

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA



TEMA:

**EVALUACIÓN DEL EFECTO ANTIALIMENTARIO Y
ACTIVIDAD INSECTICIDA DEL ACEITE ESENCIAL DE
MOLLE (*Schinus molle* L.) FRENTE AL GUSANO BLANCO DE
LA PAPA (*Premnotrypes vorax* Hustache)**

**DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERO
AGRÓNOMO**

JAIRO MEDARDO PEÑA CAIZA
ING. AGR. MG. LUIS VILLACÍS

AMBATO - ECUADOR

2018

El suscrito JAIRO MEDARDO PEÑA CAIZA, portador de cédula de identidad número: 1805081054, libre y voluntariamente declaro que el trabajo de investigación titulado: “EVALUACIÓN DEL EFECTO ANTIALIMENTARIO Y ACTIVIDAD INSECTICIDA DEL ACEITE ESENCIAL DE MOLLE (*Schinus molle* L.) FRENTE AL GUSANO BLANCO DE LA PAPA (*Premnotrypes vorax* Hustache)” es original, auténtica y personal. En tal virtud, declaro que el contenido será de mi sola responsabilidad legal y académica.

Jairo Medardo Peña Caiza

DERECHO DE AUTOR

Al presentar esta tesis como uno de los requisitos previos para la obtención del título de Tercer Nivel en la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que haga de esta tesis un documento disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de esta tesis dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de esta tesis, o de parte de ella.

Jairo Medardo Peña Caiza

Fecha:

**EVALUACIÓN DEL EFECTO ANTIALIMENTARIO Y ACTIVIDAD
INSECTICIDA DEL ACEITE ESENCIAL DE MOLLE (*Schinus molle* L.)
FRENTE AL GUSANO BLANCO DE LA PAPA (*Premnotrypes vorax*
Hustache)**

REVISADO POR:

Ing. Agr. Mg. Luis Villacís
TUTOR

Ing. Agr. Mg. Carlos Vásquez
ASESOR DE BIOMETRÍA

Ing. Agr. Mg. Wilfrido Yáñez
ASESOR DE REDACCIÓN TÉCNICA

DEDICATORIA

A Dios y la Virgen De Agua Santa por darme salud y vida, *por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado la sabiduría necesaria para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.*

A mi madre y a mi padre por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

A mis hermanos, hermanas, sobrinos, primos por sus consejos, paciencia y toda la ayuda que me brindaron para concluir mis estudios.

A mi enamorada por brindarme su apoyo y ayuda cuando lo he necesitado y sobre todo su amor incondicional.

A mis amigos (as) en general por compartir los buenos y malos momentos a lo largo de nuestra formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y la Virgen De Agua Santa quienes hicieron que fuera más valiente en todos los obstáculos y situaciones que se presentaron en el transcurso de mi carrera estudiantil y por permitirme cumplir uno de mis objetivos, a mis padres por ser el apoyo fundamental para la realización de mi estudios y en especial a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Ambato, por medio de la cual he adquirido sabios conocimientos e innovadoras experiencias, que serán de vital importancia en mi desempeño laboral.

A los docentes de la Carrera de Ingeniería Agronómica que con esfuerzo, responsabilidad y dedicación impartieron conocimientos fundamentales en mi formación académica, a mi tutor el Ing. Luis Villacis con quien concluí mi proyecto de tesis y de manera especial a la BQF. Cristina López, quien en un inicio fue designada como mi tutora, pero por situaciones ajenas a su voluntad tuvo que abandonar su puesto de maestra en la facultad gracias por haberme brindado su amistad, confianza y apoyo para cumplir mi objetivo y también por ser mi guía en mi trabajo de investigación para que este se realice con éxito. De igual manera al Doc. Carlos Vázquez asesor de Biometría y Ing. Wilfrido Yáñez asesor de Redacción Técnica.

A mis hermanos Maritza, Jimena, Darío, Lorena, Roció, Paul y Paola que siempre me apoyaron, a mis sobrinos Felipe, Karen, Darwin, Dilan, Sarita, Paula y Emiliano, a amigos y futuros colegas Eulalia Cortez, Elida YumboPatín, Teresa Tipán, Emma Jiménez, Carolina Tapia, Jorge Toapanta, Luis Ojeda, Oscar Sulqui, William Urquizo, Fabricio Sarabia, gracias por brindarme su valiosa amistad y que Diosito los bendiga.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
CAPÍTULO I	01
INTRODUCCIÓN	01
CAPÍTULO II	03
REVISIÓN DE LITERATURA	03
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	03
2.2. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES	04
2.2.1. Aceite esencial de molle (<i>Schinus molle L.</i>)	04
2.2.2. Taxonomía del molle	04
2.2.2.1. Morfología	05
2.2.3. Gusano blanco de la papa	05
2.2.3.1. Morfología del gusano blanco	06
2.2.4. Cultivo de papa	07
2.2.4.1. Morfología	07
CAPÍTULO III	09
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	09
3.1. HIPÓTESIS	09
3.2. OBJETIVOS	09
CAPÍTULO IV	10
MATERIALES Y MÉTODOS	10
4.1. UBICACIÓN DEL ENSAYO	10
4.2. CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR	10
4.3. EQUIPOS Y MATERIALES	11
4.4. FACTOR EN ESTUDIO	12
4.5. TRATAMIENTOS	12
4.6. DISEÑO EXPERIMENTAL	13
4.7. VARIABLES RESPUESTA	15
4.8. MANEJO DE LA INVESTIGACIÓN	16
4.9. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	20
CAPÍTULO V	21
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
5.1. RESULTADOS, ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y DISCUSIÓN	21
5.1.1. Porcentaje de mortalidad de adultos a los 24, 48 y 72 horas	21

	Pág.
5.1.2. Porcentaje de mortalidad de larvas a las 24, 48 y 72 horas	24
5.1.3. Porcentaje de inhibición alimentaria a las 24, 48 y 72 horas	25
5.1.4. Porcentaje de inhibición de eclosión larval	27
5.1.5. Porcentaje de eclosión larval	28
5.2. ANÁLISIS DE COSTOS	29
5.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	30
CAPÍTULO VI	32
CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS	32
6.1. CONCLUSIONES	32
6.2. RECOMENDACIONES	33
6.3. BIBLIOGRAFÍA	34
6.4. ANEXOS	40
CAPÍTULO VII	54
PROPUESTA	54
7.1. DATOS INFORMATIVOS	54
7.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA	54
7.3. JUSTIFICACIÓN	54
7.4. OBJETIVO	55
7.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD	55
7.6. FUNDAMENTACIÓN	55
7.7. METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO	56
7.8. ADMINISTRACIÓN	58
7.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN	59

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1. TRATAMIENTOS	12
TABLA 2. DESEMPEÑO DE LAS VARIABLES AGRONÓMICAS CON APLICACIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE MOLLE PARA EL CONTROL DE GUSANO BLANCO DE LA PAPA	22
TABLA 3. COSTOS DE INVERSIÓN DEL ENSAYO (Dólares)	30
TABLA 4. COSTOS DE INVERSIÓN DEL ENSAYO POR TRATA- MIENTO	31

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	Pág.
FIGURA 1. Esquema del ensayo en el campo	14
FIGURA 2. Comportamiento del porcentaje de mortalidad de adultos en las tres lecturas	23
FIGURA 3. Comportamiento del porcentaje de mortalidad de larvas en las tres lecturas	25
FIGURA 4. Comportamiento del porcentaje de inhibición alimentaria de larvas en las tres lecturas	27

RESUMEN

El ensayo se realizó en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, ubicado en la Granja Experimental Querochaca, situada en el cantón Cevallos, provincia de Tungurahua, a la latitud de 1° 22' 02" Sur y longitud de 78° 36' 22" Oeste, con altitud de 2 850 msnm, con el objetivo de: determinar el efecto antialimentario y el porcentaje de mortalidad en huevos, larvas y adultos que causa el ¹aceite esencial de molle (*Schinus molle* L.) en ²gusano blanco de la papa (*Premnotrypes vorax* Hustache); además de realizar el análisis de costos.

Para cada estado de gusano blanco (adultos, larvas y huevos), los tratamientos fueron cinco dosis de aceite esencial (dilución al 0,5, 1, 2, 4 y 8%) y un testigo. Se utilizó el diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con seis repeticiones. Se efectuó el análisis de variancia (ADEVA) y pruebas de Tukey al 5%. El análisis económico se efectuó estableciendo los costos de producción de cada uno de los ensayos.

La aplicación de aceite esencial con dilución al 8% (D5), reportó los mejores resultados, al obtenerse la mayor mortalidad de adultos tanto en la lectura a las 24 horas (36,67%), como a las 48 horas (30,00%) y a las 72 horas (13,33%). Igualmente, se obtuvo mayor porcentaje de mortalidad de larvas (36,67% a las 24 horas, 30,00% a las 48 horas y 16,67% a las 72 horas); como también, el mayor porcentaje de inhibición alimentaria (94,78% a las 24 horas, 91,09% a las 48 horas y 90,58% a las 72 horas). El mayor porcentaje de inhibición de eclosión larval se alcanzó utilizando aceite esencial de molle con dilución al 8% (D5) 80,00% de inhibición.

De análisis de costos se concluye que, el mayor costo correspondió a los tratamientos de la dilución del 8% (D5) (\$ 12,129) y el menor costo a los tratamientos de la dilución del 0,5% (D1) (\$ 11,25).

¹Aceite esencial. Sustancia que se encuentra en diferentes tejidos vegetales cuyos componentes químicos nos servirá para distintas finalidades.

²Gusano blanco de la papa. Plaga que causa los mayores daños al cultivo.

SUMMARY

The trial was carried out in Agricultural Sciences Faculty of Ambato Technical University, located in the Querochaca Experimental Farm, Cevallos canton, province of Tungurahua, at the latitude of 1° 22 '02" South and longitude of 78° 36' 22" West, with altitude of 2 850 meters above sea level, with the objective of: determining the antifeedant effect and the percentage of mortality in eggs, larvae and adults that causes the ¹essential oil of molle (*Schinus molle* L.) in ²white worm of the potato (*Premnotrypes vorax* Hustache); to more than perform the cost analysis.

For each state of white worm (adults, larvae and eggs), the treatments were five doses of essential oil (dilution 0,5, 1, 2, 4 y 8%) and a control. The completely randomized block design (DBCA) was used, with six repetitions. The variance analysis (ADEVA) and Tukey tests were performed at 5%. The economic analysis was carried out establishing the production costs of each of the trials.

The application of essential oil with 8% dilution (D5), reported the best results, when the highest adult mortality was obtained both in the reading at 24 hours (36,67%) and at 48 hours (30,00 %) and at 72 hours (13,33%). Likewise, a higher percentage of larval mortality was obtained (36,67% at 24 hours, 30,00% at 48 hours and 16,67% at 72 hours); the highest percentage of food inhibition (94,78% at 24 hours, 91,09% at 48 hours and 90,58% at 72 hours); the highest percentage of inhibition of larval hatching was achieved using molle essential oil with 8% dilution (D5) 80,00% inhibition.

From cost analysis it is concluded that the highest cost corresponded to the dilution treatments of 8% (D5) (\$ 12,129) and the lower cost to the dilution treatments of 0.5% (D1) (\$ 11, 25).

¹ Essential oil. Substance that is found in different plant tissues whose chemical components will serve us for different purposes.

² White potato worm. Plague that causes the greatest damage to the crop.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Entre las alternativas para la reducción en el uso de insecticidas sintéticos están los extractos botánicos, que desde hace miles de años han sido fuentes de alelo químicos, para el control de plagas agrícolas (Philogène et al., 2003). Los extractos de plantas presentan ventajas como insecticidas naturales debido a su acción rápida y degradación en el ambiente, selectividad, bajo impacto en las plantas e insectos benéficos y son raramente tóxicos para el ser humano y mamíferos, por lo que se han propuesto como opciones más seguras para la salud humana (Ottaway, 2001).

Los extractos botánicos del pimiento, falso pimentero o molle, *Schinus molle* L. (Anacardiaceae), han demostrado tener efecto repelente y tóxico en insectos plaga a través de sus metabolitos secundarios. De igual forma, el ajeno, *Artemisia absinthium* L. (Asteraceae), ha presentado propiedades anti alimentarias y tóxicas contra insectos plaga (Huerta et al., 2010).

Schinus molle es un árbol originario de Perú, que se encuentra en toda la región andina de América. Contiene, principalmente en hojas y frutos, sustancias activas como mono y sesquiterpenos, taninos, alcaloides, flavonoides, saponinas, ácido linoleico, oleorresinas, y su efecto tóxico y repelente se ha demostrado sobre algunos insectos (Ferrero, 2007). En los últimos años se ha confirmado en laboratorio la toxicidad y repelencia sobre el escarabajo de la hoja del olmo *Xanthogaleruca luteola* Müller (Coleoptera: Chrysomelidae) (Huerta et al., 2010).

Los aceites esenciales presentes en las hojas, corteza y fruto del *S. molle* son una rica fuente de triterpenos, sesquiterpenos y monoterpenos. Las hojas contienen hasta un 2% de aceites esenciales. Los terpenoides son los compuestos que se encuentran en mayor cantidad y la actividad insecticida se debe principalmente a dos compuestos: el cis-menth-2-en-1-ol y el trans-piperitol, el fruto de *S. molle* puede contener hasta un 5% de aceites esenciales además de la presencia de: α -pineno, β -pineno, piperina, (+)-limoneno, piperitona, carvacrol, mirceno, β -espatuleno y β -felandreno, entre otros compuestos (Bruneton, 1991; Kramer, 1957).

El presente trabajo tiene como objeto evaluar el efecto antialimentario y la actividad insecticida del aceite esencial del molle (*S. molle*) sobre huevos, larvas y adultos del gusano blanco de la papa, estimando el porcentaje de mortalidad causado por el aceite esencial en larvas, adultos y la inhibición de eclosión larval.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

En el trabajo “evaluación de la actividad insecticida del extracto acuoso de molle (*Schinus molle* L.) frente al gusano blanco de la papa (*Premnotrypes vorax* Hustache)”, los mejores resultados fueron: para la mortalidad de insectos adultos un 16,67%, con la dosis D2 (10%) a las 48 y 72 horas de aplicado el extracto, en el caso de mortalidad de larvas se registró un 16,67%, con una D3 (15%) a las 72 horas de aplicación lo contrario de los adultos, en el caso de los huevos, el índice de inhibición de eclosión larval la dosis que actuó con mayor eficacia es la D1 (5%) con un resultado de 25% a las 24 horas de aplicación, es decir que para evitar que los huevos eclosionen es necesaria una dosis baja de extracto y actúa en el menor tiempo con un efecto mecánico de deshidratación de huevos y por ende evitando la eclosión de los mismos (Villacrés, 2017).

En la investigación “Evaluación de la actividad insecticida del aceite esencial de molle (*Schinus molle*) fase de campo, frente al gusano blanco (*Premnotrypes vorax* Hustache) de la papa en la variedad santa rosa, en el cual los mejores resultados de la aplicación de aceite esencial de molle en dosis de 15% de dilución (D3), produjo los mejores resultados, alcanzándose el menor porcentaje de incidencia de gusano blanco (30,07%), como el menor porcentaje de severidad de gusano blanco (17,07%), por lo que las plantas reportaron mayor diámetro del tubérculo (4,88 cm) y los más altos rendimientos (5,35 kg/tratamiento); siendo el tratamiento apropiado para controlar de mejor forma el ataque de gusano blanco de la papa, contribuyendo a la obtención de mayores índices de producción y productividad del cultivo, sin afectar al medio ambiente (Cortez,2018).

En la investigación: efecto de extractos de *Schinus molle* y *Artemisia absinthium* L., solos y en mezcla con *Bacillus thuringiensis* (Berliner), sobre *Heliothis zea* (Boddie), para determinar el efecto antialimentario de extractos acuosos de hojas de *S. molle* y *A. absinthium* al 100 y 50% v/v, sobre larvas de tercer estadio de *H. zea*, El extracto

acuoso de *S. molle* al 100 y 50% v/v tuvo efecto antialimentario de 45,2 y 48%, respectivamente y el de *A. absinthium* al 100 y 50% v/v ningún efecto (0%). En el ensayo del efecto insecticida en laboratorio, los extractos de *S. molle* al 100 y 50% v/v y *S. Molle* en mezcla con Btk al 50% causaron mortalidad de 20,28 y 44%, respectivamente, al igual que *A. absinthium* al 100 y 50% v/v y *A. absinthium* 100% v/v en mezcla con Btk al 50% (24,40,28% de mortalidad, respectivamente). Los extractos acuosos de hojas de *S. molle* y *A. absinthium* solos y en mezcla con Btk no disminuyeron significativamente el daño causado por las larvas de *H. zea*, pero los extractos de *S. molle* 100% v/v, *S. molle* 100% v/v en mezcla con Btk 50% y Btk 100% v/v redujeron significativamente el número promedio de larvas detectadas (Orozco, 2013).

2.2. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

2.2.1. Aceite esencial de molle (*Schinus molle* L.)

Los aceites esenciales son compuestos formados por varias sustancias orgánicas volátiles, que pueden ser alcoholes, acetonas, cetonas, éteres, aldehídos, y que se producen y almacenan en los canales secretores de las plantas. Normalmente son líquidos a temperatura ambiente, y por su volatilidad, son extraíbles por destilación en corriente de vapor de agua, aunque existen otros métodos. En general son los responsables del olor de las plantas (Bruneton, 2001).

2.2.2. Taxonomía del molle

Reino:	Plantae
Filo:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Sapindales
Familia:	Anacardaceae
Género:	<u><i>Schinus</i></u>
Especie:	<u><i>S. molle</i></u>

El molle es un árbol de copa frondosa, follaje denso, coloridos frutos y diversos usos que hacen de él una especie muy productiva. Se le emplea en la reforestación de cuencas, para proteger riberas de ríos, controlar la erosión de laderas y arborizar las ciudades, tanto por su belleza como por su resistencia a la escasez de agua.

Esta planta es oriunda de los valles interandinos del centro del Perú, especialmente de las regiones áridas y semiáridas de la serranía esteparia y el bosque montano bajo. Su crecimiento se da tanto de manera silvestre como cultivada en zonas secas de la costa, la serranía y parte de la Amazonía, desde el nivel del mar hasta los 3500 msnm (Perú Ecológico, 2016).

2.2.2.1. Morfología

El molle mide entre 10 y 12 metros de alto. Tronco: Tiene un diámetro de 1,5 metros en la base, y es muy ramificado en la parte superior. Su corteza es de color café claro, ligeramente grisáceo, su textura es un tanto áspera y agrietada. Hojas: El follaje del molle es perenne, denso y tiene ramas colgantes. Las hojas son compuestas, lanceoladas, de márgenes lisos o aserrados, muy aromáticas y miden de 1,5 a 4 cm de largo. Flores: Sus flores son pequeñas, hermafroditas o unisexuales, y están dispuestas en panículas alargadas. Frutos: Los frutos del molle tienen un color rojizo muy llamativo, están agrupados en racimos, poseen un mesocarpio de sabor dulce y contienen con una semilla. Semillas: Las semillas poseen un color negruzco, de textura rugosa, forma redondeada y su tamaño varía entre los 3 y 5 mm de diámetro (Perú Ecológico, 2016).

2.2.3. Gusano blanco de la papa

El gusano blanco es una plaga distribuida en toda Suramérica entre los 2500 y 4700 m.s.n.m., abarcando desde Argentina hasta Venezuela. Los gorgojos adultos no pueden volar pero caminan con rapidez, se alimentan del follaje pero el daño hasta ese momento no es significativo. El estado de larva es el más dañino, emergen de los huevos y con la ayuda del aporque quedan próximas al sitio donde se formarán los tubérculos, donde producen perforaciones irregulares profundas. Solo se reproduce

cuando es adulto y no puede hacerlo en estado de larva, por lo que es importante buscar los adultos en los cultivos. Las hembras depositan en promedio de 3 a 21 huevos cada 3 a 5 días, por lo que pueden liberar un total de aproximadamente 260 huevos en su ciclo de vida de 280 días (Perú Ecológico, 2016).

2.2.3.1. Morfología del gusano blanco

Huevos: son cilíndricos, ligeramente ovalados, miden entre 1,12 y 1,25 mm de longitud, tienen una coloración blanca que se va tornando amarillenta, están recubiertos por una sustancia mucilaginosa y blanda, eclosionan en 20 y 30 días.

Larva: presentan entre cinco y seis instares larvales (estadios intermedios). El primer instar mide 1,12 mm de longitud y el último, entre 11 y 13 mm. La larva es de color blanco cremoso y presenta una cabeza bien diferenciada. Las larvas tienen forma de “C” y carecen de patas, no obstante tienen movimiento. El tipo de daño que ocasiona la larva deja inservibles los tubérculos tanto para alimentación como para semilla.

Pupa: son de color blanco y se desarrollan en una celda formada de tierra; en este estado viven 20 a 32 días. Esta es la etapa más susceptible, debido a que existen microorganismos que las pueden parasitar, como el hongo *Bauveria bassiana*. En este estado es cuando el insecto pasa por un periodo de melanización (mecanismo de defensa de los insectos frente a organismos invasores), en el cual cambia de un color amarillento a pardo oscuro.

Adulto: El adulto es un insecto de aproximadamente 7 mm de largo y 4 mm de ancho, no pueden volar porque sus alas anteriores están soldadas entre sí, y las posteriores son atrofiadas sin embargo, son muy hábiles para caminar. El cuerpo es gris y se camufla fácilmente con el suelo, haciendo difícil su detección (Gallegos et al., 2002).

2.2.4. Cultivo de papa

La papa (*Solanum tuberosum* L) es el cuarto cultivo sembrado, en más de cien países siendo el alimento básico de los países desarrollados (Europa y Estados Unidos), quienes consumen 75 kg per cápita anuales. En Nicaragua la FAO reporta un consumo per cápita de 8 kg anuales, en Nicaragua se cultivan entre 800 - 1200 ha, donde se obtiene una producción de 35 - 40 por ciento de la demanda nacional. La importancia de la papa radica en que sus tubérculos son parte de la dieta de millones de personas a nivel mundial, contiene 80% de agua y la materia seca constituida por carbohidratos, proteínas, celulosa, minerales, vitaminas A y C proporcionan una dieta balanceada, además son utilizadas en la industria para la producción de almidón, comidas rápidas, papas a la francesa, chips, hojuelas y puré (Ríos, 2007).

2.2.4.1. Morfología

La papa es una planta suculenta, herbácea y anual por su parte aérea y perenne por sus tubérculos (tallos subterráneos) que se desarrollan al final de los estolones que nacen del tallo principal, y a veces de varios tallos, según el número de yemas que hayan brotado del tubérculo.

Los tallos son de sección angular y en las axilas de las hojas con los tallos se forman ramificaciones secundarias.

Las hojas son alternas las primeras hojas tienen aspecto simple vienen después de las hojas compuestas imparipinadas con tres pares de folíolos laterales y un folíolo terminal. Entre los folíolos laterales hay folíolos en segundo orden.

Las flores son hermafroditas, tetra cíclicas, pentámeras; el cáliz es gamosépalo lobulado; la corola de color blanco a púrpura con cinco estambres anteras de color amarillo más fuerte o anaranjado que por supuesto producen polen.

Las raíces se desarrollan principalmente en el verticilo en los nudos del tallo principal su crecimiento es primero vertical dentro de la capa de suelo arable, luego

horizontal de 25 a 50 cm, la planta de papa posee un sistema radicular fibroso y muy ramificado.

El tubérculo es un sistema morfológico ramificado, los ojos de los tubérculos tienen una disposición rotada alterna desde el extremo proximal del tubérculo donde va inserto el estolón hasta el extremo distal, donde los ojos son más abundantes (Ríos, G. 2007).

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1. HIPÓTESIS

Ha = El aceite esencial de molle (*Schinus molle* L.) tiene efecto anti alimentario y actividad insecticida frente al gusano blanco (*Premnotrypes vorax*) de la papa.

Ho = El aceite esencial de molle (*Schinus molle* L.) no tiene efecto anti alimentario ni presenta actividad insecticida frente al gusano blanco (*Premnotrypes vorax*) de la papa.

3.2. OBJETIVOS

3.2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto antialimentario y actividad insecticida del aceite esencial de molle (*Schinus molle* L.) frente al gusano blanco (*Premnotrypes vorax* Hustache) de la papa, en ensayos de laboratorio.

3.2.2. Objetivos específicos

Determinar el porcentaje de mortalidad en huevos, larvas y adultos que causa el aceite esencial de molle (*Schinus molle* L.) en el gusano blanco de la papa (*Premnotrypes vorax* Hustache).

Determinar el efecto anti alimentario causado por el aceite esencial de molle (*Schinus molle* L.) en larvas del gusano blanco de la papa (*Premnotrypes vorax* Hustache).

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. UBICACIÓN DEL ENSAYO

El ensayo se realizó en el Laboratorio de Sanidad Vegetal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, ubicado en la Granja Experimental Querochaca, situada en el cantón Cevallos, provincia de Tungurahua, a la latitud de 1° 22' 02" Sur y longitud de 78° 36' 22" Oeste, con altitud de 2 850 msnm. (Sistema de posicionamiento global GPS).

4.2. CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR

4.2.1. Clima

El clima de la zona está clasificado como templado frío semi-seco y sin estación invernal bien definida. En la parte alta las precipitaciones son de mayor intensidad que en las partes bajas y su cuantía ocurre generalmente en los meses de mayo y septiembre, con presentaciones ocasionales de adelanto o atraso en algunos años. Los valores promedios según los anuarios meteorológicos de la Estación Meteorológica Querochada del año 2017 son:

Temperatura media anual:	13,5°C
Temperatura máxima anual:	18,8°C
Temperatura mínima anual:	7,6°C
Precipitación media anual:	578,2 mm
Humedad relativa:	76,6%
Nubosidad en octavos:	7
Frecuencia de viento:	Este
Velocidad de viento:	2,9 m/seg

4.2.2. Descripción del recurso suelo

La característica del suelo de la zona es arenoso y franco – arenoso, con pendiente del 1% y un relieve plano ondulado.

4.2.3. Descripción del recurso agua

La propiedad cuenta con agua de riego del Sistema Ambato-Huachi-Pelileo, con caudal de 28 litros por segundo y un pH de 7,4.

4.2.4. Clasificación ecológica

De acuerdo a la clasificación ecológica de Holdridge (1982), el sector donde se desarrolló el ensayo se encuentra en la clasificación estepa-espinosa Montano Bajo (ee-MB), en transición, bosque seco Montano Bajo (bs-MB).

EQUIPOS Y MATERIALES

4.3.1. Material experimental

Adultos, larvas y huevos de gusano blanco de la papa. Extracto de aceite esencial de molle.

4.3.2. Materiales y herramientas

Cajas Petri, germinadora, molino eléctrico, destilador por arrastre de vapor, tijera.

4.3.3. Productos químicos

Solución de cloro al 5%.

4.3.4. Materiales de oficina

Libreta, computadora, impresora, cámara fotográfica, papel bond, esferográficos, lápiz, borrador, escaner.

4.3.5. Materiales varios

Hojas y frutos de molle, recipiente plástico, trampas para gusano blanco, atomizador.

4.4. FACTOR EN ESTUDIO

El factor en estudio constituyó la aplicación de cinco dosis de aceite esencial de molle más un testigo, aplicados en tres estados de gusano blanco de la papa: adultos, larvas y huevos.

4.5. TRATAMIENTOS

Para cada estado de gusano blanco de la papa, los tratamientos fueron seis como se detalla en la tabla 1.

TABLA 1. TRATAMIENTOS

No.	Símbolo	Dosis de aceite esencial de molle
1	D1	Dilución al 0,5%
2	D2	Dilución al 1,0%
3	D3	Dilución al 2,0%
4	D4	Dilución al 4,0%
5	D5	Dilución al 8,0%
6	T	Sin aplicación

Elaborado por: Jairo Peña, 2018

4.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para cada estado de gusano blanco de la papa (adultos, larvas y huevos), se utilizó el diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA), con seis tratamientos y seis repeticiones.

Se efectuó el análisis de variancia (ADEVA), de acuerdo al diseño experimental planteado, utilizando la transformación estadística de raíz de $x + 1$, por cuanto los datos registrados presentaron varios valores con 0,00; y, pruebas de significación de Tukey al 5%, para diferenciar entre tratamientos.

El análisis económico de los tratamientos se efectuó estableciendo los costos de producción de cada uno de los tres ensayos según cada estado de gusano blanco de la papa.

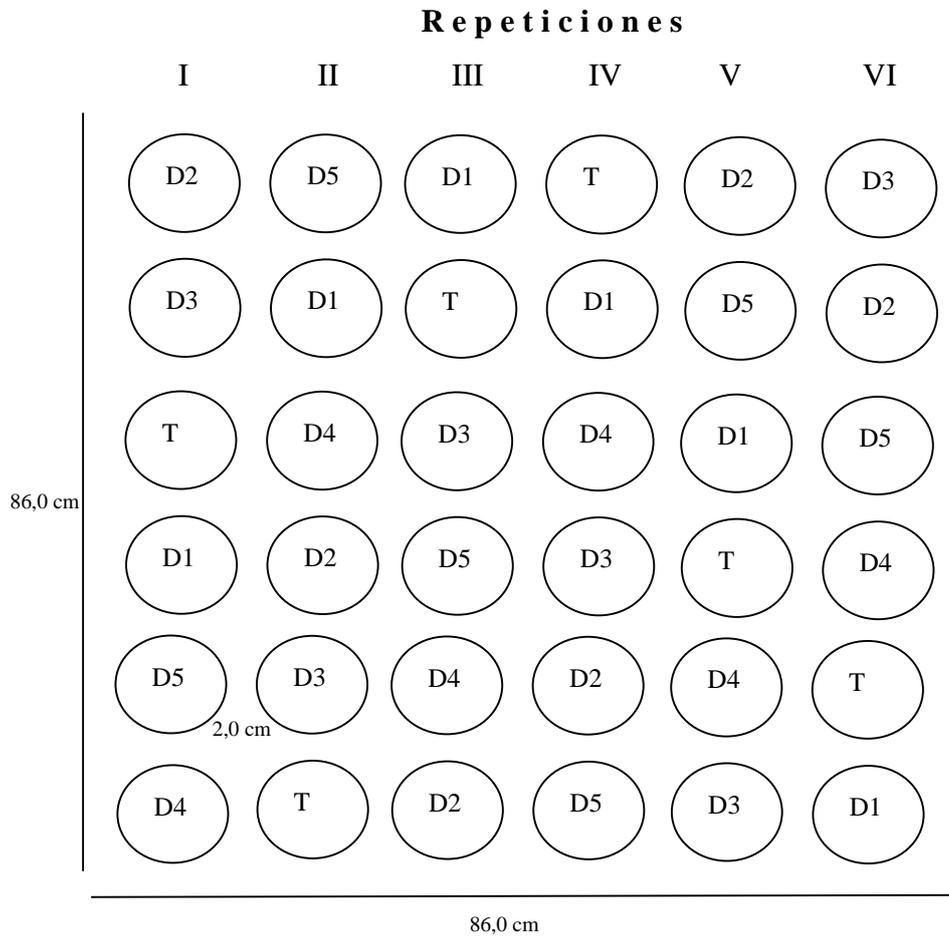
4.6.1. Características del ensayo

Cada unidad experimental constó de una caja petri, en la misma que se depositaron cinco adultos o cinco larvas o cinco huevos, según cada estado de gusano blanco. Las características del ensayo fueron las siguientes:

Número de cajas Petri por tratamiento:	6
Diámetro de cada caja petri:	12,0 cm
Área por caja petri:	113,09 cm ²
Número de muestras/tratamiento:	5
Número total de parcelas/ensayo:	36
Superficie total/ensayo:	0,74 m ²
Superficie total del ensayo:	2,22 m ²
Área total de cajas petri/ensayo:	4071,24 cm ²
Número de muestras a evaluar/caja petri:	5

4.6.2. Esquema de la disposición del ensayo

Para cada ensayo (adultos, larvas y huevos), el esquema de la disposición del ensayo en el campo se presenta en la figura 1.



Detalle de una parcela experimental

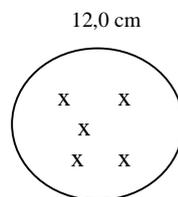


FIGURA 1. Esquema del ensayo en el campo
Elaborado por: Jairo Peña, 2018

4.7. VARIABLES RESPUESTA

4.7.1. Porcentaje de mortalidad de adultos

Se contabilizó el número de adultos muertos por efecto de la aplicación de las diluciones, llevando estos valores a porcentaje. Las lecturas se hicieron a las 24, 48 y 72 horas de la aplicación, respectivamente.

4.7.2. Porcentaje de mortalidad de larvas

La mortalidad de larvas se registró mediante el recuento de cada larva muerta por tratamiento. Las lecturas se efectuaron a las 24, 48 y 72 horas posteriores a la aplicación de las diluciones, respectivamente.

4.7.3. Evaluación del efecto anti alimentario

La evaluación del efecto anti alimentario se evaluó registrando con balanza de precisión el peso de los trozos de papa tratados y sin tratar, para establecer el peso del trozo de papa consumido por la larva del gusano blanco (*P. vorax*), (peso inicial menos peso final. Las lecturas se efectuaron a las 24, 48 y 72 días de la aplicación.

Con este consumo, se determinó el índice de inhibición alimentario (IIA), aplicando la fórmula de Defagó et al. (2006):

$$\text{IIA}\% = 1 - (T/C) \times 100$$

En donde T y C son los consumos promedio de los trozos de papa tratados y control, respectivamente. En caso de lecturas negativas se consideró un efecto nulo (0,0)

4.7.4. Determinación de efecto ovicida

El efecto ovicida o índice de inhibición de eclosión larval, se midió mediante la observación con el estereoscopio de los huevos no eclosionados, efectuando la lectura a los 35 días de la aplicación del producto, por considerar que es el tiempo hasta que se produzca la eclosión. El porcentaje de índice de inhibición de eclosión larval se calculó con la fórmula (Castillo, 2011):

$$\% IEL = (\text{huevos no eclosionados} / \text{total de huevos evaluados}) * 100$$

El porcentaje de índice de eclosión larval permite calcular la viabilidad de los huevos, se calculó con la fórmula (Castillo, 2011):

$$\% EL = (C / H + C * 100)$$

C= cascarones de los huevos que eclosionaron

H= huevos que no eclosionaron

4.8. MANEJO DE LA INVESTIGACIÓN

4.8.1. Obtención de aceite esencial de molle

4.8.1.1. Recolección de hojas de molle

Se seleccionaron hojas de molle sin la presencia de plagas y enfermedades. Se separan las hojas de los tallos con la ayuda de una tijera y recopilando en un recipiente limpio.

4.8.1.2. Desinfección y secado

Se desinfectaron las hojas con una solución al 5% de cloro por el lapso de cinco minutos. La muestra ya desinfectada se secó utilizando una germinadora con una temperatura de 25 a 40°C durante 2 días.

4.8.1.3. Molida

La muestra seca se molió utilizando un molino eléctrico, recolectando en una funda plástica color negro.

4.8.1.4. Preparación del aceite

El aceite esencial se obtuvo mediante el método de destilación por arrastre de vapor (Abad y Piedra, 2011), para lo cual se colocó en el equipo una concentración de materia prima de 20 g/100 ml de agua.

En el proceso de vaporización se realizó la separación de la parte líquida y oleácea (hidrosol), lo cual duro 60 días, obteniendo 160 ml de aceite esencial.

4.8.1.5. Preparación de diluciones del aceite de molle

Iniciando con una solución madre de 20% de concentración, se realizaron cinco diluciones:

0,5%, 1%, 2%, 4%, 8% (Portalfarma, 2000).

4.8.2. En el laboratorio

4.8.2.1. Ensayo en adultos de gusano blanco (*P. vorax*)

4.8.2.1.1. Instalación del ensayo

Se recolectaron adultos de gusano blanco en parcelas de papas sin aplicaciones de insecticidas durante un mes usando trampas a base de tallos frescos de papas

cubiertos con plásticos los cuales daban un medio de alimentación y oscuridad al adulto para tener una exitosa recolección para luego colocar cinco de estos en cajas Petri (Oyarzún et al, 2002).

4.8.2.1.2. Aplicación de soluciones

Se aplicaron las diluciones de aceite esencial de acuerdo con la dosis que correspondió a cada tratamiento. Las aplicaciones se efectuaron a las 24, 48 y 72 horas después de colocar cinco adultos en cada caja Petri, rociando el total de la alimentación que le correspondía con un atomizador. El tratamiento testigo no recibió aplicación del producto.

4.8.2.2. Ensayo en larvas de gusano blanco (*P. vorax*), para determinar el porcentaje de mortalidad

4.8.2.2.1. Instalación del ensayo

Para la aplicación en larvas se realizó la recolección en campo y de este grupo se colocó en una agrupación con aquellas que tenían mayor vigorosidad y un mismo tamaño usando las larvas en estadio L3.

4.8.2.2.2. Aplicación de soluciones

Se aplicaron las diluciones de aceite esencial de acuerdo con la dosis que correspondió a cada tratamiento. Las aplicaciones se efectuaron a las 24, 48 y 72 horas después de colocar 5 gusanos en cada caja Petri rociando el total de los trozos de papa que le correspondía con un atomizador. El tratamiento testigo no recibió aplicación del producto.

4.8.2.3. Ensayo en larvas de gusano blanco (*P. vorax*), para determinación de efecto antialimentario

4.8.2.3.1. Instalación del ensayo

Para la aplicación en larvas se realizó la recolección en campo y de este grupo se colocó en una agrupación con aquellas que tenían mayor vigorosidad y un mismo tamaño usando las larvas en estadio L3.

4.8.2.3.2. Aplicación de soluciones

Se aplicaron las diluciones de aceite esencial de acuerdo con la dosis que correspondió a cada tratamiento. Las aplicaciones se efectuaron a las 24, 48 y 72 horas después de colocar cinco gusanos en cada caja Petri rociando el total de los trozos de papa que le correspondía con un atomizador. El tratamiento testigo no recibió aplicación del producto.

4.8.2.4. Ensayo en huevos de seguimiento de gusano blanco (*P. vorax*)

4.8.2.4.1. Instalación del ensayo

Se mantuvo bajo condiciones apropiadas tanto de ambiente como de alimentación a los adultos (cambio oportuno de hojas de papas y temperatura promedio de 18°C) para la obtención de huevos a los cuales se recolectó y se mantuvo con el registro de fechas y a temperatura ambiente sabiendo que su tiempo promedio de eclosión alcanza los 35 días; se clasificó por grupos de acuerdo a las fechas de ovoposición y se aplicó los tratamientos respectivos (*P. vorax*) (Muñoz, 1998).

4.8.2.4.2. Aplicación de soluciones

Se aplicaron las diluciones de aceite esencial de acuerdo con la dosis que correspondió a cada tratamiento. Las aplicaciones se efectuaron a las 24, 48 y 72 horas después de colocar cinco huevos de gusanos en cada caja Petri rociando sobre los huevos con un atomizador. El tratamiento testigo no recibió aplicación del producto.

4.9. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Los datos tomados en el ensayo, se procesaron utilizando el programa estadístico Infostat (versión libre, año 2018), con el cual se obtuvo los análisis de variancia y las pruebas de rangos. Para el cálculo del análisis económico se utilizó el software estadístico Excel 365.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. RESULTADOS, ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y DISCUSIÓN

5.1.1. Porcentaje de mortalidad de adultos a los 24, 48 y 72 horas

El porcentaje de mortalidad de adultos de gusano blanco de la papa, con aplicación de cinco dosis de aceite esencial de molle, se registró a las 24, 48 y 72 horas de la aplicación. El análisis de variancia encontró diferencias estadísticas significativas en las tres lecturas. El mayor porcentaje de mortalidad se obtuvo en los tratamientos que recibieron aplicación de aceite esencial con dilución al 8% (D5), al ubicarse el promedio de 36,67% (P-Valor 0,0001) a las 24 horas, 30,00% (P-Valor 0,0006) a las 48 horas y 13,33% (P-Valor 0,1503) a las 72 horas, todos ellos ubicados en el primer rango y lugar en la prueba de significación de Tukey al 5% (tabla 2). Seguidos de los tratamientos de la dilución al 4% (D4), que compartieron el primero y segundo rangos, con promedios de 30,00% a las 24 horas, 20,00% a las 48 horas y 10,00% a las 72 horas. Le siguen el resto de tratamientos que se ubicaron y compartieron rangos inferiores; encontrando que el menor porcentaje de mortalidad de adultos, se detectó en los testigos (T), al no recibir aplicación de aceite esencial, con promedios de 0,00% a las 24 horas, 48 horas y 72 horas, por lo que este tratamiento no reportó mortalidad de adultos; por lo que es posible inferir que, el mejor tratamiento para incrementar el porcentaje de mortalidad de adultos de gusano blanco de la papa, es la aplicación de aceite esencial de molle en dilución del 8%. Estos resultados pueden deberse a lo citado por Unec (2018), que de este árbol se han extraído aceites esenciales presentes en hojas, corteza y fruto, constituidos mayoritariamente por terpenoides, a los que se les atribuye actividad insecticida. Específicamente se señala que la actividad insecticida del aceite esencial de esta planta se debe fundamentalmente a dos compuestos: el cis-menth-2-en-1-ol y el tras-piperitol, los cuales se encuentran en una concentración del 2% en el aceite esencial de hojas y en 5% en el de frutos, además de presentar α -pineno, β -pineno, piperina, (+)-limoneno, piperitona, carvacrol, mirceno, β -espatuleno y β -felandreno, entre otros. El modo de acción de los aceites esenciales aún no se ha identificado completamente, pero la sintomatología presentada por los insectos intoxicados sugiere un efecto neurotóxico. Según algunos constituyentes comunes de los aceites esenciales como eugenol o timol bloquean los receptores de la octopamina que es un neurotransmisor que

TABLA 2. DESEMPEÑO DE LAS VARIABLES AGRONÓMICAS CON APLICACIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE MOLLE PARA EL CONTROL DE GUSANO BLANCO DE LA PAPA

Variables	Tratamientos						² C.V.	E.E	P-Valor
	¹ D1	D2	D3	D4	D5	T			
Porcentaje de mortalidad de adultos a las 24 horas	c 6,67	c 10,00	bc 13,33	ab 30,00	a 36,67	c 0,00	18,62,	0,16	0,0001,
Porcentaje de mortalidad de adultos a las 48 horas	bc 6,67	abc 13,33	abc 13,33	ab 20,00	a 30,00	c 0,00	19,18	0,16	0,0006,
Porcentaje de mortalidad de adultos a las 72 horas	ab 3,33	ab 10,00	ab 6,67	ab 10,00	a 13,33	b 0,00	24,30	0,17	0,1503
Porcentaje de mortalidad de larvas a las 24 horas	bc 10,00	bc 13,33	ab 20,00	a 36,67	a 36,67	c 0,00	15,43	0,14,	0,0001
Porcentaje de mortalidad de larvas a las 48 horas	c 6,67	bc 10,00	abc 16,67	ab 26,67	a 30,00	c 0,00	16,88	0,14	0,0001,
Porcentaje de mortalidad de larvas a las 72 horas	ab 3,33	ab 10,00	ab 6,67	ab 13,33	a 16,67	b 0,00,	23,85	0,17	0,0479
Porcentaje de inhibición alimentaria a las 24 horas	a 91,12	a 92,67	a 92,68	a 93,72	a 94,78	b 0,00	4,73	1,50	0,0001
Porcentaje de inhibición alimentaria a las 48 horas	a 90,58	a 85,34	a 87,96	a 88,37	a 91,09	b 0,00	5,95	1,80	0,0001
Porcentaje de inhibición alimentaria a las 72 horas	ab 88,49	b 81,16	ab 84,81	ab 89,52	a 90,58	c 0,00	7,26	2,15	0,0001
Porcentaje de inhibición de eclosión larval	b 53,33	ab 60,00	ab 63,33	ab 66,67	a 80,00	c 0,00	21,03	4,63	0,0001
Porcentaje de eclosión larval	b 46,67	ab 40,00	ab 36,67	ab 33,33	a 20,00	c 100,00	24,58	4,63	0,0001

Elaborado por: Jairo Peña, 2018

a – b Medias en las filas seguidas de letras diferentes indican diferencias significativas ($P = < 0,05$)

¹D1 Aplicación de dosis de aceite esencial de molle ²C:V. Coeficiente de variación E.E Error Estándar

presentan los artrópodos. Aunque mecanismos físicos como disrupción de la membrana celular o bloqueo del sistema traqueal también podrían estar involucrados; características que influenciaron favorablemente en el control, con la obtención de mayor mortalidad de adultos.

La figura 2, muestra el comportamiento del porcentaje de mortalidad de adultos de gusano blanco en las tres lecturas, para cada tratamiento con aplicación de dosis de extracto de aceite esencial de molle, en donde se aprecia que, los mejores resultados se obtuvieron con los tratamientos que se aplicó aceite esencial en dilución del 8% (D5), con el mayor porcentaje de mortalidad de adultos; seguidos de los tratamientos de la dilución de 4% (D4), dilución de 2% (D3), dilución del 1% (D2) y de la dilución del 0,5% (D1). Observándose también que el menor porcentaje de mortalidad de adultos de gusano blanco reportó el tratamiento testigo; por lo que el tratamiento apropiado para combatir mayormente a adultos de gusano blanco es utilizar la dilución del 8% de aceite esencial de molle, controlando significativamente a la plaga.

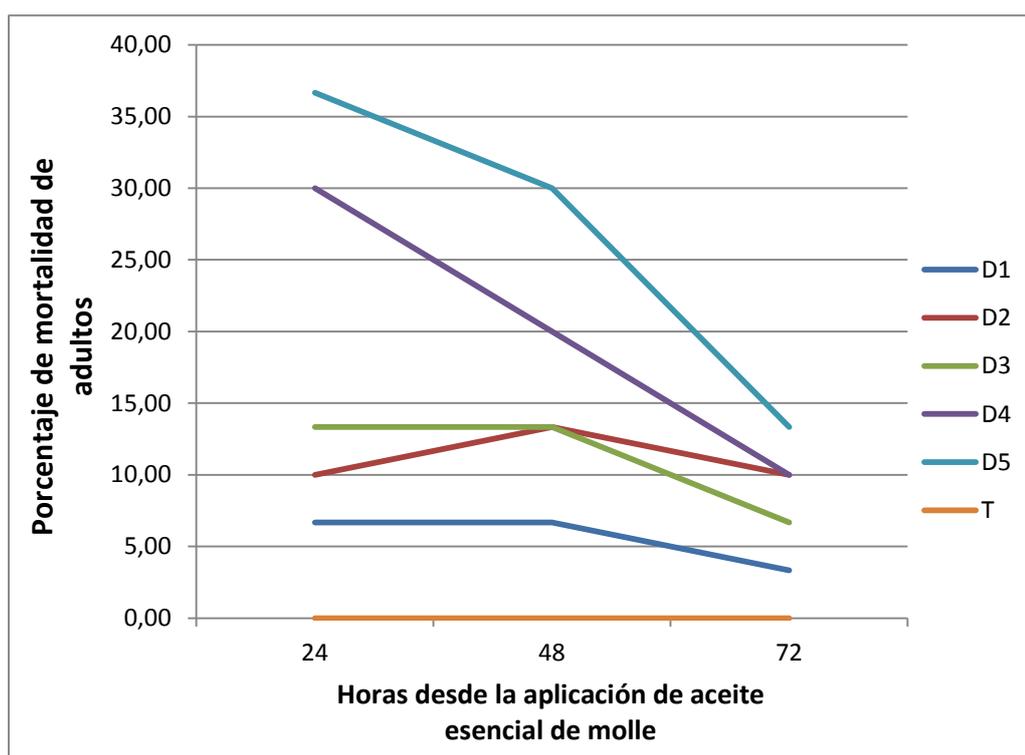


FIGURA 2. Comportamiento del porcentaje de mortalidad de adultos en las tres lecturas

Elaborado por: Jairo Peña, 2018

5.1.2. Porcentaje de mortalidad de larvas a las 24, 48 y 72 horas

Con respecto al porcentaje de mortalidad de larvas de gusano blanco de la papa, con aplicación de cinco dosis de aceite esencial de molle, registrado a las 24, 48 y 72 horas de la aplicación, se estableció que, el análisis de variancia encontró diferencias estadísticas significativas en las tres lecturas. El mayor porcentaje de mortalidad de larvas se obtuvo en los tratamientos que recibieron aplicación de aceite esencial de molle con dilución al 8% (D5), ubicado el promedio de 36,67% (P-Valor 0,0001) a las 24 horas, 30,00% (P-Valor 0,0001) a las 48 horas y 16,67% (P-Valor 0,0479) a las 72 horas, en el primer rango y lugar en la prueba de significación de Tukey al 5% (tabla 2). Seguidos de los tratamientos de la dilución al 4% (D4), que compartieron el primero y segundo rangos, con promedios de 36,67% a las 24 horas, 26,67% a las 48 horas y 13,33% a las 72 horas. Le siguen el resto de tratamientos que se ubicaron y compartieron rangos inferiores; encontrando que el menor porcentaje de mortalidad de larvas, se detectó en los testigos (T), que no recibieron aplicación de aceite esencial, con promedios de 0,00% a las 24 horas, 48 horas y 72 horas, por lo que no reportó mortalidad de larvas; lo que hace posible inferir que, el mejor tratamiento para incrementar el porcentaje de mortalidad de larvas de gusano blanco de la papa, es la aplicación de aceite esencial de molle en dilución del 8%. Es posible que haya sucedido lo manifestado por bdigital.unal.edu.co (2017), que los aceites esenciales tienen numerosos tipos de efectos. Pueden tener actividad fumigante, penetrar dentro del cuerpo de los insectos como insecticidas de contacto, actuar como repelentes, pueden actuar como agentes anti alimentarios, o afectar ciertos parámetros como la tasa de crecimiento, el lapso de vida y la reproducción, lo que se consiguió mayormente con la aplicación de aceite esencial de molle en la dilución del 8%, características que influenciaron favorablemente en el control de la plaga, especialmente en el mayor porcentaje de mortalidad de larvas de gusano blanco.

Mediante la figura 3, se ilustra el comportamiento del porcentaje de mortalidad de larvas de gusano blanco en las tres lecturas efectuadas, para cada tratamiento con aplicación de dosis de extracto de aceite esencial de molle, detectándose que, los mejores resultados se obtuvieron con los tratamientos que se aplicó aceite esencial en dilución del 8% (D5), con el mayor porcentaje de mortalidad de larvas; seguidos de los tratamientos de la dilución de 4% (D4), dilución de 2% (D3), dilución del 1% (D2) y de la dilución del 0,5% (D1). Observándose así mismo que el menor

porcentaje de mortalidad de larvas de gusano blanco reportó el tratamiento testigo; por lo que el tratamiento apropiado para combatir relevantemente a las larvas de gusano blanco es utilizar la dilución del 8% de aceite esencial de molle, controlando significativamente a la plaga y sin afectar al medio ambiente.

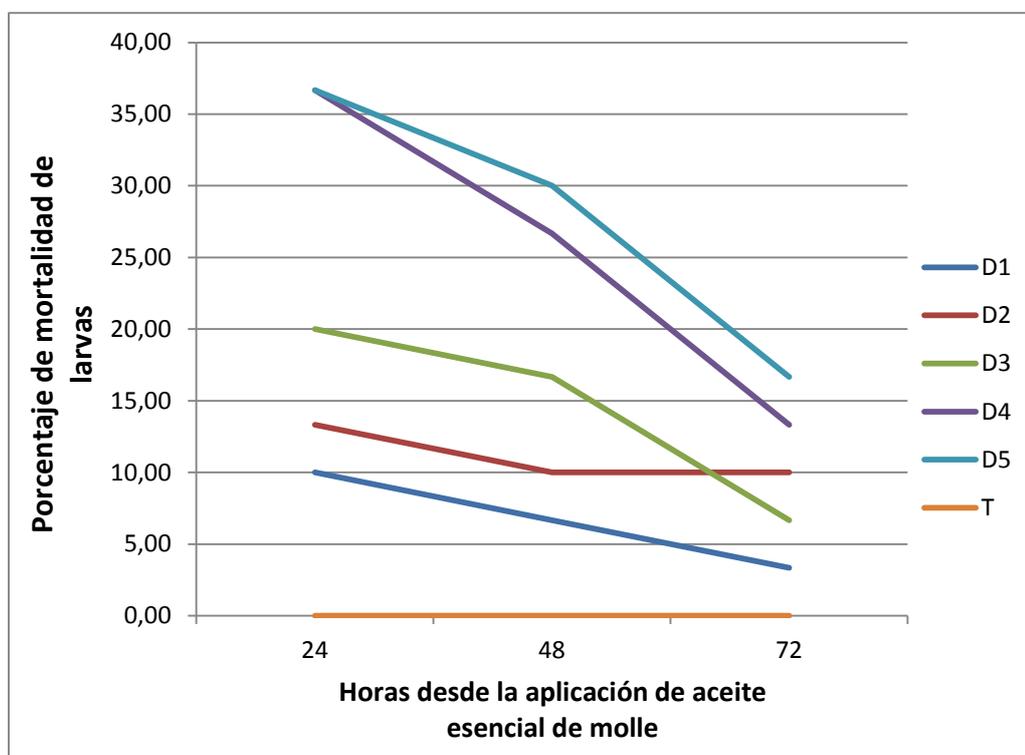


FIGURA 3. Comportamiento del porcentaje de mortalidad de larvas en las tres lecturas

Elaborado por: Jairo Peña, 2018

5.1.3. Porcentaje de inhibición alimentaria a las 24, 48 y 72 horas

El porcentaje de inhibición alimentaria de larvas de gusano blanco de la papa, con aplicación de cinco dosis de aceite esencial de molle, se registró a las 24, 48 y 72 horas de la aplicación. El análisis de variancia encontró diferencias estadísticas significativas en las tres lecturas. El mayor porcentaje de inhibición alimentaria se alcanzó en los tratamientos que recibieron aplicación de aceite esencial con dilución al 8% (D5), con promedio de 94,78% (P-Valor 0,0001) a las 24 horas, 91,09% (P-Valor 0,0001) a las 48 horas y 90,58% (P-Valor 0,0001) a las 72 horas, todos ellos ubicados en el primer rango y lugar en la prueba de significación de Tukey al 5%

(tabla 2). Seguidos de los tratamientos de la dilución al 4% (D4), que compartieron el primer rango, como el segundo rango, con promedios de 93,72% a las 24 horas, 88,37% a las 48 horas y 89,52% a las 72 horas. Le siguen el resto de tratamientos que compartieron así mismo el primer rango y el segundo rango, con promedios inferiores; encontrando que el menor porcentaje de inhibición alimentaria, se detectó en los testigos (T), al no recibir aplicación de aceite esencial, con promedios de 0,00% a las 24 horas, 48 horas y 72 horas, por lo que este tratamiento no reportó inhibición alimentaria; por lo que es posible inferir que, la aplicación de aceite esencial de molle en dilución del 8%, es el mejor tratamiento para provocar inhibición alimentaria de larvas de gusano blanco de la papa, es. Estos resultados pueden deberse a lo citado por Google.com.ec (2017), que *Schinus molle* L., contiene en sus hojas flavonoides (quercetina, rutina, quercitrina e isoquercitrina), pigmentos antocianídicos, triterpenos, β -sitosterol, taninos, ácido gálico, ácido protocatéuico, glucosa, fructosa y aceite esencial (0,5%). Además, los ácidos linolénico, linoleico, lignocérico y esteárico aislados de aceites esenciales obtenidos de frutos, corteza y semillas contienen entre su composición α -bergamontranseno, bourboneno, α y δ -cadineno, α y γ -calacoreno, calameneno, canfeno, carvacrol, β -cariofileno, γ -copaeno, croweacina, γ -cubebeno, p-cimeno, butirato de geraniol, hexanoato de nerol, α y β -felandreno, α y β -pineno, α -terpineol, γ -terpineno, α y γ -muuroleno además de cianidina-3-galactósido, cianidina-3-rutinósido y peonidina-3-glucósido que han demostrado tener efecto o tóxico y repelente sobre algunos insectos, lo que influyó favorablemente, especialmente en la inhibición alimentaria de las larvas de gusano blanco, lo que disminuirá significativamente el ataque, por lo que los cultivos de papa contarán con mejores condiciones de desarrollo, sin afectar al medio ambiente.

Mediante la figura 4, se grafica el comportamiento del porcentaje de inhibición alimentaria de larvas de gusano blanco en las tres lecturas efectuadas, para cada tratamiento con aplicación de dosis de extracto de aceite esencial de molle, detectándose que, los mejores resultados se obtuvieron con los tratamientos que se aplicó aceite esencial en dilución del 8% (D5), con el mayor porcentaje de inhibición alimentaria; seguidos de los tratamientos de la dilución de 4% (D4), dilución de 2% (D3), dilución del 1% (D2) y de la dilución del 0,5% (D1). Observándose así mismo que el menor porcentaje de inhibición alimentaria de larvas de gusano blanco reportó

el tratamiento testigo; por lo que utilizar la dilución del 8% de aceite esencial de molle, es el tratamiento apropiado para combatir relevantemente a las larvas de gusano, controlando significativamente a la plaga, con prácticas adecuadas para la conservación del medio ambiente.

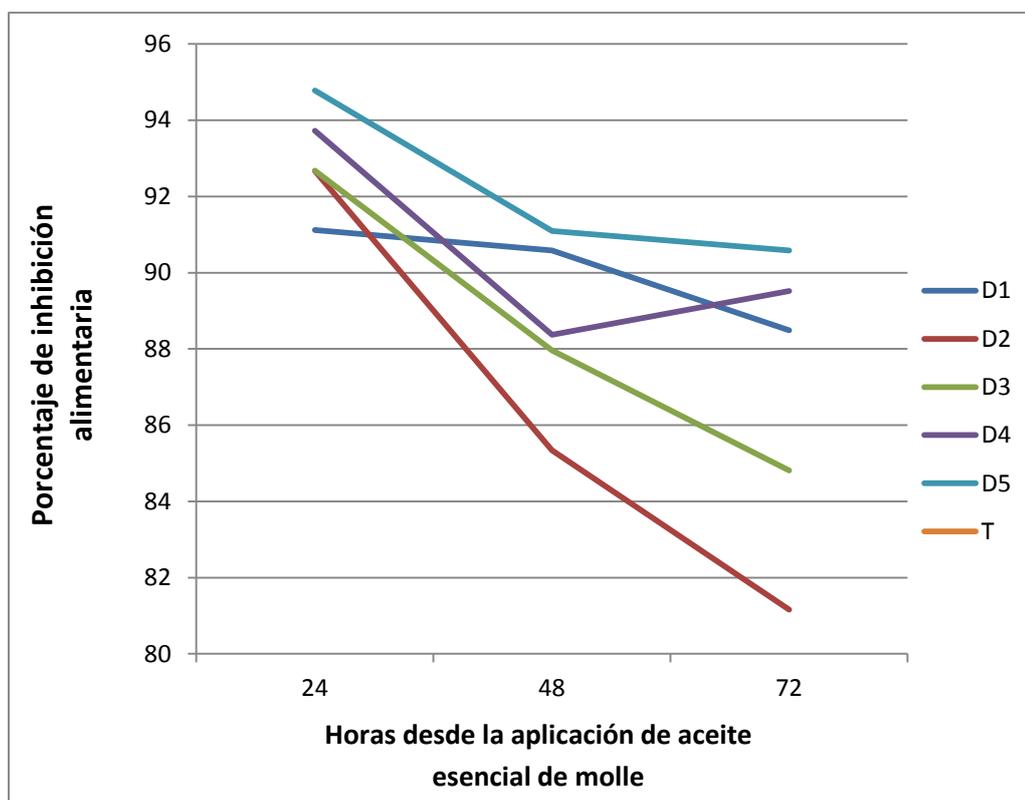


FIGURA 4. Comportamiento del porcentaje de inhibición alimentaria de larvas en las tres lecturas
Elaborado por: Jairo Peña, 2018

5.1.4. Porcentaje de inhibición de eclosión larval

La inhibición de eclosión larval se midió a los 35 días de la aplicación del aceite esencial de molle, mediante la observación con estereoscopio de los huevos no eclosionados. El análisis de variancia reportó diferencias estadísticas altamente significativas. El mayor porcentaje de inhibición de eclosión larval se observó en los tratamientos que recibieron aplicación de aceite esencial de molle con dilución al 8% (D5), al ubicarse el promedio de 80,00% (P-Valor 0,0001), en el primer rango y lugar en la prueba de significación de Tukey al 5% (tabla 2). Seguidos de los

tratamientos de la dilución al 4% (D4), que compartieron el primero y segundo rangos, con promedio de 66,67%; como también de los tratamientos de la dilución al 2% (D3) con promedio de 63,33% y de los tratamientos de la dilución al 1% (D2), con promedio de 60,00%. Le siguen el resto de tratamientos que se ubicaron en el segundo rango; mientras que, el menor porcentaje de inhibición de eclosión larval, se detectó en el testigo (T), que no recibieron aplicación de aceite esencial, con promedio de 0,00%, por lo que no reportó inhibición de eclosión larval. Estos resultados permiten inferir que, el mejor tratamiento para incrementar el porcentaje de inhibición de eclosión larval de gusano blanco de la papa, es la aplicación de aceite esencial de molle en dilución del 8%. Posiblemente sucedió lo manifestado por la Academia.edu (2017), que el aceite esencial de molle constituye una fuente rica de monoterpenos, sesquiterpenos y triterpenos, los cuales se emplean como insecticidas naturales. el aceite esencial de esta planta se encuentra principalmente en las hojas y en los frutos. El modo de acción de los aceites esenciales aún no se ha identificado completamente pero la sintomatología presentada por los insectos intoxicados sugiere un efecto neurotóxico. Algunos constituyentes comunes de los aceites esenciales como eugenol o timol bloquean los receptores de la octopamina que es un neurotransmisor que presentan los artrópodos. Aunque mecanismos físicos como disrupción de la membrana celular o bloqueo del sistema traqueal también podrían estar involucrados (Researchgate.net, 2017), lo que influyó favorablemente especialmente en la inhibición de eclosión larval, utilizando tecnologías que no dañan el medio ambiente, lo que conservará consecuentemente la mejor la relación suelo, agua, planta.

5.1.5 Porcentaje de eclosión larval

El porcentaje de eclosión larval se midió a los 35 días de la aplicación del aceite esencial de molle, mediante la observación con estereoscopio de los huevos eclosionados. Mediante el análisis de variancia, se establecieron diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos. El menor porcentaje de eclosión larval se observó en los tratamientos que recibieron aplicación de aceite esencial de molle con dilución al 8% (D5), al ubicarse en el primer rango el promedio de 20,00% (P-Valor 0,0001), en la prueba de significación de Tukey al 5% (tabla 2). Seguido de los tratamientos de la dilución al 4% (D4), que compartieron el primero y segundo rangos, con promedio de 33,33%; como también de los tratamientos de la dilución al 2% (D3) con promedio de 36,67% y de los tratamientos de la dilución al 1% (D2), con promedio de 40,00%. Le siguen el resto de

tratamientos que se ubicaron en el segundo rango; en tanto que, el mayor porcentaje de eclosión larval, se detectó en el testigo (T), que no recibieron aplicación de aceite esencial, con promedio de 100,00%, por lo que todos los huevos eclosionaron. Estas respuestas permiten afirmar que, el mejor tratamiento para disminuir el porcentaje de eclosión larval de gusano blanco de la papa, es la aplicación de aceite esencial de molle en dilución del 8%. Es posible que haya sucedido lo manifestado por Conabio.gob.mx (2017), que el aceite esencial de las hojas y frutos de molle, ha mostrado ser un efectivo repelente de insectos, particularmente contra la mosca casera. El fruto puede contener 5 % de aceite esencial y las hojas 2 %. Igualmente, Bdigital.unal.edu.co (2017), cita que la actividad repelente de los aceites esenciales se ha demostrado en innumerables estudios, así como la importancia de los efectos sinérgicos que sus componentes poseen. Así, la aplicación de estos aceites aparece como una herramienta útil para el control de plagas por lo que no sólo deben evaluarse sus actividades repelentes sino los niveles de toxicidad que poseen frente a insectos; influenciando también en el menor porcentaje de eclosión larval especialmente con la aplicación de la dilución del 8%, sin perjudicar al medio ambiente.

5.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Los resultados obtenidos de la aplicación de cinco dosis de aceite esencial de molle (*S. molle*) para probar el efecto antialimentario y actividad insecticida en adultos, larvas y huevos de gusano blanco de la papa (*P. vorax*), permiten aceptar la hipótesis alternativa (Ha), por cuanto, con el empleo de la dilución de 8,0%, se observó el mayor efecto anti alimentario y actividad insecticida, tanto en adultos, como en larvas y huevos de gusano blanco de la papa, siendo una alternativa para el control de la plaga, sin afectar al medio ambiente.

CAPÍTULO VI CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

6.1. CONCLUSIONES

Finalizada la investigación “Evaluación del efecto antialimentario y actividad insecticida del aceite esencial de molle (*Schinus molle* L.) frente al gusano blanco de la papa (*Premnotrypes vorax* Hustache)”, se llegaron a las siguientes conclusiones:

Con la aplicación de aceite esencial de molle con dilución al 8% (D5), se obtuvieron los mejores resultados, al obtenerse el mayor porcentaje de mortalidad de adultos de gusano blanco de la papa, tanto en la lectura a las 24 horas (36,67%), como a las 48 horas (30,00%) y a las 72 horas (13,33%). También reportaron buenos resultados los tratamientos de la dilución al 4% (D4) (30,00% a las 24 horas, 20,00% a las 48 horas y 10,00% a las 72 horas), por lo que es el mejor tratamiento para incrementar el porcentaje de mortalidad de adultos de gusano blanco de la papa, siendo una alternativa para su control, con prácticas que no afectan al medio ambiente.

En cuanto al porcentaje de mortalidad de larvas, los mejores resultados se alcanzaron con la aplicación de aceite esencial de molle con dilución al 8% (D5), al reportar el mejor control con mayor porcentaje de mortalidad de larvas (36,67% a las 24 horas, 30,00% a las 48 horas y 16,67% a las 72 horas); así como también los tratamientos de la dilución al 4% (D4), (36,67% a las 24 horas, 26,67% a las 48 horas y 13,33% a las 72 horas); siendo el tratamientos apropiado para conseguir el mejor control de la plaga, utilizando tecnologías adecuadas para la protección del medio ambiente.

El mayor porcentaje de inhibición alimentaria se alcanzó con la utilización de aceite esencial con dilución al 8% (D5), con promedio de 94,78% a las 24 horas, 91,09% a las 48 horas y 90,58% a las 72 horas. También se obtuvieron buenos resultados en los tratamientos de la dilución al 4% (D4), con promedios de 93,72% a las 24 horas, 88,37% a las 48 horas y 89,52% a las 72 horas.

El mayor porcentaje de inhibición de eclosión larval se observó en los tratamientos que recibieron aplicación de aceite esencial de molle con dilución al 8% (D5) que reportaron el 80,00% de inhibición, como también en los tratamientos de la dilución al 4% (D4) (66,67%); de los tratamientos de la dilución al 2% (D3) (63,33%) y de los tratamientos de la dilución al 1% (D2) (60,00%), por lo que es el mejor

tratamiento para incrementar el porcentaje de inhibición de eclosión larval de gusano blanco de la papa; en tanto que, el menor porcentaje de eclosión larval se observó en los tratamientos que recibieron aplicación de aceite esencial de molle con dilución al 8% (D5) (20,00%), como también en los tratamientos de la dilución al 4% (D4) (33,33%); de la dilución al 2% (D3) (36,67%) y de los tratamientos de la dilución al 1% (D2) (40,00%).

En cuanto al testigo, al no recibir aplicación de aceite esencial de molle, reportó el menor porcentaje de mortalidad de adultos (0,00%) tanto a las 24 horas, 48 horas y 72 horas; como también el menor porcentaje de mortalidad de larvas (0,00% a las 24 horas, 48 horas y 72 horas); no reportaron inhibición alimentaria (0,00% en las tres lecturas); el menor porcentaje de inhibición de eclosión larval (0,00%) y consecuentemente el mayor porcentaje de eclosión larval (100,00%), por lo que todos los huevos eclosionaron, lo que justifica la utilización de las dosis de aceite esencial de molle, especialmente en la dilución del 8%.

6.2. RECOMENDACIONES

Para alcanzar mejores resultados en el efecto antialimentario y actividad insecticida de la aplicación de aceite esencial de molle (*Schinus molle* L.) en adultos, larvas y huevos de gusano blanco de la papa (*Premnotrypes vorax* Hustache)", utilizar la dilución de 8,00% (D5), por cuanto fue el tratamiento que mejores resultados reportó, tanto en el control de adultos, como de larvas y huevos de gusano blanco, siendo una alternativa para practicar el control de plagas con tecnologías dirigidas a la conservación del medio ambiente.

6.3 BIBLIOGRAFÍA

Abad, G y Piedra, A. (2011). Obtención de extractos vegetales por arrastre de vapor como agentes para el control de plagas en cultivos hortícolas.

Academia.edu. (2017). Evaluación de la actividad repelente del molle. En línea. Consultado el 11 de Noviembre del 2017. Disponible en http://www.academia.edu/15525574/EVALUACION_DE_LA_ACTIVIDAD_REPELENTE_EN_SECTICIDA_DE_ACEITE_ESENCIAL_EXTRADO_DE_LA_PLANTA_AROMATICA_MOLLE_Schinus_molle_L_UTILIZADOS_CONTRA_TRIBOLIUM_CASTANEUM_HERBST_COLEOPTERA_TENEBRIONIDAE.

Agro, E. (2014). “Productividad de la papa aumento 9 TM”. (Consultado 28-10-2015). Recuperado de: <http://www.revistaelagro.com/2015/04/29/productividad-de-la-papa-aumento-en-9tm/>.

Alonso, J. (2008). “Tratado de fitofármacos y nutracéuticos”. Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/handle/123456789/2585/56T00357.pdf?sequence=1>.

Andrade, R. y Bonilla, P. (2010). “El cultivo de papa en Ecuador: insectos plaga-enfermedades-nematodos y su control químico”. Recuperado de: http://www.ecuaquimica.ec/cultivo_papa.html.

Andrade, H., Bastidas, O., Sherwood, S. (2002). La papa en Ecuador. In: El cultivo de la papa en Ecuador. Quito: INIAP.

Bdigital.unal.edu.co. (2017). Características del aceite esencial de molle. En línea. Consultado el 21 de noviembre del 2017. Disponible en <http://www.bdigital.unal.edu.co/4264/1/05598931.2011.pdf>.

Bruneton, J. (2001). Farmacognosia. Fitoquímica. Plantas Medicinales. 2ª Ed. Zaragoza: Acribia S. A.

Barrese, Y. y Hernández, M. (2005). Caracterización y estudio fitoquímico de *Cassia alata* L. Centro Nacional Coordinador de Ensayos Clínicos. Revista Cubana Plant Med.

Carballo, G, et al. (2002). “Desinfección química de plantas medicinales II”. Cubana PLANT. Pág: 131-134. Recuperado de: http://www.bvs.sld.cu/revistas/pla/vo-110_2_05/pla09205.pdf.

Castillo, B. (2011). Evaluación In vitro del efecto de extractos vegetales en el control de la garrapata *Boophilus microplus* en el ganado bovino del cantón Centinela del Cóndor de la Provincia de Zamora Chinchipe (Tesis de la Universidad Nacional de Loja).

Conabio.gob.mx. (2017). Especies arbóreas molle. En línea. Consultado el 21 de Septiembre del 2017. Disponible en http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/3-anaca4m.pdf.

Cortez, E. (2018). Evaluación de la actividad insecticida del aceite esencial de molle (*Schinus molle* L.) fase de campo, frente al gusano blanco (*Premnotrypes vorax* Hustache) de la papa en la variedad santa rosa En línea. Consultado el 08 de febrero del 2018. Disponible [http://repositorio.uta.-edu.ec/bitstream/1234567-89/25711/1/Tesis-160 Ingeniería Agronómica](http://repositorio.uta.-edu.ec/bitstream/1234567-89/25711/1/Tesis-160%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica).

Defagó, M. et al. (2006). Insecticide and antifeedant activity of different plants parts of *Melia azedarach* on *Xanthogaleruca luteola*, *Fitoterapia*. 77(7): 500-550.

Ecuador. Instituto de Meteorología e Hidrología. (2017). Registro anual de observaciones meteorológicas, Estación Agrometeorológica Querochaca. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Agronómica, Cevallos. 5 p.

Ferrero, I. (2007). Organic chemistry-vol 2; stereo chemistry and the chemistry of natural products. 5th edition. Delhi: Pearson Education (Singapore) India branch; 2003: 769-71. Recuperado de: <http://www.ann-clinmicrob.com/content/8/1/9>.

Gallegos, P, et al. (2002). Conozca la forma de alimentación y control del adulto del gusano blanco (*Premnotrypes vorax* Hustache) en el cultivo de papa. Quito. INIAP. Plegable 196.

Google.com.ec. (2017). Beneficios del aceite esencial de *Schinus molle*. En línea. Consultado el 12 de Octubre del 2017. Disponible en https://www.google.com.ec/search?dcr=0&ei=T3NTWsK6A9CwzWKeq5KwCg&q=beneficios+aceite+esencial+de+schinus+molle+insecticida&oq=beneficios+aceite+esencial+de+schinus+molle+insecticida&gs_l=psyab.3...8386957.8391864.0.8392604.11.9.0.0.0.0-.461.1292.-0j1j3j0j1.5.0....0...1c.1.64.psy-ab..6.0.0....0.acv7L7Hjisw.

González, P. et al. (1997). Gusano blanco (*Premnotrypes vorax*) en el Ecuador: comportamiento y control. Quito. INIAP. 35 p.

Holdridge, L. (1982). Ecología basada en zonas de vida. Trad. por Humberto Jiménez. San José de Costa Rica, CR., IICA. 216 p.

Huerta, A. et. al. (2010). "Toxicity and repellence of aqueous and ethanolic extracts from *Schinus molle* on elm leaf beetle *Xanthogaleruca luteola*". Crop. Protection. Recuperado de: http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/-120369/Huerta_Amanda.pdf?sequence=1.

INIAP. (2002). Conozca y reduzca la población de gusano blanco de la papa (*Premnotrypes vorax* H.). Guía de campo. Boletín investigativo N° 423.

Krammer, H. (1957). Organic chemistry-vol 2; stereo chemistry and the chemistry of natural products. 5th edition. Delhi: Pearson Education (Singapore) India branch; 769-71. Recuperado de: <http://www.ann-clinmicrob.com/content/8/1/9>.

Lannconey, L. (2003). "Método de secado en la estufa".

La Permacultura en habla hispana. (2011). "*Schinus molle*". Disponible en: <http://foro.fuentedepermacultura.org/index.php?topic=905>.

Mena, L. (2015). "Insecticidas Botánicos". Ecured. Disponible en: http://www.ecured.cu/Insecticidas_bot%C3%A1nicos.

Muñoz, M. (1998). Biología del "Gorgojo de los Andes *Premnotrypes vorax* Hustache (Coleóptera: Curculionidae). Cajamarca. Pág. 85.

Niño, (2002). "Control de adultos de gusano blanco de la papa con trampas". Recuperado de: http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd67/texto/lnino.htm.

Orozco, M. (2013). Evaluación de la actividad cicatrizante de un gel elaborado a base de los extractos de molle (*Schinus molle*), cola de caballo (*Equisetum arvense* L.) Linaza (*Linum usitatissimum* L.) en ratones (*Mus musculus*). (Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).

Ottaway, N.; Valois, H. (2001). Ethnobotanical of four black communities of municipality of Quiddo. Recuperado de: www.lyonia.org/downloadPDF.php?pdfID=2.312.1.

Oyarzún, P. et. al. (2002). Manejo Integrado de plagas y enfermedades. In: El cultivo de la papa en el Ecuador. Quito. Pág. 85-169. Recuperado de: <http://cipotato.org/wp->

content/uploads/Documentacion%20PDF/Pumisacho%20y%20Sherwood%20Cultivo%20de%20Papa%20en%20Ecuador.pdf

Perú Ecológico. (2016). Molle (*Schinus molle*); pimienta del Perú. Consultado el 15/04/16. Disponible en http://www.peruecologico.com.pe/flo_molle_1.htm.

Philogéne, B.; Regnault-Roger, C.; Vincent, C. (2003). Productos fitosanitarios insecticidas de origen vegetal: promesas de ayer y de hoy. Cap. 1: 1-18. *En: Biopesticidas de origen vegetal*. Madrid: Mundi-Prensa. 337 p.

Pino, N. y Valois, H. (2004). Ethnobotanical of four black communities of municipality of Quiddo. Recuperado de: www.lyonia.org/downloadPDF.php?pdfID=2.312.1.

Portalfarma. (2000). “Método de trituración para plantas medicinales”. Recuperado de: <http://www.portalfarma.com/pfarma/taxonomia/general/gp000011.nsf/0/F-25624>.

Puntener, W. (1981). “Control Correction: Manual for field trials in plant protection”. Second Edition. Agricultural Division. Ciba-Geigy Limited. Recuperado de: <http://www.ehabsoft.com/ldpline/onlinecontrol.htm>

Researchgate.net. (2017). Actividad insecticida repelente del molle. En línea. Consultado el 30 de Octubre del 2017. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/319051016_ACTIVIDAD_INSECTICIDA_REPELENTE_Y_ANTIALIMENTARIA_DEL_POLVO_Y_ACEITE_ESENCIAL_DE_FRUTOS_DE_Schinus_molle_L_PARA_EL_CONTROL_DE_Sitophilus_zeamais_Motschulsky.

Rios, G. (2007). Distribución y variabilidad de *Ralstonia solanacearum* e.f. Smith, agente causal de marchitez bacteriana en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), en tres departamentos del norte de Nicaragua (estelí, matagalpa y jinotega). (en línea). disponible en <http://repositorio.una.edu.ni/1366/1/tnh20r586.pdf>.

Rodríguez, H. (1998). Determinación de toxicidad y bioactividad de cuatro insecticidas orgánicos recomendados para el control de plagas en cultivos hortícolas. *Rev. Latinoam. de Agricultura y Nutrición (RELAN)* 1(3): 32-41.

Sánchez, J. (2014). Familia ANACARDIACEAE. Recuperado de: <http://www.arbolesornamentales.es/familias.htm>.

Schoonhoven, L.; J. van Loon and M. Dicke. (2005). *Insect-Plant Biology*. 2nd Ed. Oxford University Press, London, UK. 421 p.

Tappi. (1998). *Test Methods*. Technical Association of the Pulp and paper Industry. Atlanta.

Trujillo, A. J. (1992). Metodologías para el desarrollo de programas de control biológico. pp. 75-85. In: Leyva V. J. e Ibarra R. J. (eds.), III Curso Nacional de Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico (SMCB, A. C.). Del 5 al 7 de octubre, Cuautitlán, México.

Unec. (2018). Aceite esencial de molle. En línea. Consultado el 12 de marzo del 2018. Disponible en <http://www.unec.com.bo/es/productos/aceite-esencial-de-molle.html>

Vargas, S. (2013). Formulación, caracterización fotoquímica y fisicoquímica, dosificación de insecticidas orgánicos para el control de mosca blanca. Ambato. Recuperado de: repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6637/1/BQ%20-43.pdf.

Villacrés, G. (2017). Evaluación de la actividad insecticida del extracto acuoso de molle (*Schinus molle* L.) frente al gusano blanco de la papa (*Premnotrypes vorax* Hustache)” En línea. Consultado el 08 de febrero del 2018. Disponible

Villavicencio, M. y Pérez, B. (2010). Plantas tradicionalmente usadas como plaguicidas. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/621/62114250012.pdf>.

6.4. ANEXOS

ANEXO 1. PORCENTAJE DE MORTALIDAD DE ADULTOS A LAS 24 HORAS

Tratamientos		Repeticiones						Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III	IV	V	VI		
1	D1	0,00	0,00	0,00	20,00	0,00	20,00	40,00	6,67
2	D2	0,00	20,00	0,00	20,00	20,00	0,00	60,00	10,00
3	D3	20,00	0,00	20,00	20,00	0,00	20,00	80,00	13,33
4	D4	40,00	20,00	40,00	20,00	40,00	20,00	180,00	30,00
5	D5	40,00	40,00	40,00	40,00	20,00	40,00	220,00	36,67
6	T	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

ANEXO 2. PORCENTAJE DE MORTALIDAD DE ADULTOS A LAS 48 HORAS

Tratamientos		Repeticiones						Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III	IV	V	VI		
1	D1	0,00	20,00	0,00	20,00	0,00	0,00	40,00	6,67
2	D2	20,00	0,00	20,00	20,00	0,00	20,00	80,00	13,33

3	D3	20,00	20,00	20,00	0,00	0,00	20,00	80,00	13,33
4	D4	20,00	40,00	20,00	20,00	0,00	20,00	120,00	20,00
5	D5	20,00	40,00	40,00	20,00	40,00	20,00	180,00	30,00
6	T	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

ANEXO 3. PORCENTAJE DE MORTALIDAD DE ADULTOS A LAS 72 HORAS

Tratamientos		Repeticiones						Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III	IV	V	VI		
1	D1	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	0,00	20,00	3,33
2	D2	0,00	20,00	0,00	20,00	0,00	20,00	60,00	10,00
3	D3	20,00	0,00	0,00	0,00	20,00	0,00	40,00	6,67
4	D4	20,00	20,00	0,00	20,00	0,00	0,00	60,00	10,00
5	D5	20,00	20,00	0,00	20,00	20,00	0,00	80,00	13,33
6	T	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

ANEXO 4. PORCENTAJE DE MORTALIDAD DE LARVAS A LAS 24 HORAS

Tratamientos		Repeticiones						Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III	IV	V	VI		
1	D1	0,00	20,00	0,00	0,00	20,00	20,00	60,00	10,00
2	D2	20,00	20,00	20,00	20,00	0,00	0,00	80,00	13,33
3	D3	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	120,00	20,00

4	D4	40,00	20,00	40,00	60,00	40,00	20,00	220,00	36,67
5	D5	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	20,00	220,00	36,67
6	T	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

ANEXO 5. PORCENTAJE DE MORTALIDAD DE LARVAS A LAS 48 HORAS

Tratamientos		Repeticiones						Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III	IV	V	VI		
1	D1	20,00	20,00	0,00	0,00	0,00	0,00	40,00	6,67
2	D2	20,00	0,00	20,00	20,00	0,00	0,00	60,00	10,00
3	D3	20,00	20,00	20,00	20,00	0,00	20,00	100,00	16,67
4	D4	20,00	40,00	20,00	20,00	20,00	40,00	160,00	26,67
5	D5	20,00	40,00	40,00	20,00	40,00	20,00	180,00	30,00
6	T	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

ANEXO 6. PORCENTAJE DE MORTALIDAD DE LARVAS A LAS 72 HORAS

Tratamientos		Repeticiones						Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III	IV	V	VI		
1	D1	20,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	3,33
2	D2	0,00	20,00	0,00	20,00	0,00	20,00	60,00	10,00
3	D3	20,00	0,00	20,00	0,00	0,00	0,00	40,00	6,67
4	D4	40,00	20,00	0,00	20,00	0,00	0,00	80,00	13,33

5	D5	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	0,00	100,00	16,67
6	T	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

ANEXO 7. PORCENTAJE DE INHIBICIÓN ALIMENTARIA A LAS 24 HORAS

Tratamientos		Repeticiones						Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III	IV	V	VI		
1	D1	90,63	99,91	84,38	99,94	81,25	90,63	546,72	91,12
2	D2	87,50	99,84	87,50	99,91	93,75	87,50	556,00	92,67
3	D3	90,63	99,88	84,38	99,91	93,75	87,50	556,03	92,67
4	D4	93,75	99,88	93,75	99,91	84,38	90,63	562,28	93,71
5	D5	93,75	99,97	93,75	99,97	90,63	90,63	568,69	94,78
6	T	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

ANEXO 8. PORCENTAJE DE INHIBICIÓN ALIMENTARIA A LAS 48 HORAS

Tratamientos		Repeticiones						Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III	IV	V	VI		
1	D1	84,38	99,84	81,25	87,50	99,88	90,63	543,47	90,58
2	D2	78,13	99,78	75,00	81,25	99,72	78,13	512,00	85,33
3	D3	81,25	99,78	81,25	78,13	99,84	87,50	527,75	87,96
4	D4	81,25	99,78	81,25	87,50	99,19	81,25	530,22	88,37
5	D5	87,50	99,84	81,25	87,50	99,84	90,63	546,56	91,09

6	T	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
---	---	------	------	------	------	------	------	------	------

ANEXO 9. PORCENTAJE DE INHIBICIÓN ALIMENTARIA A LAS 72 HORAS

Tratamientos		Repeticiones						Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III	IV	V	VI		
1	D1	84,38	99,81	78,13	84,38	99,88	84,38	530,94	88,49
2	D2	71,88	99,69	71,88	75,00	99,78	68,75	486,97	81,16
3	D3	75,00	99,78	81,25	75,00	99,72	78,13	508,88	84,81
4	D4	81,25	99,81	84,38	87,50	99,81	84,38	537,13	89,52
5	D5	87,50	99,88	84,38	84,38	99,81	87,50	543,44	90,57
6	T	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

ANEXO 10. PORCENTAJE DE INHIBICIÓN DE ECLOSIÓN LARVAL

Tratamientos		Repeticiones						Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III	IV	V	VI		
1	D1	40,00	60,00	40,00	60,00	60,00	60,00	320,00	53,33
2	D2	40,00	80,00	60,00	60,00	60,00	60,00	360,00	60,00
3	D3	60,00	40,00	80,00	60,00	60,00	80,00	380,00	63,33
4	D4	60,00	60,00	60,00	60,00	80,00	80,00	400,00	66,67
5	D5	80,00	80,00	80,00	100,00	60,00	80,00	480,00	80,00
6	T	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

ANEXO 11. PORCENTAJE DE ECLOSIÓN LARVAL

Tratamientos		Repeticiones						Total	Promedio
No.	Símbolo	I	II	III	IV	V	VI		
1	D1	60,00	40,00	60,00	40,00	40,00	40,00	280,00	46,67
2	D2	60,00	20,00	40,00	40,00	40,00	40,00	240,00	40,00
3	D3	40,00	60,00	20,00	40,00	40,00	20,00	220,00	36,67
4	D4	40,00	40,00	40,00	40,00	20,00	20,00	200,00	33,33
5	D5	20,00	20,00	20,00	0,00	40,00	20,00	120,00	20,00
6	T	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	600,00	100,00

ANEXO 12. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA LA VARIABLE PORCENTAJE DE MORTALIDAD DE ADULTOS A LAS 24 HORAS (raíz de x +1)

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	5	0,44	0,09	0,61 ns
Tratamientos	5	6,92	1,38	9,55 **
Error experimental	25	3,62	0,14	
Total	35	10,98		

Coefficiente de variación = 18,62%

Promedio: 16,11%

** = significativo al 1%

ns = no significativo

ANEXO 13. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA LA VARIABLE PORCENTAJE DE MORTALIDAD DE ADULTOS A LAS 48 HORAS (raíz de x +1)

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	5	1,09	0,22	1,47 ns
Tratamientos	5	4,72	0,94	6,39 **
Error experimental	25	3,69	0,15	
Total	35	9,50		

Coefficiente de variación = 19,18%

Promedio: 13,89%

** = significativo al 1%

ns = no significativo

ANEXO 14. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA LA VARIABLE PORCENTAJE DE MORTALIDAD DE ADULTOS A LAS 72 HORAS (raíz de x +1)

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	5	1,33	0,27	1,46 ns
Tratamientos	5	1,63	0,33	1,80 *
Error experimental	25	4,54	0,18	
Total	35	7,50		

Coefficiente de variación = 24,30%

Promedio: 7,22%

* = significativo al 5%

ns = no significativo

ANEXO 15. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA LA VARIABLE PORCENTAJE DE MORTALIDAD DE LARVAS A LAS 24 HORAS (raíz de x +1)

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	5	0,15	0,03	0,28 ns
Tratamientos	5	7,04	1,41	12,59 **
Error experimental	25	2,80	0,11	
Total	35	9,99		

Coefficiente de variación = 15,43%

Promedio: 19,44%

** = significativo al 1%

ns = no significativo

ANEXO 16. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA LA VARIABLE PORCENTAJE DE MORTALIDAD DE LARVAS A LAS 48 HORAS (raíz de x +1)

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	5	0,71	0,14	1,20 ns
Tratamientos	5	5,93	1,19	10,01 **
Error experimental	25	2,96	0,12	
Total	35	9,61		

Coefficiente de variación = 16,88%

Promedio: 15,00%

** = significativo al 1%

ns = no significativo

ANEXO 17. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA LA VARIABLE PORCENTAJE DE MORTALIDAD DE LARVAS A LAS 72 HORAS (raíz de x +1)

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	5	1,31	0,26	1,44 ns
Tratamientos	5	2,40	0,48	2,64 *
Error experimental	25	4,55	0,18	
Total	35	8,27		

Coeficiente de variación = 23,85%

Promedio: 8,33%

* = significativo al 5%

ns = no significativo

ANEXO 18. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA LA VARIABLE PORCENTAJE DE INHIBICIÓN ALIMENTARIA A LAS 24 HORAS

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	5	615,90	123,18	9,16 **
Tratamientos	5	43283,08	8656,62	643,47 **
Error experimental	25	336,32	13,45	
Total	35	44235,31		

Coeficiente de variación = 4,73%

Promedio: 77,49%

** = significativo al 1%

ANEXO 19. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA LA VARIABLE PORCENTAJE DE INHIBICIÓN ALIMENTARIA A LAS 48 HORAS

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	5	1610,00	322,00	16,64 **
Tratamientos	5	39436,92	7887,38	407,49 **
Error experimental	25	483,90	19,36	
Total	35	41530,82		

Coeficiente de variación = 5,95%
Promedio: 73,89%
** = significativo al 1%

ANEXO 20. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA LA VARIABLE PORCENTAJE DE INHIBICIÓN ALIMENTARIA A LAS 72 HORAS

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	5	2079,33	415,87	15,03 **
Tratamientos	5	38130,72	7626,14	275,67 **
Error experimental	25	691,60	27,66	
Total	35	40901,65		

Coeficiente de variación = 7,26%
Promedio: 72,43%
** = significativo al 1%

**ANEXO 21. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA LA VARIABLE
PORCENTAJE DE INHIBICIÓN DE ECLOSIÓN LARVAL**

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	5	588,89	117,78	0,92 ns
Tratamientos	5	23255,56	4651,11	36,21 **
Error experimental	25	3211,11	128,44	
Total	35	27055,56		

Coefficiente de variación = 21,03%

Promedio: 53,89%

** = significativo al 1%

ns = no significativo

**ANEXO 22. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA LA VARIABLE
PORCENTAJE DE ECLOSIÓN LARVAL**

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F
Repeticiones	5	588,89	117,78	0,92 ns
Tratamientos	5	23255,56	4651,11	36,21 **
Error experimental	25	3211,11	128,44	
Total	35	27055,56		

Coefficiente de variación = 24,58%

Promedio: 46,11%

** = significativo al 1%

ns = no significativo

ANEXO 23. VISTA GENERAL DEL CULTIVO



ANEXO 24. ENSAYO EN LARVAS DE GUSANO BLANCO



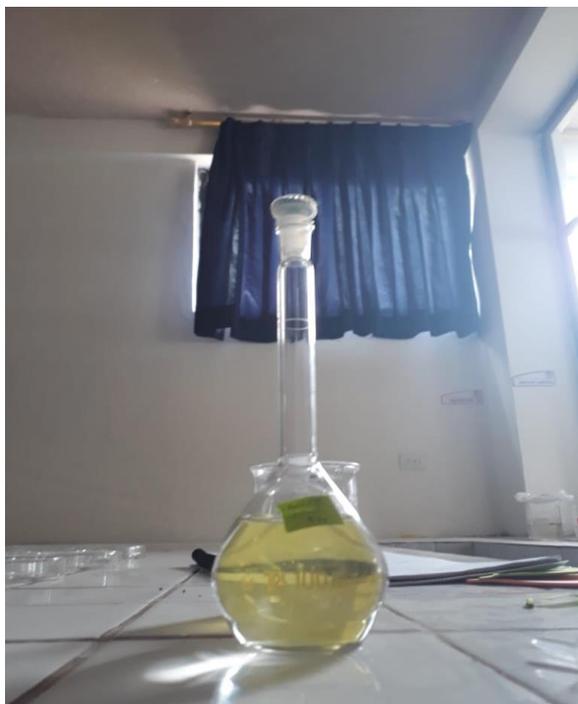
ANEXO 25. ENSAYO DE ADULTOS DE GUSANO BLANCO



ANEXO 26. PREPARACIÓN DE EXTRACTO DE ACEITE ESENCIAL DE MOLLE



ANEXO 27. DILUCIÓN DE EXTRACTO DE ACEITE ESENCIAL DE MOLLE



CAPITULO VII PROPUESTA

7.1. DATOS INFORMATIVOS

Tema: aplicación de aceite esencial de molle (*Schinus molle* L.) para provocar efecto antialimentario y actividad insecticida, en adultos, larvas y huevos de gusano blanco de la papa (*Premnotrypes vorax* Hustache).

Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Ingeniería Agronómica.

7.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Esta propuesta se planteó en relación a los mejores resultados encontrados en la investigación, en donde se observó que, la utilización de diluciones de extracto de

aceite esencial de molle, provocó efecto antialimentario y efecto insecticida, tanto en adultos, como en larvas y en el estado de huevo de gusano blanco de la papa, incrementando los porcentajes de mortalidad en adultos y larvas e incrementado la inhibición de eclosión larval, en las condiciones de manejo que se desarrolló el ensayo.

7.3. JUSTIFICACIÓN

Schinus molle es un árbol originario de Perú, que se encuentra en toda la región andina de América. Contiene, principalmente en hojas y frutos, sustancias activas como mono y sesquiterpenos, taninos, alcaloides, flavonoides, saponinas, ácido linoleico, oleorresinas, y su efecto tóxico y repelente se ha demostrado sobre algunos insectos (Ferrero, 2007). En los últimos años se ha confirmado en laboratorio la toxicidad y repelencia sobre el escarabajo de la hoja del olmo *Xanthogaleruca luteola* Müller (*Coleoptera: Chrysomelidae*) (Huerta et al., 2010).

Los aceites esenciales presentes en las hojas, corteza y fruto del *S. molle* son una rica fuente de triterpenos, sesquiterpenos y monoterpenos. Las hojas contienen hasta un 2% de aceites esenciales. Los terpenoides son los compuestos que se encuentran en mayor cantidad y la actividad insecticida se debe principalmente a dos compuestos: el cis-menth-2-en-1-ol y el trans-piperitol, el fruto de *S. molle* puede contener hasta un 5% de aceites esenciales además de la presencia de: α -pineno, β -pineno, piperina, (+)-limoneno, piperitona, carvacrol, mirceno, β -espatuleno y β -felandreno, entre otros compuestos (Bruneton, 1991; Kramer, 1957).

7.4. OBJETIVO

Aplicar extracto de aceite esencial de molle en dilución del 8% para provocar efecto antialimentario y efecto insecticida, en adultos, larvas y huevos de gusano blanco de la papa.

7.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

Esta propuesta es factible efectuarla, valorando todos los aspectos técnicos que deben conocerse para llevar adelante la producción técnica del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), considerando el aceite esencial de molle es de fácil adquisición, baratos y de fácil manipuleo, con lo que se conseguirá disminuir los porcentajes de incidencia y severidad de la plaga, mejorando consecuentemente la producción y productividad del cultivo.

7.6. FUNDAMENTACIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L) es el cuarto cultivo sembrado, en más de cien países siendo el alimento básico de los países desarrollados (Europa y Estados Unidos), quienes consumen 75 kg per cápita anuales. En Nicaragua la FAO reporta un consumo per cápita de 8 kg anuales, en Nicaragua se cultivan entre 800 - 1200 ha, donde se obtiene una producción de 35 - 40 por ciento de la demanda nacional. La importancia de la papa radica en que sus tubérculos son parte de la dieta de millones de personas a nivel mundial, contiene 80% de agua y la materia seca constituida por carbohidratos, proteínas, celulosa, minerales, vitaminas A y C proporcionan una dieta balanceada, además son utilizadas en la industria para la producción de almidón, comidas rápidas, papas a la francesa, chips, hojuelas y puré (Ríos, 2007).

Los extractos botánicos del pimiento, falso pimentero o molle, *Schinus molle* L. (Anacardiaceae), han demostrado tener efecto repelente y tóxico en insectos plaga a través de sus metabolitos secundarios. De igual forma, el ajeno, *Artemisia absinthium* L. (Asteraceae), ha presentado propiedades anti alimentarias y tóxicas contra insectos plaga (Huerta et al., 2010).

7.7. METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO

7.7.1. Obtención de aceite esencial de molle

7.7.1.1. Recolección de hojas de molle

Se seleccionarán hojas, sin la presencia de plagas y enfermedades. Se separarán las hojas de los tallos con la ayuda de una tijera, recopilando en un recipiente limpio.

7.7.1.2. Desinfección y secado

Las hojas se desinfectarán con una solución al 5% de cloro por el lapso de cinco minutos. La muestra desinfectada se secará utilizando una germinadora con una temperatura de 25 a 40°C durante 2 días.

7.7.1.3. Molida

La muestra seca se molerá utilizando un molino eléctrico, recolectando en una funda plástica color negro.

7.7.1.4. Preparación del aceite

El aceite esencial se obtendrá mediante el método de destilación por arrastre de vapor, para lo cual se colocará en el equipo una concentración de materia prima de 20 g/100 ml de agua.

En el proceso de vaporización se realizará la separación de la parte líquida y oleácea (hidrosol), lo cual durará 60 días, obteniendo 160 ml de aceite esencial.

7.7.1.5. Preparación de la dilución de aceite de molle

Iniciando con una solución madre de 20% de concentración, se realizará la dilución al 8%.

7.7.2. En el laboratorio

7.7.2.1. Para control de adultos de gusano blanco (*Premnotrypes vorax* Hustache)

Se recolectarán adultos de gusano blanco en parcelas de papas sin aplicaciones de insecticidas durante un mes usando trampas a base de tallos frescos de papas

cubiertos con plásticos los cuales darán el medio de alimentación y oscuridad al adulto para tener una exitosa recolección. Estos adultos se colocarán en cajas Petri.

La aplicación de la dilución de aceite esencial al 8% se efectuarán a las 24, 48 y 72 horas después de colocar cinco adultos en cada caja Petri, rociando el total de la alimentación que le correspondía con un atomizador.

7.7.2.2. Para el control de larvas de gusano blanco (*Premnotrypes vorax* Hustache), para determinar el porcentaje de mortalidad

Para la aplicación en larvas se realizará la recolección en campo y de este grupo se colocará en una agrupación con aquellas que tenían mayor vigorosidad y un mismo tamaño usando las larvas en estadio L3.

Se aplicará la dilución al 8% a las 24, 48 y 72 horas después de colocar cinco gusanos en cada caja Petri rociando el total de los trozos de papa que le correspondía con un atomizador.

7.7.2.3. Para el control de larvas de gusano blanco (*Premnotrypes vorax* Hustache), para determinación de efecto antialimentario

Para la aplicación en larvas se realizará la recolección en campo y de este grupo se colocará en una agrupación con aquellas que tenían mayor vigorosidad y un mismo tamaño usando las larvas en estadio L3.

La aplicación la dilución al 8% de aceite esencial se efectuará a las 24, 48 y 72 horas después de colocar cinco gusanos en cada caja Petri, rociando con atomizador el total de los trozos de papa que le correspondía.

7.7.2.4. Para el control de huevos de gusano blanco (*Premnotrypes vorax* Hustache)

Se mantendrá bajo condiciones apropiadas tanto de ambiente como de alimentación a adultos (cambio oportuno de hojas de papas y temperatura promedio de 18°C) para la obtención de huevos a los cuales se recolectará y se mantendrá con el registro de fechas y a temperatura ambiente sabiendo que su tiempo promedio de eclosión alcanza los 35 días. Se clasificarán por grupos de acuerdo a las fechas de ovoposición y se aplicará los tratamientos respectivos (*Premnotrypes vorax* Hustache).

Se aplicará la dilución de aceite esencial en concentración del 8% a las 24, 48 y 72 horas después de colocar cinco huevos de gusanos en cada caja Petri, rociando sobre los huevos con un atomizador.

7.8. ADMINISTRACIÓN

Esta propuesta se llevará a cabo mediante organizaciones capacitadas, que cuenten con los recursos y el personal técnico apropiado y adiestrado para la producción comercial de un cultivo de papa. Las personas responsables del manejo tecnológico deberán entender relevantemente los requerimientos fisiológicos y fitosanitarios durante la etapa de producción, como el manejo técnico del cultivo y el comportamiento del gusano blanco de la papa, tanto en el estado de adulto, como de larva y de huevo.

7.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Los resultados del efecto antialimentario y de la acción insecticida del aceite esencial de molle, se informará a los pequeños y medianos productores de cultivo de papa, mediante la divulgación de la información, utilizando como medios, la vinculación directa con los agricultores y productores, con días de campo, en donde se elaborarán parcelas demostrativas, con la debida comparación de resultados y demostrar los beneficios de la aplicación del producto para disminuir el embate de la plaga en los cultivos comerciales.