharp) (coleoptera: curculionidae). *Acta Zool. Mex*. (n.s.) 20(1): 265-272.

Halffter, G. & D. Edmonds. (1982). *The nesting behaviour of dung beetles (Scarabaeinae).* An ecological and evolutive approach. Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Veracruz, México.

Hernández, J. C., Corral, J. J., Quiñones, A., Bacon, J. R. & Vargas, B. (2008). Evaluación del manejo forestal regular e irregular en bosques de la Sierra Madre Occidental. *Madera y Bosques*, 14(3): 25-41.

Hernández, J. (2014). Curso regional: Regulación, manejo y salud forestal. Ordenación forestal. Chihuahua, Chihuahua. En: http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2014/CD001804.pdf (Consultado el 2 de abril de 2017).

Hernández, U., Molina, A., Aragón, A. & Pérez, B. C. (2017). Diversidad de larvas de coleópteros (Insecta: Coleoptera) asociadas a un bosque de pino con aprovechamiento forestal en Zacatlán, Puebla, México. *Entomología forestal*, 4, 531-536.

Holland, J. M. & Luff, M. L. (2000). The effects of agricultural practices on Carabidae in temperate agroecosystems. *ResearchGate*, 5, 109–129.

Hooper, T. (1990). Las Abejas y la Miel: Guía para el Apicultor. El Ateneo. Buenos Aires, Argentina. 300 p.

INAFED. (2006). Enciclopedia de los municipios de México. 2002. Tlaxco, Estado de Tlaxcala. http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM29tlaxcala/index.html (28 de julio de 2016).

INAFED. (2016). Enciclopedia de los Municipios de México. 2002. Tlaxco, Estado de Tlaxcala. http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM29tlaxcala/index.html (2 de Septiembre de 2016).

INEGI. (2005). Anuario Estadístico de Tlaxcala. México. pp. 3-27.

James, F. & Rathbun, S. (1981). Rarefaction, relative abundance, and diversity of avian communities. *The Auk*, 98, 785-900.

Jiménez, E., Zaragoza, S. & Noguera, F. A. (2009). Variación temporal de la diversidad de estafilínidos (Coleoptera: Staphylinidae) nocturnos en un bosque tropical caducifolio de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80: 157-168.

Johnson, P. J. (2002). Elateridae Leach 1815. In R. H. Arnett, Jr., M. C. Thomas, P. E. Skelley & J. H. Frank (Eds.). *American beetles. Polyphaga: Scarabaeoidea through Curculionoidea, volumen 2* (pp. 160-173), CRC Press, Gainesville.

Juarez, Y. (2014). Gorgojos subterráneos en una plantación forestal en la región de Las Vigas, Veracruz (Coleoptera: Curculionoidea). Tesis de Licenciatura en Biología. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, Pue. 114 p.

Juarez, Y. & Morón. M. A. (2017). Curculiónidos edafícolas (Coleoptera: Curculionoidea) en una plantación de árboles de navidad en la región de Las Vigas, Veracruz, México. *Entomología Mexicana*, 4, 688-693.

Lanteri, A. A. (dir.). (1994). *Bases para el control integrado de los gorgojos de la alfalfa*. De la Campana Ediciones, La Plata. Pp. 119.

Lanteri, A., Diaz, N., Loiácono, M. & Marvaldi, A. (1997). Gorgojos perjudiciales a los cultivos de trigo en la Argentina (Coleoptera: Curculionidae). *Revista Sociedad Entomológica Argentina,* 56 (1-4): 77-89.

Lanteri, A. A. Marvaldi A. E. & Suárez S. M. (2002). Gorgojos de la Argentina y sus plantas huéspedes. Tomo I: Apionidae y Curculionidae. Publicaciones Especiales de la Sociedad Entomológica Argentina, No. 1, pp 98.

Lastres, L. Argüello, H. & Rueda, A. (2012). Manejo Integrado de Cultivos. Manual del Promotor Agrícola. Programa Manejo Integrado de Plagas de la Cooperación Suiza en América Central. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras. 53 p.

Magurran, A. E. (2004). *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing, Oxford. 264 pp.

Mallén, R. C. (2005). Hacia un moderno manejo forestal. Teorema Ambiental. Año 11, Abril-Mayo, 51, 28-38.

Mansaray, M. (2000). Herbal remedies food or medicine?. *Chem. Ind*. 20(16): 677- 678.

Marasas, M. (2002). Efecto de los sistemas de labranza sobre la abundancia y diversidad de la coleopterofauna edáfica, con especial referencia a las especies de Carabidae, en un cultivo de trigo y los ambientes naturales circundantes. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. UNLP. Pp. 113.

Márquez, J. (2005). Técnicas de colecta y preservación de insectos. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 37: 385-408.

Martínez, B. (2013). Guía básica de buenas prácticas para plantaciones forestales de pequeños y medianos propietarios. Corporación Nacional Forestal. Paseo Bulnes 285. Santiago, Chile, 91 p.

Marvaldi, A. E. & Loiácono, M. S. (1994). First instar larvae in the tribe Naupactini (Coleoptera: Curculionidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 38 (2): 453-466.

Marvaldi, A. E. (1997). Higher level phylogeny of Curculionidae (Coleoptera: Curculionoidea) based mainly on larval characters, with special reference to broadnosed weevils. *Cladistics*, 13: 285-312.

Marvaldi, A. E. (1998). Larvae of Entiminae (Coleoptera: Curculionidae) tribal diagnoses and phylogenetic key, with a proposal about natural groups within Entimini. *Entomologica Scandinavica*, 29(1): 89-98.

Marvaldi, A. E. (1999). Morfología larval en Curculionidae (Insecta: Coleoptera). *Acta Zoológica Lilloana,* 45, 7-24.

Marvaldi, A. E. (2003). Key to larvae of the South American subfamilies of weevils (Coleoptera, Curculionoidea). *Revista Chilena de Historia Natural*, 76, 603-612.

Mattson, W. J. & Addy, N. D. (1975) Phytophagous Insects as Regulators of Forest Primary Production. *Science*, 190: 515-522.

May, B. (2014). Identification of the immature forms of some common soil-inhabiting weevils, with notes on their biology. N. Z. H agric. *Res*. 9: 286-316.

Méndez, J. T. & Cibrián, D. (1985). Impacto del ataque de *Zadiprion vallicola*, defoliador de pinos, sobre el incremento de diámetro de *Pinus montezumae* en la Meseta Tarasca. Memoria de los Simposios Nacionales II y III de Parasitología Forestal. SARH. *Publ. Esp*., 46, 249-255.

Méndez, C. (1997). Efectividad de los hongos y nemato entomopatogenos para el control de "gallina ciega" (*Phyllophaga* spp.) en Miraaflor. Esteli, Nicaraua. Tesis de ingeniero agrónomo/ Zamorano, Honduroas / 96 p.

Moore, B. P. (1979). Chemical defense in carabids and its bearing on phylogeny. In T. L. Erwin, G. E. Ball & DR Whitehead (Eds.). Carabid beetles, their evolution, natural history, and classification: 193-203.

Morón, M. A. (1984). *Escarabajos, 200 millones de años de evolución*. Instituto de Ecología, A. C. México, D. F. 130 pp.

Morón, M. A., J. Valenzuela & Terrón, R. A. (1988). La macro-coleopterofauna saproxilofila del soconusco, Chiapas, México. *Folia Entomológica Mexicana*, 74, 145-158.

Morón, M. A., & Terrón, R. A. (1988). *Entomología practica una guía para el estudio de los insectos con importancia agropecuaria, medica, forestal y ecológica de México*. Instituto de Ecología, A. C. México, D.F. 277 pp.

Morón, M. A. & Deloya, C. (1991). Los Coleópteros Lamellicornios de la Reserva de la Biosfera "La Michilia", Durango, México. *Folia Entomológica Mexicana*, 81, 209-238.

Morón, M. A. (1996). Melolonthidae (Coleoptera). En Llorente-Bousquets, J., E. Gózales-Soriano & A. N. García-Aldrete (Eds.). *Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México* (pp. 287-307), Hacia una síntesis de su conocimiento. U.N.A.M., México.

Morón, M. A., Hernández, S. & Ramírez, S. (1998). Las especies de *Phyllophaga* (Coleoptera: Melolonthidae) con importancia agrícola en Nayarit, México. En M. A. Morón & A. Aragón (Eds.). *Avances en el Estudio de la Diversidad, Importancia y Manejo de Coleópteros Edafícolas Americanos* (pp. 79-98), Publ. Esp. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y Soc. Mex. Entomol. A. C. Puebla, México.

Morón, M. A. (2001). Larvas de escarabajos del suelo en México (Coleoptera: Melolonthidae). *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie), 1: 111-130.

Morón, M. A. (2004). *Escarabajos, 200 millones de años de evolución*. Instituto de Ecología y Sociedad Entomológica Aragonesa. Zaragoza. España. 204 pp.

Morón, M. A., A. M. Tapia & Rivera, L. E. (2010a). Plagas del suelo en sistemas forestales. En Rodríguez-del-Bosque, L. A. y M. A. Morón (Eds.). *Ecología y Control de Plagas Edafícolas* (pp. 403-417), Publicación especial del Instituto de Ecología, A.C. México.

Morón, M. A., Rojas, C. V. y Arce, R. (2010b). Melolóntidos edafícolas en una plantación de coníferas en Veracruz, México (Coleoptera: Scarabaeoidea). En Rodríguez-del-Bosque, L. A. & M. A. Morón (Eds.). *Ecología y Control de Plagas Edafícolas* (pp. 18-34), Publicación especial del Instituto de Ecología, A.C. México.

Moshkin, V. A. (1986). Economic importance and regions of cultivation of castor. In Moshkin, V. A. (Ed.), *Castor. Moscow*. (pp. 1–5), Kolos.

Mosquera, B. (2010). Abonos orgánicos protegen el suelo y garantizan alimentación sana. Manual para elaborar y aplicar abonos y plaguicidas orgánicos. Fondo para la protección del agua (FONAG). pp. 24.

Muñiz, R. (2001). Algunos Curculionidos en las plantas cultivadas en México. Boletín de la *Sociedad Mexicana de Entomología*, (16):1-14.

Muñiz, R. (2008). Sinopsis de las especies mexicanas de Amphidees (Curculionidae: Entiminae: Tropiphorini). *Dugesiana*, 15,2, 117-122.

Muñoz, A., Aragón, A. & Morón, M. A. (2013). Región de Teziutlán. En M. A. Morón, A. Aragón & H. Carrillo (Eds.). *Fauna de Escarabajos del Estado de Puebla* (pp. 207-227), Escarabajos Mesoamericanos, A. C.

Nájera, M. B. (1998). Diversidad y abundancia del complejo "gallina ciega" (Coleoptera: Melolonthidae) en agroecosistemas de maíz de la región templada de Michoacán, México. En M. A. Morón & A. Aragón (Eds.). *Avances en el estudio de la diversidad, importancia y manejo de los Coleópteros edafícolas americanos* (pp. 99−106), Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y la Sociedad Mexicana de Entomología, A. C. Puebla, México.

Nichols, E., Larsen, T., Spector, S., Davis, A. L., Escobar, F., Favila, M. & Vulinec, K. (2007). Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: a quantitative literature review and meta-analysis. *Biol. Conserv*. 137: 1–19.

Nochebuena, C. D. & Aragón, A. (2005). Control del complejo "gallina ciega" (Coleoptera: Melolonthidae) utilizando trampas de luz fluor, en la zona maicera de Santa Cruz Alpuyeca, Cuautinchan, Puebla. *Entomología Mexicana*, 4: 590-594.

Oberprieler, R. G., Marvaldi A. E. & Anderson, R. S. (2007). Weevils, weevils, weevils everywhere. *Zootaxa*, 1668, 491-520.

Ocegueda, S., Moreno, E. & Koleff, P. (2005). Plantas utilizadas en la medicina tradicional y su Identificación Científica. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). *Biodiversitas*, 62: 12-15.

Ordóñez, M. M., López, S. & Rodríguez, G. (2014). Biodiversidad de Chrysomelidae (Coleoptera) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85: S271-S278.

Ottaway, P.B. (2001). The roots of a health diet. *Chem. Ind.* 22: 42-44.

Pérez, J. F., García, M. L., Alvarez, R. & L. Rodríguez-del Bosque, L. A. (2010). "Diabróticas" como Plagas del Suelo. En L. A. Rodríguezdel- Bosque & M. A. Morón (Eds.). *Plagas del suelo* (pp. 361-372), Mundi Prensa, México, D. F.

Pérez, B., Aragón, A., Cuate, V., López, J., Aragón, M. & Lugo, G. (2017). Efecto de la aplicación en campo de mezclas de extractos vegetales sobre la presencia y daños de insectos plaga del cultivo de *Amaranthus hypochondriacus* L. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 34: 477-496.

Pohl, G., Langor, D., Klimaszewski, J., Work, T. & Paquin, P. (2008). Rove beetles (Coleoptera: Staphylinidae) in northern Nearctic forests. *Canadian Entomologist*, 140(4): 415-436.

Remmert, H. (1991). *The mosaic-cycle concept of ecosystems*. Ecological Studies. Springer Verlag, Berlin.

Ribera, I., Melic, A. & Torralba, A. (2015). *Introducción y guía visual de los artrópodos*. IDE-SEA, 2: 1-30.

Riley, E. G., Clark, S. M., Flowers, R. W. & Gilbert, A. J. (2002). Chrysomelidae Latreille 1802. In R. H. Jr. Arnett, M. C. Thomas, P. E. Skelley & J. H. Frank (Eds.). *American beetles. Polyphaga: Scarabaeoidea through Curculionoidea Volume 2* (pp. 617-691), CRC Press LLC. Boca Raton.

Ritcher, P. O. (1966). *White grubs and their allies. A study of North American Scarabaeoid larvae*. Studies in Entomology No.4. Oregón State University Press, Corvallis. 219 pp.

Rivera, L. E. & Morón, M. A. (1992). La comunidad de coleópteros asociados al arbolado muerto en un bosque mesófilo de montaña de la Sierra de Manantlán, Jalisco, México. *Folia Entomológica Mexicana*, 85, 65-76.

Rodríguez, M. M. (1997). Fertilización foliar en el cultivo del tomate en condiciones de invernadero. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 148 p.

Rodríguez, H.C. & Nieto, D. (1997). Anonáceas con propiedades insecticidas. En Rebouças São Jose, A., I. Vilas Boas, O. Magalhães & R. Hojo (Eds.). *Anonáceas, produção e mercado (pinha, graviola, atemóia e cherimólia)* (pp. 229-239), Bahía, Brasil.

Rodríguez del Bosque, L. A. & Morón, M. A. (2010). *Plagas del suelo*. Editorial Mundi-Prensa. México, D. F., 403-410 pp.

Roig, S. (1998). Carabidae. En J. J. Morrone & S. Coscaron (Eds.). *Biodiversidad de artrópodos argentinos: una perpectiva biotaxonómica* (pp. 194-209), Ediciones Sur, La Plata.

SAF. (1992). Biological diversity in forest ecosystems: a position of the Society of American Foresters. J. *Forest*, 90(2): 42-43.

Salamanca, C., Aragón, A. & Morón, M. A. (2013). Region del Citlaltépetl, Tlalchichuca y Ahuatepec. En M. A. Morón, A. Aragón y H. Carrillo (Eds.). *Fauna de Escarabajos del Estado de Puebla* (pp. 123-146), Escarabajos Mesoamericanos, A. C.

SEMARNAT y CONAFOR. (2000). La entomología forestal en México. Información obtenida del libro: Insectos forestales de México.

SEMARNAT. (2002). Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina al año 2020. Informe Nacional. México. FAO-SEMARNAT.

Sharp, D. & Champion, G. C. (1909-1910). Insecta. Coleoptera, Rhynchophora. Curculionidae Attelabibinae, Pterocolinae, Allocoryninae, Apioninae, Thecesterninae, Otiorhiynchinae. In R. H. Porter (Ed.), *Biologia Centrali-Americana*, Vol. 4 part 3 (pp. 107-200). London.

SMN. (2010). Sistema Meteorológico Nacional. Tlaxco, estado de Tlaxcala, México. http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=tlax. Consultado en marzo de 2018.

Tapia, A. M., Aragón, A., López, O. & Morón, M. A. (2003). Determinación de Melolonthidae (Insecta: Coleoptera) en algunos suelos forestales del estado de Puebla, México. En A. Aragón, M. A. Morón y A. Marín (Eds.). *Estudio sobre coleópteros del suelo en América* (pp. 129-135), Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.

Thiele. H.U. (1977). *Carabid beetles in their environments: a study on habitat selection by adaptions in physiology and behaviour*. Springler-Verlag, Berlin, Alemania. 360 pp.

Thompson, R. G. (1979). Larvae of North American Carabidae with a key to the tribes. In T. L. Erwin., G. E. Ball, D. R. Whitehead & A. L. Halpern (Eds.). *Carabid beetles: their evolution, natural history, and classification (Proceedings of the First International Symposium of Carabidology, Smithsonian Institution, Washington, D.C., August 21, 23 and 25* (pp. 209- 291), The Hague: Dr. W. Junk Publishers, 634 pp

Trinidad S., A., Núñez, R. & Baldovinos de la P. (1971). Aplicaciones foliares de Fe, Mn, Zn y Cu en los árboles de durazno. Memorias del V Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Guadalajara, Jal.

Trinidad, A. & Aguilar., D. (1999). Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *Terra*, 17(3): 247-255.

Villalobos, F. J. (1995). El manejo sostenible de plagas del suelo: el caso de las larvas de Melolonthidae. En A. Aragón (Ed.). *Control de plagas con Métodos Alternativos al Químico* (pp. 69-89), Pub. Esp. Sociedad Mexicana de Entomología. Puebla, Pue. Méx.

Ward A., Moore C., Anitha V, Wightman J. & Rogers D. J. (2002). Identification of sex pheromone of Holotrichia reynaudi. J. *Chem Ecol*., 28, 515-522.

Zepeda, R., Carballo, A., Alcantar, G., Hernández, A. & Hernández., J. A. (2002). Efecto de la fertilización fliar en el rendimiento y calidad de semillas de cruzas simples en maíz. *Rev. Fitotec. Mex*. 25(4): 419-426.

Zerbino, M.S., Altier, N., Morón, M. A. & Rodríguez, C. (2008). Evaluación de la macrofauna del suelo en sistemas de producción en siembra directa y con pastoreo. *Agrociencia*, 12: 44.

Zimmerman, E. C. (1994). *Australian weevils, vol. I. Anthribidae to Attelabidae. CSIRO*, Melbourne, 741 pp.

Zurita, M., Johnson, P. y Zaragoza, S. (2014). Diversidad de Elateridae (Coleoptera) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85: S303-S311.