

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

EVALUACIÓN DEL EXTRACTO DE *Solanum mammosum* PARA EL CONTROL DE BROCA DEL  
CAFÉ (*Hypothenemus hampei*) *in vitro*  
TESIS DE GRADO

**JOSE GUILLERMO PONCE LIRA**  
CARNET 13188-01

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, NOVIEMBRE DE 2017  
CAMPUS CENTRAL

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

EVALUACIÓN DEL EXTRACTO DE *Solanum mammosum* PARA EL CONTROL DE BROCA DEL  
CAFÉ (*Hypothenemus hampei*) *in vitro*  
TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR  
**JOSE GUILLERMO PONCE LIRA**

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA EN EL GRADO  
ACADÉMICO DE LICENCIADO

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, NOVIEMBRE DE 2017  
CAMPUS CENTRAL

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.  
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO  
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO  
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.  
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS  
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

## **AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS  
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ  
SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA  
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN

### **NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA

### **TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**

MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN  
ING. HARRY FLORENCIO DE MATA MENDIZABAL  
ING. LUIS FELIPE CALDERON BRAN

Guatemala, 16 de noviembre de 2017.

Honorables Miembros del Consejo  
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas  
Universidad Rafael Landívar  
Guatemala

Estimados Miembros:

Por éste medio me permito extenderles un cordial saludo y sinceros deseos de éxito en su laudable labor educativa. A la vez me permito hacer de su conocimiento que asesorado al estudiante **JOSÉ GUILLERMO PONCE LIRA (1318801)** en el desarrollo de la tesis titulada “**EVALUACIÓN DE LA ACCIÓN INSECTICIDA DEL EXTRACTO DE *Solanum mammosum* PARA EL CONTROL DE BROCA DEL CAFÉ (*Hypothenemus hampei*).**”, misma que considero reúne las calidades exigidas por Facultad.

En vista de lo anterior, recomiendo sea aprobada.

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned above the typed name.

Mgtr. Luis Moisés Peñate Munguía  
Código 22169



Universidad  
Rafael Landívar  
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
No. 06832-2017

### Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante JOSE GUILLERMO PONCE LIRA, Carnet 13188-01 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA, del Campus Central, que consta en el Acta No. 06171-2017 de fecha 9 de noviembre de 2017, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DEL EXTRACTO DE *Solanum mammosum* PARA EL CONTROL DE BROCA DEL CAFÉ (*Hypothenemus hampei*) *in vitro*

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 14 días del mes de noviembre del año 2017.



LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ, VICEDECANA  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
Universidad Rafael Landívar

## AGRADECIMIENTOS

**A:**

Dios por la sabiduría, el trabajo del campo y por la bendición de permitirme servir a mi país y lograr salir adelante.

La Universidad Rafael Landívar, en especial a la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas por formarme y desarrollarme intelectualmente.

Mis papas, por enseñarme los valores, el deseo de trabajo y supresión.

Mi esposa, por estos años de perseverar juntos y lograr metas.

Mi Tía Zoily, y a mis primos Néstor y Santiago Pezzarossi Lira por siempre apretarme para lograr esta meta.

Ing. Luis Peñate, mi asesor en esta Tesis, por su valioso consejo, por animarme y mantenerme animado para poder seguir adelante y no decaer.

## DEDICATORIA

A:

- Dios: Por darme sabiduría, fe, templanza, paciencia para poder pasar los obstáculos de la vida, y con su guía llegar a complacerlo y serle fiel.
- Mi Esposa Inga. Agr. Sara Edith Muñoz Larrazábal de Ponce, Por tu amor incondicional, por apoyarme en todo momento, incentivarme a seguir adelante y ser mi acompañante de vida. Te amo.
- Mis Padres Ing. Agr. Guillermo Alfredo Ponce Schleeauf y a mi mamita Margarita Elizabeth Lira Corado de Ponce, Por sus consejos, desvelos, regaños, esfuerzos y sobre todo su amor, para que logre siempre salir adelante. También por enseñarme el amor a Dios, el Sagrado Corazón de Jesús y a la Virgen María.
- Mis Hermanos Anelisse, Lourdes y Alfredo Enrique Ponce Lira. Por su apoyo.
- Mis abuelos A mi opa Manuel Enrique Ponce Ponce (+), a mi oma Elvira Schleeauf de Ponce (+); Guillermo Lira (+) Aminta Corado (+). Por sus grandes enseñanzas y guiarme por el buen camino y consentirme.
- Mis Tíos Santiago Pezzarossi (+) y Zoila Lira de Pezzarossi, Mario Oquendo y Gladis de Oquendo. Por estar siempre pendientes de mí y por su amor.
- Mis Primos Néstor y Santiago (Chago) Pezzarossi Lira, Mario, Paula y Marian Oquendo Lira. Gracias por todos sus consejos y regañadas.
- Mis Suegros Don Ricardo Muñoz y Doña Reyna Larrazabal de Muñoz, Por darme su apoyo y oraciones.
- Mis Amigos Lic. Elmer Eduardo Arriaza (primo pelons), Ing, Agr. Carlos Argueta (Primo Calucho), Inga. Agra. María Luisa Morataya, Gracias por su amistad y estar siempre en cada momento alegre y difícil de mi vida y apoyarme en todo momento.

# ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
2.	MARCO TEÓRICO .....	3
2.1	Importancia económica del café para Guatemala.....	3
2.2	La Broca del Café ( <i>Hypothenemus hampei</i> F.) .....	5
2.2.1	Control etológico .....	6
2.2.2	Control biológico .....	7
a.	<i>Cephalonomia stephanoderis</i> .....	7
b.	<i>Phymastichus coffea</i> La Salle.....	8
c.	<i>Beauveria bassiana</i> .....	9
2.2.3	Control cultural.....	9
2.2.4	Control químico.....	10
a.	Endosulfan.....	11
b.	Problemas ambientales y a la salud humana ocasionados por Endosulfan 12	
c.	Límites máximos de residuos tolerables de Endosulfan 35 EC .....	12
2.2.3	Medios de diseminación.....	13
2.2.4	Daños de la broca del café.....	13
2.2.5	Importancia económica de la Broca del Café .....	14
2.2	<i>Solanum mammosum</i> L. ....	14
2.3.1	Clasificación Taxonómica .....	15
2.3.2	Descripción botánica.....	15
2.3.3	Composición del fruto .....	16
2.3.4	Geografía de <i>Solanum. mammosum</i> L. ....	16
2.3.4.1	Clima.....	17
2.3.4.2	Suelo.....	17
2.3.4.3	Biotopo de poblaciones naturales .....	17
2.3.4.4	Cultivo .....	17
2.3.5	Post-Cosecha y conservación del fruto.....	18
2.3.6	Componentes químicos del fruto.....	18

2.3.7 Usos de <i>S. mammosum</i> L.....	18
2.4 Preparación de extractos .....	18
2.4.1 Acción letal del extracto de <i>Solanum mammosum</i> L.....	19
3.    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO .....	20
4.    OBJETIVOS.....	21
4.1 General .....	21
4.2 Específicos.....	21
5.    HIPÓTESIS.....	22
6.    METODOLOGÍA .....	23
6.1 Localización del trabajo.....	23
6.2 Material experimental .....	23
6.3 Factores estudiados .....	23
6.4 Descripción de los tratamientos .....	23
6.5 Diseño experimental.....	25
6.6 Modelo estadístico .....	25
6.7 Unidad experimental .....	25
6.8 Croquis.....	25
6.9 Manejo del experimento .....	26
6.10 Variables de respuesta.....	26
6.11 Análisis de la información.....	26
6.11.1 Análisis estadístico.....	27
6.11.2 Análisis económico .....	27
7.    RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	28
7.1 Análisis de la mortalidad de broca del café .....	28
a. Estadística descriptiva.....	28
b. Análisis de varianza .....	29
7.1.1 Efecto de Endosulfan 35 SL sobre broca del café .....	30
7.2 Discusión .....	31
b.    Síntomas observados.....	32
8.    CONCLUSIONES .....	34

9. RECOMENDACIONES ..... 35

10. BIBLIOGRAFÍA..... 36

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Aportes del Sector agrícola, forestal y ganadero al Producto Interno Bruto (PBI) de Guatemala, para el periodo 2,001 al 2,014.....	4
Cuadro 2. Principales clientes del café guatemalteco. ....	5
Cuadro 3. Información toxicología de Endosulfan 35 EC. ....	12
Cuadro 4. Clasificación taxonómica .....	15
Cuadro 5. Composición física de Solanum mammosum L. ....	16
Cuadro 6. Tiempo de acción letal del extracto de S. mammosum L. en diferentes insectos. ....	19
Cuadro 7. Descripción de los tratamientos y sus concentraciones.....	23
Cuadro 8. Distribución de las cajas Petri en laboratorio. ....	25
Cuadro 9. Estadística descriptiva de la mortalidad de broca, por tratamiento. ....	28
Cuadro 10: Cuadro de análisis de varianza para la variable porcentaje de mortalidad de broca. ....	29
Cuadro 11. Costos de los componentes para la elaboración del Extracto. ....	32
Cuadro 12. Costos de realización de extractos y bio ensayos .....	33

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Trampas con atrayentes sexuales para el control de la broca del café ( <i>H. hampei F.</i> ) (ANACAFE, 2015).....	7
Figura 2. Imágenes de <i>Cepahlanomia stephanoderis</i> . (FAO, 2015).....	8
Figura 3. Imagen de <i>Phymastichus coffea</i> . (EcuRed, 2015) .....	8
Figura 4. Imagen de <i>Beauveria bassiana</i> parasitando un adulto de broca del café. (Centro Nacional de Investigación del Café, 2015) .....	9
Figura 5. Cosecha café sobre maduro y brocado. (ANACAFE, 2015).....	10
Figura 6. Control Químico de la broca. (ANACAFE, 2015).....	11
Figura 7. Formula química del Endosulfan. (Makhteshim Chemical Works LTD., 2004)11	
Figura 8. La Broca del Café ( <i>H. hampei F.</i> ) y su daños al grano. (Atlantic International University, 2008).....	14
Figura 9. Planta y frutos de Chichitas o Teteretas ( <i>Solanum mammosum L.</i> ). (Project Noah, 2015).....	15

# EVALUACION DE LA ACCION INSECTICIDA DEL EXTRACTO DE *SOLANUM MAMMOSUM* PARA EL CONTROL DE BROCA DE CAFÉ (*Hypothenemus hampei* F.) *IN VITRO*

## RESUMEN

Se evaluó el extracto de frutos de *Solanum mammosum*, utilizando Éter de petróleo y Acetona para el control de Broca del Café a nivel de laboratorio. Para evaluar los efectos de los extractos sobre la broca, se efectuó el experimento que consto de 5 tratamiento y 4 repeticiones, donde se expuso adultos de broca del café a Endosulfan 35 EC, Éter de Petróleo al 95%, Acetona al 95% y los extractos del fruto de *S. mammosum*. Al momento de realizar el experimento se observó que los efectos de los extractos de frutos de *S. mammosum*, de los solventes (Éter de petróleo y Acetona en una concentración del 95%) y el Endosulfan aplicándolos directamente sobre adultos de broca del café fueron parecidos. Por lo cual no se pudo establecer los efectos de los extractos, pese a eso, los costos de los extractos fue de Q96.23/litro utilizando Éter de petróleo y de Q79.10/litro con Acetona, superando el valor de Endosulfan 35 EC. Derivado de ello se recomienda no utilizar los solventes evaluados en el estudio y encontrar otros métodos que permitan potencializar los efectos insecticidas de *S. mammosum*.

# EVALUATION OF THE INSECTICIDE ACTION OF SOLANUM MAMMOSUM EXTRACT FOR THE CONTROL OF COFFEE DRILL (*Hypothenemus hampei* F.) IN VITRO

## SUMMARY

The fruit extract of *Solanum mammosum* was evaluated, using petroleum ether and acetone for the control of coffee drill at the laboratory level. To evaluate the effects of the extracts on the drill bit, the experiment consisting of 5 treatments and 4 replications was carried out, where adults were exposed from coffee drill to Endosulfan 35 EC, 95% Petroleum Ether, 95% Acetone and extracts of the fruit of *S. mammosum*. At the time of conducting the experiment it was observed that the effects of the extracts of fruits of *S. mammosum*, of the solvents (Petroleum ether and Acetone in a concentration of 95%) and the Endosulfan applying them directly on adults of coffee borer were similar. For which the effects of the extracts could not be established, despite that, the costs of the extracts was Q96.23 / liter using Petroleum Ether and Q79.10 / liter with Acetone, exceeding the value of Endosulfan 35 EC . Due to this, it is recommended not to use the solvents evaluated in the study and to find other methods that can potentiate the insecticidal effects of *S. mammosum*.

# 1. INTRODUCCIÓN

En Guatemala, el cultivo del café representa ingreso de divisas. Su exportación en los últimos 14 años fiscales se reportó más de 40 millardos de quetzales solo en el rubro de café exportado a los diferentes países del mundo. (BANGUAT, 2015)

Estas ventas, se debe a la calidad de los cafés producidos en las distintas zonas o regiones donde se siembra. Pese a las cualidades que caracterizan el café guatemalteco, los sistemas agrícolas aplicados para la producción, tiene sus diferencias y problemas. Principalmente en el área fitosanitaria, la cual representa un reto constante a la caficultura a nivel mundial. (ANACAFE, 2015)

Entre estas constantes amenazas, los principales problemas son el control de broca del café. Este insecto, perteneciente a los coleópteros, disminuye las cosechas entre un 10 a un 15% anual. (ANACAFE, 2015)

Debido a esta situación, la Asociación Nacional del Café, (ANACAFE) diseño un programa para el control integrado de la broca. El cual posee varias alternativas para el manejo y control del insecto. (ANACAFE, 2015)

Dicho programa cuenta con controles etológicos (trampas con atrayentes sexuales); culturales (recoger el grano brocado); biológicos (aplicación de hongos y liberación de parasitoides) y el control químico (aplicaciones de Endosulfan 35 EC).

Pese a la implementación de las citadas técnicas de control fitosanitario, la broca del café tiende a elevar sus poblaciones, requiriendo del uso de plaguicidas para su control, uno de los más utilizados en la actualidad es el Endosulfan 35 EC. Ya sea una aplicación general o en focos, es decir aplicaciones sectorizadas donde aún persiste el problema de broca del café.

Es importante resaltar, que Endosulfan 35 EC, ha sido retirado del mercado en muchos países y en otros se encuentra en las listas de productos de uso restringido. Como tal, Endosulfan no tiene un sustituto en la actualidad que tenga la misma eficacia de control. El efecto de algunos productos de las familias de los neonicotinoide y organofosforados puede tener algún efecto al insecto en sus distintas etapas.

Una propuesta, para el control de broca en adultos es la aplicación de extracto de *Solanum mammosum*. Como se presenta en el marco teórico existe evidencia documental que soporta la idea de su potencial como materia para extraer un insecticida, éstos procesos son materia de ensayo en la presente investigación.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Importancia económica del café para Guatemala**

El café es una de las principales actividades económicas para el sector agrícola en Guatemala, ya que según cifras del Banco de Guatemala (2,014), el cultivo del café reporto un total de ingresos de Q. 46,367,200,000.00 al país, en el periodo 2,001 al 2,014. El mejor año el 2011 con Q. 5,972,300.00. En lo que va en el primer trimestre del 2014, reporta un total de ingresos correspondiente al café en Q. 1,038,600.00, dichos datos son preliminares y sin armonizar. (BANGUAT, 2015)

En la Cuadro No. 1 se describe el reporte de las cuentas para el sector Agrícola, Pecuario y Forestal, se observa el comportamiento y aporte al Producto Interno Bruto Nacional de los cultivos del café, banano, cardamomo entre otros. En él, se encuentran los ingresos dejados por cada uno de los productos en millones de quetzales, según año fiscal, nótese la preponderancia del café.

Es tal la importancia del cultivo, que la Asociación Nacional del Café, indica que el área cultivada se encuentra alrededor de las 252 mil Hectáreas, equivalentes al 2.3% de la superficie total del país. El cultivo se encuentra presente en 20 de los 22 departamentos de Guatemala. Santa Rosa, el departamento que más área destina al cultivo del café, y Huehuetenango el que mejor rendimiento de producción (ANACAFE, 2015).

Para la cosecha 2,015-16, se espera un aumento de las áreas de producción de café, para la ANACAFE, esto se debe al renuevo de las áreas que fueron afectadas por la roya y por renovación de plantaciones que se encuentra viejas y mal manejadas, las cuales se encuentran en estado de abandono o no tiene el manejo agronómico adecuado.

Cuadro 1: Aportes del Sector agrícola, forestal y ganadero al Producto Interno Bruto (PBI) de Guatemala, para el periodo 2,001 al 2,014

Cultivo	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Café</b>	1,818.40	1,968.10	1,991.60	2,305.10	2,922.60	3,015.10	3,553.00	4,017.80	3,986.90	4,718.20	5,972.30	5,052.90	4,006.60	1,038.60
<b>Banano</b>	2,074.30	2,159.20	2,037.70	2,269.30	2,422.70	1,915.80	2,384.50	2,511.50	3,297.00	2,741.30	3,344.20	3,829.30	4,624.10	1,252.80
<b>Cardamomo</b>	671.10	710.70	675.30	733.30	651.20	587.00	1,017.00	1,120.30	1,567.20	1,934.60	1,840.60	1,216.20	1,202.90	300.10
<b>Cereales</b>	2,525.90	2,614.40	2,627.90	2,636.90	2,619.60	2,527.30	2,848.90	2,942.60	2,922.90	2,799.90	3,462.10	2,988.90	2,951.10	1,067.40
<b>Tubérculos, raíces, hortalizas y legumbres</b>	3,761.20	4,145.90	4,282.20	4,631.20	4,800.00	4,933.90	5,690.90	7,488.70	7,801.10	7,739.40	8,220.50	9,298.80	10,426.50	2,800.20
<b>Frutas y nueces</b>	1,401.60	1,916.80	2,075.70	2,179.60	2,373.10	2,421.00	2,882.10	2,884.70	3,553.70	3,454.20	3,766.60	3,893.40	4,811.50	747.90
<b>Otros cultivos agrícolas</b>	2,029.70	2,130.40	2,119.50	2,111.60	2,115.30	2,130.00	2,493.90	2,542.10	3,045.50	3,065.70	3,363.80	3,919.50	4,875.70	1,020.10
<b>Ganadería</b>	4,410.70	4,957.00	5,095.60	5,299.50	5,507.60	5,813.60	6,327.20	6,625.00	7,103.30	7,240.70	7,309.30	8,179.50	9,210.30	2,335.20
<b>Silvicultura y pesca</b>	1,805.60	2,057.00	2,171.80	2,327.60	2,329.80	2,546.50	2,778.20	2,858.60	2,624.60	3,127.30	3,809.30	3,279.40	2,905.40	908.50
<b>Total</b>	<b>20,498.50</b>	<b>22,659.50</b>	<b>23,077.30</b>	<b>24,494.10</b>	<b>25,741.90</b>	<b>25,890.20</b>	<b>29,975.70</b>	<b>32,991.30</b>	<b>35,902.20</b>	<b>36,821.30</b>	<b>41,088.70</b>	<b>41,657.90</b>	<b>45,014.10</b>	<b>11,470.80</b>

Los datos del 2012 y 2013 son cifras armonizadas con las cuentas anuales preliminares

Los datos del 2014 son cifras preliminares sin armonizar con las cuentas anuales

(BANGUAT, 2015)

La producción nacional en año cafetero 2012-2013 fue de 242 mil toneladas de café oro (4, 843,000.00 quintales de café oro), siendo Estados Unidos el mayor comprador con un 45%, Japón con 17%, y Canadá con 9% (BANGUAT, 2015).

Dentro del cuadro No.2 se encuentran los compradores del café guatemalteco. Se denotan las cantidades, el destino y el porcentaje que se exportaron para la cosecha 2012-2013.

Cuadro 2. Principales clientes del café guatemalteco.

Posición	País	Toneladas de café oro	Porcentaje de Cosecha
1	Estados unidos	108,967.50	45%
2	Japón	41,165.50	17%
3	Canadá	21,793.50	9%
4	Alemania	16,950.50	7%
5	Bélgica	14,529.00	6%
6	Italia	9,686.00	4%
7	Países Nórdicos	4,843.00	2%
8	Otros destinos	24,215.00	10%
	<b>Total</b>	<b>242,150.00</b>	<b>100%</b>

(ANACAFE, 2015)

## 2.2 La Broca del Café (*Hypothenemus hampei F.*)

La Broca del Café, *H. hampei F.*, es un insecto, perteneciente al orden coleóptera, de no más de 0.8 mm de largo es la plaga que más afecta al café. Afecta directamente el grano, haciendo agujeros dentro de él, estos llamados galerías, dañan física y organolépticamente repercutiendo en una tasa con sabores extraños y por ende de bajo valor, y nada apetecible (ANACAFE, 2015).

En la actualidad, los granos de café que se encuentran brocados se clasifican como catadura o desechos. (ANACAFE, 2015)

El impacto de la broca en Guatemala se ha visto reflejado en pérdida hasta del 30% de la cosecha nacional. Fue 1970 cuando se introdujo la plaga al país, luego a mediados de los 90 tuvo su repunte, ya que los precios del café tuvieron una baja, la cual complicaba el sostenimiento de los programas en ese entonces establecidos, los cuales estaban mayormente enfocados en controles químicos, principalmente las aplicaciones generales de Endosulfan (ANACAFE, 2015).

El plan de Manejo Integrado de la broca, propuesto por ANACAFE, posee estos ítems:

- Control etológico.
- Control biológico.
- Control cultural.
- Control químico.

Se detallan a continuación.

### **2.2.1 Control etológico**

La colocación de las trampas, para el control de broca requiere conocer el comportamiento y como los insectos responde a señales, estímulos visuales, físicos y químicos. La mezcla de los alcoholes (metanol y etanol en relación 1:1) junto con la elaboración de recipientes rojos para ahogarlos es una alternativa rentable, ya que se utilizan materiales de reusó, principalmente botellas de doble litro, pero a pesar de sus muchas características buenas, su nivel de control es bajo, rondando por el 60% (ANACAFE, 2015)

En la figura No.1 se encuentran los distintos tipos de trampas para control de broca del café que se encuentran en los campos.



Figura 1. Trampas con atrayentes sexuales para el control de la broca del café (*H. hampei* F.) (ANACAFE, 2015).

### 2.2.2 Control biológico

Consiste en la liberación de enemigos naturales de la broca del café, para ello se han identificado los parasitoides *Cephalonomia stephanoderis* y *Phymastichus coffea* y la aplicación de *Beauveria bassiana* (ANACAFE, 2015).

#### a. *Cephalonomia stephanoderis*

Es un insecto que pertenece al orden Hymenoptera, que fue descubierto en el África. Su principal aplicación en la caficultura es el control de broca del café como un parasitoide. Se introdujo a Guatemala en 1,989. (Rivera Flores, 1998) La permanencia y multiplicación de *C.stephanoderis* se encuentra directamente proporcional a su único huésped reconocido, broca del café. (ANACAFE, 2015)

En Guatemala se tiene reportes de reducir entre un 5% hasta un 20% la infestación de broca de café. Es decir que de cada 100 granos puestos en beneficio, se reportaron entre 5 a 20 granos brocados por partida (Rivera Flores, 1998).

En la figura No. 2 se ilustra a *C. stephanoderis* parasitando una broca en estado larval.



Figura 2. Imágenes de *Cepahlanomia stephanoderis*. (FAO, 2015)

**b. *Phymastichus coffea* La Salle**

Pertenece al orden *Hymenoptera*, es otro insecto parasitoide de origen africano, el cual es utilizado para el control de broca de café (Espinoza, y otros, 2009).

En la figura No.3, se observa un adulto de *P. coffea* parasitando una broca adulta del café.



Figura 3. Imagen de *Phymastichus coffea*. (EcuRed, 2015)

### **c. *Beauveria bassiana***

Es un hongo que parasita a los adultos de la broca del café. Pertenece al orden de los Hyphomycetes y la división Deuteromicetes. Dicho hongo desarrolla un proceso infeccioso sobre la broca. Cuando germina en la cutícula produce un tubo germinativo o hifa, la cual atraviesa la piel de la broca por los procesos enzimáticos. Esto hace que el insecto se paralice y luego muere (ANACAFE, 2015).



Figura 4. Imagen de *Beauveria bassiana* parasitando un adulto de broca del café. (Centro Nacional de Investigación del Café, 2015)

### **2.2.3 Control cultural**

Control cultural o control manual, consiste en la recolección de los granos brocados de forma manual, principalmente los granos que se encuentra en el suelo (pepena) y en algunos caso en la mata, principalmente en los frutos provenientes del llamada flor loca, este se junta en quintales, toneles y silos para luego colocar una pastilla de fosfina (Asociación Nacional del Café, 2015). También hay que mantener registros de las cosechas, principalmente de las floraciones, ya que esta información ayuda al momento de plaguera y poder determinar el mejor periodo para poder mandar a recoger los granos brocados (Instituto Interamericano de Cooperacion para la Agricultura, 2015)

Debido a la cantidad de trabajo que representa, y el impacto en los costos de producción derivado a que hay que invertir en mano de obra (cosecheros) personal capacitado (Plagueros) y la actualización de datos (registros de temperatura, equipo de cómputo especializado, entre otros) se ha vuelto oneroso, además de que su eficacia o nivel de

control no supera el 70%, dando posibilidades a que la plaga pueda llegar a umbrales económicos importantes. (Bustillo, 2013)

Dentro de la figura No.5 se ilustra el café recogido después de la pepena y recolección de granos de café brocados. Esto se hace con el fin de reducir el inoculo residual de la cosecha y así reducir el impacto de brocas nuevas para la próxima cosecha.



Figura 5. Cosecha café sobre maduro y brocado. (ANACAFE, 2015)

#### **2.2.4 Control químico**

Pese al sin fin de actividades y controles que se realizan para mantener la broca del café, el control químico, es el más efectivo, la aplicación de Endosulfan. está siendo criticado, ya que debido a sus problemas de bioacumulación provoca problemas al ambiente y a la salud humana, esto le ha traído a la molécula que sea utilizada de forma restringida en unos países y en la mayoría sea prohibida. Así mismo, el Endosulfan, como control químico, no tiene un sustituto. Además, los controles o tratamientos alternativos que presentan el mismo porcentaje de control son sumamente caros, en el caso de la liberación de parasitoides y la eliminación de la fruta brocada; los otros no tienen un buen control.

Sin embargo, se requiere de nuevos insecticidas que sean capaces de cumplir con la efectividad del Endosulfan, a un costo igual o más bajo, que sea amigable al ambiente y no traiga consigo problemas a la salud del ser humano, además de que no tenga restricciones por los mercados que demanda el café guatemalteco.



Figura 6. Control Químico de la broca. (ANACAFE, 2015)

#### a. Endosulfan

Es un insecticida perteneciente a la familia de los organoclorados. El modo de acción es de contacto y en forma estomacal. Dentro de la planta no tiene ningún efecto sistémico o traslaminar. (Makhteshim Chemical Works LTD., 2014) En la figura No. 7 se encuentra la fórmula estructural del Endosulfan.

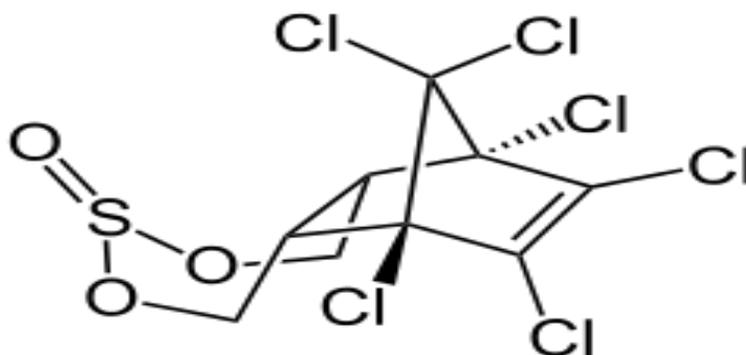


Figura 7. Fórmula química del Endosulfan. (Makhteshim Chemical Works LTD., 2004)

### **b. Problemas ambientales y a la salud humana ocasionados por Endosulfan**

Los potenciales problemas a la salud humana son descritos a continuación:

- Muy toxico por inhalación
- Tóxico por ingestión
- Riesgo de lesiones leves oculares graves
- Nocivo por contacto con la piel.

(Makhteshim Chemical Works LTD., 2004)

Los síntomas de intoxicación, son los dolores de cabeza, debilidad, excitabilidad, recelo, vértigo, falta de orientación, espasmo muscular, convulsiones y pérdida del conocimiento. Salivación excesiva, náuseas, vómitos, respiración fatigosa y temblores fuertes (Makhteshim Chemical Works LTD., 2014)

Y los riegos que presenta para el ambiente, toxico para los organismos acuáticos. Puede provocar efectos negativos en el medio ambiente acuático. (Makhteshim Chemical Works LTD., 2004)

Otros efectos negativos al ambiente, que es toxico para el ganado. Afecta a los peces y crustáceos (Makhteshim Chemical Works LTD., 2014).

### **c. Límites máximos de residuos tolerables de Endosulfan 35 EC**

Los resultados de los estudios realizados a Endosulfan 35 EC

Cuadro 3. Información toxicología de Endosulfan 35 EC.

<b>Vía</b>	<b>LC50 (mg./Kg.)</b>	
	<b>Masculino</b>	<b>Femenino</b>
<b>Oral</b>	70	
<b>Dérmica</b>	730	
<b>Inhalación</b>	0.357	0.08
<b>Irritación dérmica</b>	Moderadamente irritante	
<b>Irritación de los ojos</b>	Irrita los ojos	
<b>Toxicidad en reproducción</b>	No	

(Makhteshim Chemical Works LTD., 2004)

### **2.2.3 Medios de diseminación**

Según Arce y Enciso (2009), al tratarse de un insecto pequeño, puede trasladarse de una zona a otra con mucha facilidad, por lo cual los medios a través de los que se disemina son variados, entre otros se pueden mencionar:

- Granos que se utilizan como semilla
- Café en fruta y pergamino, los cuales pueden ser portadores de larvas, huevos o adultos.
- Implementos del cultivo y cosecha.
- Ropa de los trabajadores e instrumentos domésticos.
- Aguas del beneficiado.
- Viento.

### **2.2.4 Daños de la broca del café**

De acuerdo a Arce y Enciso (2009), la plaga de la broca, causa los siguientes daños:

- Caída de frutos: los frutos jóvenes que sufren el ataque de la broca caen al suelo, lo cual puede constituir entre 5 a 23% de pérdidas.
- Baja calidad del grano: el grano afectado se considera de inferior calidad y por lo general es rechazado, o se castiga el precio de compra.
- Pérdida de rendimiento: debido al ataque de la broca el grano pierde peso, lo cual disminuye el rendimiento en el beneficiado.
- Pérdidas en el mercado internacional: debido a que si no se cuenta con un estricto control de la calidad en los beneficios y granos brocados se exportan, esto podría representar pérdidas de prestigio (con lo que pierde valor), y de algunos mercados.
- Aumento en los costos del beneficiado debido a que se debe invertir más en la selección de los granos dañados por la broca.
- Aumento en los costos de producción por las labores que deberá realizar el productor en su cafetal.

### 2.2.5 Importancia económica de la Broca del Café

La Broca del Café *H. hampei* es la plaga más devastadora del cultivo a nivel mundial, se alimenta y se reproduce del endospermo del fruto, causando su deterioro comercial y reduciendo su calidad en taza; es una especie de hábitos monófagos, exclusiva del género *Coffea* y es de origen africano (Bustillo, 2013).

En el cultivo del café *H. hampei* ataca y daña los frutos que son comercializados, reduce la producción por la destrucción de los granos (pérdida de peso), provoca la caída de frutos, deprecia el café en su clasificación por tipo al aumentar los granos perforados y quebrados en el beneficio y además, altera el sabor de la bebida (Constantino, 2011). En la figura No.8 se encuentra ilustrada la broca adulta al momento de realizar el daño el daño de café.



Figura 8. La Broca del Café (*H. hampei* F.) y su daños al grano. (Atlantic International University, 2008)

### 2.2 *Solanum mammosum* L.

*Solanum mammosum* es también conocida como “teta de vaca” y “chichitas de Esquipulas”, según sus nombres coloquiales.

En la figura 9 se ilustra el fruta y la planta de *Solanum mammosum*.



Figura 9. Planta y frutos de Chichitas o Teteretas (*Solanum mammosum* L.). (Project Noah, 2015)

### 2.3.1 Clasificación Taxonómica

Según (ITIS, 2016), la clasificación taxonómica de *S. mammosum* se encuentra en el cuadro.

Cuadro 4. Clasificación taxonómica

<b>Reino:</b>	Plantae
<b>División:</b>	Tracheophyta
<b>Clase:</b>	Magnoliopsida
<b>Orden:</b>	Solanales
<b>Familia:</b>	Solanaceae
<b>Género:</b>	<i>Solanum</i>
<b>Especie:</b>	<i>S. mammosum</i> L.

### 2.3.2 Descripción botánica

Es un arbusto de hasta 1,20cm de altura, de tipo herbáceo o semileñoso con tallo espinoso. Las hojas son simples, pubescentes en el haz y en el envés, los bordes son medianamente hendidos, espinas conspicuas sobre las nervaduras, ápice acuminado. Flores pedunculadas en racimo; cáliz verde-amarillento con 5 sépalos, corola lila con 5 pétalos; 5 estambres prominentes con filamentos cortos. Fruto baya en forma cónica con

lóbulo en la parte proximal, de color amarillo oro en la maduración y de 5 a 6 cm de longitud (Ruíz Montenegro, 2008).

### 2.3.3 Composición del fruto

La composición física del fruto de *S. mammosum* se encuentra en cuadro No.5.

Cuadro 5. Composición física de *Solanum mammosum* L.

	Cualitativa	Cuantitativa	
		Masa (gr.)	Altura (cm.)
Fruto	Color amarillo intenso, oloroso, forma de ubre con 4 tetillas.	50	5 a 7
Cáscara	Superficie lisa, color amarillo intenso, brillante, con cierta dificultad para pelar, desprende olor picante.	25	
Pulpa	Color blanco cremoso, esponjoso, se oxida con facilidad expuesto al ambiente.	19	
Jugo	Color amarillo oscuro intenso, denso.	2	
Semillas	Color marrón oscuro, forma aplanada, ligeramente alargada en un extremo y el otro redondeado.	4	

### Valores aproximados

(Ruíz Montenegro, 2008)

### 2.3.4 Geografía de *Solanum. mammosum* L.

La planta de *S. mammosum* L. se puede encontrar en toda Mesoamérica y Sudamérica, también en Asia. Es una planta muy vigorosa y se adapta a casi que cualquier tipo de clima y suelo. (Arce Barrera & Enciso Quevedo, 2009)

#### **2.3.4.1 Clima**

*S. mammosum* se encuentra en ecosistemas de bosque pluvial, con temperaturas entre 22,5 a 26.6°C. (Arce Barrera & Enciso Quevedo, 2009)

#### **2.3.4.2 Suelo**

Prospera en todo tipo de suelos, incluyendo los arenosos arcillosos. Soporta condiciones de extrema acidez con valores menores de 4, tolera niveles de saturación de aluminio superiores a 60% y bajo nivel de materia orgánica, menos de 2%. No tolera suelos con mal drenaje. (Arce Barrera & Enciso Quevedo, 2009)

#### **2.3.4.3 Biotopo de poblaciones naturales**

Se puede encontrar en condiciones de alta luminosidad, asociada con gramíneas; se le encuentra comúnmente en áreas bien drenadas, es susceptible a la inundación, crece alejada o cerca de los cuerpos de agua y en áreas de pastoreo. Comparte hábitat con las siguientes especies: helechos, caimito, uvilla, cacao, cítricos y zapote, entre otras. (Arce Barrera & Enciso Quevedo, 2009).

#### **2.3.4.4 Cultivo**

La época de siembra es en los meses de lluvia, se recomienda la siembra con un espaciamiento de 1.5m entre hileras y 1m entre plantas. Dentro de las labores agrícolas se incluye el control de malezas y eliminación de vegetación adyacente que proyecte sombra a la plantación. La plantación puede asociarse a pastizales o en bosques secundarios con alta luminosidad. Puede establecerse en áreas sembradas con yuca y plátano poco antes de la cosecha de dichos cultivos. No se observan fitófagos en esta especie, posiblemente debido a que presenta compuestos con propiedades insecticidas. (Quijano, y otros, 2010).

*S. mammosum* puede propagarse mediante semilla sexual, empleando el sistema indirecto, es decir, el establecimiento de almácigos y posterior repique a bolsas plásticas conteniendo el suelo agrícola (Quijano, y otros, 2010).

### **2.3.5 Post-Cosecha y conservación del fruto**

En el manejo post-cosecha los frutos son muy resistentes al transporte y pueden ser conservados por varios días sin producirse mayor deterioro (Arce Barrera & Enciso Quevedo, 2009).

### **2.3.6 Componentes químicos del fruto**

La planta se compone de catequinas, taninos catequínicos, alcaloides, fenoles simples, flavanonas, heterosidios, cianogénicos, saponinas y triterpenos. Según investigaciones el extracto acuoso y metanólico preparado a partir del fruto, señalan la presencia de carbohidratos, compuestos fenólicos, flavonoides, esteroides y alcaloides. Todos estos compuestos presentan actividad larvica, alrededor de 400ppm (metanólico). Los principios activos glucoalcaloides esteroideos (solasodina), se utilizan en la síntesis de esteroides de utilidad como pesticidas naturales (acción potenciada también por los taninos presentes y los alcaloides) (Ruíz Montenegro, 2008).

### **2.3.7 Usos de *S. mammosum* L.**

Se sabe que *S. mammosum* tiene una acción biocida en la composición de los frutos, por lo que destruye formas de vida no deseadas, en esencia puede ser utilizado como insecticida (Arce Barrera & Enciso Quevedo, 2009).

También, otros usos que se le da, es para el control de moluscos, principalmente *Pomacea canaliculata*, a una dosis de 50% de *Solanum mammosum* y 50% de solvente. La DL50 se encontró en el rango de 24.04 ppm y 17.78 ppm (Quijano, y otros, 2010).

## **2.4 Preparación de extractos**

Para la preparación de los extractos de *S. mammosum* (Quijano, y otros, 2010) conlleva un procedimiento, el cual se detalla a continuación:

- Los frutos son partidos por la mitad y se procede a separar la cáscara, la pulpa, el jugo y las semillas.
- La fruta es colocada en beakers rotulados, se agregan 150ml de agua destilada a cada muestra y se agita.
- La fruta es sometida a ebullición por un período de 3 minutos, luego se deja enfriar por 10 minutos más.

- Luego de que la muestra se enfría es colada para obtener el extracto.

#### 2.4.1 Acción letal del extracto de *Solanum mammosum* L.

De acuerdo a Ruíz (2008), la acción insecticida del extracto de *S. mammosum* fue evaluado en hormigas, arañas, cucarachas y cochinillo de humedad, todos los insectos murieron en un período de entre 40 segundos y 480 segundos. Los datos se encuentran reflejados en el cuadro No. 6.

Cuadro 6. Tiempo de acción letal del extracto de *S. mammosum* L. en diferentes insectos.

---

Insecto	Extracto de <i>S. mammosum</i>			
	Semilla	Pulpa	Jugo	Cascara
Hormiga	40	60	60	60
Araña	60	240	240	240
Cucaracha	420	600	600	600
Cochinillo de humedad	300	480	480	480

**Tiempo en segundos**

---

(Arce Barrera & Enciso Quevedo, 2009)

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

En la actualidad las alternativas para el control químico de la Broca del Café son limitadas. Prácticamente se resumen al uso de los ingredientes activos Endosulfan y Clorpirifos. La venta del ingrediente Endosulfan se encuentra regulada por ley desde el 2014 en el mercado guatemalteco, cabe mencionar que es un compuesto orgánico permanente (COP), base legal: Decreto 60-2007, Ratificación del Convenio de Estocolmo, inclusión de Endosulfan en su 5ta conferencia al Anexo A. El Clorpirifos que se vende legalmente puede constituirse en la única alternativa química prescrita para el control de la citada plaga, con el riesgo de desarrollo de resistencia que esto implique, independientemente de su manejo, si se emplea como control unilateral.

La principal razón de ser de la presente investigación es desarrollar una nueva alternativa para el control de la Broca del Café.

Un control alternativo efectivo y económico puede ser *Solanum mammosum*, planta perteneciente a las solanáceas posee un efecto insecticida fue evaluado en broca del café, cucarachas y otros insectos. (Arce Barrera & Enciso Quevedo, 2009)

La aplicación del extracto de *S. mammosum* puede tener efectos de hasta el 95% de control en los insectos. Según Pimentel (2013), el extracto de *S. mammosum* obtenido con glicerol tuvo un control del 80% de la Broca del Café a nivel de laboratorio, sin embargo el costo del solvente hace inviable la elaboración del insecticida artesanalmente

Con este antecedente y la importancia de Broca en el cultivo del Café se plantea elaborar el extracto de *S. mammosum* con Éter de Petróleo y Acetona, solventes de fácil acceso y relativo bajo costo, esperando que su efecto de control se mantenga.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 General

Evaluar el extracto de frutos de *Solanum mammosum* utilizando Éter de Petróleo y Acetona para el control de Broca del Café a nivel de laboratorio.

### 4.2 Específicos

- Determinar el efecto de extractos de *S. mammosum* sobre la mortalidad de broca del café.
- Determinar el costo de producción del extracto de *S. mammosum* con Éter de petróleo y Acetona.

## 5. HIPÓTESIS

- Al menos uno de los extractos de *Solanum mammosum* producirá una mortalidad en adultos de broca del café mayor que Endosulfan 35 EC en condiciones *in vitro*.

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1 Localización del trabajo

La valoración del extracto de *S. mammosum* se realizó en el Laboratorio de Entomología de la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas en la Universidad Rafael Landívar, Campus Central. La Universidad se ubica en Vista Hermosa III, Zona 16 – Guatemala.

### 6.2 Material experimental

El material experimental que se utilizó para la investigación consiste en individuos de broca (*Hypothenemus hampei*), obtenidos de la estación experimental de la Asociación Nacional del Café, Buena Vista, ubicada en Retalhuleu, fueron provistos cultivos en grano.

Además se utilizaron frutos de *S. mammosum*, provenientes de Esquipulas, Chiquimula. Y como solventes Éter de petróleo y Acetona al 95% de concentración.

### 6.3 Factores estudiados

Solventes para la realización del extracto: Éter de petróleo y Acetona.

El tiempo, dado que la mortalidad se espera que fluctúen en función del tiempo, y tenga una mayor dispersión en la línea.

### 6.4 Descripción de los tratamientos

Se realizaron 5 tratamientos se describen a continuación:

Cuadro 7. Descripción de los tratamientos y sus concentraciones.

TRATAMIENTO	INSECTICIDA	CONCENTRACIÓN	DOSIS	DOSIS POR
			PRODUCTO COMERCIAL	UNIDAD EXPERIMENTAL
1	Endosulfan	35%	1.5 - 2 ltrs/ha	2 cc.
2	Acetona	95%	1.5 - 2 ltrs/ha	2 cc.
3	Éter de petróleo	95%	1.5 - 2 ltrs/ha	2 cc.
4	Extracto - Acetona	10%	1.5 - 2 ltrs/ha	2 cc.
5	Extracto - Éter	10%	1.5 - 2 ltrs/ha	2 cc.



### 6.5 Diseño experimental

Debido a la naturaleza del experimento, el diseño experimental, fue completamente al azar, con 5 tratamientos y 4 repeticiones. Se planteó un arreglo bifactorial (3x5, tiempos x tratamientos) para el análisis de la información.

### 6.6 Modelo estadístico

A continuación, se presenta el modelo estadístico del diseño completamente aleatorizado (Cochran & Cox, 1981).

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + t + \tau_i t + \epsilon_{ij}$$

$Y_{ij}$  = mortalidad de brocas.

$\mu$  = media general de la variable respuesta.

$\tau_i$  = efecto de la i-ésima concentración del insecticida formulado sobre la mortalidad de brocas.

$t$  = efecto del tiempo sobre la mortalidad de la broca.

$\tau_i t$  = Efecto de la interacción del extracto y el tiempo de exposición.

$\epsilon_{ij}$  = error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental.

### 6.7 Unidad experimental

Ésta consistió en cada caja Petri con 10 insectos adultos, papel filtro Whatman® de 6 centímetros de diámetro.

### 6.8 Croquis

Cuadro 8. Distribución de las cajas Petri en laboratorio.

T2	T4	T1	T3	T5
T4	T2	T3	T1	T5
T3	T4	T5	T1	T2
T5	T4	T3	T2	T1
T3	T4	T2	T5	T1

## 6.9 Manejo del experimento

Cada uno de los tratamientos tuvo un período de observación de una hora, será medido con un cronómetro y se observaron los efectos de cada uno como se describe a continuación:

- Del minuto 0 al minuto 19 conteos cada minuto.
- Del minuto 20 al minuto 39 conteos cada cinco minutos.
- Del minuto 40 al minuto 60 conteos cada 10 minutos.

Los tratamientos se realizaron en serie y de forma individual. Con ello se persiguió la reducción el error humano y la observación del efecto de cada uno de los tratamientos.

Se realizaron conteos de las brocas muertas en cada uno de los tratamientos y se midió el tiempo que transcurrió para ver otros efectos de los insecticidas (efectos de intoxicación, problemas de locomoción, movimientos erráticos, etc.)

Se van a tomaron los datos de temperatura ambiente, hora de inicio y final.

Debe explicarse que el planteamiento inicial se realizó tal como se presenta, sin embargo, los resultados orientaron a un segundo ensayo, en el que sólo se tomaron valores a los 20, 40 y 60 minutos en función de la muerte rápida de los insectos y su alta sensibilidad a las sustancias probadas, bajo las condiciones del experimento.

## 6.10 Variables de respuesta

- Mortalidad de adultos de broca: Se realizó un conteo de adultos muertos después de la aplicación de cada uno de los tratamientos. Los resultados se presentan en porcentaje de mortalidad (%).
- Tiempo a primer efecto: Este fue otro factor considerado, dada la naturaleza de los tratamientos insecticidas (*Knock down Shock effect* o efecto de derribo).
- Además de las variables anteriormente mencionadas se determinó el costo de la elaboración de los extractos.

## 6.11 Análisis de la información

Los procesos analíticos se realizaron de forma estadística y económica.

### **6.11.1 Análisis estadístico**

Los datos de mortalidad se ordenaron y se obtuvieron estadísticas descriptivas, presentando medidas de tendencia central y dispersión, la misma variable se graficó en función de los tratamientos, posteriormente se realizó un análisis de varianza en función del diseño descrito, sin embargo no se presenta pruebas post andeva, dado los resultados obtenidos

### **6.11.2 Análisis económico**

Se realizó un costeo de cada uno de los extractos, tomando en cuenta los materiales, el tiempo y la mano de obra para la elaboración. Con esto se determinó el costo de aplicación en campo estimado en Quetzales/Hectárea. Para ello se tomó en cuenta el costo del producto, el jornal del aplicado y la depreciación del equipo.

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Es de aclararse que el trabajo requirió de dos ensayos preliminares para tomar ajustes metodológicos, el primero, en la maceración de la fruta y el segundo para determinar la factibilidad de medir los efectos de los tratamientos, la alta sensibilidad de éstos a las sustancias y condiciones de prueba requirieron sólo hacer conteos a los 20, 40 y 60 minutos.

### 7.1 Análisis de la mortalidad de broca del café

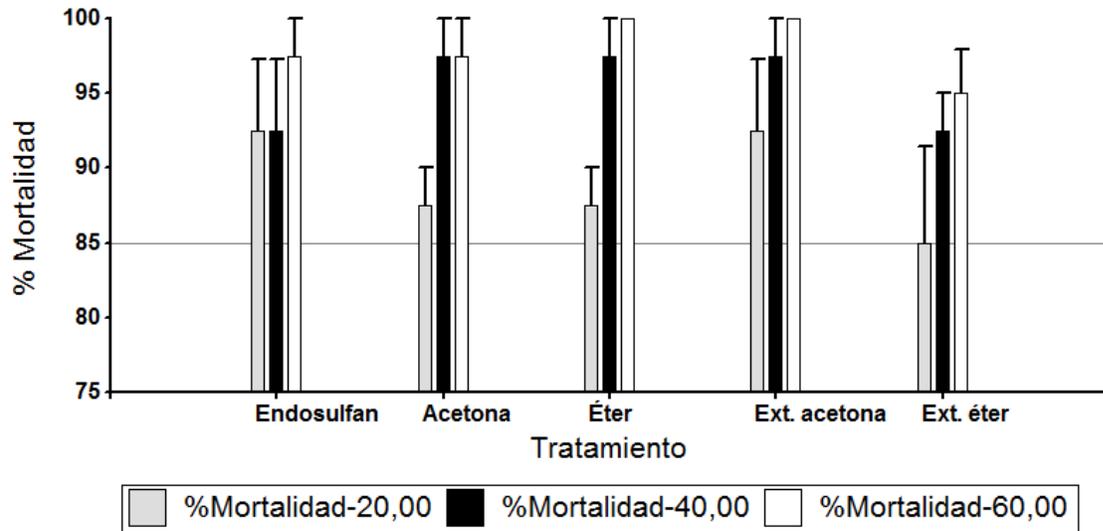
#### a. Estadística descriptiva

Al momento de aplicar directamente los distintos tratamientos previstos sobre insectos adultos en de broca del café, se cuantificaron los individuos sobrevivientes en intervalos de tiempo de 20 minutos, es decir 20, 40 y se concluyó la prueba a los 60 minutos después de haber aplicado, los resultados se resumen a continuación.

Cuadro 9. Estadística descriptiva de la mortalidad de broca, por tratamiento.

Tratamiento	Tiempo (min)	n	Mortalidad media	D.E.	E.E.	C.V.	Min	Max
Endosulfan	20	4	92.50	9.57	4.79	10.35	80	100
Endosulfan	40	4	92.50	9.57	4.79	10.35	80	100
Endosulfan	60	4	97.50	5.00	2.50	5.13	90	100
Acetona	20	4	87.50	5.00	2.50	5.71	80	90
Acetona	40	4	97.50	5.00	2.50	5.13	90	100
Acetona	60	4	97.50	5.00	2.50	5.13	90	100
Éter	20	4	87.50	5.00	2.50	5.71	80	90
Éter	40	4	97.50	5.00	2.50	5.13	90	100
Éter	60	4	100.00	0.00	0.00	0.00	100	100
Extracto acetona	20	4	92.50	9.57	4.79	13.35	80	100
Extracto acetona	40	4	97.50	5.00	2.50	5.13	90	100
Extracto acetona	60	4	100.00	0.00	0.00	0.00	100	100
Extracto éter	20	4	85.00	12.91	6.45	15.19	70	100
Extracto éter	40	4	92.50	5.00	2.50	5.41	90	100
Extracto éter	60	4	95.00	5.77	2.89	6.08	90	100

Puede notarse claramente que no existe mayor diferencia absoluta entre el efecto de los solventes en relación a los extractos (solvente más *S. mammosum*). Se presenta un gráfico que resume la información presentada anteriormente.



Puede notarse que en todos los casos la mortalidad se presentó de manera aguda, a los 20 minutos al menos el 85% (línea horizontal tenue) de los insectos habían muerto.

A priori, se observan diferencias absolutas relativamente pequeñas, menores que los valores a un intervalo de confianza estricto (95%), por lo que se realiza un análisis de varianza, como se planteó inicialmente.

### b. Análisis de varianza

A continuación se presenta el análisis de varianza practicado a la variable mortalidad de broca de café en porcentaje, relacionada al tiempo de exposición y los tratamientos insecticidas evaluados.

Cuadro 10: Cuadro de análisis de varianza para la variable porcentaje de mortalidad de broca.

Fuente de variación	SC	GI	CM	p- valor
Modelo	1233.33	14	88.10	0.0499
Tratamiento	216.67	4	54.17	0.3224
Tiempo	863.33	2	431.67	**0.0003
Tratamiento*Tiempo	153.33	8	19.17	0.8993
Error	2025	45	45	
Total	3258.33	59		
<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>CV</b>		

% Mortalidad	60	7.12
--------------	----	------

\*\* Diferencia altamente significativa (alpha: 0.05).

Nótese como resulta lógico a partir de lo observado en los bio ensayos que existe diferencia estadísticamente significativa para la mortalidad de broca únicamente en función del tiempo.

La información obtenida refleja claramente tanto en el análisis a priori como a través de indicadores estadísticos la susceptibilidad de la broca del café a los solventes empleados en el proceso.

Es de mencionarse que las condiciones bajo las que se realizó el experimento fueron las ideales, debiendo realizarse como se indicó anteriormente bio ensayos de calibración metodológica, al final se obtuvo un coeficiente de variación relativamente bajo para el tipo de ensayo, 7.12.

A pesar de lo que no se presentan diferencias estadísticas para los insecticidas y solventes probados.

A continuación se proporcionan algunos datos cualitativos de interés científico sobre el efecto tanto de los solventes como de los extractos, recabados en los bio ensayos realizados.

#### **7.1.1 Efecto de Endosulfan 35 SL sobre broca del café**

Al realizar la aplicación se observó que las brocas de café comenzaron a tener movimientos erráticos, vuelos cortos y poco sincronizados. Como era de esperarse éste compuesto orgánico persistente ocasionó la muerte de 37 de 40 brocas a penas a 6 minutos de iniciado el bio ensayo, las restantes, ya mostraban todos los síntomas que prescriben para el insecticida (*Knock down shock effect*), resumidos en la sintomatología de derribo.

#### **7.1.2 Efecto de la acetona sobre la broca del café**

El efecto fue aún más agudo que el del Endosulfán, sin embargo, la sintomatología fue notoriamente diferente, la exposición dio inicio a un movimiento continuo y una muerte repentina dentro de los primeros 5 minutos de iniciado el ensayo. Por el tipo de síntoma,

se puede deducir que tiene efectos en el sistema nervioso del insecto, afecta su movilidad y seguramente funciones como respiración (consumo de energía).

### **7.1.3 Efecto del éter de petróleo**

No se presentaron síntomas, ocasionó la muerte repentina de los insectos, *stricto sensu*. La temporalidad observable en un caso se debe a movimientos leves en un insecto y la limitación para determinar su estado (vivo o muerto), a través de la observación.

### **7.1.4 Efecto del extracto de *Solanum mammosum* con acetona**

La sintomatología cualitativamente se presentó igual que con el tratamiento de acetona (sin *S. mammosum*). Puede inferirse que ya el nivel de toxicidad ejercido por el solvente es tan potente que no permite diferenciar efectos de las sustancias extraídas del fruto de *S. mammosum*.

### **7.1.5 Efecto del extracto de *Solanum mammosum* con éter de petróleo**

La sintomatología no presentó diferencias del tratamiento con éter de petróleo (sin *S. mammosum*). Puede inferirse que el nivel de toxicidad sobre el sistema nervioso de la broca del café por el éter de petróleo enmascara lo que podría ocasionar el extracto botánico.

## **7.2 Discusión**

### **a. Efectos de las sustancias evaluadas sobre la mortalidad de la broca del café**

Se pudo llegar a determinar, que los distintos tratamientos, estudiados en esta tesis, tiene un buen control sobre la broca del café en términos objetivos y absolutos, toda la información de los bio ensayos lo confirma de manera convergente, tanto el análisis estadístico descriptivo como el análisis de varianza y la descripción cualitativa de los efectos de los tratamientos permite entender que tienen un efecto supresivo superior al 90%, equivalente y no diferenciable estadísticamente Endosulfan, solventes y extractos.

Es de notarse que la concentración de los solventes fue de un 95%, lo que resulto altamente letal, otras concentraciones podrían presentar resultados diferentes, de igual manera existen procesos químicos industriales con los que podrían removerse y utilizar solamente las sustancias extraídas.

### **b. Sintomatologías observadas**

Las sintomatologías no presentaron diferencia en virtud del alto grado de toxicidad de los solventes sobre los insectos estudiados.

Existió una limitante en la generación de ésta información cualitativa y es que los síntomas fueron expresados en períodos cortos de tiempo y únicamente se describieron organolépticamente.

### **c. Implicaciones agronómicas**

Pese a considerarse altamente efectivos para matar la broca del café, no se puede recomendar el uso de la acetona ni del éter de petróleo como plaguicidas. Como parte del proceso investigativo, uno de los supuestos de la presente tesis era la diferenciación en el efecto supresivo de los solventes versus *S. mammosum*, que de haberse encontrado, hubiese perfilado al desarrollo de sustancias alternativas a Endosulfán para el control de broca del café. Se enfatiza, no se recomienda la aplicación de los solventes: acetona y éter de petróleo como plaguicidas.

### **d. Resumen de costos**

Ante la posibilidad de continuar estudios sobre *S. mammosum*, se resumen los costos de los bio ensayos realizados, entendiéndose que, puede a través del uso de metodologías químicas industriales separarse las sustancias que la acetona y éter de petróleo recuperarían de un macerado de la citada planta, acciones que están fuera del alcance de la presente tesis.

A continuación se presentan los costos unitarios de *S. mammosum* y los solventes empleados, las cantidades presentadas en su combinación lógica producen aproximadamente 800 mL de mezcla (solvente recuperado + exudados de la planta).

Cuadro 11. Costos de los componentes para la elaboración del Extracto.

	<b>Medida</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>
<b><i>Solanum mammosum</i> (Fruta)</b>	Unidad	Q1.00	40	Q40.00
<b>Éter de petróleo al 90%</b>	Litro	Q36.98	1	Q36.98

<b>Acetona al 90%</b>	Litro	Q23.78	1	Q23.78
-----------------------	-------	--------	---	--------

En resumen, el costo del extracto de *S. mammosum* con éter de petróleo es de Q96.23/L, con acetona es de Q79.10/L.

A continuación se presenta un resumen de costos operacionales de la realización de los extractos y bio ensayos.

Cuadro 12. Costos de realización de extractos y bio ensayos

	<b>Medida</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>
<b>Elaboración de extractos</b>	Día	Q86.90	2	Q173.80
<b>Preparación de bio ensayos</b>	Día	Q86.90	5	Q434.50
<b>Realización de bio ensayos</b>	Día	Q86.90	5	Q434.50
<b>Costo de insectos</b>	Caja con 2000 insectos	Q200.00	2	Q400.00
<b>Materiales misceláneos de laboratorio</b>	---	---	---	Q500.00
<b>Total</b>				Q1,942.00

## 8. CONCLUSIONES

- No pudo determinarse el efecto del extracto de *S. mammosum* en función de la influencia de los solventes sobre la mortalidad de la broca del café.
- El éter de petróleo y la acetona son altamente tóxicos para la broca del café, le ocasionan la muerte arriba de un 90% a poblaciones *in vitro* a una concentración del 95%.
- El costo del extracto de *S. mammosum* con éter de petróleo es de Q96.23/L, con acetona es de Q79.10/L.

## 9. RECOMENDACIONES

- Evaluar métodos para la realización de un extracto que permita potencializar el efecto insecticida de *Solanum mammosum*.
- No utilizar el éter de petróleo ni la acetona en una concentración del 95% para realizar pruebas de toxicidad de extractos *in vitro* en broca del café.
- No utilizar éter de petróleo ni acetona como insecticidas para el control de broca de café en campo. Dado que no cuenta con recomendaciones de uso agrícola.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

ANACAFE. (29 de Enero de 2015). *ANACAFE*. Obtenido de ANACAFE:  
[http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Area\\_cultivada\\_en\\_Guatemala](http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Area_cultivada_en_Guatemala)

ANACAFE. (7 de abril de 2015). *Asociación Nacional del Café*. Obtenido de Asociación Nacional del Café:  
[https://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Beauveria\\_bassiana\\_control\\_de\\_broca](https://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Beauveria_bassiana_control_de_broca)

ANACAFE. (29 de Enero de 2015). *Asociación Nacional del Café*. Obtenido de Asociación Nacional del Café:  
[http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Area\\_cultivada\\_en\\_Guatemala](http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Area_cultivada_en_Guatemala)

ANACAFE. (16 de Febrero de 2015). *Asociación Nacional del Café*. Obtenido de Asociación Nacional del Café:  
[http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Caficultura\\_ControlCalidad#Granos\\_brocados](http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Caficultura_ControlCalidad#Granos_brocados)

ANACAFE. (30 de Enero de 2015). *Asociación Nacional del Café*. Obtenido de Asociación Nacional del Café:  
[http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=13NOT:NAC\\_Sector\\_cafetalero\\_presenta\\_reporte](http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=13NOT:NAC_Sector_cafetalero_presenta_reporte)

ANACAFE. (29 de abril de 2015). *Green Book*. Obtenido de Guatemaland coffees:  
<http://issuu.com/guatemalancoffees/docs/greenbook2011-en?e=3561479/2741991>

Arce Barrera, A., & Enciso Quevedo, S. (2009). *Efecto del fruto de la planta Vigore (Solanum Mammosum) sobre la cucaracha doméstica (Periplaneta Americana)*. Bogota: Universidad La Salle, Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Asociación Nacional del Café. (16 de Febrero de 2015). *ANACAFE*. Obtenido de ANACAFE:

[http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Manejo\\_integrado\\_broca\\_enfermedad](http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Manejo_integrado_broca_enfermedad)

Atlantic International University. (28 de Febrero de 2008). *SCITECH Daily*. Obtenido de SCITECH Daily: <http://scitechdaily.com/rare-example-of-bacterial-gene-transfer-providing-evolutionary-benefit/>

BANGUAT. (29 de Enero de 2015). *Banco de Guatemala*. Obtenido de Banco de Guatemala: [http://www.banguat.gob.gt/cuentasnac/CED\\_3T\\_2014.pdf](http://www.banguat.gob.gt/cuentasnac/CED_3T_2014.pdf)

Bejarano Gonzáles, F., Souza Casadinho, J., Guadarrama Zugasti, C., Escamilla Prado, E., Beristain Ruiz, B., Acosta, M., . . . Ramírez Muñoz, F. (2008). *El endosulfán y sus alternativas*. Mexico: Universidad de Chapingo.

Bustillo, A. E. (2013). Una revisión sobre la Borca del café, *Hypothenemus hampei*. *Revista Colombiana de Entomología*, 101-116.

Centro Nacional de Investigación del Café. (6 de abril de 2015). *CENICAFE*. Obtenido de CENICAFE:  
[http://www.cenicafe.org/es/index.php/cultivemos\\_cafe/manejo\\_integrado\\_del\\_cultivo/cultivemos\\_cafe\\_recomendaciones\\_para\\_el\\_manejo\\_de\\_la\\_broca\\_del\\_cafe1](http://www.cenicafe.org/es/index.php/cultivemos_cafe/manejo_integrado_del_cultivo/cultivemos_cafe_recomendaciones_para_el_manejo_de_la_broca_del_cafe1)

Cochran, W., & Cox, G. (1981). *Diseños Experimentales*. Mexico: Trillas.

Codex alimentarius. (1 de Febrero de 2015). *CODEX Alimentarius*. Obtenido de CODEX Alimentarius:  
<http://www.codexalimentarius.net/pestres/data/pesticides/details.html?id=32>

EcuRed. (7 de abril de 2015). *EcuRed*. Obtenido de EcuRed:  
[http://www.ecured.cu/index.php/Phymastichus\\_coffea](http://www.ecured.cu/index.php/Phymastichus_coffea)

Environmental Protection Agency. (1 de Junio de 2010). *Pesticides: Registration*. Obtenido de Environmental Protection Agency:  
<http://www.epa.gov/pesticides/reregistration/endosulfan/endosulfan-cancl-fs.html>

Espinoza, J., Infante, F., Castillo, A., Pérez, J., Nieto, G., Pinson, E., & Vega, F. (2009). *The biology of Phymastichus coffea LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) under field conditions*. Mexico: ELSEVIER.

FAO. (7 de abril de 2015). *Food and Agriculture Organizatio*. Obtenido de Food and Agriculture Organizatio: [http://www.fao.org/waicent/faoinfo/food-safety-quality/cd\\_hygiene/cnt/cnt\\_sp/sec\\_3/00.photos/03/04.html](http://www.fao.org/waicent/faoinfo/food-safety-quality/cd_hygiene/cnt/cnt_sp/sec_3/00.photos/03/04.html)

Instituto Interamericano de Cooperacion para la Agricultura. (16 de Febrero de 2015). *IICA/PROMOCAFE*. Obtenido de IICA/PROMOCAFE: <http://www.promecafe.org/web/phocadownload/Promecafe/BibliotecaDigital/Manejo%20Integrado%20de%20la%20Broca-Promecafe.pdf>

International Coffee Organization. (2013). *Annual Review 2011 - 2012*. Londres: International Coffee Organization.

International Coffee Organization. (2 de Agosto de 2013). *International Coffee Organization*. Recuperado el 2 de Agosto de 2013, de International Coffee Organization: <http://www.ico.org/>

ITIS. (22 de Febrero de 2016). *Integrated Taxonomic Information System*. Obtenido de Integrated Taxonomic Information System: <https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt#null>

Makhteshim Chemical Works LTD. (2004). *Ficha de Datos de Seguridad Thionex 35 EC*. Guatemala: MACO.

Makhteshim Chemical Works LTD. (2014). *Etiqueta Thionex 35 EC*. Guatemala: MACO.

Programa Internacional de Seguridad en las Sustancias Químicas. (23 de Mayo de 2011). *Guia sobre seguridad y salud en el uso de productos agroquímicos. Guia sobre seguridad y salud en el uso de productos agroquímicos*. Roma, Italia: OIT, UN, UE.

Project Noah. (7 de abril de 2015). *Project Noah*. Obtenido de Project Noah: <http://www.projectnoah.org/spottings/7128070>

Quijano, M., Riera-Ruiz, C., Barragan, A., Miranda, M., Orellana, T., & Manzano, P. (2010). *Molluscicidal activity of the aqueous extracts from Solanum mammosum L.*,. Italia.

Rivera Flores, N. (1998). *Estudio sobre el parasitismo de Cephalonomia stephanoderis Betren en la broca del cafe (Hypothenemus hampei F.), en plantaciones de café con manejo organico, finca Bella Vista, San Miguel Tucuru, Alta Verapaz.* Guatemala: Universidad San Carlos.

Ruíz Montenegro, D. M. (2008). *Validación farmacológica de la actividad antiinflamatoria de las infusiones acuosas de las hojas de Acalypha guatemalensis (hierba del cáncer), Solanum mammosum (chichitas) y Rauvolfia tetraphylla L. (chalchupa).* Ciudad de Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.