

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**EFEECTO INSECTICIDA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL EXTRACTO
HIDROALCOHÓLICO DE ROCOTO (*Capsicum pubescens*), SOBRE
Epitrix spp. EN CONDICIONES DE LABORATORIO**

PRESENTADO POR:

Br. RODRIGO URIEL MORA NIETO

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

ASESOR (ES):

Mgt. DORIS FLOR PACHECO FARFÁN

Dra. ANALÍ LIZÁRRAGA FARFÁN

CUSCO – PERÚ

2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: «EFECTO INSECTICIDA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL EXTRACTO HIDROALCOHÓLICO DE ROCOTO (COPESICUM RUBRO-CENS.) SOBRE EPITRIX SPP. EN CONDICIONES DE LABORATORIO.»

presentado por: RODRIGO URIEL MORA NIETO con DNI Nro.: 70116121 presentado por: con DNI Nro.: para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO AGRÓNOMO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 8 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	<input checked="" type="checkbox"/>
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	<input type="checkbox"/>
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	<input type="checkbox"/>

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 30 de abril de 2024


Firma

Post firma.....

Nro. de DNI 23872782

ORCID del Asesor 0000-0002-3709-7278
0000-0003-2673-5841

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: **oid:** 27259:351091919

NOMBRE DEL TRABAJO

TESIS RODRIGO URIEL MORA NIETO.pdf

RECUENTO DE PALABRAS

17477 Words

RECUENTO DE CARACTERES

93153 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

97 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

3.2MB

FECHA DE ENTREGA

Apr 29, 2024 6:15 PM EST

FECHA DEL INFORME

Apr 29, 2024 6:17 PM EST**● 8% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 8% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- Base de datos de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Base de datos de Internet
- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)
- Base de datos de trabajos entregados
- Material citado

AGRADECIMIENTO

Mi total gratitud para mi alma mater la UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO - UNSAAC, a mi hermosa FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS, en especial a la ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA por haberme albergado tantos años de formación académica en sus aulas K'ayreñas.

Mi más sincera gratitud a mis docentes de la FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS que con toda su vocación de servicio me brindaron todos los conocimientos, que aplicaré en mi vida profesional.

Dar mi más eterno agradecimiento a mis asesores que me facilitaron todas las comodidades para realizar este arduo trabajo de investigación, Mgt. DORIS FLOR PACHECO FARFÁN, Dra. ANALI LIZÁRRAGA FARFÁN.

En especial agradecer al Dr. Leoncio Solís Quispe, Docente principal del Departamento Académico de la Facultad de Química de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO UNSAAC, quien me brindo todas las facilidades, metodologías y sobre todo, toda su experiencia y conocimiento para realizar correctamente este trabajo de investigación, a su vez el uso de los ambientes, materiales e instrumentos del laboratorio de Fitoquímica del departamento de Ciencias Naturales de la Facultad de Química.

De la misma manera agradecer a mi familia, a mis compañeros y amigos que me dieron la confianza, apoyo y amistad en toda mi vida universitaria, gracias por brindarme vuestra amistad y regalarme vuestro tiempo, que es lo más valioso que uno puede dar a alguien que estima.

DEDICATORIA

A mi madre, Margarita Nieto Rodríguez quien es la primera persona que confía en mí, aún en los momentos en que ni yo mismo lo hago, eres todo lo que tengo y tendré, gracias por darme la vida y todo lo que pudiste, no solo te debo la vida, te debo todo lo que soy y todo lo que seré.

A mi padre Santiago Mora Valer que con su ejemplo me enseñó que el tesoro más grande que tiene un hombre es su nobleza, a mi hermana quien fue mi segunda madre y como tal me protegió y me quiso como a su propio hijo.

LOS QUIERO MUCHO

A mis docentes: no solo personas que me brindan su sabiduría y conocimiento, sino una amistad y una confianza única en especial a la Ing. Flor Pacheco y el Dr. Leoncio Solís; unos maestros con todas sus "letras".

MUCHAS GRACIAS

Me faltarían páginas para cada uno de todos mis amigos de la vida y profesores en este pequeño paso que doy, siempre los tendré presentes a cada uno de ustedes por quienes aprendí muchas cosas y me apoyaron en los mejores y peores momentos de mi vida.

LOS QUIERO AMIGOS

CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
RESUMEN	vi
INTRODUCCIÓN	1
I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN	3
1.1. Identificación del problema objeto de investigación	3
1.2. Formulación del problema	4
1.2.1. Problema general	4
1.2.2. Problemas específicos	4
II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN	5
2.1. Objetivo general	5
2.2. Objetivos específicos	5
2.3. Justificación	5
III. HIPÓTESIS	7
3.1. Hipótesis general	7
3.2. Hipótesis específicas	7
IV. MARCO TEORICO	8
4.1. Antecedentes o estado del arte	8
4.1.1. Antecedentes Nacionales	8
4.1.2. Antecedentes Internacionales	9
4.2. Bases teóricas	11
4.2.1. Insecticidas	11
4.2.1.1. Insecticidas orgánicos	12
4.2.1.1. Modo de acción de los insecticidas orgánicos sobre insectos	20
4.2.2. Rocoto (<i>Capsicum pubescens</i> R y P.)	22
4.2.2.1. Clasificación sistemática del rocoto	22
4.2.2.2. Importancia del cultivo de rocoto	22
4.2.2.3. Origen y distribución del rocoto	24
4.2.2.4. Condiciones de cultivo del rocoto	24
4.2.2.5. Descripción botánica y morfológica	25

4.2.2.6. Capsaicina principio activo	29
4.2.3. <i>Epitrix</i> spp. (piki piki o pulguilla saltadora)	32
4.2.3.1. Taxonomía	32
4.2.3.2. Habidad y biología	33
4.2.3.3. Características morfológicas	34
4.2.3.4. Daños causados por <i>Epitrix</i> spp.	35
4.2.3.5. Síntomas o signos	36
4.2.4. Toxicidad	37
4.2.4.1. Concentración Letal media (CL ₅₀)	37
4.2.4.2. Dosis Letal media (DL ₅₀)	37
4.2.5. Extracto hidroalcohólico	37
4.2.6. Composición química	38
4.2.6.1. Composición química del rocoto (<i>C. pubescens</i> R y P.)	38
4.2.6.2. Compuestos atribuidos al rocoto (<i>C. pubescens</i> R y P.)	39
V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	41
5.1. Tipo de investigación	41
5.2. Ubicación especial	41
5.2.1. Lugar de Ejecución	41
5.2.2. Ubicación política	41
5.2.3. Ubicación Geográfica:	41
5.3. Ubicación temporal	41
5.4. Materiales y métodos	41
5.4.1. Materiales	42
5.4.2. Métodos	41
5.4.2.1. Diseño metodológico	43
5.4.2.2. Metodología de extracción	43
5.4.2.3. Diseño experimental	46
5.4.2.4. Claves de los Tratamientos	47
5.4.2.5. Método de evaluación	48
VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	50
VII. CONCLUSIONES	70

VIII. SUGERENCIAS	72
IX. BIBLIOGRAFIA	73
ANEXOS	80
REGISTRO FOTOGRÁFICO	81

RESUMEN

El presente trabajo titulado, "EFECTO INSECTICIDA Y COMPOSICION QUÍMICA DEL EXTRACTO HIDROALCOHÓLICO DE *Capsicum pubescens* Ruiz & Pav, SOBRE *Epitrix* spp. EN CONDICIONES DE LABORATORIO", tuvo tres (03) objetivos; la primera relacionada al efecto del extracto hidroalcohólico de rocoto en diferentes concentraciones y tiempos, a la vez comprender la composición química y por último determinar el costo productivo de *Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.

Dentro de la metodología se utilizó el diseño en bloque completamente al azar (DBCA), 4 dosis por 5 tiempos de evaluación 4A x 5B ($a_1= 5.0\%$, $a_2= 2.5\%$, $a_3= 1.0\%$, $a_4= 0.0\%$ (testigo), ($b_1=06$ horas dda, $b_2= 12$ horas dda, $b_3 = 24$ horas dda, $b_4 = 48$ horas dda y $b_5 = 72$ horas dda) con 3 repeticiones.

De acuerdo a los resultados obtenidos se encontró un promedio de 12.33 % a las 72 horas después de la aplicación con una mortalidad al 95% (19 de 20 individuos adultos afectados en promedio) en las 3 repeticiones para insectos adultos de *Epitrix* spp. y un coeficiente de variabilidad (cv) del 26. 31 %, donde se observa que a las 72 horas hay más mortalidad que en las demás dosis y así determinando una CL_{50} del 1.05% a las 72 horas.

Se encontró que al utilizar la prueba de Tukey que al 5% de dosis resulta la más efectiva para la mortandad de insectos adultos (*Epitrix* spp.) frente a las demás dosis.

Se considera que el costo productivo del extracto hidroalcohólico de *Capsicum pubescens* es S/ 33.00 (TREINTA Y TRES SOLES) para elaborar 150ml del producto.

Palabras claves: Días después de la aplicación (**dda**), diseño en bloque completamente al azar (**DBCA**), Concentración letal media (**CL₅₀**).

INTRODUCCIÓN

El uso de plantas con propiedades insecticidas es una técnica ancestral usada en África y América Central, pero con la aparición de los insecticidas sintéticos su empleo decreció. En los últimos años, ante la problemática de la contaminación ambiental, generación de residuos tóxicos, daños a la salud y resistencia de las plagas a estos insecticidas, ha resurgido la búsqueda de plantas con efecto bioinsecticida.

En el presente trabajo se plantea una alternativa de control natural a base del extracto hidroalcohólico de un vegetal (*Capsicum pubescens*, “rocoto”) frente a una plaga ocasional del cultivo de papa (*Epitrix* spp. “piki piki”). Esta investigación propone evaluar a nivel de laboratorio el efecto insecticida que posee el extracto mencionado, así como la identificación de los compuestos químicos principales del mismo y finalmente su costo de elaboración.

En la actualidad el cultivo de papa es afectado por muchas plagas insectiles y enfermedades, una de ellas es el piki piki o pulguilla saltadora de la papa (*Epitrix* spp.), este insecto genera pérdidas económicas ya que se alimenta de las hojas de la solanácea reduciendo de manera sistemática el rendimiento del cultivo y afectando directamente los bolsillos de los agricultores.

Esta plaga con la finalidad de ser controlada o erradicada, es sometida a productos químicos como los fosforados, carbamatos o piretroides; todos estos productos sintéticos. Una alternativa a estos productos químicos es el uso de biopesticidas o insecticida orgánico, a base del extracto hidroalcohólico de rocoto (*Capsicum pubescens*) ya que se tiene el conocimiento empírico de que este posee capacidad biocida (sustancia que es capaz de eliminar o controlar organismos no deseados).

Dicho esto, conociendo que la placenta y las semillas del fruto son un material desechado dentro de la gastronomía, es que se decide aprovecharlo para evaluar su capacidad como insecticida orgánico y de este modo determinar qué efectos tendrá en la aplicación sobre *Epitrix* spp.

El autor.

I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación del problema objeto de investigación

Epitrix spp. cumple un rol desfavorable de gran importancia económica a nivel local y nacional en el cultivo de papa ya que los daños que causa afecta los ingresos monetarios de agricultores y demanda un presupuesto adicional al que los agricultores de nuestra región difícilmente tienen acceso, para obtener mejores rendimientos en el cultivo de papa en campo.

De otra parte se tiene poco conocimiento sobre la existencia de especies vegetales con propiedades preventivas y de control que actúan como insecticidas, entre ellas el rocoto el cual tiene un valor medicinal y preponderantemente gastronómico, pero a la vez también tiene sus usos como insecticida.

En la actualidad los plaguicidas orgánicos son una alternativa ecológica para el manejo y control de plagas, como el *Epitrix* spp., pero su uso no es muy considerado por desconocimiento y la existencia y facilidad de alcance a los insecticidas químicos de síntesis que a la vez contaminan los campos de cultivo por su uso indiscriminado generando persistencia en el ambiente, eliminación de controladores biológicos influyendo en su resurgencia y lamentablemente generando presencia de residuos tóxicos en los alimentos.

El rocoto a nivel nacional y mundial es un cultivo de importancia significativa, pues se cultiva en la costa, sierra y selva del Perú; asimismo en todo el territorio sudamericano, también está en la dieta alimentaria, puesto que es un elemento muy importante en la cocina peruana.

En tal sentido se plantea realizar un trabajo de investigación sobre el efecto que produce la aplicación del extracto hidroalcohólico de rocoto en adultos de *Epitrix* spp. Esto con la finalidad de disminuir los niveles de infestación en los campos de cultivo de productores de papa y a su vez dar a conocer su composición química.

Según **Sierra y Selva Exportadora (2019)**, la producción de rocoto para el 2018 fue de 41,460 TM y su comercialización se está posesionando en (China, USA, producción alcanzó a los mercados externos España, etc.), a nivel mundial para el año 2017 la producción del género *Capsicum* (rocoto, ajíes, pimientos picantes, etc.) está liderada por China con una producción estimada de 17,980,000 TM.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto insecticida del extracto hidroalcohólico de *Capsicum pubescens* Ruiz & Pav. sobre *Epitrix* spp. bajo condiciones de laboratorio?

1.2.2. Problemas específicos

1. ¿Cuál es el efecto del extracto hidroalcohólico de *Capsicum pubescens* Ruiz & Pav. a diferentes concentraciones y tiempos sobre *Epitrix* spp.?
2. ¿Cuál es la concentración letal media (CL₅₀) del extracto hidroalcohólico de *Capsicum pubescens* Ruiz & Pav. a diferentes tiempos?
3. ¿Cuál es la composición química del extracto hidroalcohólico de *Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.?
4. ¿Cuál es el costo productivo para la elaboración del extracto hidroalcohólico de *Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.?

II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

2.1. Objetivo general

Determinar el efecto insecticida del extracto hidroalcohólico de *Capsicum pubescens* R y P. sobre *Epitrix* spp. bajo condiciones de laboratorio.

2.2. Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto insecticida del extracto hidroalcohólico de *Capsicum pubescens* Ruiz & Pav. a diferentes concentraciones y tiempos sobre *Epitrix* spp. bajo condiciones de laboratorio.
2. Determinar las concentraciones letales medias (CL₅₀) del extracto hidroalcohólico de *Capsicum pubescens* Ruiz & Pav. a diferentes tiempos.
3. Describir la composición química del extracto hidroalcohólico de *Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.
4. Determinar los costos de producción para la elaboración del extracto hidroalcohólico de *Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.

2.3. Justificación

Es necesario el aporte de información científica sobre insecticidas orgánicos de plantas en el Perú, y más si se trata de un cultivo “nativo” de los andes de América del sur.

Actualmente se tiene muy poca información sobre la composición química de los cultivos que sirven como insecticidas a nivel regional y nacional; es por este motivo que se decide hacer un trabajo de investigación en un cultivo que tiene una gran potencia como es el rocoto y más específicamente los residuos que no son usados

para la alimentación y provechosamente sacaremos un análisis químico el cual será usado a manera de insecticida sobre *Epitrix* spp., un insecto polífago que causa pérdidas para nuestros agricultores.

El presente trabajo se centra en el análisis de los efectos del extracto hidroalcohólico de *Capsicum pubescens* Ruiz & Pav. que tiene como insecticida sistémico y/o repelente a insectos que comprometen a la agricultura Regional y Nacional, más específicamente haciendo un realce en el trabajo totalmente sostenible pues éste tiene por finalidad el uso de nuestra propia biodiversidad para contrarrestar el daño que insectos ocasionan en nuestros cultivos agrícolas.

La importancia del uso de especies de Rocoto para la extracción de este extracto proviene del distrito de Marcapata provincia de Quispicanchis, un distrito que carece de trabajos científicos pero que a la vez tiene muchas oportunidades, puesto que dispone de un microclima excelente para el cultivo de Rocoto, dicho que este cultivo es el producto bandera de este notable distrito que a falta de capacitación técnica no rescata la importancia que tiene el Rocoto como un insecticida orgánico.

El rocoto a nivel nacional tiene una gran importancia económica, más relacionada con el ámbito gastronómico y relativamente farmacéutico, dejando de lado el potencial insecticida que posee.

III. HIPÓTESIS

4.1. Hipótesis general

El efecto del extracto hidroalcohólico de *Capsicum pubescens* Ruiz & Pav. a diferentes concentraciones y tiempos causan mortandad en estadíos adultos de *Epitrix* spp.

3.2. Hipótesis específicas

1. El efecto de la aplicación del extracto hidroalcohólico de *C. pubescens* Ruiz & Pav. sobre *Epitrix* spp. a diferentes concentraciones y tiempos permite obtener mortandad eficiente.
2. Las concentraciones letales medias (CL₅₀) a diferentes tiempos tendrán resultados distintos.
3. La composición química del extracto de *Capsicum pubescens* Ruiz & Pav. permite encontrar metabolitos secundarios.
4. El costo productivo para la elaboración del extracto hidroalcohólico de *Capsicum pubescens* Ruiz & Pav. es económicamente sostenible.

IV. MARCO TEORICO

4.1. Antecedentes o estado del arte

4.1.1. Antecedentes Nacionales

Tomaylla C. (2018), indica en su trabajo de investigación que evaluó la composición química y efecto insecticida de los aceites esenciales de *Tanacetum vulgare* Linnaeus y *Mentha x piperita* var. *Vulgaris* (Ehrh) Briq. sobre *Epitrix*. spp, todos estos materiales vegetativos provenientes de zonas circundantes al Cusco, dentro de la metodología de aplicación se incorporó los aceites esenciales a las hojas de papa a través de impregnación, dichos insectos fueron colectados de campos libres de agroquímicos y sometidos en envases con y sin aireación. Los resultados demuestran que el aceite esencial de *T. vulgare* a una CL₅₀ de 2,79 % presenta una mortalidad al 100% pero sin aireación; en cambio en un ambiente con aireación no se observó mortalidad con ninguna concentración, hasta llegada las 48 horas. Por otro lado el aceite esencial de *M. x piperita* desarrolló un efecto insecticida donde en un recipiente privado de aire con una CL₅₀ de 2,16 %, se obtuvo 100% de mortandad; en cambio en un ambiente con aireación no se observó mortandad con ninguna concentración, hasta llegada las 48 horas.

Torres M. (2018); menciona que en la región de Arequipa desarrolló un trabajo de investigación en el cual detalló el efecto de tres extractos de plantas biocidas para el control de *Nyssius* sp, *Liriorhyssus* y *Dacbertus* spp., para el cultivo de quinua variedad *Pasanklla*. Uno de estos 3 extractos fue a base de rocoto; el cual fue extraída tomando 250 gramos de semillas para su posterior secado durante 12 horas en luz difusa, paso siguiente licuado y mezclado con 1 litro de agua y la obtención final del preparado. El procedimiento de aplicación que se realizó en

dicho experimento constó de aplicar durante la etapa vegetativa del cultivo a razón de 4 litros del caldo en 100 m², realizándose 4 aplicaciones cada 7 días, evaluando antes y después de cada aplicación.

Yaranga W. (2014), en Huancavelica evaluó cuatro tratamientos siendo el T1 extracto de ajo, T2 extracto de ají, T3 extracto de muña y T4 testigo correspondientemente, donde se llega a validar estadísticamente que tratamiento desarrollado a base de ají amarillo controla de manera natural al gusano cogollero, en el cultivo de maíz amiláceo. Así mismo se concluye que los otros tratamientos no obtuvieron los resultados esperados.

Moreno et al. (2010) realizaron el trabajo de investigación “Modelación y optimización del proceso de extracción de aceite esencial de eucalipto” en el cual se estudió el efecto que tiene la humedad de la hoja de eucalipto y el costo de producción. Se usó un diseño compuesto central rotacional con el fin de evaluar las zonas de extracción y el costo que ocasionaría. Según este diseño, la extracción con menores costos de producción (0,57 Nuevos Soles por mL de aceite esencial) se obtiene cuando las hojas están con una humedad entre 25 y 30% y se extraen con tiempos entre 98 y 126 min.

4.1.2. Antecedentes Internacionales

Roque Roque J. y Sepúlveda S. (2019), indican que realizaron un trabajo de investigación ubicado en Venezuela, donde determinaron el efecto que tiene la mezcla a base de Rocoto (*Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.) comparado y mezclado con un insecticida sintético fosforado, dicho trabajo comprendió la aplicación de tres tratamientos; el T₁ (testigo) fue aplicación al 100% del insecticida químico, el T₂ 20% de rocoto + 80 % del químico y el T₃ 40% de rocoto + 60% del

químico. Así mismo se llegó a la conclusión que no hubo diferencias estadísticas significativas en los tratamientos obteniendo pesos de tubérculos aproximadamente similares como producto final; por ende se puede considerar que el extracto de rocoto en este experimento tuvo similares resultados en comparación con el insecticida fosforado.

Macías P. y Sornoza J. (2016), indican en un trabajo de investigación realizado en Ecuador que tuvieron la experiencia de evaluar el efecto que tiene el “ají” (*Capsicum pubescens* R y P.) sobre *Frankiniella occidentalis* en el cultivo de pimiento, dicho trabajo estuvo compuesto de tres dosis (25, 50 y 75 ml/l) siendo aplicados a los 50 días después del transplante. Dentro de los resultados tras la evaluación se concluye que el tratamiento con 50 ml/l obtuvo mejores resultados; lo cual logró disminuir la contaminación que provocan los insecticidas químicos.

Ormeño M. y Rosales R. (2008) mencionan que en el estado de Mérida *Epitrix* spp. fue considerada una plaga desde 1991 y está distribuida desde los 2000 m.s.n.m. hasta los 3100 m.s.n.m. se menciona que cuando su población es elevada (más de dos pulguitas por hoja o más de cinco hoyos por cm²) y no se aplican insecticidas químicos, el daño causado a las plantas de papa es severo. Con la finalidad que el ataque de esta plaga disminuya se preparó una solución a base de ruda, con el fin de utilizarla como repelente para el control de la pulguita. Se aplicó al 10% (dos litros de solución de ruda por asperjadora) cada 15 días, desde que las plantas brotaron (aproximadamente a los 20-25 días). En los sectores donde se aplicó se tuvo una eficiencia de 90 a 98%, es decir, controló y evitó el ataque de las pulguitas en las hojas de las plantas de papa. Los autores recomiendan que para la preparación del repelente (5 litros) se requiere de medio kilogramo de follaje de

ruda macerada por 15 días con 6 litros de agua, mezclada diariamente para su posterior filtración, obteniendo el producto final.

Cano G. (2016) refiere que desarrolló un trabajo de investigación en Manizales, Colombia en el cual evaluó el efecto de tres extractos vegetales (ají picante, ruda y neem) para el control de plagas en el cultivo de Frijol arbustivo *Phaseolus vulgaris* L. se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con tres repeticiones y siete tratamientos en diferentes dosis y se comparó con un testigo químico (Athrín). Los extractos de ruda y neem obtuvieron los valores promedios más bajos ejerciendo el mayor control de la población total de insectos y de homópteros.

4.2. Bases teóricas

4.2.1. Insecticidas

Solís, L. et al. (2018), la necesidad del hombre por controlar las poblaciones de plagas de naturaleza entomológica a un nivel donde no se vea afectada el índice económico de la producción de cultivos, obligó la creación de productos tóxicos que se usen en contra de los insectos. A este conjunto de productos de naturaleza orgánica o sintética se les denomina insecticidas.

Vale mencionar que el origen de los insecticidas de naturaleza sintética no son recientes, más al contrario se originan durante la segunda guerra mundial.

La clasificación de insecticidas comprende varias características a tener en cuenta como: la naturaleza del ingrediente activo, el mecanismo o modo de acción, grupo químico, por su selectividad, etc.

4.2.1.1. Insecticidas orgánicos

Solís, L. et al. (2018), indican que los productos vegetales con acción fitosanitaria tienen una historia obviamente más larga que la mayor parte de los restantes pesticidas sintéticos. También indica que desde la antigüedad, los chinos, los griegos y los romanos utilizaron, junto al azufre y el arsénico, plantas o extractos de plantas. Los romanos utilizaron polvos preparados a partir de *Veratrum* spp., como insecticidas y rodenticidas. Algunos pueblos del hemisferio norte utilizaban extractos de tejo (*Taxus bacata*). En las regiones subtropicales se cita la utilización del árbol de neem. Los extractos de plantas han jugado un papel importante en la conservación de los alimentos almacenados en los graneros tradicionales de África.

Trejo, J. (2013), menciona que los insecticidas orgánicos o biológicos son preparados a partir de materiales básicos de hojas, raíces, tubérculos, semillas y frutos, estos son utilizados para repeler, matar y detener las agresiones de las plagas en los cultivos".

Regnault et al., (2004) mencionan que durante el siglo XVIII grandes naturistas, como Buffon, Linneoy Reaumur, de los que son seguidores los actuales biólogos, plantearon las bases del conocimiento científico en el campo de la fito protección. A continuación florecieron en toda Francia con las sociedades de agricultura, que se convirtieron en el crisol de nuevos procedimientos de lucha contra las enfermedades y los insectos perjudiciales, al integrar al final del siglo XIX las bases de la lucha física y química (utilización de tóxicos vegetales o minerales, tratamientos con aceites, alquitranes, caldos sulfocálcicos, escaldados, etc.) con la lucha biológica.

Nava P. et al., (2012) citando a **Singh y Jain, (1987)** así mismo a **Carlini y Grossi, (2002)**; mencionan que se ha demostrado muchos de estos compuestos (metabolitos secundarios) que afectan a las poblaciones de insectos, disminuyen la supervivencia de desarrollo y la tasa de reproducción. Varias plantas que pertenecen a diferentes familias contienen una serie de fitoquímicos tales como saponinas, taninos, alcaloides, di y triterpenoides, entre otros (metabolitos secundarios), los cuales presentan alta actividad insecticida de distintos mecanismos de acción.

Jannet H. et al., (2001) indica que el efecto nocivo de los extractos de plantas o sus compuestos puros contra los insectos se puede manifestar de diversas maneras, incluyendo la toxicidad, la mortalidad, inhiben el crecimiento, la supresión de comportamiento reproductivo y reducen la fertilidad y la fecundidad a través de la alimentación.

Claros J. (2016) citando a **Caballero C. (2004)** explica que los extractos de origen vegetal han sido usados como productos insecticidas desde la antigüedad. En muchas regiones del mundo, especialmente en las comunidades indígenas donde se produce para el autoconsumo, esta práctica se ha seguido usando a través de generaciones y representan un recurso renovable, más accesible y económico que los insecticidas químicos sintéticos. El auge de la agricultura ecológica en los países industrializados, que autoriza el uso de estos compuestos, ha hecho resurgir su interés económico y la búsqueda de plantas con nuevas actividades insecticidas. La comercialización de insecticidas de origen botánico, basados en extractos de plantas activas, ha experimentado un incremento considerable en los últimos años.

Actualmente, representan un 1% del mercado mundial de insecticidas y con incrementos anuales entre el 10 y el 15%.

Los extractos vegetales evaluados hasta el momento aún no cubren la amplia diversidad vegetal que exige la demanda mundial, aunque se ha demostrado el potencial antimicrobiano de polvos y extractos vegetales en ciertas zonas. Por lo que es importante continuar desarrollando investigaciones para poder contribuir a dilucidar su efecto biológico y las posibilidades de su empleo sobre todo si se trata como control biológico.

Domingo y López-Brea (2003), mencionan que la naturaleza ofrece una amplia variedad de sustancias biocidas, desde elementos simples como el oxígeno y el yodo, hasta péptidos producidos por algunos microorganismos. Sin embargo, es en el reino vegetal donde se concentra la mayor cantidad de compuestos químicos con actividad antimicrobiana.

George J., et al. (2000), indican que los extractos de origen vegetal han sido usados como productos insecticidas desde tiempos inmemorables. En muchas regiones del globo, especialmente en las comunidades indígenas (América, Europa y África siendo los principales) donde se produce la agricultura para el autoconsumo, esta práctica se ha seguido usando a través de generaciones y representan un recurso renovable, más accesible y económico que los insecticidas químicos sintéticos. El auge de la agricultura ecológica en los países industrializados, que autoriza el uso de estos compuestos, ha hecho resurgir su interés económico en la búsqueda de plantas con nuevas actividades insecticidas, fungicidas y nematocidas. La comercialización de insecticidas de origen botánico, basados en extractos de plantas activas (metabolitos secundarios), ha

experimentado un incremento considerable en los últimos años. Actualmente, representan un 1% del mercado mundial de insecticidas y con incrementos anuales entre el 10 y el 15%.

Caballero C. (2004) citando a **GEORGE, et al. (2000)**, indica en que la primera generación de insecticidas de origen botánico incluye extractos y compuestos derivados de plantas tales como piretrinas, rotenoides y alcaloides. Algunos de estos compuestos fueron la base para la elaboración de insecticidas sintéticos de segunda generación, como es el caso de las piretrinas naturales obtenidas de flores de *Chrysanthemum cinerariaefolium* (Compositae) que dieron origen a los piretroides sintéticos.

Casida J. y Quistad G. (1998). Entre los rotenoides, la rotenona que es obtenida principalmente de partes botánicas como las raíces de algunos géneros la familia Leguminosae (*Derris, Lonchocarpus*), ha sido ampliamente usada como insecticida. El alcaloide más importante extraído como insecticida es la nicotina, que es extraída a partir de las hojas de al menos 18 especies del género *Nicotiana* sobre todo en zonas rurales de donde es nativo estas plantas (Solanaceae).

Wheeler D. e Isman M. (2001) mencionan que muchas especies de plantas cultivadas a gran y pequeña escala, pertenecientes a las familias de las meliaceas, labiadas y rutaceas, han recibido especial atención en los últimos años debido al hecho de que poseen diversos y numerosos terpenoides que actúan como anti alimentarios, toxinas, repelentes y reguladores del crecimiento de los insectos.

Un ejemplo particularmente relevante de estas plantas pertenece al grupo de sustancias es la azadiractina, un terpeno de estructura compleja aislada de *Azadirachta indica* (el árbol del neem) y de *Melia azedarach* (Meliaceae), del que

existen numerosas formulaciones registradas gracias a investigaciones y es ampliamente utilizado en diversos sistemas de producción.

Podemos indicar que nuestra región es bendecida con una biodiversidad botánica bien variada, contamos con un sinfín de productos naturales que poseen capacidades plaguicidas que no son aprovechadas de la mejor forma, así mismo tenemos que adaptarnos a las nuevas formas y exigencias del mercado donde demandan productos de una naturaleza más orgánica, con un uso controlado de insecticidas químicos o usados de forma racional o en casos de emergencia, esto implica desarrollar técnicas de Manejo Integrado de Plagas desarrollando componentes que sean más amigables y que por supuesto no generen resistencia en insectos.

Estas diversas plantas son descritas a continuación:

Tabla 01. Plantas que contienen metabolitos con propiedades bioinsecticidas

Familia y especie	Nombre Común	Parte planta	Actividad biológica
Euphorbiaceae			
<i>Jatropha curcas</i>	Piñón botija	Semillas, aceite	Insecticida, molusquicida
<i>Resinus communis</i>	Higuerilla	Semillas, aceite	Insecticida, Fungicida
Solanaceae			
<i>Capsicum pubescens</i>	Rocoto	Semillas, fruto, planta	Insecticida, virus, pulgones
<i>Capsicum annum</i>	Pimentón	Semillas, fruto	Insecticida, virus, pulgones
<i>Capsicum baccatum</i>	Ají amarillo	Semillas, hojas, fruto	Insecticida, virus, pulgones
<i>Brugmansia candida</i>	Campana	Flores, hojas	Insecticida, alelopática, molusquicida
<i>Datura stramonium</i>	Chamico	Flores, hojas	Nematicida, insecticida
<i>Lycopersicon esculentum</i>	Tomate	Hojas, Frutos	Insecticida
<i>Solanum globiferum</i>	Güirito espinoso	Frutos	Molusquicida, antiviral
<i>Brugmansia sanguínea</i>	Floripondio rojo	Flores, hojas	Insecticida, alelopática, molusquicida
<i>Solanum americanum</i>	Ccaya Ccaya	Frutos, planta Entera	Insecticida, nemática

Fuente: Alfonso, 2002, citado en Nava *et al.*, 2012 y Solís, 2018, Plantas y aceites esenciales como insecticida.

Continúa...

... viene

Familia y especie	Nombre Común	Parte planta	Actividad biológica
Fabaceae			
<i>Canavalia gladiata</i>	Frijol machete	Semillas	Insecticida, molusquicida
<i>Londocarpus nicou</i>	Barbasco	Raíz, tallos	Larvicidas, insecticidas
<i>Caesalpinia spinosa</i>	Tara	Semillas (vainas)	Insecticida, piojos
<i>Canavalia ensiformis</i>	Frijol machete	Semillas	Insecticida molusquicida
Liliaceae			
<i>Allium cepa</i>	Cebolla	Bulbo	Fungicida, bactericida, insecticida
<i>Allium sativum</i>	Ajo	Bulbo	Insecticida, bactericida, fungicida
Lamiaceae			
<i>Minthostachis sp</i>	Muña	Hojas, tallos	Insecticida, repelente, fungicida
<i>Mentha piperita</i>	Hierba buena	Hojas, tallos	Insecticida, repelente, fungicida
Rutaceae			
<i>Zanthoxylum cubense</i>	Ayúa blanca	Planta entera	Fungicida, bactericida
<i>Zanthoxylum fagara</i>	Amoroso, Limoncillo	Planta entera	Fungicida, insecticida bactericida

Fuente: Alfonso, 2002, citado en
Nava *et al.*, 2012 y Solís, 2018,

Continúa...

... viene

Familia y especie	Nombre Común	Parte planta	Actividad biológica
Myrtaceae <i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	Fruto, hoja	Insecticida, Repelente, Fungicida
Piperaceae <i>Piper nigrum</i>	Pimienta	Semilla	Insecticida
Urticaceae <i>Urtica sp</i>	Ortiga	Hojas, Raíz	Insecticida, bactericida
Annonaceae <i>Annona cherimola</i>	Chirimoya	Semillas	Insecticida, nematocida
Poaceae <i>Cymbopogon citratus</i>	Hierba Luisa	Hojas	Repelente de Insectos
Punicaceae <i>Punica granatum</i>	Granada	Cáscara de la fruta	Insecticida, bactericida
Chenopodaceae <i>Chenopodium ambrosoides</i>	Paico	Hojas, tallos	Repelente, insecticida
Salicaceae <i>Salix safsaf</i>	Sauce	Hojas	Insecticida

Fuente: Alfonso, 2002, citado en Nava *et al.*, 2012 y Solís, 2018, Plantas y aceites esenciales como insecticida.

4.2.1.1. Modo de acción de los insecticidas orgánicos sobre insectos

Wink M. (2000) indica que los metabolitos secundarios con actividad tóxica pueden actuar a diferentes niveles de estructura sobre la fisiología del insecto.

Los modos de acción más conocidos son aquellos que afectan a:

- El sistema nervioso, como agonistas de neurotransmisores o interfiriendo con los canales implicados en la transmisión del impulso nervioso
- La producción de energía, inhibiendo enzimas implicadas en la respiración celular.
- El sistema endocrino, actuando como reguladores del crecimiento que inhiben la formación de la muda o alterando la función de las hormonas que regulan estos mecanismos
- La replicación del ADN.
- El proceso digestivo, actuando como reductores de la digestibilidad o inhibiendo la actividad de enzimas hidrolíticas.

Los insectos pueden ser repelidos por compuestos volátiles de naturaleza química que pueden ser emitidos por las plantas; a estos compuestos se les llama sustancias semioquímicas, una vez que se establecen sobre estos insectos son disuadidas de continuar alimentándose u ovipositando. Varios constituyentes semioquímicos de las plantas sirven como estímulos olfativos y gustatorios para los insectos. Estos compuestos químicos pueden ser nutrientes (azúcares, aminoácidos, fosfolípidos, etc.) o metabolitos secundarios. La actividad de estos compuestos parece ser debida a los efectos producidos sobre quimiorreceptores presentes en las antenas, el aparato bucal del insecto o extremidades como los

tarsos. A continuación se muestra una tabla con los distintos modos de acción de los principales metabolitos secundarios en plantas.

Tabla 02. Modo de acción de los metabolitos secundarios sobre insecto Fuente: Caballero C. (2004).

Compuesto	Modo de acción	Referencias
Alcaloides (rocoto)	Interferencia con la replicación del DNA Interferencia con el transporte en membranas Inhibición de enzimas Agonista de la acetil colina	Wink, (2003) Wink et al., (1998) Fellows et al., (1986) Sultana et al., (2002)
Flavonoides (rocoto)	Inhibición de la NADH deshidrogenasa en el transporte respiratorio de e-	Miyoshi, (1998)
Terpenoides (rocoto)	Repelentes y disuasorios Interfieren en la producción de la hormona de la muda y de la hormona juvenil Inhibidores de la síntesis de quitina Inhibición de enzimas digestivas	Ave et al., (1987) Mordue (s/f) Blackwell (1996) Koul et al. (1996)
Glicósidos cianogénicos	Inhibición de la citocromo oxidasa en el transporte respiratorio de e-	Wink, (2003)
Glucosinolatos	Repelentes y disuasorios	Erickson y Fenny (1974)
Cumarinas	Reaccionan de forma irreversible con el ADN	Berenbaum et al., (1991)
Taninos y Ligninas	Reductores de la digestibilidad	Rhoades (1979)
Quinonas	Reductor de la digestibilidad	Felton et al., (1992)
Piretrinas	Actúan sobre los canales de sodio de las neuronas interfiriendo con la transmisión del impulso nervioso	Bloomquist (1996)
Saponinas	Repelentes y disuasorios Alteran la estructura de membranas	Soulé et al., (2000) Pelah et al., (2002)

Fuente: Caballero C. (2004).

4.2.2. Rocoto (*Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.)

4.2.2.1. Clasificación sistemática del rocoto

El rocoto, fue descrito por primera vez por Ruiz y Pavón en 1799, según algunos investigadores y colaboradores, ésta especie fue introducida de México y América Central entre 1930 y 1940 y según **Pérez G. (2002)**, la descripción sistemática del rocoto es la siguiente:

División:Magnoliophyta

Sub división:Angiospermas

Orden:Solanales

Sub Orden:Solanineas

Familia:Solanáceas

Género:Capsicum

Especie:*Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.

Nombre Común:Rocoto, Ají manzano.

El rocoto es una hortaliza de fruto bastante utilizado dentro de la gastronomía peruana e internacional para realzar el sabor de las comidas gracias al sabor picante de su pulpa y venas, lo que lamentablemente muy pocas personas conocen que también se puede utilizar para la agricultura ecológica como insecticida y repelente casero de insectos.

4.2.2.2. Importancia del cultivo de rocoto

Sierra y Selva Exportadora (2019) menciona que es una de las especies del género capsicum de mayor cultivo e importancia después del paprika y ají escabeche y ampliamente utilizado en la gastronomía, la producción para el 2018

fue de 41,460 TM y su comercialización se está posesionando en (China, USA, producción alcanzó a los mercados externos España, etc.), a nivel mundial para el año 2017 la producción del género Capsicum (rocoto, ajíes, pimientos picantes, pimientos) está liderada por China con una producción estimada de 17,980,000 TM.

El rocoto es un cultivo ampliamente utilizado dentro de la gastronomía peruana para realzar el sabor de las comidas gracias al sabor picante de su pulpa y venas generado por la capsaicina, lo que muy pocas personas conocen es que también se puede utilizar en la agricultura ecológica como insecticida y repelente casero de insectos **Sierra y Selva Exportadora (2019)**

Figura 01. Cultivo de Rocoto, Marcapata, Quispicanchis 2018.



Brechelt, D. (2004), afirma de acuerdo a sus trabajos que el rocoto picante se cultiva para utilizarlo como condimento en la comida humana pero es también muy conocido contenido de alcaloides en las frutas maduras. Estas sustancias tienen efecto como insecticida. Repelente y antiviral. Se dice que controla: larvas

de lepidópteros. Afidios y virus", es considerado un repelente e insecticida de contacto.

4.2.2.3. Origen y distribución del rocoto

Lozada de Nue, C. (2009), manifiesta que el origen del rocoto es netamente sudamericano, aunque existen discrepancias si es de procedencia Sud americana o Centroamericana. Sin embargo, el género *Capsicum* que incluye entre 20 a 30 especies, sin duda tiene su origen en la zona andina de Perú y Bolivia, donde se pueden encontrar la mayor variedad de especies, tanto silvestres como cultivadas, contando con una abundante producción.

4.2.2.4. Condiciones de cultivo del rocoto

Proyecto Sierra Exportadora (2013), Precisa que este cultivo crece a temperaturas cálidas, entre 20 y 29°C y entre 300 a 600 m.s.n.m. las cuáles serían sus condiciones óptimas pero produce muy buenos rendimientos con temperaturas de hasta 30°C y desde 60 hasta 2,600 m.s.n.m.

En cuanto a precipitaciones, es favorable en condiciones de escasa lluvia para evitar problemas de contagio bacteriano u otras enfermedades fungosas en la temporada de producción y desarrollo vegetativo; también es necesario mencionar que este cultivo es manejado bajo seco, es decir se espera de las lluvias en gran mayoría de las regiones de sierra para satisfacer las necesidades hídricas.

La tierra requerida se recomienda de preferencia suelos francos pero produce muy bien en suelos pesados hasta suelos arenosos. Con suelos extremos arcillosos o arenosos se requiere un poco más de manejo pero también produce bien. Para este cultivo la mejor época de siembra es todo el año. Hay unos meses

que son menos difíciles, pero se puede producir todo el año con excelente rentabilidad. Particularmente el cultivo de rocoto en el distrito de Marcapata se hace a través de trasplantes de plantulas de 4 semanas después de la siembra de almácigo, así mismo la incorporación de materia orgánica se realiza pre trasplante y se recomienda tener un terreno bien preparado.

4.2.2.5. Descripción botánica y morfológica

Se menciona que la descripción botánica y morfológica del rocoto (*Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.) es la siguiente (**Misti, 2015** citado por **Velasquez M., 2016**).

a. Tipo de planta

Esta planta es un arbusto leñoso que puede alcanzar entre 0.60 m a 1.50 m de altura, dependiendo principalmente de la variedad a cultivar, de las condiciones climáticas y del manejo cultural. La planta de rocoto es monoica, es decir tiene los dos sexos en una misma planta, así mismo es autógama, esto significa que es autofecundada; aunque puede experimentar alternamente hasta un 45% de polinización cruzada, es decir, ser fecundada con polen de una planta vecina cercana. Por esta misma razón es recomendable sembrar semilla híbrida certificada para cada campaña.

b. Semilla

La semilla se encuentra en el centro del fruto adherida a la placenta circundante en el pericarpio del fruto. Es de color negro, de forma aplanada, lisa, cuyo diámetro alcanza entre 2.5 y 3.5 mm. El porcentaje de germinación generalmente es mediana a alta y puede mantenerse cerca de los 4 a 5 años bajo adecuadas condiciones de conservación.

c. Raíz

El rocoto posee una raíz pivotante, que posteriormente desarrolla un sistema radicular lateral bien ramificado que puede llegar a alcanzar un diámetro de 0.90 a 1.20 m, en los primeros 0.60 m de profundidad de suelo **(Nuez et al., 1996)**. Su peso resulta entre 7 y 17 % del peso total de la planta, dependiendo del tipo varietal y especie

d. Tallo

El tallo puede tener forma cilíndrica o prismática angular, erecto con altura variable, según la variedad sembrada. Esta planta posee ramas dicotómicas o pseudo dicotómicas, siempre una más gruesa que a la anterior (la zona de unión de las ramificaciones provoca que sea exista fragilidad hasta el punto de romperse). Este tipo de ramificación característica hace que la planta tenga forma umbelífera (de sombrilla).

Figura 02. Cultivo de Rocoto, Marcapata, Quispicanchis 2019.



e. Hojas

Hojas simples, Alternas con pubescencia, son pequeñas de 5 a 10 cm de largo y hasta 4cm de ancho, con limbo oval lanceolado de bordes, lisos, color verde oscuro, aovadas, enteras una característica propia son los peciolos pubescentes de 5 a 12 mm.

f. Flores

Nee M. (1986) afirma que la flor presenta presenta de 1 a 2 flores axilares; pedicelos 11 cm de largo en la flor, pedúnculos y de 4 a 5 cm de largo en el fruto; pubescentes o glabros; cáliz con 5 dientes dentados, 11 mm de largo en el fruto; corola color violeta a purpura con el centro blanquecina sud brotada; anteras purpura a violetas.

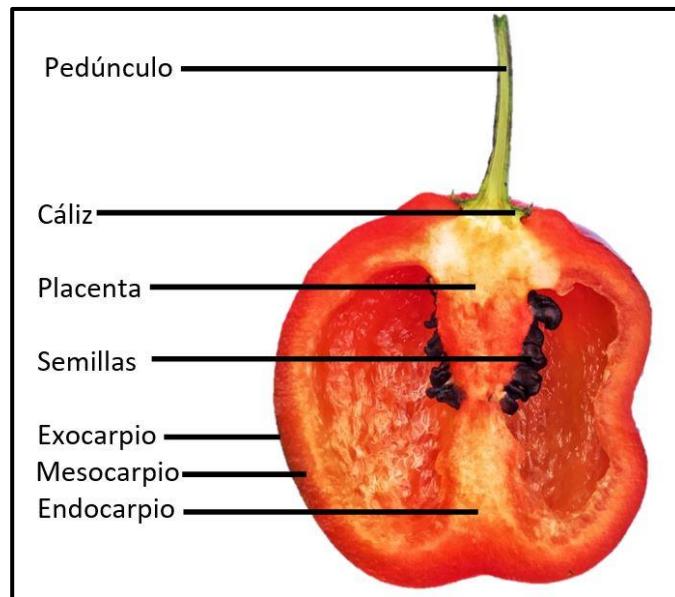
Nee M. (1986), indica que la flor del rocoto presenta corola morada a violetas con base blanca se presenta en forma solitaria, pedicelo erecto y flor tumbada. Presenta cáliz cupular pubescente. Estambre pardo grisáceo. Son actinomorfas, hermafroditas, con pedicelos múltiples, presenta seis pétalos y seis estambres en la garganta de la corola, el estigma está a la altura de las anteras lo que facilita la polinización. Tiene ovario supero se localizan en los puntos donde se ramifica el tallo o axila, presenta una sola flor por ramificación

g. Fruto

El fruto es de tipo baya, de dos a cuatro lóbulos, con una cavidad entre la placenta y la pared del fruto, siendo esta la parte aprovechable de la planta. Tiene forma globosa, cónica, rectangular o redonda. Existe multiple diversidad de formas, tamaños y colores en los frutos, pero comunmente se agrupan en y redondeados y alargados de tamaño variable, su color caracteristico es verde al

principio (inmaduro) y luego cambia con la madurez a rojo púrpura, amarillo o naranja en algunas variedades. La conformación anatómica de este fruto está representada principalmente por el pericarpio y la semilla. En casos de polinización insuficiente se obtienen frutos deformes.

Figura 03. Anatomía interna del fruto del rocoto.



Costa J., et al. (1996); manifiestan en resumen que el rocoto alcanza entre 0.3 y 1.5 metros de altura, dependiendo principalmente de la variedad (criollos o mejorados, más lobulados), así como de las condiciones climáticas y de la fertilización. La inflorescencia está constituida por flores hermafroditas, pentabuladas con cinco anteras soldadas y un estigma. La longitud del estilo puede variar de acuerdo con la variedad o especie cultivada.

En los ecotipos silvestres el estilo es más largo que los estambres, es decir es longistilas; mientras que en las domesticadas, es usualmente más corto, brevistilas. Las especies cultivadas se consideran autógamas. Sin embargo, existen altos porcentajes de polinización cruzada.

Figura 04. Cultivo de Rocoto, Marcapata, Quispicanchis campaña 2019.



4.2.2.6. Capsaicina principio activo

Claros J. (2016), indica que todas las especies del género capsicum son conocidas porque producen una sustancia química llamada capsaicina, que es la responsable de que un rocoto o ají pique. La capsaicina es un compuesto que se encuentra de manera natural en los frutos, aunque en distintas proporciones. Así, el contenido de capsaicina en el rocoto suele variar entre 0,1 hasta 1% en peso. Parece poco, pero esa pequeña cantidad de capsaicina es suficiente para producir la típica sensación de picor. Cabe destacar que la capsaicina no se encuentra uniformemente distribuida en el fruto; suele concentrarse en las semillas y en la cubierta que las rodea o inserta (pericarpio). Por lo tanto, cuando comemos rocoto debemos tener cuidado con estas partes pues son las más picantes.

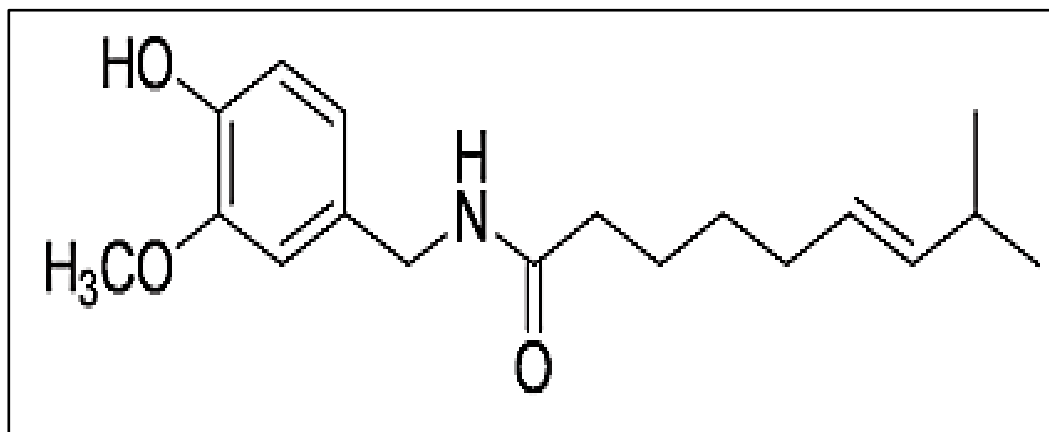
Empíricamente los productos comerciales y los extractos acuosos caseros de rocoto o pimiento se rocían sobre ciertos cultivos y plantas ornamentales

infestados con el fin de repeler insectos y ácaros. La capsaicina, como se sabe es un alcaloide, irritante y repelente del plagas insectiles.

Perochena A. (2015), indica que los capsaicinoides son los compuestos que le dan el sabor picante a los frutos del género *Capsicum* (rocoto, ajíes, pimiento, etc), los cuales son un grupo de amidas ácidas formados a partir de la vainillilamina y ácidos grasos de 8 a 13 átomos de carbono, entre los cuales destacan dos capsaicinoides: la “capsaicina” y la “dihidrocapsaicina”.

La capsaicina es un derivado de ácido homovanílico (8-metil - N-vainillil- 6-nonenamida), es un componente activo de los frutos del género *Capsicum*. El nivel de la capsaicina en el rocoto varía de acuerdo a la especie pero es de alrededor de 0,025% hasta el 1%.

Figura 05. Estructura química general de la capsaicina



Fuente: Perochena A. (2015)

Lozada de Nue, C. (2009), menciona que la capsaicina es un irritante, para los mamíferos, incluyendo al hombre. Produciendo una sensación de quemarse en cualquier tejido fino, con el cual entren en contacto. La Capsaicina junto con otros compuestos relacionados, reciben el nombre de capsaicinoides los cuales son

producidos como metabolitos secundarios por los frutos de los ajíes y rocoto, como protección contra herbívoros. La Capsaicina pura es hidrofóbica, incolora, inodora, cristalina al compuesto ceroso.

Así mismo **Lozada de Nue, C. (2009)**, indica que en estudios llevados a cabo por Endre Hogyes (quien le llama capsicol) consiguió su aislamiento, probando que no únicamente provocó la sensación ardiente, cuando entra contacto con las membranas mucosas, sino que también produce aumento de la secreción gástrica. Está presente en grandes cantidades en el tejido fino placentario que sostiene a las semillas, las membranas internas y en menor cantidad en las otras partes carnosas de la fruta del género pimiento. Contrariamente a la creencia popular, las semillas no producen ninguna capsaicina.

Koleva L. et al. (2012), mencionan que es importante tener en cuenta que los productos que contienen capsaicina principalmente se han usado para repeler insectos desde la antigüedad. Estudio de la literatura ha puesto de manifiesto que la capsaicina tiene efectos letales sobre diversos invertebrados, lo cual es otra razón por la agricultura ecológica se dirige hacia la producción de bioplaguicidas.

Cázares E. et al. (2005), indican que la capsaicina y otros compuestos capsainoides producen un gran número de estímulos fisiológicos tales como: efectos sobre el tracto gastrointestinal, el sistema cardiovascular y respiratorio, así como el sistema sensorial y la termorregulación.

Waizel J. y Morfín R. (2011), refieren que estos efectos resultan principalmente de la acción específica de capsainoides en las neuronas aferentes primarias del tipo C-fibra. Esto justifica la incorporación de su uso adecuado para el tratamiento

en ciertos estados dolorosos periféricos, tales como la artritis reumatoide, parálisis respiratoria o padecimientos gástricos.

Koleva L. et al. (2012) precisan que la capsaicina es un agente extraordinariamente versátil, y su uso varía en diferentes campos como la farmacología y la nutrición. La capsaicina está representada con un 69% en el grupo de capsacinoides; dihydrocapsacinoides con un 22%; nordihydrocapsacinoides con 7%; homocapsaicina y homodihidrocapsaicina lleva sólo un 1% en el grupo de capsaicinoides. La capsaicina y dihidrocapsaicina siendo aproximadamente el doble de picante como nordihidrocapsaicina y homocapsaicina son responsables del picor del rocoto. La pungencia de capsacinoides y preparaciones de rocoto que contiene puede ser expresado en la escala Scoville Heat Unidades (SHU) y el paladar humano puede detectar incluso diluido en proporción 1:100 000 SHU a 200 000 SHU.

4.2.3. *Epitrix* spp. (piki piki o pulguilla saltadora)

Las principales características de esta plaga son consideradas aquellas que involucran su taxonomía, comportamiento, biología, morfología y daños producidos a los cultivos que incide.

4.2.3.1. Taxonomía

Según **Bravo et al. (1986)**, menciona que el *Epitrix* spp., tiene la siguiente taxonomía:

Phylum:Artrópodo
Clase: Insecta
Orden:Coleóptera
Suborden:Polyphaga
Superfamilia:Chrysomeloidea
Familia:Chrysomelidae
Subfamilia:Galerucinae
Género:*Epitrix*
Especie:*Epitrix* spp.

Figura 06. Ejemplar adulto de *Epitrix* spp., fotografía propia.



4.2.3.2. Hábitad y biología

FAO (2016), citando a Orlova M. (2015), indica que el género *Epitrix* spp es de distribución mundial y está conformado por alrededor de 180 especies. Se encuentra en Europa, África, Asia, Oceanía, América y El Caribe. En América del sur se distribuye principalmente en Perú, Colombia, Venezuela, Bolivia, Ecuador, Brasil, Argentina, Uruguay y Chile por ende podemos indicar que es una especie cosmopolita.

Las pulguillas de la papa de acuerdo a su especie y procedencia pueden presentar dos o tres generaciones durante el año. Los individuos adultos pasan el invierno en este estadio, enterradas en las superficies de tierras o en los restos del cultivo

anteriores. Durante la primavera se activan y se reproducen para luego comenzar a poner los huevos en la base de las plantas. Cuando eclosionan de los huevos, las larvas se dirigen hacia el sistema radicular para alimentarse de los tubérculos (aproximadamente durante dos a cuatro semanas hasta poder completar su ciclo). La fase de pupado la realizan en la mayoría de veces en el suelo y dura entre cinco y diez días, tras los cuales emergen los nuevos adultos de la siguiente generación que se van a dirigir a las hojas para alimentarse.

4.2.3.3. Características morfológicas

Quispe V. (2014), precisa que el piki piki (*Epitrix* spp.) son escarabajos negros pequeños de 2 a 3 mm., las larvas son blancas y delgadas con pequeñas patas torácicas llegan a medir hasta 4 mm. de longitud. Cabeza ligeramente convexa en perfil; ojos de tamaño moderado y ligeramente resaltados; antenas filiformes, de 11 segmentos, con escapo más largo que el segundo antenómero.

a. Adulto

Según **Vela y Quispe (1988)**, los adultos son pequeños escarabajos de color marrón oscuro uniforme, con brillo metálico, de 1 a 2 mm de longitud; presentan las patas posteriores bien desarrolladas y adaptadas para el salto.

b. Huevo

Cañedo V. y Kroschel J. precisan que los huevos de *Epitrix* spp. son muy pequeños, de medio milímetro de longitud, de forma ovalada con una coloración cremosa. Así mismo la hembra coloca sus huevos sobre el suelo casi siempre cerca del cuello de la planta, en pequeños grupos o en forma individual. El tiempo para que salgan las pequeñas larvitas varía entre 6 a 21 días.

c. Larva.

García (1978), menciona que la larva tiene de 2 a 3 mm de largo de color blanco cremoso, con seis patas torácicas poco visibles y piezas bucales oscuras

d. Pupa

García (1978), indica que las pupas son libres y de color blanco, de 6 a 8 mm de largo.

4.2.3.4. Daños causados por *Epitrix* spp.

Catalán W. (2013), menciona que el adulto ocasiona daños a nivel de folíolos, al alimentarse raspa la epidermis y mesó filo de la hoja, luego se convierten en orificios pequeños. Las hembras oviponen los huevos (varias decenas), dentro del suelo y alrededor de los tallos subterráneos de la planta de papa. Las larvas al eclosionar de los huevos buscan su alimento que son los estolones, raíces de la planta de papa o cualquier otra especie de planta. Cuando las larvas llegan al tubérculo, que está dentro del suelo, se alimentan raspando la piel del tubérculo y dejan señales como caminos o carreteras en la superficie del tubérculo, lo cual malogra la presencia comercial. El daño del insecto es importante al inicio de desarrollo de las plantas de papa, porque poblaciones altas de adultos ocasionan daños fuertes en los folíolos y brotes que retienen el desarrollo de las plantas, asimismo, ponen la mayor cantidad de huevos y alta población de larvas en el suelo, puede ocasionar daños importantes en los tubérculos, perjudicando la presencia comercial, más aun si el cultivo es para semilla.

Es importante saber que la sequía o la presencia de veranillos favorecen al desarrollo de los insectos.

Figura 07. Daño en Tubérculo por larva de *Epitrix* spp.

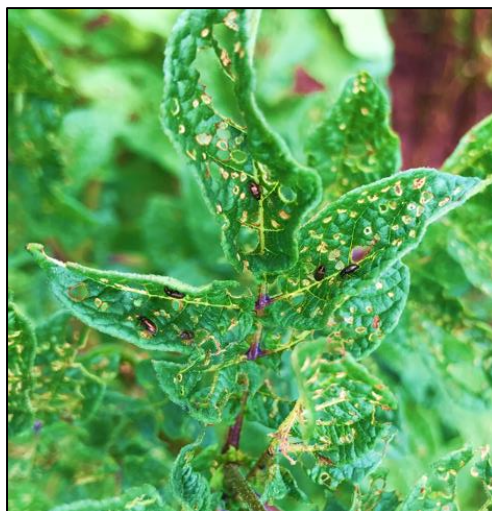


Fuente: FEADER, 2016.

4.2.3.5. Síntomas o signos

FAEDER (2016), indica que en las hojas se observan pequeños agujeros circulares (de 1 a 1,5 mm de diámetro) como consecuencia de la alimentación de los adultos. Este daño no suele tener gran repercusión en el rendimiento del cultivo, salvo en infestaciones altas. En los tubérculos, las larvas provocan galerías sinuosas y superficiales, de aspecto acorchado, depreciando el valor comercial de los mismos.

Figura 08. Perforaciones causadas por adulto de *Epitrix* spp.



4.2.4. Toxicidad

4.2.4.1. Concentración Letal media (CL₅₀)

Duarte D. (2009), menciona que la concentración letal media (CL₅₀) se llama a la concentración calculada estadísticamente, proveniente de una sustancia tóxica, de la cual se espera que mate al 50% de organismos de cierta población, definidas bajo un conjunto de condiciones definidas.

Para determinar la toxicidad de una sustancia nociva se deben realizar bioensayos con organismos o poblaciones, para poder determinar su potencial tóxico. Estas pruebas de toxicidad nos permiten calcular dicho potencial letal mediante indicadores específicos como la concentración letal media (CL₅₀).

4.2.4.2. Dosis Letal media (DL₅₀)

Silva G. (2011), indica que la dosis letal media es aquella concentración de cierto biocida, que al ser aplicada por cualquier vía de ingreso (contacto o sistémico por ejemplo), en un determinado periodo de tiempo mata el 50% de la población de insectos evaluados. El nivel de estímulo que causa una respuesta en el 50% de los individuos de una población bajo estudio es un importante parámetro de caracterización denotado como DL₅₀. El período de tiempo durante el cual se expone el estímulo debe ser especificado, por ejemplo, 24 horas DL₅₀, esto con el fin de comparar y estimar la potencia relativa del estímulo.

4.2.5. Extracto hidroalcohólico

Pardo J. (2002) precisa que se llama extracto a una mezcla compleja de un vegetal, con multitud de compuestos químicos (orgánicos), obtenible por procesos físicos, químicos y/o microbiológicos a partir de una fuente natural y utilizable en

cualquier campo de la tecnología, por lo general de origen vegetal; esta mezcla es el resultado de una combinación con agua y alcohol.

Los extractos hidroalcohólicos se pueden obtener a través de diversas técnicas, pero una comúnmente usada es la maceración que consiste en dejar remojar el material vegetativo, debidamente procesados en algún solvente (agua, etanol o glicerina) hasta se disuelva las porciones solubles y se obtenga una mezcla homogénea.

4.2.6. Composición química

Campillo N. (2012), menciona que la composición química es el análisis de estudio a nivel cualitativo y cuantitativo que tiene un producto (planta) biológico esto se realiza para determinar la variabilidad que compone un producto. Esto se determina a través de métodos y procesos capaces de identificar con precisión las características, la composición y la calidad de diversos productos orgánicos. La técnica más usada para realizar un análisis de la composición química es por medio de cromatografía de gases acoplada a un espectrómetro de masas.

4.2.6.1. Composición química del rocoto (*Capsicum pubescens* R y P.)

El cultivo de rocoto empíricamente se sabe presenta una enorme variedad de compuestos orgánicos, muchos de estos compuestos constan de propiedades nutraceuticas, medicinales, biocidas y antioxidantes.

Iwai I. et al. (2000), indican que los niveles de estos compuestos pueden variar dependiendo de la variedad de rocoto de que se trate, del estado de maduración que presente o de las condiciones de crecimiento que haya tenido. El componente mayoritario de los rocotos está representado por los hidratos de carbono.

También contiene proteínas en pequeña cantidad y muy pocos lípidos.

Lozada de Nue C. (2009), menciona que los rocotos rojos constituyen una fuente buena de vitamina C, vitamina A y licopeno, constituyéndose en uno de los alimentos desintoxicantes más importantes.

La comisión nacional contra la Biopiratería de la mano con **INDECOPI (2016)**, indica que desarrolló un esquema relacionado con la composición bromatológica y química del rocoto (*C. pubescens* R y P.); donde se expuso que la composición química del cultivo en mención constaba en su principio activo: “la Capsaicina” dicho compuesto es considerado el alcaloide mayoritario presente en las variedades picantes del género Capsicum. Son aminos simples con nitrógeno extra cíclico, de carácter básico y son productos del metabolismo de los aminoácidos considerados metabolito secundario. Es un alcaloide oxigenado, en cuyo caso de manera pura, se encuentra un sólido cristalizante, incoloro y blanco.

4.2.6.2. Compuestos atribuidos al rocoto (*C. pubescens* R y P.)

Según **Villavicencio B. (2016)** es necesario realizar un análisis acerca de qué compuestos son los que predominan dentro de un producto fitosanitario de origen vegetal.

Debido a diversos trabajos de investigación que se desarrollaron a fin de determinar y analizar los compuestos que se encuentran en el *C. pubescens* R y P. (rocoto); es que se constituye un resumen a continuación.

Tabla 03. Compuestos atribuidos al rocoto.

Compuestos	Referencia
Carotenoides entre los que destacan: xantofilas, bcaroteno, luteína, capsantina, capsorrubina, criptoxantina, zeaxantina, anteraxantina, violaxantina, neoxantina	Márkus <i>et al.</i> , 1999 Zúñiga <i>et al.</i> , 2005
Vitamina A	Kidmose <i>et al.</i> , 2006
Vitaminas (B) tiamina (B1), riboflavina (B2), niacina (B3), piridoxina (B6).	Leonard <i>et al.</i> , 2001
Ácido ascórbico (vitamina C)	Navarro <i>et al.</i> , 2006
Tocoferol (vitamina E), que se encuentra en concentraciones desde 3 a 250 mg/100g de pimiento seco	Osuna-García <i>et al.</i> , 1998 Koch <i>et al.</i> , 2002
Ácidos fenólicos libres: protocatéquico, clorogénico, cumárico, ferúlico, cinámico, cafeico, etc	Estrada <i>et al.</i> , 2000
Ácidos orgánicos: málico, oxálico, cítrico, fumárico, quínico, etc	Luning <i>et al.</i> , 1995
Azúcares solubles: glucosa, fructosa, etc.	López- Hernández <i>et al.</i> , 1996
Flavonoides: quercetina, luteolina, etc.	Lee <i>et al.</i> , 2005 y Materska <i>et al.</i> , 2003
Lípidos	Bekker <i>et al.</i> , 2001
Compuestos volátiles: aldehídos, cetonas, alcoholes, pirazinas, etc.	Luning <i>et al.</i> , 1994 Zimmermann y Schieberle, 2000
Capsaicinoides: Capsaicina, dihidrocapsaicina, entre otros.	Iwai <i>et al.</i> , 1979
Capsinoides: capsiato, dihidrocapsiato, entre otros	Yazawa <i>et al.</i> , 1989

Fuente: recopilación varios autores.

V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación fue Experimental - Descriptivo; experimental debido a que se determinó el efecto que tienen diferentes dosis de extracto de *Capsicum pubescens* R y P. sobre *Epitrix* spp. y descriptivo por qué el presente trabajo consta de una descripción acerca de la composición química del Rocoto.

5.2. Ubicación especial

5.2.1. Lugar de Ejecución

La extracción y la determinación del efecto insecticida del material biocida (*Capsicum pubescens* R y P.) se realizó en el laboratorio de Fitoquímica del departamento de Ciencias Naturales en la Facultad de Química de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

5.2.2. Ubicación política

Región	:	Cusco
Provincia	:	Cusco
Distrito	:	Cusco
Localidad	:	Laboratorio de Fitoquímica de la facultad de Química – UNSAAC.

5.2.3. Ubicación Geográfica:

Altitud	:	3354 m
Longitud	:	71° 96' Oeste
Latitud	:	13° 52' Sur

5.3. Ubicación temporal

Inicio	:	Julio del 2019 (Obtención de material vegetativo)
Finalización	:	Marzo del 2020 (fin del trabajo de laboratorio).

5.4. Materiales y métodos

5.4.1. Materiales

a) Material biológico

- Individuos adultos de Piki piki (*Epitrix* spp.), colectadas de las localidades de Chinchero, K'ayra y Taray. Estos juntados en un solo ambiente y alimentados con hojas frescas de papa (Fotografía 12) hasta el día de la aplicación con el extracto hidroalcohólico de rocoto.
- Se seleccionaron 20 individuos por tratamiento en razón a los tapers utilizados en la investigación.

b) Material botánico

- *Capsicum pubescens* R y P., procedente del sector de Ccocha del distrito de Marcapata, provincia de Quispicanchis.

c) Materiales de laboratorio, equipos y aparatos de laboratorio

- Balanza electrónica de precisión
- Frascos de color ámbar (04 frascos, capacidad 25 mL).
- Equipo de extracción (Rotavapor) de la Facultad de Química de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Cuaderno de campo.
- Cámara fotográfica.
- Malla Entomológica
- Libreta de apuntes.
- Laptop.

- Impresora
- Calculadora
- Estufa
- Jeringas
- Etanol al 70%
- Mortero o Molino
- Tapers

5.4.2. Métodos

5.4.2.1. Diseño metodológico: Variables e indicadores

- **Variables Independientes**

Concentración (porcentaje del extracto, “%”)

Tiempo (horas de evaluación, “Horas”)

- **Variables Dependientes**

Mortandad (Dependiente de la concentración y tiempo observado)

- **Indicadores**

Dosis Letal media (DL50); referido a la población expuesta a cierta dosis.

5.4.2.2. Metodología de extracción hidroalcohólica

Se tomó únicamente al fruto del rocoto como fuente de capsaicina o capsaicinoides ya que esta se encuentra en mayor concentración en la placenta y el pericarpio del fruto como tal. Estas fueron cortadas con tijeras y Bisturí hasta alcanzar una cantidad aproximada a 4 kg, las cuales se colocaron en una

superficie de papel bajo cobertizo con luz natural difusa, separadas distantemente para una buena aireación. Durante el secado se mantuvo temperatura ambiente, en un lugar cubierto y seco. Completado el secado, el material seco se trituro manualmente en molino hasta obtener una cantidad de 500 gr y a partir de ahí se obtuvo el extracto necesario para las pruebas.

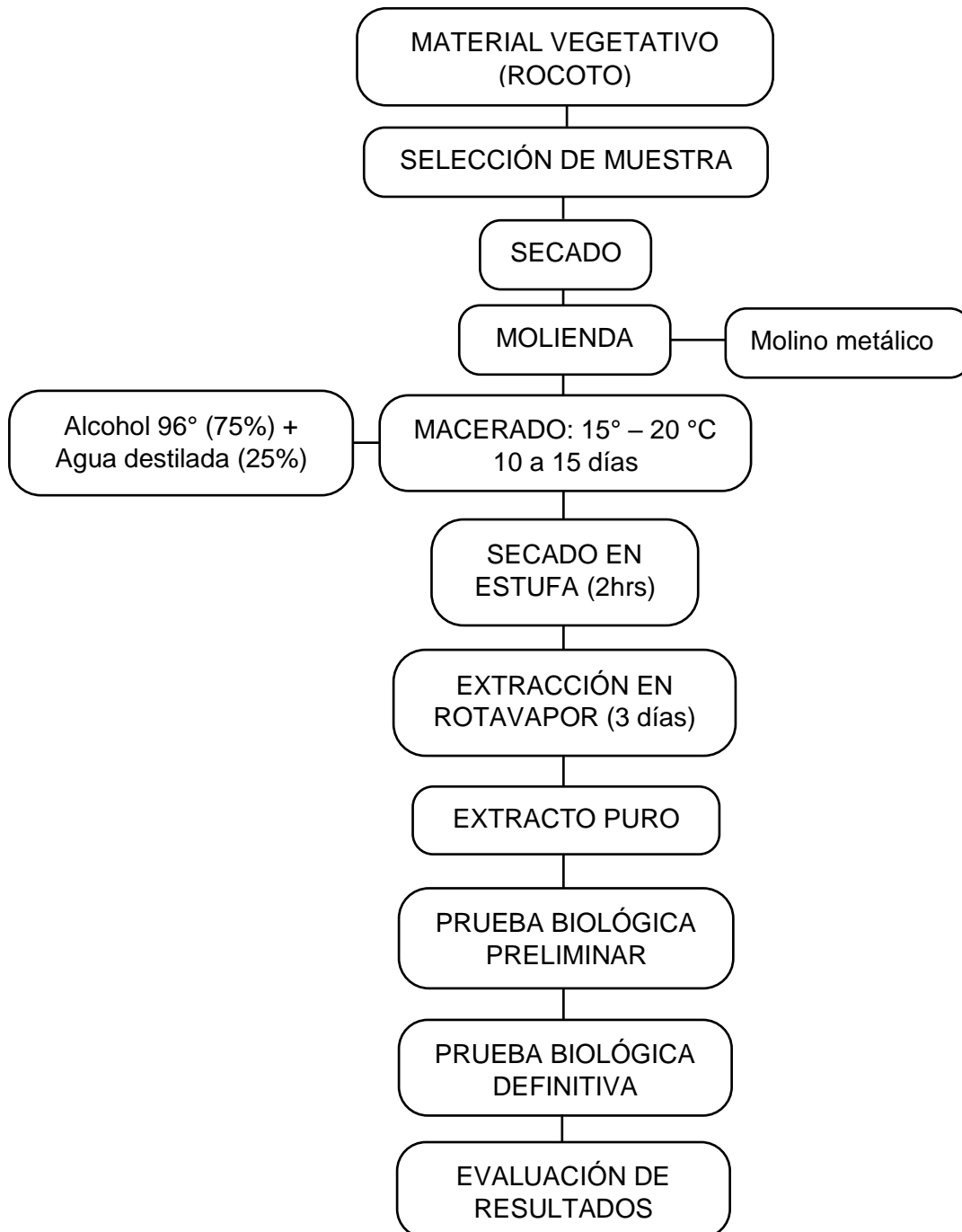
El método empleado para la elaboración del extracto de *Capsicum pubescens* fue la de maceración (**Sharapin, 2000**), utilizado como método de extracción en práctica de campo en productos naturales. Macerar es colocar la muestra en el solvente escogido y dejarla unos días; para ello, se usaron, 500 gr de material seco molido que se colocó en un recipiente color ámbar, y se le adicionó agua y alcohol (Etanol) al 70% en una relación 1:3. A esta mezcla de alcohol y agua, se agregaron los 500 g de material molido. Se agitó para homogenizar la mezcla y dejó en reposo de 10 a 15 días (noviembre / 2019), revolviendo ocasionalmente; cumplido este tiempo, se filtró la mezcla en un lienzo; así se obtuvo el extracto, así mismo se conservó a una temperatura ambiente entre 15 y 20 °C.

Una vez obtenida dicha mezcla se puso a estufa a 40°C para el evaporado específico durante 2 horas; finalmente se llevó al rotavapor, instrumento que nos ayudó a purificar las moléculas de rocoto, este último proceso tuvo un tiempo aproximado de 3 días purificando por 12 horas cada día.

Este último proceso obtenido debe ser almacenado a una temperatura fresca en un frasco de vidrio color ámbar, así mismo el tiempo útil que tiene como muchos productos vegetales obtenido es de 4 a 5 meses aproximadamente, esto debido a que se pierden las propiedades insecticidas (Koc, volatilización, etc) o debido a factores ambientales.

Para cada tratamiento se utilizaron 20 individuos adultos de *Epitrix* spp., estos fueron colectados de campos de papa infestados (Taray, Chinchero y K'ayra) y las evaluaciones fueron realizadas en el laboratorio de Fitoquímica de la facultad de Química – UNSAAC.

Diagrama de flujo



5.4.2.3. Diseño experimental

Se realizaron pruebas preliminares con 4 tratamientos (dosis bajas) para determinar si las concentraciones serían las más adecuadas para aplicar dosis relativamente más confiables.

Posteriormente para la realización del trabajo de investigación se utilizó el diseño de bloques completamente al azar (DBCA); con cuatro tratamientos (un testigo) y tres repeticiones (Bloques); donde las observaciones de los efectos insecticidas se hicieron en 5 tiempos (horas).

Para cada tratamiento se usaron 20 insectos adultos de Piki piki (*Epitrix* spp.) de las localidades de Chinchero, K'ayra y Taray que fueron juntados en un solo ambiente con alimentación de hojas frescas de papa, para su posterior selección biológica.

Las concentraciones fueron diluídas en agua destilada en función a 100 ml por tratamiento, es decir que se obtuvieron 100 ml de todas las dosis.

Factor A: Concentración del extracto - Dosis (%)

5.0 %.....	a ₁
2.5 %.....	a ₂
1.0 %.....	a ₃
0.0 % (Testigo)	a ₄

Factor B: Tiempo de actividad insecticida (HORAS)

06 horas después de aplicación.	b ₁
12 horas después de aplicación.	b ₂
24 horas después de aplicación.	b ₃
48 horas después de aplicación.	b ₄
72 horas después de aplicación.	b ₅

5.4.2.4. Claves de los tratamientos

Tabla 04. Referencia de las claves con las dosis aplicadas a tiempos distintos.

N°	Clave	Descripción
1	a ₁ b ₁	5.0 % de Dosis a las 06 Horas de aplicación
2	a ₁ b ₂	5.0 % de Dosis a las 12 Horas de aplicación
3	a ₁ b ₃	5.0 % de Dosis a las 24 Horas de aplicación
4	a ₁ b ₄	5.0 % de Dosis a las 48 Horas de aplicación
5	a ₁ b ₅	5.0 % de Dosis a las 72 Horas de aplicación
6	a ₂ b ₁	2.5 % de Dosis a las 06 Horas de aplicación
7	a ₂ b ₂	2.5 % de Dosis a las 12 Horas de aplicación
8	a ₂ b ₃	2.5 % de Dosis a las 24 Horas de aplicación
9	a ₂ b ₄	2.5 % de Dosis a las 48 Horas de aplicación
10	a ₂ b ₅	2.5 % de Dosis a las 72 Horas de aplicación
11	a ₃ b ₁	1.0 % de Dosis a las 06 Horas de aplicación
12	a ₃ b ₂	1.0 % de Dosis a las 12 Horas de aplicación
13	a ₃ b ₃	1.0 % de Dosis a las 24 Horas de aplicación
14	a ₃ b ₄	1.0 % de Dosis a las 48 Horas de aplicación
15	a ₃ b ₅	1.0 % de Dosis a las 72 Horas de aplicación
16	a ₃ b ₁	0.0 % de Dosis a las 06 Horas de aplicación
17	a ₃ b ₂	0.0 % de Dosis a las 12 Horas de aplicación
18	a ₃ b ₃	0.0 % de Dosis a las 24 Horas de aplicación
19	a ₃ b ₄	0.0 % de Dosis a las 48 Horas de aplicación
20	a ₃ b ₅	0.0 % de Dosis a las 72 Horas de aplicación

5.4.2.5. Metodología de aplicación

Las concentraciones aplicadas fueron diluidas sobre agua destilada (100ml de producto final para cada tratamiento), posteriormente para cada unidad de investigación se aplicaron 5 ml de cada tratamiento sobre un papel filtro acondicionado dentro del envase (como se ve en la **Fig. 08**)

Figura 09. Aplicación de los tratamientos



5.4.2.6. Método de evaluación

Las evaluaciones fueron realizadas considerando los tiempos y la concentración para cada tratamiento (20 insectos por tratamiento) con sus repeticiones correspondientes.

Las evaluaciones se realizaron en ambientes con aireación.

Las dosis administradas fueron evaluadas en 5 momentos después de la aplicación, sometiendo a 3 repeticiones para determinar su efecto.

Los tiempos de evaluación del efecto a la actividad insecticida fueron a las 06 horas, 12 horas, 24 horas, 48 horas y 72 horas después de la aplicación,

obteniendo de estas observaciones; datos (mortalidad) que fueron procesados por el ANVA y prueba Tukey correspondiente.

Para la determinación de las concentraciones letales medias (DL50) se recurrió a un análisis Probit en el software "Minitab", los datos usados en el programa fueron introducidos de los promedios generales, propias de las repeticiones para cada hora de evaluación.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1. Se evaluó el efecto insecticida del extracto hidroalcohólico de *Capsicum pubescens* R y P. a diferentes concentraciones y tiempos sobre *Epitrix* spp. bajo condiciones de laboratorio y los resultados son los siguientes.

Cuadro 01. Mortalidad de *Epitrix* spp. a las 6 horas con diferentes concentraciones

CONCENTRACIONES	BLOQUES			TOTAL TRATAMIENTO	PROMEDIO EN TRATAMIENTOS
	I	II	III		
0%	0.00	0.00	1.00	1.00	0.33
1%	1.00	0.00	1.00	2.00	0.67
2.5%	1.00	2.00	2.00	5.00	1.67
5%	2.00	2.00	2.00	6.00	2.00
TOTAL BLOQUES	4.00	4.00	6.00	14.00	1.17

Interpretación: En el **cuadro 01** sobre mortalidad de *Epitrix* spp. a las 6 horas se tienen un promedio de 1.17 %, efectuándose el análisis de varianza correspondiente.

Cuadro 02. ANVA para mortalidad de *Epitrix* spp. a las 6 horas (%)

FUENTE DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	FC	FT		signif.
					0.05	0.01	
BLOQUES	2	0.67	0.33	1.50	5.14	10.92	NS NS
TRATAMIENTO	3	5.67	1.89	8.50	4.76	9.78	* NS
ERROR	6	1.33	0.22				
TOTAL	11	7.67	CV= 100%				

Interpretación: En el **cuadro 02** se ha efectuado el **ANVA** para mortalidad de *Epitrix* spp. a las 6 horas donde se observa que no tienen significación en bloques, lo que indica que fueron homogéneos; mientras que, para tratamientos existe diferencia estadística a nivel del 95 % de confianza; mientras que a nivel del 99% de confianza no existe diferencia estadística entre las observaciones. con un coeficiente de variabilidad (CV) de 100 %, indicando que las informaciones registradas son muy variables o heterogéneas.

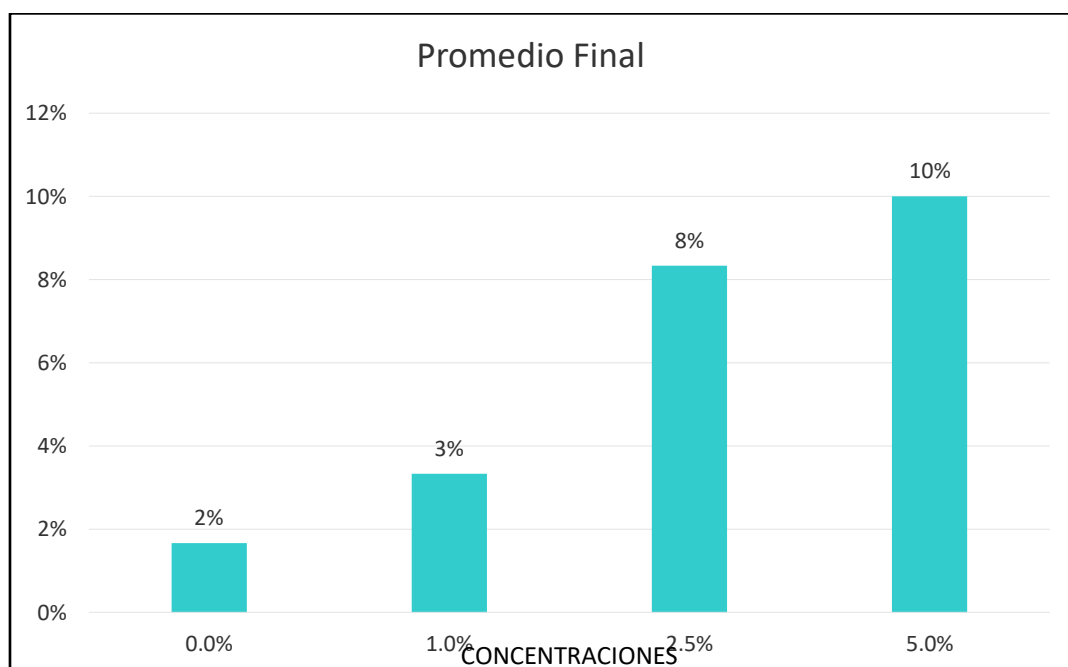
Cuadro 03. prueba Tukey para mortalidad de *Epitrix* spp. a las 6 horas.

ORDEN DE MERITO	TRATAMIENTOS Concentraciones	% MORTALIDAD DE INSECTOS ADULTOS (<i>Epitrix</i> spp.)	SIGNIFICACIÓN	
			5%	1%
I	5%	10	A	A
II	2.5%	8	B	B
III	1%	3	C	C
IV	0%	2	D	D

ALS (5%) = 1.10 ALS (1%) = 1.49

En el **cuadro 03** respecto a la mortalidad de insectos adultos (*Epitrix* spp.) el tratamiento a_1 (5%), ocupó el primer lugar con 10 % de individuos muertos (2 individuo muerto de 20 evaluados en promedio), mientras que el tratamiento a_4 (0% de dosis -testigo) ocupó el último lugar con 2 % individuos muertos en promedio (1 individuo muerto en solo una repetición) este resultado en el testigo se debería a la edad y alimentación de los individuos de *Epitrix* spp. La prueba de Tukey indica que los tratamientos 5% y 2.5 % son iguales estadísticamente y superiores al tratamiento 1% y al 0% (testigo).

Gráfico 01. Mortandad de insectos adultos (*Epitrix* spp.) a las 06 horas.



Cuadro 04. Mortalidad de *Epitrix* spp. a las 12 horas con diferentes concentraciones.

CONCENTRACIONES	BLOQUES			TOTAL TRATAMIENTO	PROMEDIO EN TRATAMIENTOS
	I	II	III		
0%	2.00	2.00	1.00	5.00	1.67
1%	1.00	2.00	3.00	6.00	2.00
2.5%	2.00	3.00	3.00	8.00	2.67
5%	3.00	5.00	4.00	12.00	4.00
TOTAL BLOQUES	8.00	12.00	11.00	31.00	2.58

Interpretación: En el **cuadro 04** sobre mortalidad de *Epitrix* spp. sp a las 12 horas, se tiene un promedio de 2.58 (%), efectuándose el análisis de varianza correspondiente.

Cuadro 05. ANVA para mortalidad de *Epitrix* spp. a las 12 horas (%)

FUENTE DE VARIACION	GL	SC	CM	FC	FT		signif.
					0.05	0.01	
BLOQUES	2	2.17	1.08	2.05	5.14	10.92	NS NS
TRATAMIENTO	3	9.58	3.19	6.05	4.76	9.78	* NS
ERROR	6	3.17	0.53				
TOTAL	11	14.92	CV = 76.98 %				

Interpretación: en el **cuadro 05** se ha efectuado el ANVA para la mortalidad de insectos adultos (*Epitrix* spp.) a las 12 horas donde se observó que no tiene significación en bloques, lo que indica que fueron homogéneos, mientras que, para tratamiento se tienen significación al nivel del 1% y 5%, indicando que tienen un 99% y 95% de certeza de encontrar diferencia estadística al interior de cada uno de las variables. Con un coeficiente de variabilidad (cv) de 76.98%, indicando que las informaciones registradas son muy variables o heterogéneas. por lo tanto, la media no es representativa

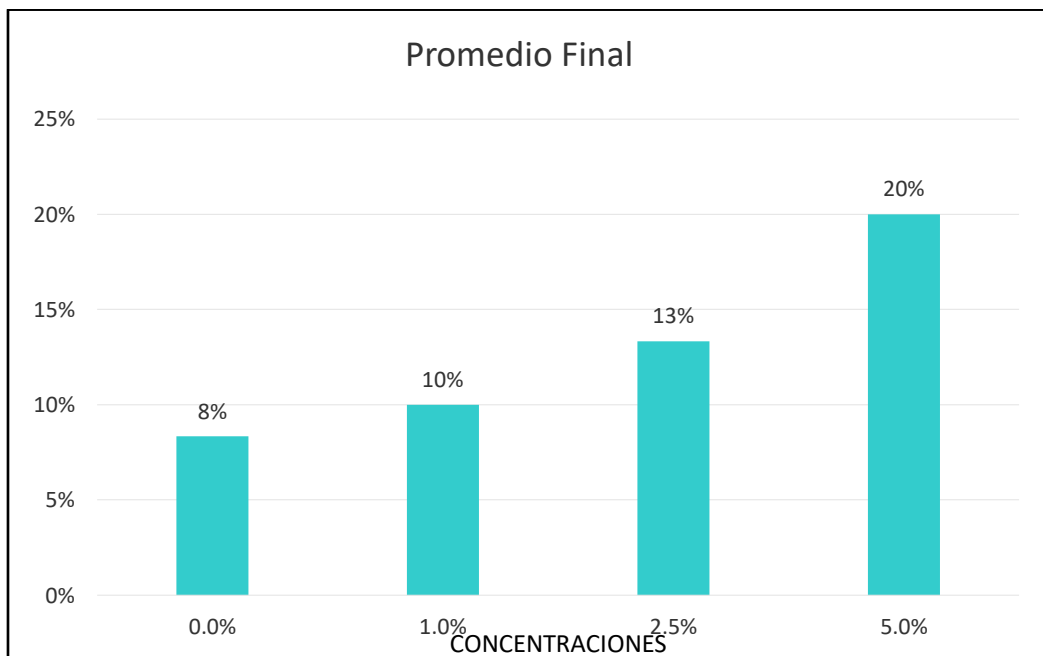
Cuadro 06. Prueba Tukey para mortalidad de *Epitrix* spp. a las 12 horas.

ORDEN DE MERITO	TRATAMIENTOS Concentraciones	% MORTALIDAD DE INSECTOS ADULTOS (<i>Epitrix spp.</i>)	SIGNIFICACIÓN	
			5%	1%
I	5%	20%	A	A
II	2.5%	13%	B	B
III	1%	10%	C	C
IV	0%	8%	D	D

ALS = (5%) = 1.27 ALS(1%) = 1.72

En el **cuadro 06** respecto a la mortalidad de insectos adultos (*Epitrix spp.*) el tratamiento a₁ (5% de dosis), ocupó el primer lugar con 20 % individuos muertos (4 individuos muertos de 20 evaluados), mientras que el tratamiento a₄ (0% - testigo) ocupó el último lugar con 8% de individuos muertos en promedio (2 individuos muertos en solo una repetición) este resultado en el testigo se debería a la edad y alimentación de los individuos de *Epitrix spp.* La prueba de Tukey indica que los tratamientos 5% y 2.5 % son diferentes estadísticamente y superiores al tratamiento 1% y al 0% (testigo)

Grafico 02. Mortandad de insectos adultos (*Epitrix spp.*) a las 12 horas



Cuadro 07. Mortalidad de *Epitrix* spp. a las 24 horas con diferentes concentraciones.

CONCENTRACIONES	BLOQUES			TOTAL TRATAMIENTO	PROMEDIO EN TRATAMIENTOS
	I	II	III		
0%	3.00	2.00	4.00	9.00	3.00
1%	2.00	5.00	5.00	12.00	4.00
2.5%	5.00	5.00	8.00	18.00	6.00
5%	7.00	10.00	7.00	24.00	8.00
TOTAL BLOQUES	17.00	22.00	24.00	63.00	5.25

Interpretación: en el **cuadro 07** sobre mortalidad de *Epitrix* spp. a las 24 horas, se tienen un promedio de 5.25%, efectuándose el análisis de varianza correspondiente.

Cuadro 08. ANVA para mortalidad de *Epitrix* spp. a las 24 horas (%)

FUENTE DE VARIACION	GL	SC	CM	FC	FT		signif.
					0.05	0.01	
BLOQUES	2	6.50	3.25	1.44	5.14	10.92	NS NS
TRATAMIENTO	3	44.25	14.75	6.56	4.76	9.78	* NS
ERROR	6	13.50	2.25				
TOTAL	11	64.25	CV= 28.57				

Interpretación: en el **cuadro 08** se ha efectuado el **ANVA** para la mortalidad de insectos adultos (*Epitrix* spp.) a las 24 horas donde se observó que no tiene significación en bloques, lo que indica que fueron homogéneos, mientras que, para tratamiento se tienen significación al nivel del 1% y 5%, indicando que tienen un 99% y 95% de certeza de encontrar diferencia estadística al interior de cada uno de las variables. con un coeficiente de variabilidad (cv) de 28.57%, indicando que la información registrada estuvo dentro de los parámetros establecidos para un estudio de investigación a nivel del laboratorio.

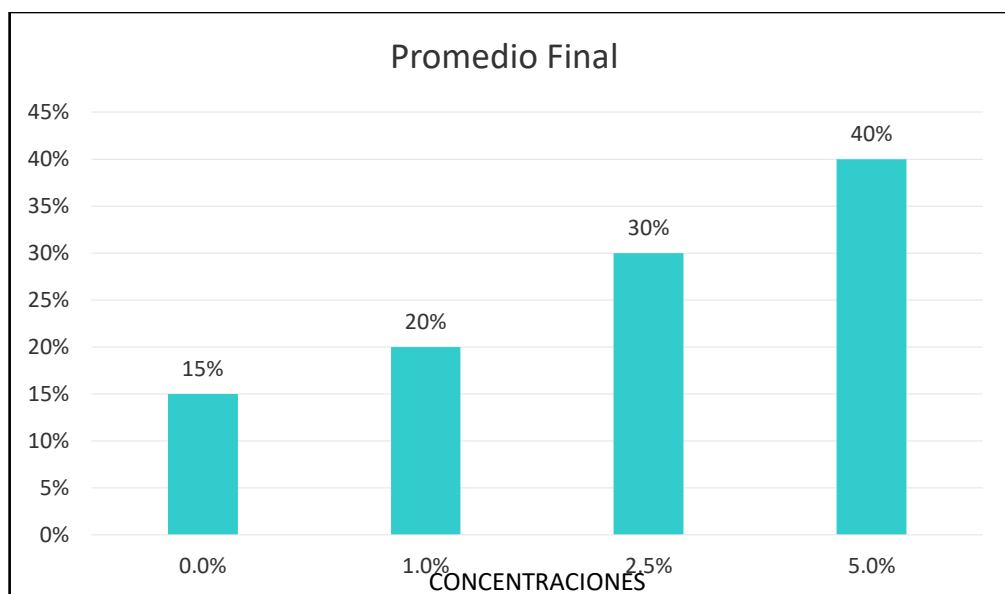
Cuadro 09. Prueba Tukey para mortalidad de *Epitrix* spp. a las 24 horas.

ORDEN DE MERITO	TRATAMIENTO	% MORTALIDAD DE INSECTOS ADULTOS (<i>Epitrix</i> spp.)	SIGNIFICACIÓN	
			5%	1%
I	5%	40%	A	A
II	2.5%	30%	AB	AB
III	1%	20%	B	B
IV	0% (testigo)	15%	C	BC

ALS = (5%) = 1.10 ALS(1%) = 1.49

En el **cuadro 09** respecto a la mortalidad de insectos adultos (*Epitrix* spp.) el tratamiento a₁ (5% de dosis), ocupó el primer lugar con 40 % de individuos muertos (8 individuos muertos de 20 evaluados), superando a los tratamientos 2.5%, 1% y 0 % (testigo). El tratamiento a₄ (0% - testigo) ocupó el último lugar con 15 % individuos (3 individuos muertos en solo una repetición) este resultado en el testigo se debería a la edad y alimentación de los individuos de *Epitrix* spp. La prueba de Tukey indica que los tratamientos 1% y 2.5 % son iguales estadísticamente sin embargo el tratamiento 5% es superior a los tratamientos 2.5, 1% y 0% (testigo).

Gráfico 03. Mortandad de insectos adultos (*Epitrix* spp.) a las 24 horas.



Cuadro 10. Mortalidad de *Epitrix* spp. a las 48 horas con diferentes concentraciones.

CONCENTRACIONES	BLOQUES			TOTAL TRATAMIENTO	PROMEDIO EN TRATAMIENTOS
	I	II	III		
0%	4.00	3.00	5.00	12.00	4.00
1%	4.00	6.00	5.00	15.00	5.00
2.5%	7.00	6.00	9.00	22.00	7.33
5%	9.00	12.00	10.00	31.00	10.33
TOTAL BLOQUES	24.00	27.00	29.00	80.00	6.67

Interpretación: En el **cuadro 10** sobre la mortalidad de *Epitrix* spp. a las 48 horas se tiene un promedio de 6.67 (%), efectuándose el análisis de varianza correspondiente.

Cuadro 11. ANVA para la mortalidad de *Epitrix* spp. a las 48 horas (%)

FUENTE DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	FC	FT		signif.
					0.05	0.01	
BLOQUES	2	3.17	1.58	0.93	5.14	10.92	NS NS
TRATAMIENTO	3	71.33	23.78	14.03	4.76	9.78	* *
ERROR	6	10.17	1.69				
TOTAL	11	84.67	CV=23.94				

Interpretación: En el **cuadro 11** se ha efectuado el **ANVA** para para la mortalidad de insectos adultos *Epitrix* spp. a las 48 horas (%) donde se observó que no tiene significación en bloques, lo que indica que fueron homogéneos, mientras que, para tratamiento se tienen significación al nivel del 1% y 5%, indicando que tienen un 99% y 95% de certeza de encontrar diferencia estadística al interior de cada uno de las variables. con un coeficiente de variabilidad (cv) de 23.94%, indicando que la información registrada estuvo dentro de los parámetros establecidos para un estudio de investigación a nivel del laboratorio.

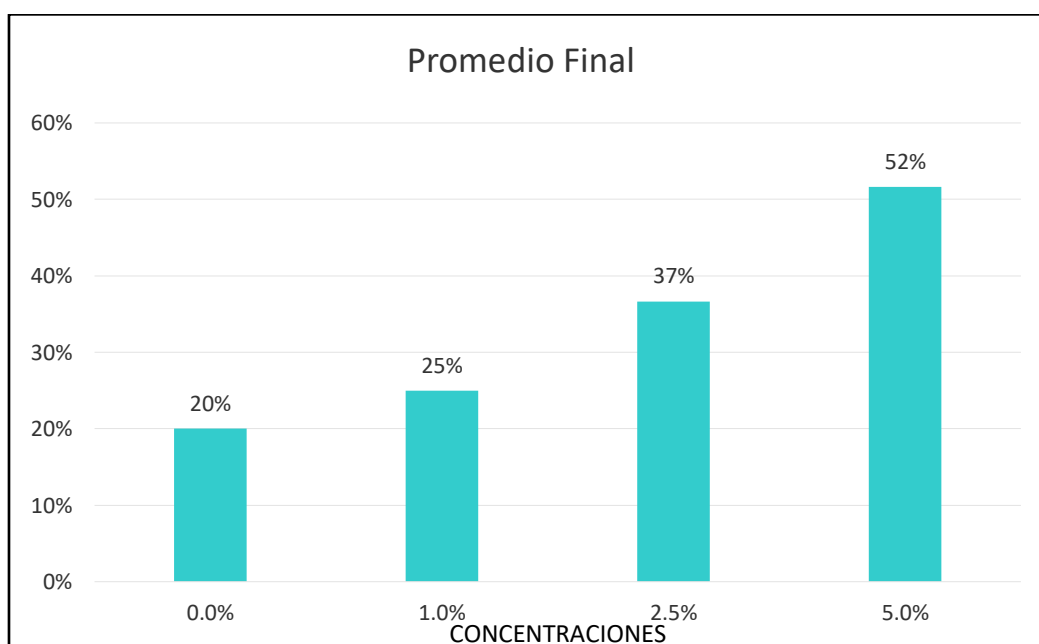
Cuadro 12. Prueba Tukey para la mortalidad de *Epitrix* spp.) a las 48 horas.

ORDEN DE MERITO	TRATAMIENTOS Concentraciones	% MORTALIDAD DE INSECTOS ADULTOS (<i>Epitrix</i> spp.)	SIGNIFICACIÓN	
			5%	1%
I	5%	52%	A	A
II	2.5%	37%	A	AB
III	1%	25%	AB	ABC
IV	0% (testigo)	20%	C	CD

ALS = (5%) = 2.11 ALS(1%) = 2.85

En el **cuadro 12** respecto a la mortalidad de insectos adultos (*Epitrix* spp.) el tratamiento a_1 (5% de dosis), ocupó el primer lugar con 52% de individuos muertos (11 individuos muertos de 20 evaluados), mientras que el tratamiento a_4 (0% de dosis) ocupó el último lugar con 20 % de individuos muertos (4 individuos muertos de 20 evaluados en promedio) este resultado en el testigo se debería a la edad y alimentación de los individuos de *Epitrix* spp. La prueba de Tukey indica que los tratamientos 5% y 2.5 % son iguales estadísticamente y superiores al tratamiento 1% y al 0% (testigo)

Gráfico 04. Mortandad de insectos adultos (*Epitrix* spp.) a las 48 horas.



Cuadro 13. Mortalidad de *Epitrix* spp. a las 72 horas con diferentes concentraciones

CONCENTRACIONES	REPETICIONES			TOTAL TRATAMIENTO	PROMEDIO EN TRATAMIENTOS
	I	II	III		
0%	8.00	8.00	8.00	24.00	8.00
1%	12.00	10.00	9.00	31.00	10.33
2.5%	10.00	13.00	13.00	36.00	12.00
5%	19.00	20.00	18.00	57.00	19.00
TOTAL BLOQUES	49.00	51.00	48.00	148.00	12.33

Interpretación: En el **cuadro 13** sobre mortalidad de *Epitrix* spp. a las 72 horas

se tienen un promedio de 12.33%, efectuándose el análisis de varianza correspondiente.

Cuadro 14. ANVA para mortalidad de *Epitrix* spp. a las 72 horas (%)

FUENTE DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	FC	FT		signif.
					0.05	0.01	
BLOQUES	2	1.17	0.58	0.30	5.14	10.92	NS NS
TRATAMIENTO	3	202.00	67.33	35.13	4.76	9.78	* *
ERROR	6	11.50	1.92				
TOTAL	11	214.67	CV=26.31				

Interpretación: En el **cuadro 14** se ha efectuado el **ANVA** para para el número de mortalidad de insectos adultos (*Epitrix* spp.) a las 72 horas (%) donde se observó que no tiene significación en bloques, lo que indica que fueron homogéneos, mientras que, para tratamiento se tienen significación al nivel del 1% y 5%, indicando que tienen un 99% y 95% de certeza de encontrar diferencia estadística al interior de cada uno de las variables. con un coeficiente de variabilidad (cv) de 26.31%, indicando que la información registrada estuvo dentro de los parámetros establecidos para un estudio de investigación a nivel del laboratorio

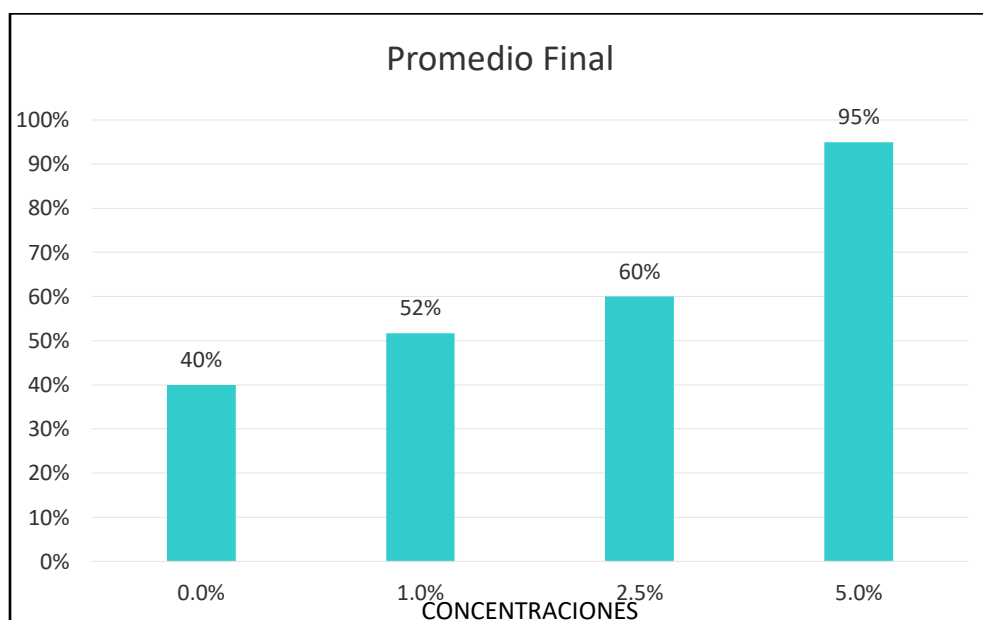
Cuadro 15. Prueba Tukey para mortalidad de *Epitrix* spp. a las 72 horas.

ORDEN DE MERITO	TRATAMIENTOS Concentraciones	% MORTALIDAD DE INSECTOS ADULTOS (<i>Epitrix</i> spp.)	SIGNIFICACIÓN	
			5%	1%
I	5%	95%	A	A
II	2.5%	60%	AB	AB
III	1%	52%	B	ABC
IV	0% (testigo)	40%	C	CD

ALS = (5%) = 2.47 ALS(1%) = 3.32

En el **cuadro 15** respecto a la mortalidad de insectos adultos de *Epitrix* spp. el tratamiento a₁ (5%), ocupó el primer lugar con 95% de individuos muertos (19 individuos muertos de 20 evaluados en promedio), mientras que el tratamiento a₄ (0% - testigo) ocupó el último lugar con 40% de individuos muertos (8 individuos muertos de 20 evaluados en promedio) este resultado en el testigo se debería a la edad y alimentación de los individuos de *Epitrix* spp. La prueba Tukey indica que los tratamientos 1% y 2.5 % son iguales estadísticamente, sin embargo el tratamiento 5% es superior a los demás tratamientos.

Gráfico 05. Mortandad de insectos adultos (*Epitrix* spp.) a las 72 horas.



6.2. Se determinó las concentraciones letales medias (CL₅₀) a diferentes tiempos siendo los resultados los siguientes.

Se muestran las gráficas que se determinaron con el programa “Minitab”, considerando las muertes medias por las concentraciones en 5 tiempos observados las cuales fueron: 6 horas, 12 horas, 24 horas, 48 horas y 72 horas

Grafico 06: Concentración letal media a las **06 horas** despues de la aplicación.



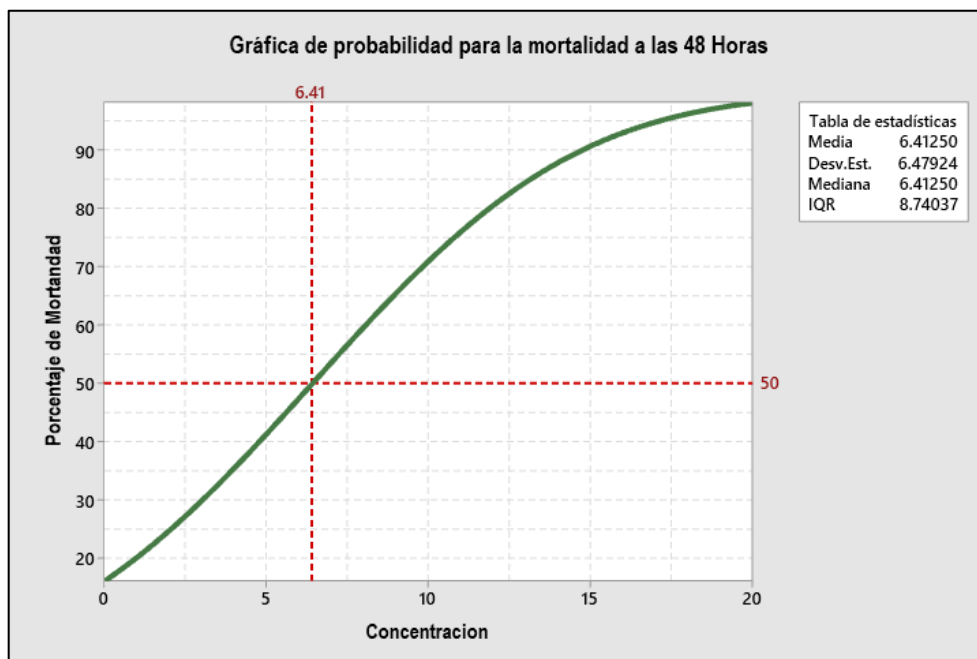
Interpretación: En el **gráfico 06** se ha determinado por analisis Probit que la concentración letal media (CL₅₀) para insectos adultos de *Epitrix* spp. a las **06 horas** debe ser **12.36%** del extracto hidroalcohólico de *C. pubescens* R y P.; es decir 12.36 ml del extracto hidroalcohólico de *C. pubescens* R y P. diluido en 87.64 ml de agua destilada. Del mismo modo se observa que la mortandad medida a esta hora es no significativa con las concentraciones usadas ya que mueren el 50% de la población con la mayor dosis aplicada (5% de extracto).

Grafico 07: Concentración letal media a las **12 horas** después de la aplicación.



Interpretación: En el **gráfico 07** se ha determinado por análisis Probit que la concentración letal media (CL50) para insectos adultos de *Epitrix* spp. a las **12 horas** debe ser 10.25% del extracto hidroalcohólico de *C. pubescens* R y P. ; es decir 10.25 ml del extracto hidroalcohólico de *C. pubescens* R y P. diluido en 89.75 ml de agua destilada. Del mismo modo se observa que la mortandad medida a esta hora es no significativa con las concentraciones usadas ya que mueren el 50% de la población con la mayor dosis aplicada (5% de extracto).

Gráfico 08: Concentración letal media a las **24 horas** después de la aplicación.



Interpretación: En el **gráfico 08** se ha determinado por análisis Probit que la concentración letal media (CL50) para insectos adultos de *Epitrix* spp. a las **24 horas** debe ser **6.41%** del extracto hidroalcohólico de *C. pubescens* R y P.; es decir 6.41 ml del extracto hidroalcohólico de *C. pubescens* R y P. diluido en 93.59 ml de agua destilada. Del mismo modo se observa que la mortandad medida a esta hora es no significativa con las concentraciones usadas ya que mueren el 50% de la población con la mayor dosis aplicada (5% de extracto).

Grafico 09: Concentración letal media a las **48 horas** después de la aplicación.



Interpretación: En el **gráfico 09** se ha determinado por análisis Probit que la concentración letal media (CL50) para insectos adultos de *Epitrix* spp. a las **48 horas** debe ser **4.94%** del extracto hidroalcohólico de *C. pubescens* R y P.; es decir 4.94 ml del extracto hidroalcohólico de *C. pubescens* R y P. diluido en 95.06 ml de agua destilada. Del mismo modo se observa que la mortandad medida a esta hora es significativa con las concentraciones usadas ya que mueren más del 50% de la población con la mayor dosis aplicada (5% de extracto).

Grafico 10: Concentración letal media a las **72 horas** después de la aplicación.



Interpretación: En el gráfico 10 se ha determinado por análisis Probit que la concentración letal media (CL50) para insectos adultos de *Epitrix* spp. a las 72 horas debe ser **1.05%** del extracto hidroalcohólico de *C. pubescens* R y P.; es decir 1.05 ml del extracto hidroalcohólico de *C. pubescens* R y P. diluido en 98.95 ml de agua destilada.

Del mismo modo se observa que la mortandad medida a esta hora es significativa con las concentraciones usadas ya que muere el 50% de la población con dos dosis administradas (2.5% y 5% de extracto).

6.3. Se describió la composición química del extracto de *Capsicum pubescens* R y P.

La determinación de los principios o compuestos químicos en su mayoría cumplen una función de metabolito secundario en el rocoto; caracterizan el mecanismo de acción del agente plaguicida en mención, a continuación se detalla los resultados

obtenidos a partir de una búsqueda detallada de la composición química del rocoto y sus respectivos mecanismos de acción contra los insectos plaga.

Cuadro 16. Composición química del extracto de *Capsicum pubescens* R y P. y su relación en base a los principios activos de acción fitosanitaria.

PRINCIPIOS ACTIVOS	ACTIVIDAD BIOLÓGICA	MECANISMO DE ACCIÓN
Flavonoides: quercetina, luteolina, etc.	Insecticida	1.- Inhibición de la enzima NADH deshidrogenasa en la cadena del transporte respiratorio de e- 2.- Alteración de canales iónicos de la membrana.
Terpenos: Carotenoides (xantofila, caroteno, etc.)	Insecticida y Repelente	1.-Repentes y disuasorios. 2.-Interfieren en la producción de la hormona juvenil y muda 3.- Inhibidores de la síntesis de quitina. 4.- Inhibición de enzimas digestivas
Alcaloides: Capsaicina, dihidrocapsaicina, capsorubina,etc	Insecticida, repelente y disuasorio de la alimentación y oviposición	1.- interferencia con el crecimiento 2.-Interfieren en la producción de la hormona juvenil y muda 3.- Inhibidores de la síntesis de quitina. 4.- Inhibición de enzimas digestivas

Según **Villavicencio B. (2016)** se obtuvo, respectivamente, las siguientes concentraciones en el análisis químico-proximal: Grasas, 1.76%; Fibra, 18.04%, Cenizas, 9.34%, 15.54% de proteínas y contenido de Carbohidratos 55.29%.

6.4. Se determinó el costo de producción para la elaboración del extracto hidroalcohólico de *Capsicum pubescens* R y P.

El costo de producción para el desarrollo del presente trabajo de investigación fue de S/ 33.00 (TREINTA Y TRES SOLES) para elaborar 150 ml del extracto hidroalcohólico final de rocoto. Lo que por consiguiente se entiende que 1 ml del extracto tiene un costo de S/ 0.22 (VEINTI DOS CENTAVOS DE SOL).

Cuadro 17. Costos de producción para el extracto hidroalcohólico de rocoto (*Capsicum pubescens* R y P.) en base al trabajo en laboratorio

ITEM	DESCRIPCIÓN DEL BIEN O SERVICIO REQUERIDO	UNIDAD DE MEDIDA (U.M.)	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	COSTO TOTAL
1	Rocoto	Kg	S/ 2.00	5 Kg	S/ 10.00
2	Alcohol 70%, Agua destilada	Lt	S/ 8.00	1 Lt	S/ 8.00
3	Instrumento de maceración	Und	S/ 5.00	1 Unds	S/ 5.00
4	Otros	Global	S/ 10.00	general	S/ 10.00
					S/ 33.00

Se realizó el análisis de la elaboración del extracto hidroalcohólico de rocoto en base a una escala media de una hectárea donde se obtuvo los siguientes resultados; a partir de una progresión proyectada a la extracción en laboratorio.

Esto nos sirve para proyectar la investigación realizada en laboratorio a nivel de campos de cultivo.

Tenemos que tener en cuenta que las estimaciones están en relación a 10,000 m² y a un campo de cultivo de papa en un desarrollo fenológico de 1 a 2 meses; dicho sea de paso es un producto natural que busca la opción de mercados

ecológicos y se podría buscar otra metodología de extracción diferente al de laboratorio que reduciría costos a una escala mayor.

Cuadro 18. Costos de producción para el extracto hidroalcohólico de rocoto (*Capsicum pubescens* R y P.) en base a una Hectárea

ITEM	DESCRIPCION DEL BIEN O SERVICIO REQUERIDO	UNIDAD DE MEDIDA (U.M.)	COSTO UNITARIO	CANTIDAD x Hectarea	COSTO TOTAL
1	Rocoto	Kg	S/ 2.00	40 Kg	S/ 80.00
2	Alcohol 70%, Agua destilada	Lt	S/ 8.00	10 Lt	S/ 80.00
3	Instrumento de maceración	Und	S/ 10.00	1 Unds	S/ 10.00
4	Instrumento de extracción	Und	S/ 50.00	1 unidad	S/ 50.00
5	Labores de preparación	Jrn	S/ 30.00	3 días	S/ 90.00
6	Otros	Global	S/ 20.00	general	S/ 20.00
					S/ 330.00

6.5. Discusión de los Resultados

Según el gráfico número 9 se observa que la concentración letal media (CL₅₀) a las 48 horas despues de la aplicación del extracto hidroalcohólico de *C.*

pubescens con aireación es de 3.52%, es decir que murieron 10 insectos de los

20 a una dosis de 3.52% a las 48 horas; **Tomaylla C. (2018)** muestra en su

evaluación de efecto insecticida de los aceites esenciales de *T. vulgare* L. y

Mentha x piperita var vulgaris sobre *Epitrix* spp. que obtuvo los siguientes

resultados *T. vulgare* a una CL₅₀ de 2,79 % presenta una mortalidad al 100% pero

sin aireación; en cambio en un ambiente con aireación no se observó mortalidad con ninguna concentración, hasta llegada las 48 horas. Por otro lado el aceite

esencial de *M. x piperita* desarrolló un efecto insecticida donde en un recipiente

privado de aire con una CL₅₀ de 2,16 %, se obtuvo 100% de mortandad; en

cambio en un ambiente con aireación no se observó mortandad con ninguna concentración, hasta llegada las 48 horas.

Podemos definir que el presente trabajo tiene mejores resultados en comparación con los dos extractos por parte de Tomaylla (2018).

En los resultados del trabajo de investigación por parte de Tomaylla (2018) se puede apreciar que existen factores diferenciales como la población experimental, ambientes con ausencia de aireación y una toma de muestra menor a las 72 horas. Del mismo modo se observa que el material biocida pertenece a otra naturaleza de productos elaborados (aceites esenciales).

Tabla 05: Concentración letal media (CL₅₀) del efecto insecticida del aceite esencial de *T. vulgare* L. y *Mentha x piperita* sobre *Epitrix* spp. con y sin aireación.

Aceite esencial	[AE] %(V/V)	Concentración Letal Media (CL ₅₀) ^a				
		1 horas	2 horas	12 horas	24 horas	48 horas
<i>T. vulgare</i> con aireación	CL ₅₀	4.26	2.79	1.74	1.42	1.14
<i>T. vulgare</i> sin aireación	CL ₅₀	-	4.66	3.81	2.83	2.71
<i>M. x piperita</i> con aireación	CL ₅₀	-	-	2.16	1.82	1.21
<i>M. x piperita</i> sin aireación	CL ₅₀	-	-	3.63	2.76	2.22

^aCL₅₀ Determinado con las medias de seis repeticiones y 10 insectos por prueba. Calculado por método Probit con regresión lineal, para diferente tiempo de exposición.

Fuente: Tomaylla C., Solis L. (2018)

Los resultados demuestran que existe diferencias en comparación con distintos trabajos de investigación con los cuales no pueden generar una discusión adecuada con el presente ya que muchos son elaborados a nivel de campo y no en condiciones de laboratorio.

En el análisis sobre el costo de producción realizado por **Moreno et al. (2010)** se muestra que el costo de producción es de S/ 0.57 por ml de aceite esencial, lo

que sugiere que el costo de producción del extracto hidroalcohólico de rocoto es más costeable o rentable con un costo de S/ 0.38 por ml.

No existe estudios desarrollados donde se evaluó la mortandad o eficacia en insectos adultos de *Epitrix* spp. que fueron colectados de Chinchero, K'ayra y Taray.

Para el presente estudio como se menciona en la metodología se empleó solamente individuos de estadíos adultos de *Epitrix* spp., por ende el análisis de los resultados van en relación únicamente con esta fase del insecto a comparación con antecedentes de investigaciones similares, donde evalúan el efecto insecticida, repelente u otros estadíos como huevos, instares o larvas de distintos insectos.

Los resultados nos muestran que los adultos de *Epitrix* spp. siguieron con su desarrollo normal durante las primeras horas de exposición al extracto hidroalcohólico. No se realizaron pruebas en huevos o larvas para determinar si existe alta o baja efectividad tóxica en estos estadíos.

VII. CONCLUSIONES

1. Se evaluó el efecto insecticida del extracto hidroalcohólico de *Capsicum pubescens* R y P. a diferentes concentraciones y tiempos sobre *Epitrix* spp bajo condiciones de laboratorio; de acuerdo a los resultados obtenidos se encontró un promedio de 95% de mortandad (19 de 20 insectos evaluados murieron por la aplicación en promedio) hasta las 72 horas de aplicación con la dosis al 5% concluyéndose como la más efectiva, también se determinó que entre las 48 horas y 72 horas hubo un promedio de muerte en los tratamientos de 4.25% con un coeficiente de variabilidad (cv) de 26.31 %, donde se llegó a la conclusión que a las 72 horas hay mayor mortandad que a menor cantidad de horas. Además se encontró al utilizar la prueba Tukey, que al 5% de dosis resulta superior o más efectiva para la mortandad de insectos adultos (*Epitrix* spp.) frente a las demás dosis y al testigo.
2. Se determinó que las concentraciones letales medias (CL₅₀) a diferentes tiempos fueron; a las 06 horas 12.36%, a las 12 horas 10.25%, a las 24 horas 6.41%, a las 48 horas 4.49% y a las 72 horas 1.05% del extracto hidroalcohólico de *C. pubescens*.
3. Se determinó y se describió que la composición química del extracto de *Capsicum pubescens* R y P. según el cuadro número 16 concluye que los principios activos que se encuentran dentro del rocoto en mayor cantidad son: Los alcaloides (capsaicinoides), terpenos y flavonoides, estos son los que le otorgan la capacidad plaguicida al rocoto. La

capsaicina fue la molécula bioicida de mayor abundancia dentro del rocoto, siendo este un disuasorio, insecticida y repelente

4. Se determinó que los costos productivos para la elaboración del extracto hidroalcohólico de *Capsicum pubescens* R y P (4.5 Lt) a la dosis del 5% son necesarios S/ 330.00 (TRECIENTOS TREINTA SOLES) para una hectárea de papa en una aplicación.

VIII. SUGERENCIAS

- Para desarrollar programas de manejo integrado de plagas en el cultivo de papa y enfrentar los daños que causa *Epitrix* spp. se sugiere complementar como control natural el uso del extracto de rocoto al 5% en solución acuosa y no alcohol para facilitar el empleo y elaboración por el agricultor.
- Para trabajos a mayor escala se recomienda aplicar la concentración mencionada anteriormente considerando el grado de incidencia y severidad de *Epitrix* spp., tomando en cuenta el momento de aplicación (fenología, estadio del insecto, etc) y cantidad de aplicaciones, así mismo se podría buscar otra metodología de extracción diferente al de laboratorio que reduciría costos a una escala mayor.
- Se sugiere continuar con la elaboración de estudios investigativos similares al presente trabajo, con fin de analizar qué otros efectos pueden causar los extractos naturales en plagas de importancia socio-económica, cumpliendo con dar una alternativa al uso indiscriminado de productos químicos de síntesis.

IX. BIBLIOGRAFIA

- **Bekker, N., Ulchenko, N., & Glushenkova, A. (2001).** Physicochemical properties and composition of lipids from *Capsicum annuum* seeds. *Chemistry on natural compounds*, 37: 131-133.
- **Bravo, P. et al. (1986).** Pulgilla de la papa, biología,. *Boletín Técnico No 5*, 16.
- **Brechel, D. (2004).** Manejo Ecológico de plagas y enfermedades . Republica Dominicana: Fundación de Agricultura y Medio Ambiente.
- **Caballero, C. (2004).** Efectos de terpenoides naturales y hemisintéticos sobre "*Leptinotarsa Decemlineata* (Say)(Coleoptera:Chrysomelidae) y "*Spodoptera Exigüa* (Lepidoptera:Noctuidae). Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid Facultad De Ciencias Biológicas Departamento de Biología Vegetal I. ISBN: 84-669-2468-X .
- **Campillo N. (2012).** Introducción al análisis químico. Grado Bioquímica Curso 2011/12. Universidad de Murcia.
- **Cano, G. (2016).** Evaluación de Tres Extractos Vegetales para el Control de Plagas en el Cultivo de Frijol Arbustivo *Phaseolus vulgaris L.* Universidad de Manizales Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas. Manizales, Colombia.
- **Cañedo, V., & Kroschel, J. (2010).** Como vive la "pulguilla saltona o piqui piqui (Vol. Manejo Integrado de Plagas/Agroecología.). Hoja Divulgadora. Centro Internacional de la Papa.
- **Casida, J., & Quistad, G. (1998).** Edad de oro de la Investigación sobre Insecticidas: ¿Pasado, presente o futuro?. *Annual Review of Entomology* (Revista anual de Entomología), pag. 1-16.
- **Catalán, W. (2013).** "Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades en el Cultivo de papa". *Asistencia Técnica dirigida en "Manejo integrado de plagas y enfermedades en el cultivo de papa"*. (Agrobanco, Ed.) Cusco,

Perú: OAEPS. Recuperado el 10 de Febrero de 2021, de <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/032-c-papa.pdf>

- **Cázares, E., Ramírez, P., Castillo, F., Soto, M., Rodríguez, T., & Chávez, J. L. (2005).** Capsaicinoides y Preferencias de uso en Diferentes Morfotipos de Chile (*Capsicum annum* L.) del Centro oriente Yucatán. doi:ISSN: 1405-3195.
- **Claros, J. (2016).** “Bioinsecticidas de capsaicinoides y glucosinolatos en el control de los insectos plaga en las plantas de *Spartium junceum* L. (*Fabales: Leguminosae*) en el valle del Mantaro. Universidad Nacional del Centro del Peru. Escuela de posgrado. Unidad de posgrado de la Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente: Huancayo - Perú.
- **Costa, J., Nuez, F., & Gil, R. (1996).** *El cultivo de los pimientos, chiles y ajíes*. Madrid - España: Ediciones Mundi Prensa.
- **Domingo, D., & López-Brea, M. (2003).** Plantas con acción antimicrobiana. *Revista Española Quimioterapia*, 385-393: Madrid - España.
- **Duarte, D. (2009).** Determinación de la concentración de inhibición media (CE50) de cobre y níquel para e y níquel para la semilla lactuca sativ a la semilla lactuca sativa mediante ensa a mediante ensayos de toxicidad. Universidad de La Salle, Bogotá.
- **Estrada, B., Bernal, M., Díaz, J., Pomar, F., & Merino, F. (2000).** Fruit development in *Capsicum annum*: changes in capsaicin, lignin, free phenolics, and peroxidase patterns. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48.
- **FAEDER. (2016).** *Epitrix* spp. Pulgillas de la patata. En F. E. Rural. Gobierno de Aragón, España: Centro de Sanidad y Certificación Vegetal. Fondo Europeo Agrario de Desarrollo Rural
- **FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016).** Quinoa Manejo Integrado de Plagas, *Estrategias en el cultivo de la quinoa para fortalecer el sistema agroalimentario en la zona andina* (ISBN 978-92-5-309378-6 ed.).

- **Misti (2016)**. Cultivo del capsicum y su manejo en general: extraído de:
<https://es.scribd.com/doc/16619403/Capsicum-Annumm>
- **García, U. (1978)**. Insectos Dañinos a la Papa. En U. N. Molina. Departamento De Sanidad vegetal.
- **George, J., Bais, H., & Ravishankar, G. (2000)**. Biotechnological Production of Plant-Based Insecticides. *Critical Reviews in Biotechnology*, 49-77.
- **INDECOPI. (2016)**. Tema: Rocoto (*Capsicum pubescens*). Lima, Perú: Comisión Nacional contra la Biopiratería.
- **Iwai, I., Suzuki, T., & Fujiwake, H. (1979)**. Formation and accumulation of pungent principle of hot pepper fruits, capsaicin and its analogues, in *Capsicum annum*. *Agricultural and biological chemistry*, 2493-2498.
- **J.M. Navarro, P. F. (2006)**. Changes in the contents of antioxidant compounds in pepper fruits at different ripening stages, as affected by salinity. *Food chemistry*, 66-73.
- **Jannet, H., Skhiri, F., Mighri, Z., Simmonds, M., & Blaney, W. (2001)**. Antifeedant activity of plant extracts and of new natural diglyceride compounds isolated from *Ajuga pseudoiva* leaves against *Spodoptera littoralis* larvae. Monastir, Tunes: Ind. Crop. Prod.
- **Kidmose, U., Yang, R., Thilsted, S., Christensen, L., & Brandt, K. (2006)**. Content of carotenoids in commonly consumed asian vegetables and stability and extractability during frying. *Journal of food composition and analysis*, 562-571.
- **Koch, M., Arango, Y., Mock, H., & Heise, K. (2002)**. *Journal of plant physiology*, 159.
- **Koleva, L., Mitrev, S., Maksimova, V., & Spasov, D. (Agosto de 2012)**. Recuperado el 16 de Setiembre de 2021, de ResearchGate:
https://www.researchgate.net/publication/257582302_Content_of_capsaicin_extracted_from_hot_pepper_Capsicum_annuum_ssp_microcarpum_L_and_its_use_as_an_ecopesticide

- **Lee, J., Crosby, K., Pike, L., Yoo, K., & Leskovar, D. (2005).** Impact of genetic and environmental variation on development of flavonoids and carotenoids in pepper (*Capsicum* spp.). *Scientia horticulturae*, 106.
- **Leonard, S., Hardin, K., & Leklem, J. (2001).** Vitamin B-6 content of spices. *Journal of food composition and analysis*, 163-167.
- **López, J., Oruña, M., Simal, J., Vázquez, M., & González, M. (1996).** Chemical composition of padrón peppers (*Capsicum annuum* L.) Grown in Galicia (N.W. Spain). *Food Chemistry*, 57.
- **Lozada de Nue, C. (2009).** *Ficha técnica del rocoto*. Lima - Perú: Red peruana de alimentación y nutrición.
- **Luning, P., Ebbenhorstseller, T., Derijk, T., & Roozen, J. (1995).** Effect of hot-air drying on flavour compounds of bell peppers (*Capsicum annuum*). *Journal of the science of food and agriculture*, 355-365.
- **Luning, P., Rijk, T. D., Wichers, H., & Roozen, J. (1994).** Gas chromatography, mass spectrometry, and sniffing port analyses of volatile compounds of fresh bell peppers (*Capsicum annuum*) at different ripening stages. *Journal of agricultural* , 42.
- **Materska, et al. (2003).** Isolation and structure elucidation of flavonoid and phenolic acid glycosides from pericarp of hot pepper fruit *Capsicum annuum* L. *Phytochemistry*, 63.
- **Macías, P., & Sornoza, J. (2016).** Efecto de insecticida orgánico de ají (*Capsicum pubescens*) sobre el control de Trips (*Frankiniella occidentalis*) en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*). Manabí - Ecuador: Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión Chone.
- **Márkus, F., Dado, H., Kapitány, J., & Biacs, P. (1999).** Change in the carotenoid and antioxidant content of spice red pepper (paprika) as a function of ripening and some technological factors. *Journal of agricultural and food chemistry*, 100-107.
- **Moreno, J., López, G., & Siche, R. (2010).** “Modelación y optimización del proceso de extracción de aceite esencial de eucalipto” en la Universidad

Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Trujillo - Perú:
Scientia Agropecuaria.

- **Nava, E., García, C., Camacho, J., & Vázquez, E. (2012).** Bioplaguicidas: una Opción para el Control Biológico de Plagas. (R. Ximhai, Ed.)
Recuperado el 02 de Setiembre de 2021, de Redalyc.org:
<https://www.redalyc.org/pdf/461/46125177003.pdf>
- **Nee, M. (1986).** Flora de Veracruz: Solanaceae I. Mexico. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Xalapa. Recuperado de http://www1.inecol.edu.mx/publicaciones/resumeness/FLOVER/49-nee_1.pdf
- **Zúñiga, F. (2005).** Comparative study of carotenoid composition in three Mexican varieties of *Capsicum annum* L. FoodChemistry, 109-114.
- **Orlova, M. (2015).** *Epitrix* sp. papa n. (Coleoptera: Chrysomelidae: Galerucinae: Alticini), previously misidentified as *Epitrix similaris*, is a threat to potato production in Europe. *European Journal Entomology.*, 112.
- **Ormeño, M., & Rosales, R. (2008).** Control eficiente de la pulguilla de la papa (*Epitrix* spp.) con repelente a base de ruda (*Ruta graveolens* L.). *researchgate*, 4.
- **Osuna J., et al. (1998).** Endogenous levels of tocopherols and ascorbic acid during fruit ripening of new mexican-type chile (*Capsicum annum* l.) Cultivars. *Journal of agricultural and food chemistry*, 5093-5096.
- **Pardo J. (2002).** Patentabilidad de los extractos vegetales. extraído de: http://www.ub.edu/centrepatents/pdf/doc_dilluns_CP/pardo_patentesextr actosplantas.pdf
- **Pérez, G. (2002).** Estudio genético y fisiológico del crecimiento, rendimiento y calidad de fruto en chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P). México: Colegio de postgraduados.
- **Perochena, A. (2015).** “Extracción y cuantificación de Capsaicina de siete variedades de *Capsicum pubescens* “Rocoto” nativas de Arequipa.”. Arequipa - Perú: Univesidad Católica de Santa Maria.

- **Proyecto Sierra Exportadora (2013).** Perfil comercial del Rocoto. Lima - Perú: Presidencia Consejo de Ministros del Perú.
- **Quispe, V. (2014).** Efecto de la Cicuta (*Cuniun Maculatum*) para Reducir daños por *Epitrix* sp. en el Cultivo de papa en el Centro Poblado de Constancia - Angaraes. Acobamba - Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.
- **Regnault, C., Philogene, B., & Vincent, C. (2004).** Biopesticidas de origen vegetal. Madrid - España: Ediciones Mundi-Prensa.
- **Roque, J., & S., S. (2019).** Evaluación del Efecto de la Mezcla a Base de Rocoto (*Capsicum pubescensa* R&P) y un Insecticida Fosforado en la Disminución de la Pulguilla para Papa (*Epitrix* Spp. F). Pueblo Llano, Mérida - Venezuela: Instituto Universitario Politécnico "Santiago Mariño".
- **Sierra y Selva exportadora. (2019).** Análisis de mercado de Rocoto 2014-2018. Lima: Unidad de Inteligencia Comercial.
- **Silva, G. (2011).** Qué es y Cómo se Calcula la DL50 en Insecticidas. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/64648821/DL50>
- **Solís, L., Pino, J., Solis, J., Tomaylla, C., & Aragón, I. (2018).** Plantas y Aceites Esenciales Como Insecticidas. Una alternativa de manejo ecológico. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- **Tomaylla Cruz, C. (2016).** Composición química y efecto insecticida de los aceites esenciales de *Tanacetum vulgare* Linnaeus y *Mentha x piper* var. *Vulgaris* (Ehrh) Briq-sobre *Epitrix* spp. Cusco: UNSAAC.
- **Torres Limascca, M. E. (2018).** Tres Extractos de Plantas Biocidas en el Control de *Nysius* sp, *Liorhyssus hyalinus* y *Dagbertus* sp. *Chenopodium quinoa* cv. 'Pasankalla'. Arequipa - Perú.: Universidad Nacional San Agustin.
- **Trejo, J. (2013).** Insecticidas biológicos u orgánicos. Obtenido de: <https://es.slideshare.net/JorgeTrejoCanelo/insecticidas-biologicos-u-organicos>

- **Vela, A., & Quispe, A. (1988).** Plagas de los Cultivos de Papa y Maíz. Cajamarca - Perú.
- **Velásquez M. (2016).** “Experimentación con Fertilizantes Foliares Provenientes del Reciclaje de Resíduos Orgánicos en Ají Amarillo (*Capsicum baccatum* L.var pendulum) Aplicando Herramientas Participativas”. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- **Villavicencio B. (2016).** Caracterización Químico-Nutricional y Actividad Antioxidante de dos Muestras de *Capsicum pubescens* Provenientes de Villa Rica (Pasco). Universidad Peruana Cayetano Heredia
- **Waizel, J., & Morfín, R. (2011).** El género *Capsicum* spp. (“chile”). Una versión panorámica. Revista de Divulgación Científica y Tecnológica, 60(16): 67. .
- **Wheeler, D., & Isman, M. (2001).** Antifeedant and toxic activity of *Trichilia americana* extract against the larvae of *Spodoptera litura*. Entomologia Experimentalis et Applicata, 9-16. Obtenido de https://www.academia.edu/19001622/Antifeedant_and_toxic_activity_of_Trichilia_american_extract_against_the_larvae_of_Spodoptera_litura
- **Wink, M. (2000).** Interference of alkaloids with neuroreceptors and ion channels. *Bioactive Natural Products*, 3-4.
- **Yaranga, W. (2014).** Evaluación de Tres Extractos Vegetales para el Control Natural del Gusano Cogollero (*Spodoptera Frugiperda* J. Smith) en el Cultivo de Maíz Amiláceo (*Zea maíz* L.). Acobamba - Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.
- **Yazawa, Y., Suetome, N., Okamoto, K., & Namiki, T. (1989).** Content of capsaicinoids and capsaicinoids-like substances in fruit of pepper (*Capsicum annuum* L.) Hybrids Made With “Ch-19 Sweet” As A Parent. *Journal of the japanese society for horticultural science*, 58.
- **Zimmermann, M., & Schieberle, P. (2000).** Important odorants of sweet bell pepper . *European food research and technology*, 175-180.

ANEXOS

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Fotografía 01: Plantaciones de rocoto, distrito de Marcapata
campaña 2019



Fotografía 02: Producción de rocoto para su posterior preparación del extracto
hidroalcohólico



Fotografía 03: Selección del material vegetativo a emplear.



Fotografía 04: Secado de la placenta y pericarpio del fruto del rocoto.



Fotografía 05: Pesado del material seco molido.

Fotografía 06: Primer filtrado del macerado



Fotografía 07: Segundo filtrado de la mezcla



Fotografía 08: Homogenización de la mezcla hidroalcohólica



Fotografía 09: Evaporado específico en estufa.



Fotografía 10: Filtrado en rotavapor para su obtención final.



Fotografía 11: Colecta de individuos de *Epitrix* spp.



Fotografía 12: Captura de cientos de individuos de *Epitrix* spp.



Fotografía 13: Preparación de las dosis letales



Fotografía 14: Incorporación de las dosis preliminares en superficie de papel filtro



Fotografía 15: Incorporación de las dosis con los individuos de *Epitrix* spp.



Fotografía 16: Aplicación de las repeticiones para su posterior evaluación y análisis biocida

