



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

Instituto Politécnico Nacional
"La Técnica al Servicio de la Patria"



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral
Regional**
Unidad Oaxaca

*Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de
Recursos Naturales*

Nocividad de *Strategus aloeus* L. en dos especies de *Agave* y su
manejo a base de hongos entomopatógenos asociados en aceites

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
CIENCIAS**

(PRODUCCIÓN Y PROTECCIÓN VEGETAL)

PRESENTA:

TLACAELEL AQUINO LÓPEZ

DIRECTORES DE TESIS

Dr. TEODULFO AQUINO BOLAÑOS

Dra. YOLANDA DONAJÍ ORTIZ HERNÁNDEZ





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

SIP-14
REP 2017

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca, Oax. siendo las 14 horas del día 01 del mes de junio del 2020 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Posgrado de: CIIDIR-OAXACA para examinar la tesis titulada:

Nocividad de *Strategus aloeus* L. en dos especies de *Agave* y su manejo a base de hongos entomopatógenos asociados en aceites del (la) alumno (a):

Apellido Paterno:	Aquino	Apellido Materno:	López	Nombre (s):	Tlacaehel
-------------------	--------	-------------------	-------	-------------	-----------

Número de registro: A 1 8 0 1 7 3

Aspirante del Programa Académico de Posgrado:

Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales

Una vez que se realizó un análisis de similitud de texto, utilizando el software antiplagio, se encontró que el trabajo de tesis tiene 11 % de similitud. **Se adjunta reporte de software utilizado.**

Después que esta Comisión revisó exhaustivamente el contenido, estructura, intención y ubicación de los textos de la tesis identificados como coincidentes con otros documentos, concluyó que en el presente trabajo **NO SE CONSTITUYE UN POSIBLE PLAGIO.**

JUSTIFICACIÓN DE LA CONCLUSIÓN:

El 11 % de similitud de este trabajo fue encontrado en la literatura citada, la información que genero este trabajo de investigación fue novedoso, obteniendo datos por primera vez. Para el manejo de *Strategus aloeus* L. plaga del cultivo de agave.

****Es responsabilidad del alumno como autor de la tesis la verificación antiplagio, y del Director o Directores de tesis el análisis del % de similitud para establecer el riesgo o la existencia de un posible plagio.**

Finalmente, y posterior a la lectura, revisión individual, así como el análisis e intercambio de opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR** la tesis por **UNANIMIDAD** en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

COMISIÓN REVISORA DE TESIS

Dr. Teodulfo Aquino Bolaños
Director de Tesis
Nombre completo y firma

Dr. Jaime Ruiz Vega
Nombre completo y firma

Dr. David Martínez Sánchez
Nombre completo y firma

Dra. Yolanda Donaj Ortiz Hernández
2º Director de Tesis
Nombre completo y firma

Dr. José Antonio Sánchez García
Nombre completo y firma

Dr. Salvador Isidro Belmonte Jiménez
Nombre completo y firma
PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES




INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de Oaxaca el día 01 del mes de junio el año 2020, el (la) que suscribe Tlacaclael Aquino López alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES con número de registro A180173, adscrito a Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Teodulfo Aquino Bolaños y la Dra. Yolanda Donají Ortiz Hernández y cede los derechos del trabajo titulado: “Nocividad de *Strategus aloeus* L. en dos especies de Agave y su manejo a base de hongos entomopatógenos asociados en aceites” al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección tlacaquino2@gmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.



Nombre y firma

Dedicatoria

A mis padres, a mi hermana y a Key por su apoyo, cariño y motivación

Al Dr. Teodulfo Aquino Bolaños por todo su amistad, apoyo y enseñanzas a lo largo de la realización de este estudio.

A mis familiares, por fijarme metas y orgullo.

A mis amigos, a todos ellos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Resumen.....	i
Abstract	ii
I. Introducción.....	1
II. Objetivos.....	3
2.2 Objetivo General.....	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
III Hipótesis.....	4
IV. Revisión de literatura.....	5
4.1 <i>Agave</i>	5
4.1.1 Taxonomía.....	5
4.1.2 Distribución de la familia Agavaceae.....	5
4.1.3 Suelos en que se desarrolla el genero <i>Agave</i>	6
4.1.4 Especies de <i>Agave</i> de Oaxaca	7
4.1.4.1 <i>Agave potatorum</i>	7
4.1.4.2 <i>Agave angustifolia</i>	8
4.1.5 insectos que dañan a las especies del género <i>Agave</i>	8
4.1.5.1 Picudo del <i>agave</i> (<i>Scyphophorus acupunctatus</i> Gyllenhal).....	9
4.1.5.2 Rondón o Escarabajo Rinoceronte (<i>Strategus aloeus</i> L.).....	10
4.2 <i>Strategus aloeus</i>	10
4.2.1 Distribución	10
4.2.2 Plantas hospedantes de <i>Strategus aloeus</i>	11
4.2.3 Ciclo biológico <i>Strategus aloeus</i>	11
4.2.4 Enemigos naturales.....	12
4.2.5 Métodos de control.....	12
4.2.5.1 Métodos de control de coleópteros barrenadores.....	13
4.2.5.2 Control químico.....	13
4.2.5.3 Control físico – mecánico.....	13
4.3 Control biológico.....	14
4.4 Hongos entomopatógenos	14
4.4.1 Acción y reproducción de los hongos entomopatógenos.....	15
4.4.2 Desarrollo y crecimiento de conidios en la cutícula de insectos	16
4.4.3 Factores abióticos	17
4.5 Aceites vegetales y su efecto en plagas	18

4.5.1 Hongos entomopatógenos en aceites vegetales.....	19
V. Materiales y Métodos	20
5.1 Localización de área de estudio	20
5.2 Trampas de luz para colecta de adultos de <i>Strategus aloeus</i>	21
5.2.1 Ciclo de vida de <i>Strategus aloeus</i> en fase adulta en condiciones de laboratorio.....	22
5.3 Determinación de daño causado por <i>Strategus aloeus</i> en plantas de agave.....	23
5.4 Determinación de perdidas causados por el adulto de <i>Strategus aloeus</i> en piñas de agave.....	26
5.5 Evaluación de hongos en emulsión de aceites en adultos de <i>Strategus aloeus</i> en condiciones de laboratorio.....	28
VI. Resultados y Discusión.....	30
6.1 Efecto de trampas de luz para colecta de adultos de <i>Strategus aloeus</i>	30
6.1.2 Ciclo de vida en estadio adulto de <i>Strategus aloeus</i> adulto en condiciones de laboratorio	32
6.2 Daños causados por <i>Strategus aloeus</i> en agave	33
6.3 Determinación de Perdidas en plantas de agave	35
6.4 Efectividad de cepas de hongos entomopatógenos en emulsiones de aceites en adultos de <i>Strategus aloeus</i> en condiciones de laboratorio.....	38
VII. Conclusiones.....	42
VIII. Bibliografía.....	43

ÍNDICE DE CUADROS

Núm. de cuadro		
1	Escalas utilizadas para evaluar el porcentaje de daño causado por <i>Strategus aloeus</i> en plantas de agave	25
2	Tratamientos evaluados en la efectividad de la emulsión aceites con hongos entomopatógenos en adultos de <i>Strategus aloeus</i>	29
3	Daños encontrados en piñas de <i>A. potatorum</i> y <i>A. angustifolia</i> por grado de afectación en 170 plantas evaluadas	34
4	Pérdidas encontradas en 85 piñas de <i>A. angustifolia</i> por grado de afectación....	35
5	Pérdidas encontradas en 85 piñas de <i>A. potatorum</i> por grado de afectación....	36
6	Porcentajes de mortandad cada 24 horas a partir de la aplicación de entomopatógenos más aceites	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Núm. de figura		
1	<i>Agave potatorum</i>	7
2	<i>Agave angustifolia</i>	8
3	Ubicación del CIIDIR-IPN Unidad Oaxaca.....	20
4	San Dionisio Ocotepéc (1), Tlacolula de Matamoros (2) y San Juan Guelavía (3).....	21
5	Trampa de luz modelo “Luis de Queiroz”.....	21
6	Recipientes de plástico acondicionados para mantener <i>S. aloeus</i> en su etapa adulta.....	23
7	Medición de la profundidad de galería originada por <i>S. aloeus</i> en <i>A. potatorum</i> ...	24
8	Grado de avance y síntomas: 1 - Planta aparentemente sana; 2 - Lesiones de 1 a 15 cm de profundidad, planta con marchitez en las hojas; 3 - Planta con pudrición seca en hojas y cogollo ligeramente inclinado; 4 - Planta incluida desde la base, hojas de la base secas y con pudrición del cogollo y 5 - Cogollo y piña completamente dañados, planta evidentemente muerta.....	24
9	Peso de plantas de agave evaluadas	27
10	Recipientes utilizados para evaluar la efectividad de los tratamientos	28
11	Adultos de <i>S. aloeus</i> capturados de mayo-agosto de 2018 con trampas de luz...	31
12	Plantas de <i>A. potatorum</i> con un grado de afectación 5	36
13	Crecimiento de micelio de <i>M. anisopliae</i> (1) y <i>B. bassiana</i> (2) en <i>Strategus aloeus</i> después de la aplicación de soluciones de hongos entomopatógenos más aceites.....	39
14	Crecimiento de micelio de <i>M. anisopliae</i> (1) y <i>B. bassiana</i> (2) tomado de cadáveres de <i>S. aloeus</i> utilizados en bioensayos.	39

RESUMEN

El escarabajo *Strategus aloeus* L. es plaga en su etapa adulta, ataca plantaciones jóvenes de *Agave* spp. menores a 3 años de edad. Este trabajo se llevo a cabo en dos fases experimentales. En campo, en plantas de 2 a 3 años de edad de *Agave potatorum* Zucc. y *Agave angustifolia* Haw., se determinaron las pérdidas y daños causadas por *S. aloeus*. En laboratorio se evaluaron los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill. y *Metarhizum anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin a 1×10^7 esp/insecto en emulsiones de aceites vegetales, *Persea americana* Mill., *Ricinus communis* L. y *Prunus dulcis* Mill. a dos concentraciones 20 y 40 % para el control de *S. aloeus*. Para *A. potatorum* con un tamaño de muestra de 85 plantas evaluadas, el porcentaje total de daño causado por *S. aloeus* fue de 79.90%. Para *A. angustifolia* con el mismo número de plantas evaluadas, se encontró que esta especie de *Agave* presentó un 65.86 % de daño. En *A. angustifolia*, el grado de afectación 4 y 5 por *S. aloeus* ocasionó pérdidas de 1 794.9 y 2 227.5 g/plantas con respecto al testigo. Mientras que en *A. potatorum* el grado de afectación 4 y 5 fue de 1 631.9 y 2 119.7 g/planta de pérdidas respecto al testigo. En laboratorio, se requirieron 48 horas para tener una efectividad del 100 % en adultos de *S. aloeus* con los tratamientos *B. bassiana* + *P. americana* 40% y *B. bassiana* + *P. dulcis* 40%.

Palabras clave: *Beauveria bassiana*, Escarabajo rinoceronte, *Metarhizum anisopliae*, pérdidas y daños.

ABSTRACT

The beetle *Strategus aloeus* L. is a pest in its adult stage, attacking young plantations of *Agave* spp. under 3 years of age. This work was carried out in two experimental phases. In the field, in plants of 2 to 3 years of age of *Agave potatorum* Zucc. and *Agave angustifolia* Haw., losses and damages caused by *S. aloeus* were determined. The entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill were evaluated in the laboratory. and *Metarhizum anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin at 1×10^7 esp / insect in vegetable oil emulsions, *Persea americana* Mill., *Ricinus communis* L. and *Prunus dulcis* Mill. at two concentrations 20 and 40% for the control of *S. aloeus*. For *A. potatorum* with a sample size of 85 plants evaluated, the total percentage of damage caused by *S. aloeus* was 79.90%. For *A. angustifolia* with the same number of plants evaluated, this *Agave* species was found to have 65.86% damage. In *A. angustifolia*, the degree of involvement 4 and 5 by *S. aloeus* caused losses of 1,794.9 and 2,227.5 g / plants compared to the control. While in *A. potatorum* the degree of involvement 4 and 5 was 1 631.9 and 2 119.7 g / plant of losses compared to the control. In the laboratory, 48 hours were required to be 100% effective in adults of *S. aloeus* with the treatments *B. bassiana* + *P. americana* 40% and *B. bassiana* + *P. dulcis* 40%.

Key words: *Beauveria bassiana*, *Rhinoceros beetle*, *Metarhizum anisopliae*,
loss and damage.

I. INTRODUCCIÓN

En América se tienen registradas 206 especies de agaves, el 77 % de ellas están en México de las cuales 119 especies son endémicas (García-Mendoza, 2011; Huerta-Alcocer *et al.*, 2014). Desde la época prehispánica han sido utilizadas para múltiples fines (Pérez *et al.*, 2012). El agave es de gran importancia económica para México, debido a la gran variedad de productos y subproductos que se pueden elaborar con las diferentes especies de plantas de agave; en la elaboración de productos como las bebidas con alcohol (tequila, mezcal, pulque, aguamiel, aguardiente o cocuy); en la producción de alimentos (aguamiel, jarabe, vinagre, levadura, condimento, barbacoa, mixiotes, forraje para animales entre otros (García-Mendoza, 2011). La fibra se utiliza para la fabricación cordeles, costales, bolsas, tapetes sandalias, cinturones, hamacas, petates, etc. (García-Herrera *et al.*, 2010).

Las características fisiológicas y morfológicas del agave les permite habitar en ambientes adversos donde hay vegetación xerófita, pastizales, matorrales y bosques, se les puede encontrar desde valles y planicies hasta laderas y cerros con altitudes de 3000 msnm (García-Herrera *et al.*, 2010). El cultivo intensivo y extensivo del agave en el estado de Oaxaca se ha modificado la producción artesanal tradicional al monocultivo; lo que favorece el control manual de malezas y plagas (Bautista y Smit 2012). De acuerdo a CESAVEG (2008) se registran como las principales plagas de los plantíos de agave a: *S. acupunctatus* (picudo), *Acanthoderes funerarius* (cerambicido), *Strategus aloeus* (escarabajo rinoceronte o

barrenador de la piña), *Acutaspis agave* (escamas armadas, chapulín), (*Paracoccus spp.* (piojo harinoso), entre otras. *S. aloeus*, es considerado plaga en su etapa adulta, en campo, es muy visible su presencia a partir del inicio de las lluvias, afecta principalmente a las plantaciones recién establecidas o menor a 3 años, y su actividad ocurre durante la noche (Rubio, 2007; García *et al.*, 2009). Esta plaga perfora la base de la planta para después barrenar hacia arriba de la piña del agave dejando una galería del tamaño de su cuerpo, afectan principalmente en el proceso fisiológico de la planta de agave, mostrando un deficiente crecimiento y desarrollo en hojas y del cogollo de la planta (CESAVEG 2008).

S. aloeus está presente en la zona de denominación de origen del Tequila: (Jalisco, Michoacán, Guanajuato, Nayarit y Tamaulipas; sin embargo, en Oaxaca no existía reporte de este escarabajo el cual afecta la producción de agave en parcelas aledañas a los bosques de pino encino (Rubio, 2007).

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Determinar la nocividad de *Strategus aloeus* en plantas de agave y su manejo a base de hongos entomopatógenos en emulsiones de aceites vegetales.

2.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de las trampas de luz (blanca y negra) para colectar adultos de *S. aloeus* en plantas de agave.
- Determinar las pérdidas y daños que ocasiona el adulto de *S. aloeus* en plantas cultivadas de 1 a 3 años de edad de *A. potatorum* y *A. angustifolia*.
- Evaluar la efectividad de dos hongos *M. anisopliae* y *B. bassiana* en emulsiones de aceites vegetales (*P. americana*, *R. communis* y *P. dulcis*) en adultos de *S. aloeus* en laboratorio.

III. HIPÓTESIS

Ha. Los hongos entomopatógenos aplicados en emulsiones de aceites disminuye la población de adultos de *S. aloeus* de manera similar a un insecticida químico, bajo condiciones de laboratorio.

H0. Los hongos entomopatógenos aplicados en emulsiones de aceites no tienen efecto en poblaciones de adultos de *S. aloeus* en condiciones de laboratorio.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Agave

El agave es una especie monocárpica (florece una vez en su vida y posteriormente muere), es una planta en roseta con hojas gruesas y carnosas llamadas “pencas” que terminan con una punta en forma de espina. La fisiología y morfología de esta planta le permite prosperar en condiciones adversas de clima y suelo con alta pedregosidad, laderas o montañas a gran altitud, así como en suelos llanos y planos (García-Herrera *et al.*, 2010).

4.1.1 Taxonomía

La ubicación taxonómica de los agaves es controversial, en años recientes el genero Agave es ubicado en Asparagaceae, presenta morfología heterogénea, sin embargo, desde la perspectiva de la biología molecular aún no está bien caracterizada (García-Mendoza *et al.*, 2019). De acuerdo a evidencias morfológicas y moleculares el género Agave, se ha ubicado en Asparagaceae, subfamilia Agavoideae en el sistema de clasificación APG IV.

4.1.2 Distribución de la familia Agaveceae

En América, la familia Agavaceae (conformada por nueve géneros) se pueden encontrar desde Estados Unidos hasta Argentina, (Cañas, 2017). En México existen más de 150 especies, y desde la época prehispánica, se han utilizado con múltiples fines, actualmente son de gran importancia para la industria que produce bebidas alcohólicas (Pérez *et al.*, 2012).

El agave presenta características fisiológicas y morfológicas que le permite habitar en ambientes adversos con vegetación xerófito, pastizales, matorrales y bosques desde valles y planicies hasta cerros y laderas con altitudes que van de los 300 a los 3000 msnm (García-Herrera *et al.*, 2010).

El área de producción del cultivo de maguey en el estado de Oaxaca, se encuentra a 570 msnm (Valles Centrales, Distritos de Tlacolula de Matamoros, Zimatlán de Alvares, Ejutla, y Ocotlán de Morelos) y a 1 600 msnm (Sierra Sur, Distritos de Yautepec, Miahuatlán y Sola de Vega), existiendo una variación de 800 a 1 800 msnm, con cambios de temperatura entre 18.7 a 30 °C. (Bravo *et al.*, 2005).

4.1.3 Suelos en que se desarrolla el género *Agave*

La planta de agave crece y se reproduce en una gran diversidad de suelos y climas, predominando los suelos no aptos para otros cultivos agrícolas suelos poco profundos, el agave una planta muy rustica que no requiere mayores cuidados, todas las especies de *agave* pueden crecer y cultivarse en terrenos pedregosos, calientes, erosionados y secos. Hay que señalar además que un 49% de superficie total está compuesta por terrenos con pendientes mayores del al 50%; un 34% con pendientes entre 10 al 30% y un 17% con terrenos relativamente planos. La mayoría de la superficie cultivada con agave presenta pendientes mayores al 20%; el 88% de esta superficie tiene suelos con profundidades menores de 1 m. (INIFAP, 1993).

4.1.4 Especies de *Agave* de Oaxaca

En el estado de Oaxaca, en diversos sistemas agroecológicos se han desarrollado y cultivado 24 diferentes especies de *agave*, que son aprovechadas para la elaboración de mezcal (Sánchez, 1989). Halffter (1957), menciona que el género *agave* es típico de la flora mexicana, y se puede localizar desde la altiplanicie de Estados Unidos hasta Venezuela y en las Antillas como planta ornamental. En Jalisco México, las especies de *agave* se emplean para la obtención de aguardientes (*Agave longisepala* Tod, *Agave palmaris* Trel, *Agave pesmulae* Trel, *Agave pseudotequilana* Trel y *Agave tequilana* Weber) (Solís, 2001).

4.1.4.1 *Agave potatorum*



Figura 1. *Agave potatorum*

García (2010) describe al *A. potatorum* (figura 1), como rosetas compactas (de a 30 a 50 cm alto y de 40 a 60 cm diámetro) que emiten rara vez hijuelos estoloníferos, los bordes de las hojas carnosas son sinuadas a crenadas. El escapo floral mide 3 a 6 m de altura, presenta ramas primarias y en ocasiones ramas secundarias. En la parte media o tercio superior del escapo floral, se ubican n las

flores más fértiles que dan origen después de ser polinizadas a la formación de

cápsulas donde se encuentran las semillas lunulares con ala poco perceptible, aplanadas, con testa de color negro (las viables) y de color crema los no viables.

4.1.4.2 *Agave angustifolia*



Figura 2. *Agave angustifolia*

A. angustifolia es una roseta cespitosa muy abierta, su altura es de 1.5 a 2.0 m, el diámetro de 1.5 a 2.0 m con tallos de 20 a 60 cm de longitud. Sus hojas varían de lineales a lanceoladas de color verde claro a verde grisáceo con bordes de recto a ondulado (dientes de 2 a 5 mm de longitud) y termina en espina (hasta 3.5 cm de longitud). (Gentry, 1982; Núñez-Noriega, 2001; Vázquez García *et al.*, 2007). Presenta un solo evento reproductivo sexual después la planta muere. Asimismo, tiene un porcentaje incierto de fertilidad y tasa germinativa y su supervivencia es baja, porque las semillas caen en un medio adverso y están sujetas a ser consumidas por herbívoros. La reproducción asexual ocurre mediante rizomas y bulbilos (Sánchez-Teyer *et al.*, 2009; Cervantes-Mendivil *et al.*, 2007).

4.1.5 insectos que dañan al género *Agave*

De acuerdo a Acevedo (1980) y Pérez (1980), las plagas que generan más daños y pérdidas al cultivo de agave son: gusano blanco del maguey *Aegiale hesperialis*

(Lepidoptera: Megathymidae); gusano colorado *Hypoata agavis* Nijveldt (Lepidoptera: Cossidae); picudo del agave *S. acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae); cerambicido del agave *A. funerarius* Bates (Coleoptera: Cerambycidae); minadores de las pencas *Batrachedra copia* Clarke (Lepidoptera: Cosmoptryidae); mosquita de maguey *Neolasioptera martelli* Nijveldt (Díptera: Cecidomyiidae); chinche del agave *Caulotops agavis* Reuter (Hemíptera: Miridae); chicharrita del henequén *Homalodisca triquetra*. (Homóptera: Cicadellidae); piojo harinoso *Pseudococcus agavis* MacGregor (Homóptera: Pseudococcidae); escama armada *Acutaspis agavis* (Homóptera: Diaspididae) (Acevedo, 1980 y Pérez 1980). Valenzuela (1997), hace la referencia que en plantaciones jóvenes de agave se presentan plagas que atacan a la raíz como es *Phyllophaga* spp. (Coleoptera: Scarabaeidae) y *Diabrotica* spp. (Coleoptera: Chrysomelidae), así como otros insectos que atacan al cogollo de la planta, como trips del género *Frankliniella*, el pulgón *Rhopalosiphum maidis* y los chupadores de savia como las escamas de los géneros *Quadraspidotus*, *Aonidiella*, *Aspidiotus*, *Lepidosaphes* y *Planococcus*. García-Mendoza (1981), menciona que existen insectos como los mayates *S. aloeus*, (Coleoptera: Scarabaeidae), que presentan pérdidas de importancia económica para la planta de agave, y que actualmente no existen información de su ciclo de vida, daños y pérdidas o sus métodos de control.

4.1.5.1 Picudo del agave (*Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal)

En los agaves silvestres y cultivados de México, la principal plaga es el picudo negro, o picudo del agave (*Scyphophorus acupunctatus*). Este insecto tiene hábitos

crípticos, y todas sus etapas de vida tienen lugar dentro de los tejidos del huésped dificultando su control. Los picudos pueden emerger y pasar de huéspedes infestados a nuevas plantas para comenzar una infestación. Por lo tanto, las estrategias de control pueden dirigirse principalmente a los gorgojos adultos inmigrantes (López-Martínez, 2018).

4.1.5.2 Rondón o Escarabajo Rinoceronte (*Strategus aloeus* L.)

El alimento principal de las larvas *S. aloeus* es la materia orgánica en putrefacción, como el estiércol de diferentes animales, causa daños a los cultivos en su etapa adulta barrenando tejidos xilosos del agave (Lugo-García *et al.*, 2011). Los insectos adultos viven de 4.5 a 6.5 meses. Cada hembra puede ovipositar de 38 ± 2.6 huevos, en un tiempo aproximado de 1 a 3 meses. Por lo regular, en las zonas agaveras las poblaciones de escarabajo rinoceronte no son altas, es posible encontrar durante la noche de 2 a 6 individuos en 0.5 a 1 ha; sin embargo, es posible observar en la noche de 11 a 16 adultos, se reporta como una plaga importante del agave debido a los daños que ocasionan plantas (Pérez-Domínguez, 2006).

4.2 *Strategus aloeus*

4.2.1 Distribución

S. aloeus, durante su etapa larval no causa daños a las plantas jóvenes de agave de 1 a 3 años de edad. Su incidencia es mayor donde se cultiva agave de manera intensiva y extensiva, los estados con este problema son Jalisco, Michoacán, Guanajuato, Nayarit, Tamaulipas y Oaxaca (Rulfo-Vilchis, 2007). Este insecto en

etapa de adulto ocasiona daños y pérdidas económicas en parcelas con agave cultivadas, semicultivadas, la vegetación de encino o pino-encino es un factor que influye en la presencia de este insecto (Rulfo-Vilchis, 2007).

4.2.2 Plantas hospedantes de *Strategus aloeus*

Sanabria-García (2012) menciona que *S. aloeus* tiene diferentes cultivos como hospederos, por los daños encontrados de importancia económica este insecto se considera plaga del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), palmas de coco (*Mangifera indica* Anacardiaceae), palma africana y algodón (*Gossypium hirsutum*). Pardo-Locarno *et al.* (2012) menciona que también *S. aloeus* es una plaga del cultivo de Maíz (*Zea mays*) y de la yuca (*Manihot esculenta*).

4.2.3 Ciclo biológico de *Strategus aloeus*

García *et al.* (2009) señala que los adultos de diversas especies de insectos coleópteros, *S. aloeus*, afectan especies de la familia Agavaceae, en campo es detectable el daño de esta plaga en plantaciones jóvenes de agave de 1 a 3 años. Los síntomas se expresan por un lento crecimiento y desarrollo de las hojas del cogollo. Los adultos machos viven seis meses aproximadamente. Las hembras ovipositan hasta 42 huevecillos, que depositan en un lapso de 1 a 3 meses. El desarrollo del huevecillo es de tres semanas aproximadamente; larvas de primer, segundo y tercer instar lleva un tiempo de 2, 3 y 7 semanas. Pre pupa (dos semanas); pupa (seis semanas) y adulto seis meses. Lo anterior con un lapso de

tiempo aproximado de 17 meses. Se ha reportado que el tiempo de pupación puede variar de 31 a 43 días (Rulfo-Vilchis, 2007).

Esta plaga en su etapa adulta es activa durante la noche y se observan en campo a partir del inicio de las lluvias, generalmente ataca plantaciones jóvenes menores a 3 años a las cuales les hacen una perforación en la base de la planta para después barrenar hacia arriba de la piña del agave dejando una galería del tamaño de su cuerpo, ocasionando la detención del crecimiento y desarrollo de la planta (CESAVEG 2008).

El macho adulto perforando un agujero en el suelo, alrededor de la planta. El macho abre una perforación lateral, donde después de 10 días la hembra llega a copular. En este proceso la planta joven es dañado, incluido el tejido meristemático primario (protodermis, meristemo fundamental y procámbium) causando la muerte de la planta atacada (Ahumada *et al.* 1995). El ciclo de ciclo de este insecto reportado de 307.8 días (huevo: 14.5 días; larvas de primer 24,4 días, larva de segundo instar: 41,6 días, larvas del tercer instar: 200.5 días; pupas: 26.8 días). El 90% del ciclo de vida de este organismo está dentro de etapas larvales que abarcan 267 días (Ahumada *et al.* 1995; Gómez y Sáenz-Aponte, 2015).

4.2.4 Enemigos naturales

En Colombia se ha identificado que las poblaciones larvales se ven afectadas en su hábitat por adultos del depredador *Phileurus didymus* L. (Coleóptera: Melolonthidae), que se reproduce en el mismo nicho que *S. aloeus* (Sendoya *et al.*, 2015)

4.2.5 Métodos de control

4.2.5.1 Métodos de control de coleópteros barrenadores

La predicción de daños causados por escarabajos (Coleoptera: Scarabaeidae) es difícil porque las larvas se producen debajo del suelo y el manejo de estas larvas siempre ha sido difícil. El manejo actual depende del arado y la aplicación de insecticidas químicos para manejar las larvas coleópteros barrenadores (Patil *et al.*, 2017). La aplicación de plaguicidas sintéticos, es el método principal para el control de estas plagas. Esos productos son efectivos y han sido aplicados los últimos 50 años; sin embargo, su uso excesivo y prolongado han ocasionado problemas ambientales e incrementado la resistencia de estas plagas (Villavicencio-Nieto 2010).

4.2.5.2 Control químico

S. aloeus es una plaga con impacto económico; sin embargo, su control se ha limitado al uso de insecticidas y manejo de residuos en lotes renovados de palma (Cipriano- Moya *et al.* 2010; Aldana *et al.*, 2011).

4.2.5.3 Control físico - mecánico

Una alternativa de manejo para *S. aloeus* debe considerar al estado adulto. En este sentido las trampas de luz constituyen una posibilidad, aunque tradicionalmente se han empleado sólo para la detección y muestreos de adultos. En la época del vuelo de los adultos de coleópteros del género *Phyllophaga* spp. La colocación de trampas de luz blanca, posibilita la recolección de miles de adultos por noche (Aquino-

Bolaños, 2003). El uso de atrayentes para adultos de *Phyllophaga* spp. ha tenido buenos resultados en su captura (Ruíz *et al.*, 2000), la rentabilidad de esta práctica debe ser estudiada para adultos de *S. acupunctatus*.

4.3 Control biológico

Para el manejo de insectos plaga en cultivos de importancia económica, una alternativa se basa en el empleo de enemigos naturales: depredadores y parasitoides. Sin embargo, existen también microorganismos como hongos y nematodos entomopatógenos (De Bach, 1987).

Lo que se refiere a entomopatógenos localizados en picudos se han encontrado en el picudo del plátano *C. sordidus* es atacado por dos hongos, *Beauveria bassiana* (Bals.) y *Metarrhizium anisopliae* (Metchnikoff.) usados eficazmente en las Antillas Francesas. (Carballo, 1998) otros autores como Rosales y Suárez (1998) evaluaron los nematodos *Heterorhabditis* spp. y *Steinernema* spp. Como agentes de control para familias de Curculionidae.

4.4 Hongos entomopatógenos

Los hongos entomopatógenos están distribuidos en forma natural y se pueden aislar de poblaciones de insectos, tienen como hospedantes primarios a los insectos del suelo (Castillo, 1987). La mayoría de los hongos son Deuteromycetes, donde se incluyen todas las especies que no presentan estado sexual, por lo que son conocidos como hongos imperfectos; el micelio de estos hongos está bien desarrollado, septado y con hifas ramificadas, producen esporas conocidas, como conidios, pueden formarse de

forma simple o en estructuras especializadas conocidas como conidio o picnidios y acervulos, la mayoría son terrestres, aunque pueden ser marinos y de agua dulce. (Alvarado, 1998).

Los hongos entomopatógenos han sido poco estudiados y solo en algunos casos han sido identificados tanto el hospedante como el patógeno, (Villalobos, 1992 y Hernández, 1996) como de los microorganismos que causan enfermedades a las larvas de *Phyllophaga* spp. Estos hongos entomopatógenos tienen la capacidad de infectar directamente a través de la cutícula y no necesariamente deben ser ingeridos por los insectos. (Roberts y Hajek, 1992). Los factores determinantes que afectan la sensibilidad, estabilidad de los entomopatógenos y su persistencia en su crecimiento en el insecto son: la humedad, temperatura e intensidad de luz (Ignoffo, 1988).

4.4.1 Acción y reproducción de los hongos entomopatógenos

Los hongos penetran la cutícula o exoesqueleto para invadir al huésped, posteriormente se multiplican rápidamente y se dispersan por todo el cuerpo del insecto hasta su muerte, porque las toxinas que generan los hongos destruyen los tejidos. Después los hongos emergen del cuerpo del hospedante muerto (insecto) y se puede observar el crecimiento del micelio, que son transportados por el viento la lluvia u otros insectos para volver a expandir la infección. (Villanit y Sohm, 1992).

4.4.2 Desarrollo y crecimiento de conidios en la cutícula de insectos

El proceso de adhesión ocurre con la adsorción del conidio a la superficie a través del reconocimiento de receptores glicoproteicos del insecto y está mediada por adhesinas, enzimas sintetizadas por el hongo. Las fuerzas de repulsión electrostáticas se reducen por los iones Ca_2^+ y Mg_2^+ y promueven la adhesión de las unidades infectivas (Pedrini *et al.*, 2007; Téllez Jurado *et al.*, 2009). Después de llegar al hemocele el hongo sufre una transformación dimórfica de micelio a levadura, y ataca los mecanismos de respuesta del sistema inmune del insecto, generando una septicemia y el hongo toma los nutrientes requeridos.

La micosis produce en el insecto los siguientes síntomas: falta de apetito, convulsiones, falta de coordinación, comportamiento alterado y parálisis. Provocando la muerte por el daño físico de los tejidos, deshidratación de las células por la pérdida de fluidos, desnutrición y producción de toxinas (Téllez-Jurado *et al.*, 2009).

Por otra parte, dependiendo de la humedad y temperatura, las hifas del hongo emergen al exterior del insecto (vivo o muerto), para producir conidios. Cada conidio puede adherirse o pasar de un insecto a otro por contacto o contaminación de la superficie (Jaronski y Jackson, 2012). Algunos estudios histopatológicos muestran que *M. anisopliae* produce dextrinas del tipo A, B, D y E, que son capaces de iniciar la degeneración de los tejidos, afectar la estructura

de la membrana, lo que conlleva a la deshidratación y muerte (Roberts, 1981; St. Leger *et al.*, 1986).

4.4.3 Factores abióticos

El tiempo que persiste y se desarrolla los hongos entomopatógenos requiere un equilibrio en la interacción entre el hongo, el huésped y el ambiente. Los conidios necesitan propagarse, por lo que hay muchas variaciones e incluso excepciones al ciclo de vida. Sin embargo, las condiciones del medio ambiente y en particular las temperaturas son cruciales para la supervivencia y reproducción de los hongos. Para algunos hongos, como los hipocreales, la producción de conidios, germinación, penetración y conidiación requiere alta humedad, la temperatura óptima para lograr la infección generalmente se encuentra entre 20-30 °C, aunque depende de cada cepa. Esta condición es similar para los procesos de germinación, conidiación y propagación (Zimmermann, 2007).

Algunas especies son más dependientes de una alta humedad que otras. Las fluctuaciones de temperatura y humedad interrumpen la producción máxima de conidios en la mayoría de hongos. En el suelo la humedad y temperatura además de factores abióticos participan en el ciclo de vida de los hongos (Castrillo *et al.*, 2005). La humedad puede ser constante y más alta en el ambiente del suelo, que, en las plantas, por lo que la propagación de conidios es mayor en este entorno. El nivel de materia orgánica y pH pueden ser importantes en los niveles de infección eventual, así como en la supervivencia de los propágulos. Otras condiciones

abióticas, que influyen en la infección, son el viento; el cuál puede favorecer la dispersión de conidios, sin embargo, al disminuir la humedad y eliminar el agua libre, al igual que la luz del sol y los rayos UV; pueden perjudicar la persistencia y la infectividad de algunos hongos (Castrillo *et al.*, 2005).

Las diferencias en la distribución geográfica de los hongos patógenos de insectos y ácaros pueden ser parcialmente explicadas por sus requerimientos de temperatura promedio. Algunos autores han encontrado que el hongo *M. anisopliae* es más prevaeciente en lugares fríos y la influencia de la temperatura sobre la actividad de este hongo está relacionada con la procedencia de las cepas. Existe variación intraespecífica a la tolerancia de temperatura entre aislamientos o cepas procedentes de la misma ubicación geográfica, sin embargo, en ocasiones algunas cepas procedentes de zonas cálidas superan a las de zonas frías (Zimmermann, 2007). También se sugiere que el tipo de hábitat regula los requerimientos de temperatura para un aislado o cepa.

4.5 Aceites vegetales y su efecto en plagas

Los aceites vegetales de plantas oleaginosas, se caracterizan por contener abundantes ácidos grasos; destacando los palmítico, ácidos esteárico, oleico, linoleico y linolénico (Martínez, 2008). Las especies vegetales utilizadas como insecticidas no intoxican, más bien inhiben desarrollo normal del insecto. Estos aceites actúan como repelentes o disuasivos de la alimentación u oviposición, y sobredimensionan sus efectos protectores (Silva *et al.*, 2002).

Los aceites de origen vegetal son una opción para el control de diferentes insectos, el modo de acción tóxica del aceite sobre el insecto en estado adulto actúa cubriendo al insecto, muere por asfixia por que se tapan los espiráculos (Davidson, 1991). De acuerdo a Simons y Zitter (1980) los aceites son productos autorizados en Agricultura Ecológica que poseen un gran potencial de empleo en Sanidad Vegetal, por lo cual se caracteriza por ser productos de baja toxicidad para los vertebrados, ser compatibles con los enemigos naturales, no dar lugar al desarrollo de resistencias, degradarse con rapidez.

4.5.1 Hongos entomopatógenos en aceites vegetales

Los aceites vegetales ampliamente utilizados como insecticidas y pueden incluirse en el manejo integrado de plagas. Actualmente no existen reportes del efecto tóxico de los aceites vegetales en hongos entomopatógenos, sin embargo, los aceites vegetales tienen diferentes efectos sobre las diversas cepas, algunos aceites vegetales se utilizan para preparar soluciones para la aplicación de hongos ya que mantienen la tasa de germinación e infectividad. Se ha demostrado que los aceites de ciprés, eucalipto, limón y naranja tienen un porcentaje de germinación superior al 93% con el hongo *M. anisopliae*. La actividad específica y la concentración de un aceite esencial son parámetros muy importantes que deben ser considerados en el diseño de insecticidas biológicos (Rosas-García *et al.*, 2019).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Localización del área de estudio

El presente estudio se llevó cabo en dos fases experimentales; en laboratorio y de campo, la fase de laboratorio se realizó en el CIIDIR-IPN unidad Oaxaca, Santa Cruz Xoxocotlán. La fase de campo en parcelas de *Agave potatorum* y *Agave angustifolia*, ubicadas en el distrito de Tlacolula de Matamoros, Oaxaca ($16^{\circ}56'34.5''$ Latitud Norte, $96^{\circ}27'60.0''$ Longitud Oeste 1420 msnm), San Juan Guelavía ($16^{\circ}57'08.2''$ Latitud Norte $96^{\circ}33'09.8''$ Longitud Oeste, 1400 msnm) y San Dionisio Ocoatepec ($16^{\circ}47'20.9''$ Latitud Norte $96^{\circ}21'54.5''$ Longitud Oeste, 1650 msnm) (Figura 4).

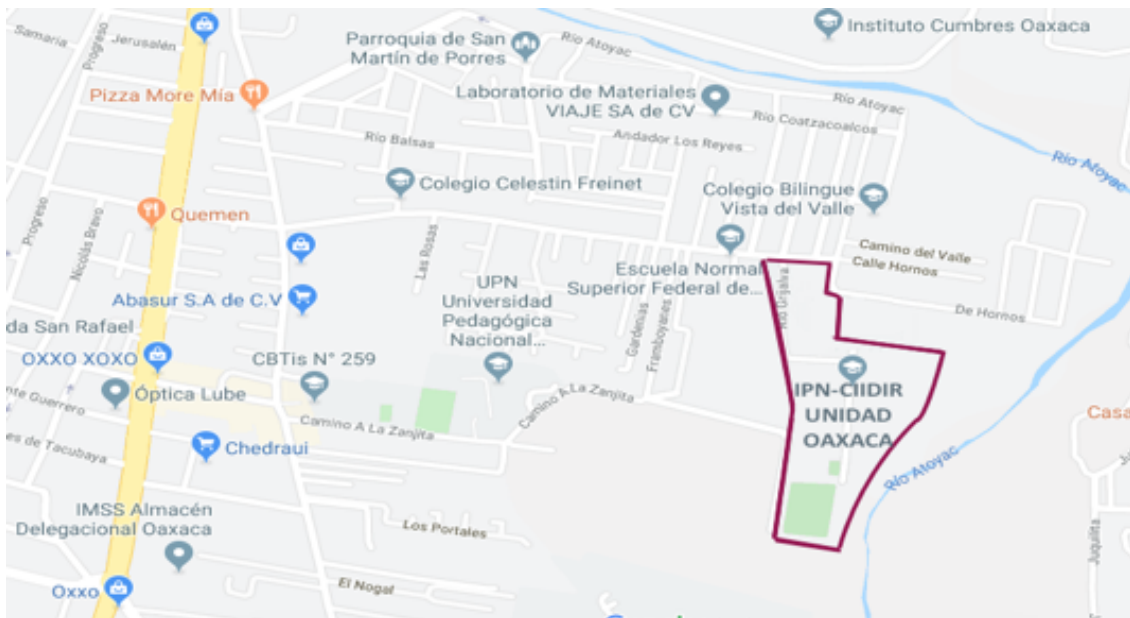


Figura 3. Ubicación del CIIDIR-IPN Unidad Oaxaca.



Figura 4. San Dionisio Ocotepec (1), Tlacolula de Matamoros (2) y San Juan Guelavía (3).

5.2 Trampas de luz para colecta de adultos de *Strategus aloeus*



Figura 5. Trampa de luz modelo "Luis de Queiroz"

Durante la época de lluvias en los años 2018 y 2019, se realizaron muestreos con trampas de luz modelo "Luis de Queiroz" de color blanca y negra (Badilla *et al.*, 1999), las cuales se colocaron en parcelas con agave de 1 a 3 años. Las trampas se montaron sobre una armazón de lámina de acrílico transparente de 3 mm de espesor, se colocaron sobre un recipiente de 20 litros de capacidad con embudo sobre un recipiente de plástico (Figura

5).

La captura de adultos de *S. aloeus* se realizó en la población de Tlacolula de Matamoros, Oaxaca. Para esta evaluación se instalaron dos trampas de luz en cada

sitio de estudio (una de luz negra y luz blanca) y se determinó la efectividad de captura por tipo de luz. En cada sitio encendieron las trampas de las 20:00 a las 8:00 horas. Las trampas se revisaron al día siguiente y se procedió a coleccionar los insectos, estos se depositaron en recipientes transparentes de 300 mL de capacidad con alcohol al 70 % llevados al Laboratorio de Entomología del CIIDIR Oaxaca, para su conservación e identificación, se utilizaron las claves para el reconocimiento de los adultos de la Tribu Oryctini de Sanabria-García *et al.* (2012). Con la finalidad de probar la eficiencia de las trampas (tipo de luz), se realizó la prueba estadística de T de Student.

5.2.1 Ciclo de vida de *Strategus aloeus* en fase adulta en condiciones de laboratorio

Para determinar el ciclo de vida de *S. aloeus* en condiciones de laboratorio en el CIIDIR Oaxaca se realizó el siguiente procedimiento. Se utilizó una HR máxima de 56 ± 8.36 y una HR mínima de 45 ± 8.68 y una temperatura máxima de 23 ± 2.26 y una mínima 20 ± 2.1 °C. Se utilizaron un total de 54 insectos capturados en épocas de lluvia con trampas de luz en los años 2018 y 2019. Los insectos se colocaron individualmente en recipientes de plástico de 300 mL de capacidad, a las tapas de los recipientes utilizados se les practico pequeños orificios con agujas entomológicas para permitir la entrada de aire. A estos insectos se alimentó con suelo rico en materia orgánica vegetal y trozos de piñas de agave (Figura 6). Los recipientes se revisaron cada tercer día con la finalidad de observar su

sobrevivencia o mortandad, se trabajó con la metodología propuesta por (Aragón *et al.*, 2004).



Figura 6. Recipientes de plásticos acondicionados para mantener *S. aloeus* en su etapa adulta.

5.3. Determinación de daño causado por adultos de *Strategus aloeus* en plantas de agave

De junio a octubre de 2018, se evaluaron en campo daños causados por adultos de *S. aloeus* en plantas jóvenes de 1 a 3 años de edad de *A. potatorum* Zucc. y *A. angustifolia* Haw. Para determinar los daños en el cultivo de agave y se les asignó una categoría de daño proporcionada, además, se determinó la diferencia entre los diversos grados de afectación de los daños con respecto a la profundidad de galerías encontradas Solís *et al.*, (2001). (Cuadro 2). Esta metodología se adaptó de forma (cuantitativa), en total se observaron 170 plantas de agave de las cuales (85 fueron de *A. angustifolia* y 85 de *A. potatorum*) con signos de daño. Con un vernier marca KNOVA se midió la longitud del daño.



Figura 7. Medición de la profundidad de la galería originada por *S. aloeus* en *A. potatorum*.



Figura 8. Grado de avance y síntomas: 1 - Planta aparentemente sana; 2 - Lesiones de 1 a 15 cm de profundidad, planta con marchitez en las hojas; 3 - Planta con pudrición seca en hojas y cogollo ligeramente inclinado; 4 - Planta incluída desde la base, hojas de la base secas y con pudrición del cogollo y 5 - Cogollo y piña completamente dañados, planta evidentemente muerta.

Para determinar del porcentaje de daño se utilizó la fórmula de Townsend y Herberguer (1943).

$$P = (\sum V * n / \text{Categoría mayor} * N) * 100$$

Donde:

P = % de daño causado por el *S. aloeus*

V = valor numérico de cada categoría de daño utilizada

n = número de plantas de agave por categoría de daño

N = número total de plantas de agave en la muestra

La categoría de daño 1 en ambas especies tienen un daño menor a un centímetro y se consideran plantas sanas, las categorías siguientes son plantas con galerías superiores a 1 cm (cuadro 1).

Cuadro 1. Escalas utilizadas para evaluar el porcentaje de daño causado por *S. aloeus* en plantas de agave.

Categoría de daño	Porcentaje de daño (cm)	Número de plantas dañadas/ categoría
1	0	N1
2	1 – 7	N2
3	7.1 – 13	N3
4	13.1 – 19	N4
5	>19.1	N5

El experimento, se condujo bajo un diseño completamente al azar (DCA), tomando como repetición cada planta. Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA), se utilizó la prueba de rangos múltiples de Tukey al 95 % de probabilidad, a través del programa Statistical Analysis System (SAS University edition). Se determinó la diferencia entre los diferentes grados de afectación de los daños encontrados con respecto a la profundidad de galerías encontradas. Se definió al grado de afectación como tratamiento y la fecha de muestreo como repetición de cada tratamiento. También se efectuó un análisis de correlación para asociar la relación entre los grados de afectación del daño con la profundidad de galerías encontradas (Solís, 2001).

5.4 Determinación de pérdidas causados por adultos de *Strategus aloeus* en piñas de agave

Para determinar la relación existente entre los rendimientos en plantas de agave sanas y los rendimientos en plantas de agave afectadas por el ataque de *S. aloeus*, se revisaron al azar mensualmente 17 plantas de *A. potatorum* Zucc. y *A. angustifolia* Haw. con diferentes grados de afectación obtenida de 10 muestreos realizados de junio a octubre de 2018. Para esta evaluación se trabajaron con 170 plantas, donde 85 fueron de *A. potatorum* y 85 de *A. angustifolia*, en el distrito de Tlacolula, Oaxaca. La relación se determinó utilizando la categoría de daño asignada (Cuadro 1).

Las plantas evaluadas se pesaron en una báscula plana de 50 kg de capacidad con una precisión de ± 10 gramos (figura 9). Las pérdidas se determinaron por la fórmula siguiente: (Vázquez, 2003).

$$K = 100 (a-b)$$

K = Pérdidas

a = Peso de plantas sanas

b = Peso de las plantas dañadas

Las variables evaluadas fueron la intensidad del daño para exponer la relación entre el rendimiento de la planta sana con respecto a la afectada por la plaga (Aquino-Bolaños et al, 2007).



Figura 9. Peso de plantas de agave evaluadas

Se les realizó un análisis de varianza a los datos obtenidos con el apoyo del paquete estadístico Statical Analysis System (SAS, 2017), para verificar la diferencia del efecto de cada tratamiento. Además de una prueba de comparación múltiple de madias (Tukey $\alpha = 0.05$).

5.5. Evaluación de hongos entomopatógenos en emulsión de aceites en adultos de *Strategus aloeus* en laboratorio

En condiciones de laboratorio se evaluó la efectividad de dos cepas de hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, ambos a una concentración de 1×10^7 esporas/insecto más tres aceites vegetales (*Persea americana*, *Ricinus communis* y *Prunus dulcis*) en adultos de *S. aloeus*, además un testigo. Las cantidades utilizadas fueron: solución al 20% de aceite (400 μ L aceite de *P. americana* + 1600 μ L hongo entomopatógeno + agua destilada); solución al 40% (800 aceite de *P. americana* + 1200 μ L + hongo entomopatógeno + agua destilada) para un volumen de 2000 μ L; En frascos de plástico se colocaron trozos de maguey que sirvieron como alimento y después se colocó un insecto por frasco para posteriormente aplicar la solución de hongos entomopatógenos + aceite vegetal (Figura 10). Se trabajó con 16 tratamientos y un testigo (Cuadro 2), cada uno de los tratamientos y el testigo contaron con 7 repeticiones.

Las revisiones se realizaron cada 24 horas hasta obtener el 100% de mortandad de los escarabajos, posteriormente los cadáveres de los insectos se colocaron en cámaras húmedas para determinar el motivo real de la mortandad. A estos organismos se les realizó pruebas de necropsia, verificando en su interior la existencia de los agentes entomopatógenos, además de realizar los postulados de Koch. Para determinar la efectividad de los hongos, los porcentajes obtenidos fueron transformados mediante la función arco seno para realizar un ANDEVA: Posteriormente, se compararon las diferencias entre medias por la prueba de Tukey, con el programa estadístico SAS (University Edition).



Figura 10. Recipientes utilizados para evaluar la efectividad de los tratamientos.

Cuadro 2. Tratamientos evaluados en la efectividad de la emulsión aceites con hongos entomopatógenos en adultos de *S. aloeus*.

Núm. de Trata.	Composición del tratamiento	% de aceite
1	<i>B. bassiana</i> + A. destilada + <i>P. americana</i>	20
2	<i>B. bassiana</i> + A. destilada + <i>P. americana</i>	40
3	<i>B. bassiana</i> + A. destilada + <i>R. communis</i>	20
4	<i>B. bassiana</i> + A. destilada + <i>R. communis</i>	40
5	<i>B. bassiana</i> + A. destilada + <i>P. dulcis</i>	20
6	<i>B. bassiana</i> + A. destilada + <i>P. dulcis</i>	40
7	<i>M. anisopliae</i> + A. destilada + <i>P. americana</i>	20
8	<i>M. anisopliae</i> + A. destilada + <i>P. americana</i>	40
9	<i>M. anisopliae</i> + A. destilada + <i>R. communis</i>	20
10	<i>M. anisopliae</i> + A. destilada + <i>R. communis</i>	40
11	<i>M. anisopliae</i> + A. destilada + <i>P. dulcis</i>	20
12	<i>M. anisopliae</i> + A. destilada + <i>P. dulcis</i>	40
14	<i>P. americana</i>	30
15	<i>R. communis</i>	30
16	<i>P. dulcis</i>	30
Testigo	Agua destilada	100

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Efecto de trampas de luz para colecta de adultos de *Strategus aloeus*.

Se encontró en este estudio que las trampas de color negro resultaron ser mejores en la captura de adultos de *S. aloeus*. En los meses con presencia de lluvias, de mayo a agosto de los años 2018 y 2019; se capturaron un total de 82 adultos, el 87.8 % de insectos de *S. aloeus* capturados con trampas de color negra y el 12.2% con trampas de luz de color blanco, es de resaltar que la presencia de lluvias juegan un papel determinante en la presencia o ausencia de adultos de *S. aloeus*, con precipitaciones mayores de 100 mm se capturaron un 34.14 % y con precipitaciones iguales o inferiores de 50 mm por mes se capturaron un 14.63 % de insectos. Se determinaron diferencias significativas ($t=-5.62$; $P=0.001$). Actualmente existe poca información acerca de los trampeos con luz para la captura de este insecto, este resultado nos permitió la posibilidad de conocer los hábitos de este insecto y favorece el desarrollo de manejo (Figura 11).

Alcázar (2003) menciona que *S. aloeus* es un insecto de hábito nocturno que es atraído por la luz blanca, en su estudio reportó 46 ejemplares de *S. aloeus* capturados, y encontró que mayor preferencia por la luz negra. Asimismo, Lugo-García *et al.* (2011) capturó 79 ejemplares de *S. aloeus* con trampas de luz fluorescente negra en un mismo periodo (mayo a agosto), en parcelas de agave tequilero de tres localidades en Jalisco, México. Recolectó estos escarabajos en

dos de las tres localidades y la mayoría fueron capturados en el mes de junio, con excepción de cinco ejemplares que se colectaron en julio.

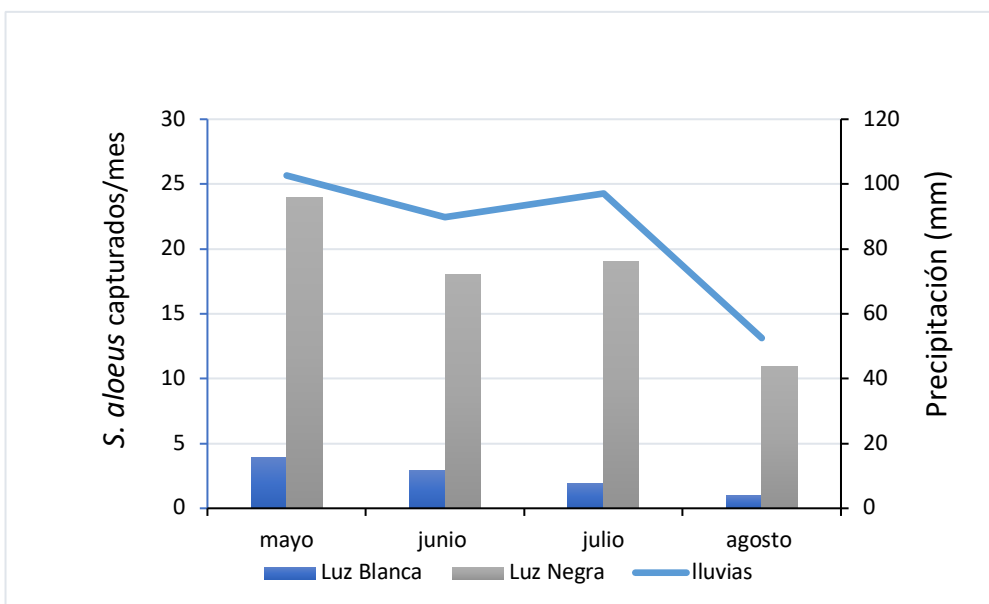


Figura 11. Adultos de *S. aloeus* capturados de mayo-agosto de 2018 con trampas de luz.

Rulfo-Vilchis (2007) menciona que la fluctuación poblacional de adultos de este coleóptero (*S. aloeus*) en cultivos de agave en Nayarit está presente a partir del mes de julio a octubre y a principios de noviembre. Asimismo, señala *S. aloeus* se puede encontrar en los cultivos establecidos en Guanajuato, Jalisco y Michoacán, donde son capturados a partir de las primeras semanas de junio y a la tercera semana del mes de octubre.

San Juan Guelavía fue la localidad donde se registró la mayor abundancia de estos insectos con 55 (67.07%) con respecto al total, seguido de Tlacolula de Matamoros con 23 (28.04%) y San Dionisio Ocotepec presentó la menor con 4 (4.87%), la baja tasa de captura en San Dionicio Ocotepec puede estar relacionada con la altitud sobre el nivel del mar que tiene el sitio (1650 msnm). *S. aloeus* se distribuye

ampliamente ya que se puede encontrar desde el nivel del mar hasta los 1500 msnm (Pardo-Locarno, 1994; Ahumada *et al.*, 1995) (Figura 12). Se registró mayor número de capturas de hembras de la especie *S. aloeus* (53) en los tres sitios estudiados lo que representa el 64.63% del total recolectado para esta especie, este resultado se puede sustentar a partir del trabajo de Pallares *et al.* (2000), el cual menciona que las hembras son más activas que los machos, debido a que los machos se encuentran postrados en sus galerías donde liberan un atrayente sexual para las hembras, las cuales se desplazan del lugar donde emergen al sitio de apareamiento (galería) y a las áreas con materia orgánica vegetal en descomposición donde depositan sus huevos. Los machos tienden a completar su ciclo como adulto en el mismo sitio, defendiendo su galería, las hembras se desplazan por ser desalojadas por el macho o por migran para aumentar la probabilidad de encontrar pareja y van a la búsqueda de otros machos.

6.1.2 Ciclo de vida en estadio adulto de *Strategus aloeus* “en condiciones de laboratorio”

En laboratorio con una temperatura $23. \pm 1$ °C y humedad de 52.1 ± 4 %, se determinó que el período de vida de *S. aloeus* en su fase adulta demoró desde 84.6 días, considerando un periodo no tan prolongado.

La longevidad de las hembras fue mayor, con un promedio de 73.2 (días) que la de los machos (64.4 días), Estos resultados se asemejan con los encontrados por Aldana-De la Torre *et al.* (2017), que encontraron que la longevidad de las hembras en ese estudio fue mayor ($88,7 \pm 36,4$ días) que la de los machos ($58 \pm 38,4$ días).

Rulfo-Vilchis (2007) señala que las hembras de *S. aloeus* llegan a depositar los huevos en un período de uno a tres meses.

No existían datos sobre el ciclo de vida del insecto en las condiciones específicas de Oaxaca, México, autores como (Ahumada *et al.* 1995; Gómez y Sáenz-Aponte, 2015) determinaron que el ciclo de vida tiene en promedio una duración de 307.8 días (huevo: 14.5 días; larvas de primer 24,4 días, larva de segundo instar: 41,6 días, larvas del tercer instar: 200.5 días; pupas: 26.8 días). El 90% del ciclo de vida de este organismo está dentro de etapas larvales que abarcan 267 días. Es importante hacer mencionar que, en Oaxaca, México, la reproducción de *S. aloeus* ocurrió en los meses con presencia de lluvias.

6.2 Daños causados por *Strategus aloeus* en agave

En *A. potatorum* con un tamaño de muestra de 85 plantas evaluadas, el porcentaje total de daño causado por *S. aloeus* fue de 79.90%, de acuerdo a las categorías de daño asignadas, la categoría 3 presentó la mayor incidencia con un 25.88 % y las categorías con menor incidencia de daño fue la categoría 4 y 5 fue con un 8.23 y 5.88% respectivamente, plantas sanas sin daño fue del 20 %. Estadísticamente se encontró que los grados de afectación 1 (plantas sanas) son diferentes a los grados de afectación 2, 3, 4, 5. (Cuadro 3).

En *A. angustifolia*, con el mismo número de plantas evaluadas, se encontró que esta especie de Agave presentó un 65.86% de daño, de acuerdo a las categorías de daño asignadas, la categoría 5 presentó nuevamente la mayor incidencia de daño

con un 27.05 % y las categorías con menor incidencia fueron las categorías 2 y 3 con un 12.94 y 10.58 %. Nuevamente para este Agave la categoría 1 son diferentes a los grados de afectación 2, 3, 4, 5. Ahumada *et al.*, (1995) describe en *Elaeis guineensis* Jacq. (palma de aceite) que durante la noche el adulto de *S. aloeus* perfora el suelo de la base y hace una galería vertical de 30 a 40 cm de profundidad donde permanece durante el día.

En la determinación de daños causados por *S. acupunctatus* en *A. angustifolia* y *A. tequilana* realizado por Aquino- Bolaños (2011) se encontró un daño de 10.26% y 13.35% respectivamente, en este mismo estudio, se encontró que 0.33% del daño de *A. angustifolia* se determinó como categoría máxima de daño, resultados obtenidos en este trabajo con la misma especie de agave presenta 27.05% del daño ubicado en la categoría 5 (categoría con el máximo nivel de daño). El análisis de correlación indicó, para ambos agaves, una relación directa positiva ($r=0.978$ y $r=0.972$ respectivamente $p \leq 0.05$) entre la afectación de la planta con la profundidad del daño causado por *S. aloeus*. Los resultados de esta investigación corroboran la importancia de conocer los daños que ocasiona *S. aloeus* en plantas de agave, así como la necesidad de su control.

Cuadro 3. Daños encontrados en piñas de *A. potatorum* y *A. angustifolia* por grado de afectación en 170 plantas evaluadas.

Grado de afectación	Núm. de plantas	<i>A. potatorum</i>	Núm. de plantas	<i>A. angustifolia</i>
1	17	20 a*	29	34.11 a
2	34	40 b	11	12.94 b
3	22	25.88 c	9	10.58 bc
4	7	8.23 d	13	15.29 cd
5	5	5.88 d	23	27.05 d

*Prueba de Tukey. Valores con diferente letra indican diferencia significativa ($P \leq 0,05$)

6.3 Determinación de pérdidas en plantas de agave

En *A. angustifolia* y *A. potatorum* existe relación directa entre la afectación a la planta con el peso promedio, las plantas con un grado de afectación 5 presentan menor peso. Existe una diferencia significativa entre el grado de afectación 5 y 1 en ambas especies de Agave. Aquino-Bolaños *et al.*, (2007), señala una relación similar entre el grado de afectación causado por larvas y adultos de *S. acupunctatus* en las piñas maduras de agave. Bravo (2003), reporta pérdidas que van desde 1.4 a 26 % causado por *S. acupunctatus*. El análisis de correlación indicó, para *A. angustifolia* y *A. potatorum*, una relación directa entre el grado de afectación de la planta y el peso ($r=.735$ y $r=.848$), respectivamente, ($p \leq 0.05$). Las piñas con un grado de afectación 5 presentan mayor longitud en las galerías encontradas deben ser eliminadas. En el (Cuadro 4) se puede observar que existen diferencia

significativa entre el grado de afectación 1 con respecto al grado de afectación 2, 3, 4, 5 y es de resaltar que plantas de *A. angustifolia* con grados de afectación 4 y 5 presentan pérdidas de 1 794.9 y 2 227.5 g/planta con respecto a una planta sana de *A. angustifolia*.

Cuadro 4. Pérdidas encontradas en 85 piñas de *A. angustifolia* por grado de afectación.

Grado de afectación	Peso promedio g/planta	Profundidad promedio de galerías
1	2699.7 a*	0 a
2	2199.3 b	3.10 b
3	1440.9 bc	9.01 c
4	904.8 cd	13.75 d
5	472.2 d	17.60 e

*Prueba de Tukey. Valores con diferente letra indican diferencia significativa ($P \leq 0,05$)

En el (cuadro 4) se puede observar que existen diferencia significativa entre el grado de afectación 1 con respecto al grado de afectación 2, 3, 4, 5 y las pérdidas por grado de afectación se aproximan a las encontradas en *A. angustifolia*, resaltando nuevamente los grados de afectación 4 y 5 de *A. potatorum* fueron de 1 631.9 y 2 119.7 g/planta de pérdidas respecto al testigo. Estos resultados muestran por vez primera la relación entre los daños y la presencia de *S. aloeus* y confirma el complejo de daños y pérdidas ocasionados por este insecto en plantas de agave.

Cuadro 5. Pérdidas encontradas en 85 piñas de *A. potatorum* por grado de afectación.

Grado de afectación	Peso promedio g/planta		Profundidad promedio de las galerías	
1	2545.0	a*	0	a
2	2125.7	b	3.18	b
3	1242.0	c	7.46	c
4	913.1	d	15.13	d
5	425.3	d	23.60	e

*Prueba de Tukey. Valores con diferente letra indican diferencia significativa ($P \leq 0,05$)



Figura 12. Plantas de *A. potatorum* con un grado de afectación 5

6.4 Efectividad de cepas de hongos entomopatógenos en emulsiones de aceites en adultos de *Strategus aloeus* “en condiciones de laboratorio”

Los resultados de los tratamientos aplicados sobre escarabajos adultos de *S. aloeus* muestran que durante las 24 horas del experimento, cuatro tratamientos presentaron una efectividad de un 85.71 % (T2= *B. bassiana* + *P. americana* 40%), (T6=*B. bassiana* + *P. dulcis* 40%), (T8=*M. anisopliae* + *P. americana* 40%) y (T12 = *M. anisopliae* + *P. dulcis* 40%), se debe de resaltar que los cuatro tratamientos tuvieron concentraciones de aceites al 40 %, estos cuatro tratamientos son estadísticamente iguales entre si y diferentes al resto de los tratamientos. A este mismo tiempo los aceites *P. americana*, *P. dulcis* y *R. communis* todos al 30 % no presentaron mortandad en adultos de *S. aloeus*.

A las 48 horas sólo dos tratamientos presentaron una efectividad del 100 % (T2= *B. bassiana* + *P. americana* 40%) y (T6=*B. bassiana* + *P. dulcis* 40%), estos tratamientos fueron estadísticamente diferentes al resto de los tratamientos. Lo referente a los aceites *P. americana* + *B. bassiana* al 20 y 40 % necesito de 120 horas para presentar porcentajes de mortandad del 85.71 -100 % a este mismo tiempo *P. dulcis* + *B. bassiana* presentó los mismos porcentajes de efectividad en adultos de *S. aloeus*. El testigo y los aceites *P. americana*, *P. dulcis* y *R. communis* necesitaron de 168 horas para presentar porcentajes de un 28.57 a un 42.86 % que se consideran bajos. Se encontró que estadísticamente los tratamientos 2 y 6 son más eficaces en el control de *S. aloeus* adultos. Los tratamientos 5 y 8 resultaron eficaces al final de los siete días (168 horas) de evaluación.

Cuadro 6. Porcentajes de mortandad cada 24 horas a partir de la aplicación de entomopatógenos más aceites.

	Composición de tratamientos (%)		72h	96h	120h	144h	168h
1	<i>B. bassiana</i> + A. destilada + Pa20		71.43	71.43	85.71	85.71	100
2	<i>B. bassiana</i> + A. destilada + Pa40		100	100	100	100	100 a
3	<i>B. bassiana</i> + A. destilada + Rc20		71.43	85.71	85.71	100	100 a
4	<i>B. bassiana</i> + A. destilada + Rc40		57.14	57.14	71.43	71.43	100 a
5	<i>B. bassiana</i> + A. destilada + Pd20		85.71	85.71	85.71	85.71	100 a
6	<i>B. bassiana</i> + A. destilada + Pd40		100	100	100	100	100 a
7	<i>M. anisopliae</i> + A. destilada + Pa20		28.57	28.57	28.57	28.57	71.4 bc
8	<i>M. anisopliae</i> + A. destilada + Pa40		85.71	85.71	85.71	100	100 a
9	<i>M. anisopliae</i> + A. destilada + Rc20		71.43	71.43	71.43	71.43	71.4 bc
10	<i>M. anisopliae</i> + A. destilada + Rc40		28.57	28.57	28.57	28.57	28.5 d
11	<i>M. anisopliae</i> + A. destilada + Pd20		42.86	42.86	42.86	71.43	85.7 b
12	<i>M. anisopliae</i> + A. destilada + Pd40		85.71	85.71	85.71	85.71	85.7 b
13	<i>Persea americana</i> 30		0	0	0	0	28.5 d
14	<i>Ricinus communis</i> 30		0	0	0	0	0 e
15	<i>Prunus dulcis</i> 30		0	0	0	0	42.8 cd
16	Agua destilada 100		0	0	0	0	0 e

*Prueba de Tukey. Valores con diferente letra indican diferencia significativa ($P \leq 0,05$)

Actualmente existen pocas referencias en el manejo y efectividad de hongos con aceites en adultos de *S. aloeus*, autores como Navarro y Ávila (2017) emplearon aceite de aguacate para probar la efectividad de nematodos entomopatógenos para el manejo del picudo negro o picudo del agave *S. acupunctatus* obteniendo un 100 % de efectividad después de 120 horas. Morales-De León *et al.* (2014) quienes trabajaron con *B. bassiana* combinado con aceite de girasol para el manejo de la broca del café (*Hyphotenemus hampei*), reportaron el 100 % de mortandad a las 120 horas. Acuña *et al.*, (2015) trabajó con el hongo *M. anisopliae* para el manejo del gusano del fruto (*Heliothis virescens*) reporta mortandad de un 100 % y finalmente

Núñez-Reyes (2018) quien trabajó con el picudo del agave a base de formulaciones de aceites con hongos entomopatógenos encontró a las 72 horas una efectividad del 100 % con el hongo *B. bassiana* + *P. americana* al 40 %.

A los insectos muertos se les realizaron los postulados de koch, donde se pudo observar el crecimiento de micelio de *B. bassiana* a las 72 horas iniciado el experimento y a las 96 horas se encontró crecimiento de *M. anisopliae* en los escarabajos muertos inoculados. El micelio encontrado en los cadáveres de *S. aloeus* por el efecto de los tratamientos con hongos entomopatógenos + aceites, fue sembrado en agar PDA, de esta manera se pudo observar el crecimiento de micelio (Figura 14).

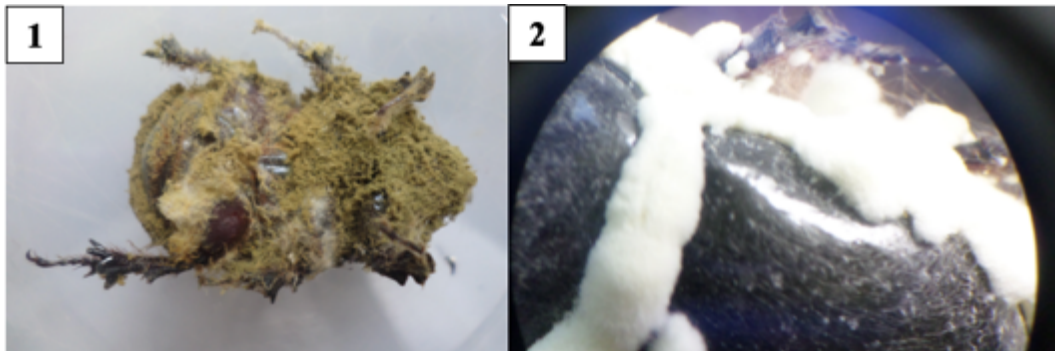


Figura 13. Crecimiento de micelio de *Metarrhizium anisopliae* (1) y *Beauveria bassiana* (2) en *S. aloeus* después de la aplicación de soluciones de hongos entomopatógenos más aceites.

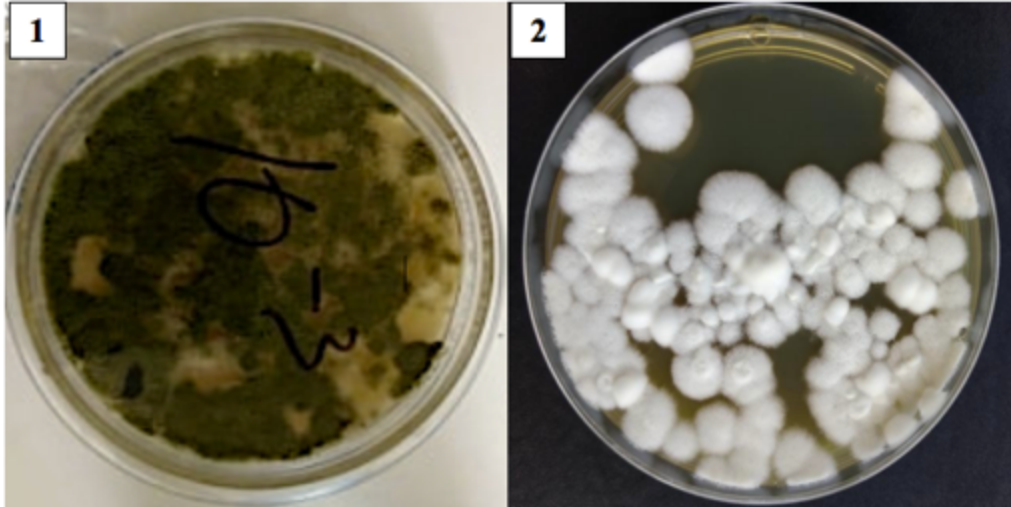


Figura 14. Crecimiento de micelio de *Metarhizum anisopliae* (1) y *Beauveria bassiana* (2) tomado de cadáveres de *S. aloeus* utilizados en bioensayos.

VII. CONCLUSIONES

Los resultados indicaron que las trampas de luz de color negro fueron mejores para capturar a los adultos de *S. aloeus*. En los meses con presencia de lluvias se capturaron un total de 82 adultos, de los cuales el 87.8 % de insectos de *Strategus aloeus* fueron capturados con trampas de color negro y sólo el 12.2% con trampas de luz de color blanco.

En plantas de *A. angustifolia* y *A. potatorum* existe relación directa entre el grado de afectación de la planta, la profundidad del daño y las pérdidas causadas por el adulto de *S. aloeus*.

Sólo se necesitaron de 48 horas para tener una efectividad del 100 % en adultos de *S. aloeus* con los tratamientos *B. bassiana* + *P. americana* 40% y *B. bassiana* + *P. dulcis* 40% en laboratorio.

VIII. LITERATURA CITADA

- Acevedo, J. E. 1980. Notas sobre el ciclo biológico del mosquito de maguey *Neolasioptera martelli* Nijveldt. *Folia Ent. Mexicana* 51: 18-19.
- Ahumada, M. L., Calvache, H., Cruz, M. A. y Luque, J. E. 1995. *Strategus aloeus* (L.) (Coleoptera: Scarabaeidae): biología y comportamiento en Puerto Wilches (Santander). *Palmas* 16: 9–16.
- Alcázar Ruiz, J. A., Morón Ríos, A., Morón, M. A., 2003. Fauna de Coleoptera Melolonthidae de Villa Las Rosas, Chiapas, México *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie), núm. 88, pp. 59-86 Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, México.
- Aldana R. C., Aldana-De la torre J. A., Moya OM (2011) Manejo del picudo *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae)—Instituto colombiano agropecuario (ICA) <http://bit.ly/1cmZVJR>. Retrieved Diciembre 10 2013.
- Aldana-de la Torre, J. A., Rosa Cecilia. 2017. Factores que inciden en la captura de *Rhynchophorus palmarum* y la eficacia en el manejo del Anillo rojo. Fedepalma 2017.
<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/11968>
- Alvarado, R. D. 1998. Principales características de los hongos de importancia agrícola y forestal. Compilador. Cibraín Tovar. Antología, Manejo integrado de plagas y control microbiano. Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria, México, p. 157.

- Aquino - Bolaños, T. 2003. Manejo Integrado de Gallina Ciega (*Phyllophaga* spp.) en maíz de temporal. Tesis de Maestría en Ciencias Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca, Oaxaca, México. P.
- Aquino-Bolaños, T. 2011. Aspectos bioecológicos para el manejo de *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal en agave mezcalero en Oaxaca, México. Tesis de doctorado en Ciencias Agrícolas, Universidad Ciego de Ávila, Máximo Gómez Báez, Cuba.
- Aquino-Bolaños, T., Iparraguirre, M., y Ruiz, J. 2007. *Scyphophorus acupunctatus* (=interstitialis) Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae). Plaga del Agave mezcalero: Pérdidas y daños en Oaxaca, México. Revista Científica UDO Agrícola. 7(1):175-180.
- Aragón, A. G., Ángel, M. M. 2004. Cría de insectos plaga y organismos benéficos CONABIO. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. p. 110-118.
- Badilla, F., Chacón, M; Saenz, C. 1999. Utilización de trampas de luz para la captura de adultos de *Phyllophaga* spp. en caña de azúcar en Costa Rica. *Revista Manejo Integrado de Plagas, Costa Rica (CATIE)* 51: 54-59.
- Bautista, J. A., y Smit, M. A. (2012). Sustentabilidad y agricultura en la "región del mezcal" de Oaxaca. *Revista mexicana de ciencias agrícolas.* 3(1): 5-20.
- Bravo, M. E. (2003). Sugerencias para el Manejo Integrado del Picudo del Maguey Mezcalero.
- Bravo, M. E., Paz, H., López, L. P., y Velásquez, A. C. 2005. El agave mezcalero de Oaxaca. Avances de investigación. INIFAP. Libro técnico No. 3. Santo Domingo Barrio Bajo, Etna, Oaxaca, p. 14-18.

- Cañas, D. 2017. Una nueva especie de Agave (Asparagaceae) de Colombia y una clave taxonómica para las especies sudamericanas. *Caldasia*. 39. 33. 10.15446/caldasia.v39n1.63318.
- Carballo, V. M. 1998. Mortandad de *Cosmopolitas sordidus* con diferentes formulaciones de *Beauveria bassiana*. *Manejo integrado de plagas* (Costa Rica) 48: 45-48.
- Castillo, T. J. 1987. Microbiología general. Ed. LIMUSA, México. 208 pp.
- Castrillo, L. A., Roberts, D. W., y Vandenberg, J. D. (2005). The fungal past, present, and future: germination, ramification, and reproduction. *Journal of invertebrate pathology*, 89(1): 46-56.
- Cervantes-Mendivil, T., Armenta-Calderón, A.D., Sánchez-Arellano, J.G., 2007. El cultivo del maguey bacanora (*Agave angustifolia* Haw.) en la sierra de Sonora. Publicación Técnica No. 1. Centro de Investigación Regional del Noroeste. Campo Experimental Costa de Hermosillo. INIFAP, Fundación Produce Sonora A.C. y Unisierra, Hermosillo, Sonora, México.
- CESAVEG. 2008. Manual de plagas y enfermedades del Agave. Comité Estatal de Sanidad Vegetal Guanajuato A.C.
- Cipriano-Moya, O.M., Rincón, A.H., Aldana, R, C., Gomes H. 2010. Dinámica de reproducción de *Strategus aloeus* bajo diferentes métodos de erradicación y daño causado en la nueva siembra. *Ceniavances*.166:1-4
- Davidson, N. 1991. Manging insects and mites with Spray oils. IPM Education and Publications. Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 3347.USA. p.47.

- De Bach, P. 1987. Control biológico de las plagas de insectos y malas hierbas. Décima impresión, CECSA. México, D. F. p. 10-16.
- García-Mendoza, A. 2011. Agavaceae. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 88:1-95.
- García-Mendoza, A. J., Franco Martínez, I. S., y Sandoval G., D. 2019. Cuatro especies nuevas de *Agave* (Asparagaceae, Agavoideae) del sur de México. *Acta botánica mexicana*, 126.
- García-Mendoza, C. 1981. Lista de insectos y ácaros perjudiciales a los cultivos en México. Segunda Edición. D. G. S. V., SARH: México, D. F. Fitofilo, p. 86.
- García, G. L., Ortega-Arenas, L., Hernández, H. G., García, A. A., Nápoles, J. R., y Cortés, R. R. 2009. Descripción de las larvas de tercer instar de Melolonthidae (Coleoptera) asociadas al cultivo de *Agave tequilana* var. Azul y su fluctuación poblacional en Jalisco, México. *Neotropical Entomology*. 38(6):769-780. ISSN 1519-566X <https://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2009000600010>.
- García, M. J.A. 2010. Revisión Taxonómica del complejo *Agave potatorum* Zucc. (Agavaceae): nuevos taxa y neotipificación. *Acta botánica Mexicana* 91: 71-93. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gentry, S.H., 1982. *Agaves of Continental North America*. The University of Arizona Press., Tucson, Arizona, U.S.A.
- Gómez, A., y Sáenz-Aponte, A. 2015. Susceptibility variation to different entomopathogenic nematodes in *Strategus aloeus* L (Coleoptera: Scarabaeidae). *SpringerPlus*, 4(1), 1-5.

- Halffter, G. 1957. Plagas que afectan a las distintas especies de Agave cultivadas en México. Dirección General de Defensa Agrícola. SAG. México, D. F. p. 17-27.
- Hernández-Velázquez, V., A. Berlanga Padilla, J. Pérez Domínguez y E. Garza González. 1996. Aislamiento de hongos patógenos de plagas de suelo en Jalisco y Nayarit, pp: 5-7. In: Memoria del XIX Congreso Nacional de Control Biológico, Culiacán, Sin. p. 202.
- Hernández, A. G. 1996. El sistema de alarma un componente integrado del manejo de plaga. Propuesta para el manejo de *Phyllophaga* spp. Guatemala. TIKALIA-CATIE 54: 20.
- Huerta-Alcocer, S. A., Larralde-Corona, C. P. y Narváez-Zapata, J.A. (2014). Aplicación de subproductos del Agave para la producción de inulinasas microbianas. Revista Bio ciencias. 3(1):4-16.
- Ignoffo, C. M. 1998. Crl handbook of natural pesticides. Crl press inc. Boca Ratón, Florida, p. 200-220.
- INIFAP. 1993. Determinación del potencial productivo de especies vegetales en el Estado de Oaxaca. Centro de Investigación Regional del Pacífico Sur. Campo Experimental Valles Centrales. Síntesis ejecutiva, 42 p.
- International Mycological Association (IMA). 2016 MycoBank. Disponible en: www.mycobank.org. Consultado 14-03-2016. in Manual of techniques in invertebrate pathology. Elsevier. pp. 256-271.
- Jaronski, S. y Jackson, M. (2012). Mass production of entomopathogenic Hypocreales in Manual of techniques in invertebrate pathology. Elsevier. pp. 256-271.

- López-Martínez, V. (2018). Determining the best pheromone-baited traps for capturing *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Dryophoridae), in mezcals Agave. Florida Entomologist.
- Lugo-García, G. A., L. D. Ortega-Arenas, H. González-Hernández, A. Aragón-García, J. Romero-Nápoles, R. Rubio-Cortés y M. Á. Morón. 2011. Melolonthidae nocturnos (Coleoptera) recolectados en la zona agrícola Agavera de Jalisco, México. Acta Zoológica Mexicana (n. s.), 27(2): 341-357.
- Malik K.A., P. Hoffmann. 1993. Long-term preservation of yeast culture by liquid drying. W. J. Microbiol. Biotechnol. 9: 372.
- Martínez, L. J. 2008. Control del *Sitophilus zeamais* Motschulsky con aceites vegetales en semilla de maíz almacenada (tesis de posgrado). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. p 11.
- Morales-De León, A., Jarquín G, R., Gómez, R, J., Díaz, G, O., y Marín, S, J. (2014) Evaluación de un formulado de aceite vegetal de *Beauveria bassiana* en condiciones de laboratorio para el control de la broca del café. Fitosanidad 18(1) 5-14.
- Navarro, A. M., Ávila, L, N. 2017. Manejo de adultos del picudo del agave con organismos biológicos y su efecto en su viabilidad de producción. Informe técnico de residencia profesional. Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan, Oaxaca, México.
- Núñez-Noriega, L., 2001. La Producción de Mezcal Bacanora: una Oportunidad Económica para Sonora. CIAD, A.C, Hermosillo, Sonora, México.
- Núñez-Reyes, A.L. 2018. Manejo del picudo del agave (*Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal) a base de hongos entomopatógenos formulados en

aceite en condiciones de laboratorio. Informe técnico de residencia profesional. Universidad Tecnológica de la Sierra Sur, Oaxaca, México.

Pallares, C. H., Aldana, J. A., Calvache, H., RAMÍREZ, P., Rochat, D., Luque, E., y Correa, N. (2000). Análisis del comportamiento y comunicación química intraespecífica en *Strategus aloeus* (L.)(Coleoptera, Scarabaeidae-Dynastinae). *Palmas*, 21, 185-194.

Pardo-Locarno, L. C. 1994. Escarabajos (Coleoptera: Melolonthidae) de importancia agrícola en Colombia. En: Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología, 21°, Medellín, 27-29 de julio, 1994. Memorias. SOCOLEN, Medellín. p.159-184.

Pardo-Locarno, L. C., González, J. C., Pérez, C. R., Yepes, F., y Fernández, C. 2012. Escarabajos de importancia agrícola (Coleoptera: Melolonthidae) en la región Caribe colombiana: registros y propuestas de manejo. *Boletín del Museo Entomológico Francisco Luis Gallejo*, 4(4), 7-23.

Patil, J., Rangasamy V., y Lakshmi, L. 2017. Efficacy of entomopathogenic Heterorhabditis and Steinernema nematodes against the white grub, *Leucopholis lepidophora* Blanchard (Coleoptera: Scarabaeidae). *Crop Prot*, 101: 84-89. ISSN: 0261-2194.

Pedrini, N., Crespo, R. y Juárez, M. P. 2007. Biochemistry of insect epicuticle degradation by entomopathogenic fungi. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology and Pharmacology*, 146(1): pp.125-128.

Pérez-Domínguez, J. F. (2006). Importancia del escarabajo rinoceronte *Strategus aloeus* (L.)(Coleoptera: Scarabaeidae) como plaga del cultivo de agave en Jalisco, México. AE Castro RMA Morón y A. Aragón G.(Eds.). *Diversidad*,

- Importancia y Manejo de Escarabajos Edafícolas. Publicación especial de El Colegio de la Frontera Sur, la Fundación PRODUCE Chiapas, AC y la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México, 181-194.
- Pérez, M. B. E., Esparza A., Mayra, J., y Pérez, R., M. 2012. Conservación in vitro de germoplasma de Agave spp. bajo condiciones de crecimiento retardado. Revista fitotecnia mexicana, 35(4):279-287. Recuperado en 16 de abril de 2018, http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802012000400004&lng=es&tlng=es.
- Pérez, S. P. 1980. Principales plagas fitosanitarias del maguey pulquero (*Agave atrovirens* Karw) en la mesa central de México. Tesis profesional. Parasitología Agrícola. U. A. CH. Chapingo, México. 72 pp.
- Roberts, D. W. 1981. Toxins of entomopathogenic fungi. In: Burges HD, editor. Microbial control of pests and plant diseases. 1970-1980. London: Academic Press. Pp. 441-464.
- Roberts, D. W. and, A. E. Hajek. 1992. Entomopathogenic fungi as Bioinsecticides. p. 144-159.
- Rosales, A. L. y Z. Suárez, H. 1998. Nematodos entomopatógenos como posible agente de control del picudo negro del plátano *Cosmopolites sordidus* (Coleoptero: Curculionidae). Boletín de Entomología Venezolana 13 (2): 123-140.
- Rosas-García, N. M., Alba-Moreno, I. Mireles-Martínez, M. M., y Villegas-Mendoza, J. M. 2019. Evaluación de la compatibilidad del proceso de germinación de *Metarhizium anisopliae* con aceites esenciales. Acta Universitaria, 29(1), 1-8.

- Rubio C., R. 2007. Enfermedades del cultivo de Agave. p. 169-195 In Rulfo V., F. O. et al. (ed.). Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de Agave tequilana Weber en la zona de denominación de origen del tequila. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro.
- Ruíz, V, J., T. Aquino, B. and H. K. Kaya. 2000. Controlling white grups (*Phyllophaga* spp.) with entomopatigenic nematodes and fungi in Oaxaca, México, p. 84. Abstracts del XXXIII Congress of the Society for Invertebrate Pathology, Guanajuato, Gto, México.
- Rulfo-Vilchis, F.O. 2007. Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de Agave tequilana Weber en la zona de denominación de origen del tequila. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro.
- Sanabria-García, R., Gasca-Álvarez H., Amat-García, G. 2012. Sinopsis de la tribu Oryctini (Co-leoptera: Scarabaeidae: Dynastinae) de Colombia. *Insecta Mundi* 0276:1-64.
- Sánchez-Teyer, F.L., S. Moreno-Salazar, M. Esqueda, A. Barraza, M.L. Robert. 2009. Genetic variability of wild *Agave angustifolia* populations based on AFLP: a basic study for conservation. *J. Arid Environ.* 73: 611-616.
- Sánchez, L. A. 1999. Oaxaca, tierra de maguey y mezcal. Instituto Tecnológico de Oaxaca, p. 179.
- Silva, G., A. Lagunas, C. Rodríguez J. y D. Rodríguez. 2002. Insecticidas vegetales en una vieja y nueva alternativa en el manejo de plagas. *Manejo Integrado de Plagas.* pp. 4-12.

- Simons J.N., T.A. Zitter 1980. Use of oils to control aphid-borne viruses. *Plant Disease* 64, 542-546
- Solís, A. J., H. H.González, V. J. Leyva, M. A. Equihua, H. F. Flores y A. Martínez Garza. (2001). *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, plaga del agave tequilero en Jalisco, México. *Agrociencia* 35: 663-670.
- Statistical Analysis System (SAS). 2017. *Statistical Analysis System a los métodos estadísticos*. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Téllez-Jurado, A., Cruz, R. M. G., Flores, M. Y., Asaff, T. A., Aranacuenca, A. 2009. Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos. *Revista mexicana de micología*, v. 30, p. 73-80.
- Townsend, G. R. and J. W. Herberguer. 1943. Methods for estimating losses caused by diseases in fungi of experiments. *Plants disease rep* 27: 340- 343.
- Vázquez-García, J.A., Cházaro-Basáñez, M.J., Hernández-Vera, G., Vargas-Rodríguez, Y.L., Zamora-Tavares, M.P., 2007. Taxonomía del género Agave (Agavaceae) en el occidente de México: una panorámica preliminar. In: Vázquez-García, J.A., Cházaro-Basáñez, M.J., Hernández-Vera, G., Flores-Berrios, E. (Ed.), *Agaves del Occidente de México*. Universidad de Guadalajara, México, pp. 145-191.
- Vázquez, M. L. 2003. Manejo integrado de plagas. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV) Ciudad de la Habana, Cuba. p. 220-229.

- Villalobos, F. J. 1992. The potential of entomopathogens for the control of white grub pests of corn in Mexico, pp. 253-260. In: T. A. Jackson y T. R. Glare (Eds.), Use of pathogens in scarab pest management. Intercept. England.
- Villalobos, F. J. 1992. The potential of Entomopathogens for the control of white grub pest of corn in México, p. 253-260.
- Villanit, M. G. y R. B. Sohm. 1992. A case study of impar of the impact the soil environment intercept. Gran Bretaña. p. 298.
- Villavicencio-Nieto, M. Á., Pérez-Escandón, B. E., y Gordillo-Martínez, A. J. 2010. Plantas tradicionalmente usadas como plaguicidas en el estado de Hidalgo, México. Polibotánica, 30:93-238. Recuperado en 25 de mayo de 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682010000200012&lng=es&tlng=es.
- Zimmermann, G., 2007. Review on safety of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. Biocontrol Science and Technology. 17(9): 879–920