

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA

**“EVALUACIÓN DE TRES EXTRACTOS VEGETALES EN DOS ESTADOS
INMADUROS DE PSÍLIDO DE LA PAPA (*Bactericera cockerelli*)”**

**DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO
REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERA AGRÓNOMA**

Nombre

JESSICA VERONICA CHIPANTIZA CUNALATA

Tutor

ING. AGR. JOSÉ HERNÁN ZURITA VASQUEZ, Mg.

Cevallos – Ecuador

2020

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

La suscrita, JESSICA VERONICA CHIPANTIZA CUNALATA, portadora de cédula de identidad número: 180497322-8, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: “EVALUACIÓN DE TRES EXTRACTOS VEGETALES EN DOS ESTADOS INMADUROS DE PSÍLIDO DE LA PAPA (*Bactericera cockerelli*)” es original, auténtico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mí sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.



.....
JESSICA VERONICA CHIPANTIZA CUNALATA

DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “EVALUACIÓN DE TRES EXTRACTOS VEGETALES EN DOS ESTADOS INMADUROS DE PSÍLIDO DE LA PAPA (*Bactericera cockerelli*)” como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniera Agrónoma en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

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

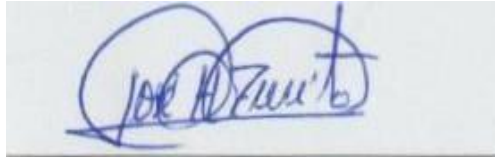
Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizó a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él.



.....
JESSICA VERONICA CHIPANTIZA CUNALATA

**EVALUACIÓN DE TRES EXTRACTOS VEGETALES EN DOS ESTADOS
INMADUROS DE PSÍLIDO DE LA PAPA (*Bactericera cockerelli*)**

REVISADO POR:



Ing. Mg. José Hernán Zurita Vásquez

TUTOR

APROBADO POR LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO



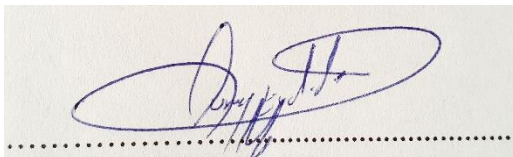
Firmado electrónicamente por:
MARCO OSWALDO
PEREZ SALINAS

FECHA

26 – Agosto - 2020

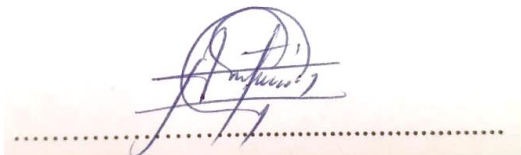
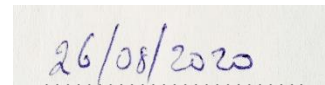
Ing. Mg. Marco Pérez Salinas

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN



Ing. Mg Segundo Curay Quispe

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN



Ing. Mg Alberto Gutiérrez Albán

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN



AGRADECIMIENTOS

Gracias Dios, tu amor, tus bendiciones derramadas sobre mí y por ser mi fiel amigo y estar presente en todas las decisiones que he tomado para ser mejor persona.

A mis padres Nelson Chipantiza y Olga Cunalata por ser mi pilar fundamental la razón para salir adelante y cumplir todas mis metas propuestas.

A mis hermanos Vilma, Alexandra y Daniel quienes están conmigo en las buenas y en las malas.

A la Universidad Técnica de Ambato, en especial a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y docentes quienes me brindaron sus conocimientos para llegar a ser una profesional.

Mis más sinceros agradecimientos a mi tutor de tesis Ing. Hernán Zurita Vásquez, quien, con su conocimiento, su guía, paciencia y consejos me ayudo para que pudiera desarrollar cada etapa de la investigación.

A la Dra. Marcia Buenaño, Jorge Toapanta y al Dr. Carlos Vásquez quienes me brindaron su apoyo incondicional y me tuvieron paciencia en todo el desarrollo de la investigación.

Jessica Veronica Chipantiza Cunalata

DEDICATORIA

A ti Dios por ser mi guía, por cuidarme y siempre estar presente en mi corazón dándome fuerzas para concluir mi carrera universitaria.

A mi padre Nelson Chipantiza desde el cielo a pesar de no estar físicamente conmigo sé que él siempre está cuidándome y guiando para alcanzar esta meta.

A mi madre Olga Cunalata por ser mi motor para seguir alcanzando mis metas y la mujer más maravillosa que a pesar de las dificultades siempre me ha estado apoyando.

A mis hermanos Vilma, Alexandra y Daniel quienes son mis confidentes y sobre todo me apoyan en todas las decisiones que he tomado en mi vida estudiantil.

A mis sobrinos Mateo y Sebastián que a pesar de sus travesuras e inocencia me brindan una fuerza especial para seguir adelante.

A Domingo y Edison los hermanos que la vida me dio, por ser personas que me brindaron su apoyo incondicional sin ningún interés a cambio.

A mis compañeros que a pesar de las circunstancias siempre estaban presentes en los buenos y malos momentos, a Jenny mi mejor amiga y confidente que siempre creyó en mí y me apoyo en toda mi carrera universitaria, Janeth y Geovanna mis amigas incondicionales.

Jessica Veronica Chipantiza Cunalata

ÍNDICE

CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II	3
MARCO TEÓRICO	3
1.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	3
1.2. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES O MARCO CONCEPTUAL	6
1.2.1. Variable independiente	6
☐ Extracto de ají (<i>Capsicum annuum</i>)	6
☐ Extracto de ortiga (<i>Urtica dioica</i>)	7
☐ Extracto de cabuya blanca (<i>Furcraea andina</i>)	7
1.2.2. Variable dependiente	8
☐ Psílido de la papa (<i>B. cockerelli</i>)	8
1.2.3. Unidad de análisis	11
☐ Cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>)	11
CAPÍTULO III	13
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	13
3.1. HIPÓTESIS	13
3.2. OBJETIVOS	13
3.2.1. Objetivo general	13
3.2.2. Objetivos específicos	13
CAPÍTULO IV	14
MATERIALES Y MÉTODOS	14
4.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO	14
4.2. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR	14
4.3. EQUIPOS Y MATERIALES	14
4.3.1. Equipos	14
4.3.2. Materiales	15
4.4. FACTORES EN ESTUDIO	15
4.4.1. Estados inmaduros	15

4.4.2.	Extractos vegetales	15
4.4.3.	Dosis de extractos vegetales.....	16
4.5.	TRATAMIENTOS	16
4.6.	DISEÑO EXPERIMENTAL	17
4.7.	MANEJO DEL EXPERIMENTO	17
4.7.1.	Obtención de estados inmaduros de psílido de la papa	18
4.7.2.	Obtención de los extractos vegetales	18
4.7.3.	Aplicación de los extractos vegetales	18
4.8.	VARIABLES RESPUESTA	19
4.8.1.	Efecto letal.....	19
4.8.2.	Efecto sub letal	19
4.9.	PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	19
CAPÍTULO V		20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		20
5.1.	Efecto letal de las dosis de extractos vegetales sobre la viabilidad de huevos y mortalidad de ninfas de <i>B. cockerelli</i>	20
5.2.	Efecto subletal de las dosis de extractos vegetales sobre la viabilidad de huevos y sobrevivencia de ninfas de <i>B. cockerelli</i>	25
CAPÍTULO VI		31
CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS		31
6.1.	CONCLUSIONES	31
6.2.	BIBLIOGRAFÍA	32
6.3.	ANEXOS	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tratamientos investigados estado inmaduro huevos y ninfas.....	16
Tabla 2. Efecto de mortalidad en huevos y ninfas de B. cockerelli a los diferentes tiempos de evaluación	20
Tabla 3 Efecto de los diferentes extractos vegetales después de la aplicación.....	21
Tabla 4. Efecto de la dosis después de la aplicación.	21
Tabla 5 Efecto con relación al Estadio * Extracto	22
Tabla 6 Efecto con relación al Estadios * Dosis	23

ÍNDICE DE ILUSTRACIÓN

Figura 1 Tasa de viabilidad de huevos (A) y sobrevivencia de ninfas (B) de B. cockerelli tratados con diferentes dosis del extracto de ají.	26
Figura 2 Tasa de viabilidad de huevos (A) y sobrevivencia de ninfas (B) de B. cockerelli tratados con diferentes dosis del extracto de ortiga.	27
Figura 3 Tasa de viabilidad de huevos (A) y sobrevivencia de ninfas (B) de B. cockerelli tratados con diferentes dosis del extracto de cabuya blanca.	29

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 Recolección de muestras infestadas de Bctericerca cockerelli	38
ANEXO 2 Recoleccion del material vegetal y obtención de extractos	39
ANEXO 3 Preparación del sustrato de cría de psílido de la papa.....	40
ANEXO 4 Contabilización de huevos y ninfas de psílido de la papa	40
ANEXO 5 Aplicación de los tres extractos vegetales con sus respectivas dosis	41

RESUMEN

Se evaluó el efecto de diferentes dosis de los extractos etanólicos de ají (*Capsicum annuum*), ortiga (*Urtica dioica*) y cabuya blanca (*Furcraea andina*) sobre la mortalidad y supervivencia de dos estados inmaduros de psílido de la papa, *Bactericera cockerelli* (Sulc). El ensayo fue realizado bajo condiciones *in vitro* en el Laboratorio de Suelos de Servicio al Público y de Microbiología Agrícola y Ambiental, Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato. Se evaluó el efecto letal en términos de la mortalidad de huevos y ninfas de cada extracto aplicados en dosis de 0,5, 1, 2 y 4% (p/v) (peso del soluto/volumen de la solución) las cuales fueron aplicadas por inmersión para el caso de los huevos, mientras que a las ninfas se aplicó por aspersión. Adicionalmente se midió el efecto subletal, basado en la longevidad de los individuos sobrevivientes, desde las 96 hasta las 192 h después de la aplicación. El ensayo fue conducido en un diseño completamente al azar (DCA) con un arreglo de tratamientos en Parcelas Divididas, con la parcela principal representada por los tres tipos de extractos y la subparcela la dosis. Los mejores resultados fueron obtenidos con la aplicación de los extractos de ají y ortiga a dosis de 1 y 4 % los cuales provocaron la mayor tasa de mortalidad y menor tasa de supervivencia en huevos y ninfas. Los extractos de ortiga y ají provocaron mortalidad de 31 y 25,7 % con dosis superiores al 1% a las 72 y 96 h en los dos estados inmaduros de *B. cockerelli*, los cuales fueron superiores que la mortalidad observada con el extracto de cabuya blanca (<15 %). Con relación al efecto subletal, con el extracto de ají se observó una respuesta lineal negativa, en la cual tanto la viabilidad de los huevos y la supervivencia de las ninfas fue decreciendo a medida que aumento la concentración, siendo el efecto más notorio en los huevos cuya viabilidad se redujo hasta 78,4 y 84,5 % con las concentraciones de 1 y 4 %, respectivamente al final del período de evaluación, mientras que la supervivencia de ninfas fue de 63 y 65 % con dosis del 1 y 4 %. Resultados similares fueron observados con el extracto de ortiga. Los resultados obtenidos permiten sugerir el uso de extractos de ají y ortiga para el manejo de poblaciones del psílido de la papa.

PALABRAS CLAVES: efecto letal, efecto sub letal, Dosis, Extractos vegetales

SUMMARY

The effect of different doses of ethanol extracts of chili pepper (*Capsicum annuum*), nettle (*Urtica dioica*) and white cabuya (*Furcraea andina*) were evaluated on mortality and survival of two immature stages of potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Sulc). Study was carried out under *in vitro* conditions in the Soil Laboratory of Public Service and Agricultural and Environmental Microbiology, Faculty of Agricultural Sciences of the Technical University of Ambato. The lethal effect was evaluated in relation to eggs and nymphs mortality caused by each plant extract applied in doses of 0.5, 1, 2 and 4% (w/v) (weight of solute / volume of solution) which were applied by immersion in the case of eggs, while which was applied to the nymphs by spraying. Additionally, the sublethal effect was measured, based on the longevity of the surviving individuals, from 96 to 192 h after application. The trial was conducted in a completely randomized design (CRD) with an arrangement of treatments in Divided Plots, with the main plot represented by the three types of extracts and the subplot the dose. The best results were obtained with the application of chili and nettle extracts at 1 and 4%, which caused the highest mortality rate and the lowest survival rate in eggs and nymphs. Nettle and chili extracts caused mortality of 31 and 25.7% with doses greater than 1% at 72 and 96 h in the two immature stages of *B. cockerelli*, which were higher than the mortality observed with white cabuya extract (<15%). In relation to the sublethal effect, the chili pepper extract showed a negative linear response in which both the viability of the eggs and the survival of the nymphs were decreasing as the concentration increased, being the most noticeable effect on the eggs whose viability was reduced to 78.4 and 84.5% with concentrations of 1 and 4%, respectively at the end of the evaluation period, while nymph survival was 63 and 65% with doses of 1 and 4%. Similar results were observed with nettle extract. The results obtained suggest the use of chili and nettle extracts for the management of potato psyllid populations.

KEY WORDS: lethal effect, sub lethal effect, Dose, Plant extracts

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El cultivo de papa es de suma importancia en el sector agrícola por su demanda y autoconsumo de la población ecuatoriana teniendo alrededor de 50.000 ha, cada hectárea rinde un promedio de 7.7 toneladas, dando como resultado anual una producción de 66.000 toneladas (**INEC 2012**) conforme a que la población va aumentando los agricultores intensifican la producción en zonas y temporadas no adecuadas para el cultivar (**FAO 2008**) por lo que propaga nuevas plagas y el uso indiscriminado de químicos que provoca severos daños a la población ecuatoriana (**Naranjo 2017**).

En este sentido el uso de sustancias biológicas activas presentes en los tejidos de las plantas ayudan en la prevención o control de insectos tales como ninfas y adultos (**Santamaría et.,al 2015**) las solanáceas están siendo afectadas por el psílido ya que al momento de alimentarse inyectan una saliva toxica produciendo un amarillamiento, encrespamiento de las hojas, necrosis del floema del tallo, las puntas de la hoja toma un color morado, falta de vigor en el nuevo follaje, tubérculos aéreos, senescencia prematura y muerte de la planta (**Jim 2010**) por lo que ha provocado pérdidas significativas en el rendimiento y calidad a nivel mundial (**INIAP 2013**).

Por tal motivo la búsqueda de nuevas alternativas de control fitosanitario dentro de una agricultura con menor impacto ambiental (**Celis et., al 2009**) Es decir las esencias y los extractos vegetales son utilizados como bactericidas, fungicidas, insecticidas, nematocidas, repelentes, aplicados en la medicina y en los cosméticos. Especies de plantas como ajo (*Allium sativum*), ají (*Capsicum frutescens*), higuera (*Ricinus comunis*), nim (*Azadirachta indica*) y paraíso (*Melia azedarach*) son materia prima de algunos productos comerciales (**Celis 2008**)

El efecto de psílido en las solanáceas es alto por su acción chupadora, que genera severas pérdidas económicas al agricultor. El INIAP en una exposición en Carchi menciona que

el lugar donde se detectó la infección fue en Bolívar en agosto del 2018. Donde realizaron monitoreo del lugar llegando a conocer que aproximadamente 132 hectáreas se encuentran afectadas, que las variedades afectadas son única, súper chola y pera (**Argenpapa 2018**). Por lo que en la actualidad se está considera como la plaga principal en las solanáceas (**Castellanos 2009**)

El estudio tuvo como objetivo evaluar tres extractos vegetales de ají, ortiga y cabuya blanca para el control de psílido de la papa en dos estado inmaduros; siendo los objetivos específicos el de determinar el extracto vegetal que controle los estados inmaduros de Psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*) Sulc, Establecer la mejor dosis de extracto vegetal que controle la Psílido de la papa (*B. cockerelli*) y determinar el tiempo de mortalidad de Psílido de la papa (*B. cockerelli*) con el uso de extractos vegetales.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

1.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

El uso indiscriminado de pesticidas, de igual manera las leyes de reglamentación de importación, han permitido el ingreso de variedades de papa o de otras solanáceas las mismas que han ayudado a la proliferación de plagas, especialmente en el cultivo de papa el psílido *B. cockerelli* provoca severas pérdidas económicas por lo que los investigadores están usando extractos vegetales de diversas especies de plantas.

Según Barrios *et al.* (2016) mencionó que *B. cockerelli*, produce pérdidas severas en los cultivos por lo que buscó enemigos naturales para controlar dicha plaga, evaluando tres variables: número de huevos, ninfas y adultos de *B. cockerelli*, obteniendo resultados para la variable número de huevos que el imidacloprid fue el mejor tratamiento presentando 1.34 huevos viables de 25 huevos por planta, al igual que para ninfas presentó 0.72 ninfas vivas por planta, mientras que para adultos el mejor tratamiento fue el extracto de ajo presentando 2.59 adultos vivos por planta.

Por otra parte, los extractos hexanólicos obtenidos con semillas de anona (*Annona muricata*) y nim (*Azadirachta indica*) mostraron el mejor efecto de mortalidad de ninfas de *B. cockerelli*, mediante el método de inmersión de hojas de chile, con una CL50 de 2,364 y 3,336 ppm, respectivamente (González *et al.* 2006).

Según Villegas *et al.* (2017) investigó nuevas alternativas para el control del psílido de la papa *B. cockerelli* usando los hongos entomopatógenos *Beauveria. Bassiana* aislando en cajas Petri 10 ninfas de *B. cockerelli* en hojas de chile, posteriormente las unidades experimentales fueron asperjadas con 2 ml de suspensiones de 10x3 a 10x8 conidias ml⁻¹ dando como resultado una mortalidad del 90 al 100% con la dosis más alta.

Según Tucuch *et al.* (2010) menciona los efectos tóxicos de spiromesife son visibles en todos los estadios de *B. cockerelli*, aislando en discos de hojas sanas de chile 20 huevos después se sumergió los discos de hojas infestadas en la concentración a evaluar de spiromesifen (0,001; 0,1; 1; 10; 100; 1000; 3000; y 10000 mg L⁻¹) durante 15s. Obteniendo resultados de hasta el 100% de inviabilidad de los huevos con la dosis más alta a las 72 horas después de la aplicación.

Luna *et al.* (2011), para evaluar la toxicidad de varios insecticidas como el neem, spinosad, imidacloprind y abamectina sobre *B. cockerelli* estableció dosis de 0,5, 0,75 y 1 mg L de ingrediente activo colocó en discos de hojas de jitomate 10 ninfas del 4 instar sumergiendo durante 10s y después dejando 10min que se escurara el exceso de solución, teniendo mortalidades desde las 24 horas después de la aplicación. Con la dosis más baja de imidacloprind la mortalidad fue del 4% por otra parte con las tres dosis de abamectina la mortalidad fue de hasta el 100%.

B. cockerelli, plaga importante de cultivos de jitomate, chile, papa, y tomatillo, el control para esta plaga es complicada porque su desarrollo y resistencia a los productos químicos son acelerados, se investigaron otros métodos de control por lo que el presente trabajo tuvo como objetivo determinar la mortalidad de ninfas de *B. cockerelli* con la aplicación de aceite de soya ocasionando una mortalidad en ninfas de segundo instar y tercer instar del 85,6% y en ninfas de cuarto y quinto instar de 90% (Lozada *et al.*, 2019).

De acuerdo con Cerna *et al.* (2018), el tiempo de incubación de los huevos de *B. cockerelli* varía de 5,5 a 7,25 días a 26 °C en plantas de pimiento, lo cual podría explicar la falta de efecto sobre su viabilidad a las 24 y 48 h después de haber sido tratados con los extractos de ají, ortiga y cabuya blanca puesto que probablemente este tiempo no fue suficiente para detener el desarrollo embrionario, mientras que ya a las 72 y 96 comenzó a evidenciarse un retraso ligero en el desarrollo

Flores *et al.* (2011). Investigó controles botánicos para el psílido de la papa, las ninfas fueron tratadas con extractos de *Annona muricata*, *Azadirachta indica* y *Carica papaya*.

A partir de las 72 horas con el extracto de *A. muricata* la mortalidad fue del 98 al 100% a concentraciones de 2,500 y 5,000 ppm, seguido del aceite de *A. indica* que causó una mortalidad del 91 al 100% con concentraciones de 2,000 y 2,500 ppm, llegando el investigador a concluir que el mejor extracto para combatir la *B. cockerelli* fue el de las semillas de *A. muricata*.

Para poder controlar las ninfas de *B. cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) se usó guanábana *Annona muricata* L. (Annonales: Annonaceae) a dosis de 2500-5000 mg/L. por lo que conoce que es un producto que causa mortalidades altas en insectos, llegando a comprobar una mortalidad de hasta el 95% (González & García 2012).

Por otra parte, según Beltrán *et al* (2015) demostró que el extracto etanólico de *H. longipes* posee una actividad insecticida del en ninfas de cuarto instar de *B. cockerelli*, se obtuvo una mortalidad de 100% a las 24 h a una concentración letal media de 234.09 ppm y a partir de concentraciones de 3000 ppm.

1.2. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES O MARCO CONCEPTUAL

El empleo de extractos vegetales para el control de plagas, enfermedades de una agricultura sostenible constituye una alternativa prometedora, debido a su efectividad, bajo costo y no ser contaminantes del ambiente (**Celis 2009**). Por esta razón en la actualidad han buscado alternativas usando productos de origen vegetal para controlar las plagas, que no son tóxicas para el medio ambiente (**Vasallo et al. 2017**).

1.2.1. Variable independiente

- **Extracto de ají (*Capsicum annuum*)**

Descripción

La capsaicina, se encuentra clasificada como un alcaloide (**Mejía 2013**), al ser aplicada sobre los insectos plaga, que se alimentan de las hojas, genera una sensación de ardor en todo su cuerpo; Como consecuencia de su aplicación los insectos dejan de alimentarse, dañar las plantas, además migran a otros lugares lo que confirma su efecto repelente (**AgroForum 2012**).

Mecanismo de acción

Después de la aplicación existe una sensación de ardor, picada Como consecuencia, disminuye la actividad de las neuronas sensitivas y bloquea la transmisión del dolor. (**Flores et al. 2012**).

- **Extracto de ortiga (*Urtica dioica*)**

Descripción

El extracto de ortiga es considerado como un insecticida, fungicida, estimulante, y acaricida por tener presente en su estructura sílice, el extracto de ortiga es usado como preventivo frente a hongos (**El huerto 2013**) la ortiga además de sus beneficios como bio fungicida e insecticida también tiene hormonas para ayudar el crecimiento, enraizamiento y floración (**Semic sf**).

Mecanismo de acción

La planta contiene taninos especialmente en la raíz y minerales como nitrógeno, potasio, hierro, calcio, azufre, magnesio, aluminio que se encuentran especialmente en las hojas. Es usado como abono nitrogenado y como insecticida. Insecticida/Fungicida:La aplicación del extracto de ortiga tiene muchas propiedades beneficiosas para el huerto: es un insecticida natural, eficaz contra pulgones, moscas blancas, etc., fortalece la capacidad de defensa de las plantas (previniendo enfermedades y afecciones) y estimula el crecimiento de las mismas (**Porcura 2010**).

- **Extracto de cabuya blanca (*Furcraea andina*)**

Descripción

Esta densamente poblada de hojas de color verde que está constituida por fibra que representa el 4% del peso de la hoja, los residual del peso de extracción constituyen el 96%, siendo el jugo en donde encontramos clorofila, carotenoides, saponinas, azucares, lignina, resinas, flavonoides agua, lignina, lipoides, fosforo, alquitranes y calcio debido a su composición tiene mucha ayuda en la agricultura ya que varios estudios demuestran que es una planta que tiene efectos fungicidas- insecticidas (**Baldeón 2013**).

Mecanismo de acción

Ocasionan problemas en el aparato digestivo por la fase jabonosa que se produce al mesclar con agua, rompiendo las fuerzas de tensión que intervienen en el mecanismo de la digestión (**Hernández & Hermosillo 2014**).

1.2.2. Variable dependiente

- **Psílido de la papa (*B. cockerelli*).**

El psílido de la papa afecta a la producción de todas las solanáceas. Este insecto chupador, *B. cockerelli*, las ninfas cuando se alimentan transmiten el fitoplasma por medio de la sabia causando amarillamiento, debilidad y sobre todo bajando la calidad y el rendimiento en la cosecha (**Seminis 2017**).

- **Taxonomía**

Clasificación taxonómica

Reino	Animal
Phylum	Artrópoda
Clase	Insecta
Orden	Homóptera
Familia	Psyllidae, Chermidae
Género	Bactericera (Paratrioza)
Especie	Cockerelli

(MARN-IABIN 2001)

- **Ciclo biológico**

Huevos

De forma ovoide, presenta un color amarillo anaranjado brillante, en un extremo tiene un pequeño flagelo que le ayuda a adherirse a la hoja, en este estado dura de 3 a 9 días (**Figuroa 2015**).

Estados ninfales

Presenta cinco estadios mientras el tiempo pasa se notan las diferencias y se puede apreciar de mejor manera a las ninfas (**Licona 2009**).

Primer instar. Varía de 1 a 6 días. Las ninfas presentan una coloración anaranjada, ojos notorios tanto en vista dorsal como ventral (**Licona 2009**).

Segundo instar. Varía de 1 a 2 días. La cabeza, el tórax y el abdomen se pueden diferenciar, presenta un color verde amarillento y el par de alas son visibles (**Licona 2009**).

Tercer instar. Varía de 2 a 3 días. Se puede diferenciar de mejor manera la cabeza, tórax y abdomen, el par de alas son más notorios y visibles y el abdomen comienza a tomar un color amarillo (**Licona 2009**).

Cuarto instar. Varía de 3 a 4 días. Los paquetes alares están bien definidos (**Licona 2009**).

Quinto instar. Varía de 1 a 2 días. La antena se encuentra marcadas en la parte media de la cabeza y las alas sobresalen del resto del cuerpo (**Licona 2009**).

Adulto. Es inactivo de color verde amarillento, las alas son blanca pero después de 3 a 4 horas se tornan transparentes. El color del cuerpo cambia de color ligeramente de un color ambar a café oscuro o negro (**Figueroa 2015**).

- **Síntomas**

Presenta tres etapas: huevos, ninfa y adulto, pero en las dos últimas etapas es donde causan daño, ya que la ninfa al momento de alimentarse inyecta el fitoplasma ocasionando daños fisiológicos afectando al desarrollo y rendimiento, los síntomas son similares al ataque de hongos y plagas que en ocasiones han llegado a confundirse los expertos (**MAG 2010**).

- **Daños que ocasiona**

Directos

Las ninfas al inyectar la toxina a la planta ocasionan amarillamiento, deformaciones en las hojas, provoca la senescencia prematura y favorece a que los hongos puedan atacar con facilidad a la planta. Por esta razón existe una disminución significativa del rendimiento.

Indirectos

El fitoplasma inyectado por las ninfas causan un desarrollo anormal de la planta, los primeros síntomas pueden ser confundidos con otras enfermedades (**Intagri 2001**) ya que suelen ser similares a *Rhizoctonia*, *Fusarium* y *Verticillium* por el ataque a los vasos conductores de la planta provocando clorosis en los bordes, enrollamiento de las hojas y sobre todo deteniendo el crecimiento y desarrollo normal de la planta (**Covarubia 2006**).

1.2.3. Unidad de análisis

- **Cultivo de papa (*Solanum tuberosum*)**

La papa es originaria de Perú y Bolivia, cercano al Lago Titicaca, en Ecuador, Guatemala y Chile se encuentran diversidad de especies silvestre de papa (**Cortez & Hurtado 2002**).

- **Taxonomía**

INFORMACIÓN TAXONÓMICA

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Genero	<i>Solanum</i> L.g
Especie	<i>Solanum tuberosum</i> L.

(SIOVM sf)

Pertenece a la familia *Solanaceae*, cuyo nombre científico es *Solanum tuberosum*. Es una planta herbácea, vivaz, dicotiledónea, provista de un sistema aéreo y otro subterráneo de naturaleza rizomatosa del cual se originan los tubérculos.

- **Morfología de la papa**

Raíces: son fibrosas, muy ramificadas, finas y largas. Las raíces tienen un débil poder de penetración y sólo adquieren un buen desarrollo en un suelo mullido.

Tallos: son aéreos, gruesos, fuertes y angulosos, siendo al principio erguido y con el tiempo se van extendiendo hacia el suelo. Los tallos se originan en la yema del tubérculo, siendo su altura variable entre 0.5 y 1 metro. Son de color verde pardo debido a los

pigmentos antociámicos asociados a la clorofila, estando presentes en todo el tallo.

Rizomas: son tallos subterráneos de los que surgen las raíces adventicias. Los rizomas producen unos hinchamientos denominados tubérculos, siendo éstos ovales o redondeados.

Tubérculos: son los órganos comestibles de la patata. Están formados por tejido parenquimático, donde se acumulan las reservas de almidón. En las axilas del tubérculo se sitúan las yemas de crecimiento llamadas “ojos”, dispuestas en espiral sobre la superficie del tubérculo.

Hojas: son compuestas, imparpinnadas y con foliolos primarios, secundarios e intercalares. La nerviación de las hojas es reticulada, con una densidad mayor en los nervios y en los bordes del limbo.

Inflorescencias: están situadas en la extremidad del tallo y sostenidas por un escapo floral. Es una planta autómata, siendo su andro esterilidad muy frecuente, a causa del aborto de los estambres o del polen según las condiciones climáticas. Las flores tienen la corola rotácea gamopétala de color blanco, rosado, violeta, etc.

Frutos: en forma de baya redondeada de color verde de 1 a 3 cm de diámetro, que se tornan amarillos al madurar (**MAG 2018**).

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1. HIPÓTESIS

Las aplicaciones de los extractos vegetales controlan el psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*) en dos estados inmaduros.

3.2. OBJETIVOS

3.2.1. Objetivo general

- Evaluar tres extractos vegetales en dos estados inmaduros de psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*)

3.2.2. Objetivos específicos

- Determinar el extracto vegetal que controle los estados inmaduros de Psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*)
- Establecer la mejor dosis de extracto vegetal que controle la Psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*)
- Determinar el tiempo de mortalidad de Psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*) con el uso de extractos vegetales.

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

Esta investigación se realizó en la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias en los Laboratorios de Suelos de Servicio al Público y de Entomología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, en el Cantón Cevallos, provincia de Tungurahua.

4.2. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

Para el experimento se trabajó en los Laboratorios de Suelos de Servicio al Público y de Entomología en el Centro de Investigación Agropecuarias que está situado a una altura de 2865 msnm en las coordenadas geográficas 01° 22' 02'' de Latitud Sur 78° 36' 20' de Longitud Oeste. En el cantón Cevallos. (INAMHI, Estación meteorológica de primer Orden Querochaca, 2017). Teniendo una temperatura media de 13.2 ° C. Precipitaciones promedios de 603 mm (INHAMI 2019).

4.3. EQUIPOS Y MATERIALES

4.3.1. Equipos

- Estereoscopio
- Estufa
- Rota vapor
- Molino

4.3.2. Materiales

- Material vegetal de
 - Ají
 - Ortiga
 - Cabuya blanca
- Bolsas de papel
- Cajas Petri
- Esponja de poliuretano (esponja)
- Agua destilada
- Tijeras
- Algodón
- Frascos estériles de plástico
- Frascos estériles de vidrio ambar
- Etanol

4.4. FACTORES EN ESTUDIO

4.4.1. Estados inmaduros

E1 = Huevos

E2 = Ninfas

4.4.2. Extractos vegetales

X1 = Aji (*Capsicum annuum*)

X2 = Ortiga (*Urtica dioica*)

X3 = Cabuya blanca (*Furcraea andina*)

4.4.3. Dosis de extractos vegetales

D1 = 0,0%

D2 = 0,5%

D3 = 1,0%

D4 = 2,0 %

D5 = 4,0%

4.5. TRATAMIENTOS

Los tratamientos que resultaron de la combinación de los factores en estudio se mostraran en la tabla 1.

Tabla 1 Tratamientos investigados estado inmaduro huevos y ninfas.

No	TRATAMIENTO	DESCRIPCION	DOSIS
1	E1X1D1	Huevos + Agua destilada	0%
2	E1X1D2	Huevos + Ext, Ají	0,5%
3	E1X1D3	Huevos + Ext, Ají	1,0%
4	E1X1D4	Huevos + Ext, Ají	2,0%
5	E1X1D5	Huevos + Ext, Ají	4,0%
6	E1X2D1	Huevos + Agua destilada	0%
7	E1X2D2	Huevos + Ext, Ortiga	0,5%
8	E1X2D3	Huevos + Ext, Ortiga	1,0%
9	E1X2D4	Huevos + Ext, Ortiga	2,0%
10	E1X2D5	Huevos + Ext, Ortiga	4,0%
11	E1X3D1	Huevos + Agua destilada	0%
12	E1X3D2	Huevos + Ext, Cabuya blanca	0,5%
13	E1X3D3	Huevos + Ext, Cabuya blanca	1,0%
14	E1X3D4	Huevos + Ext, Cabuya blanca	2,0%
15	E1X3D5	Huevos + Ext, Cabuya blanca	4,0%
16	E2X1D1	Ninfas + Agua destilada	0%

17	E2X1D2	Ninfas + Ext, Ají	0,5 %
18	E2X1D3	Ninfas + Ext, Ají	1,0%
19	E2X1D4	Ninfas + Ext, Ají	2,0%
20	E2X1D5	Ninfas + Ext, Ají	4,0%
21	E2X2D1	Ninfas + Agua destilada	0%
22	E2X2D2	Ninfas + Ext, Ortiga	0,5%
23	E2X2D3	Ninfas + Ext, Ortiga	1,0%
24	E2X2D4	Ninfas + Ext, Ortiga	2,0%
25	E2X2D5	Ninfas + Ext, Ortiga	4,0%
26	E2X3D1	Ninfas + Agua destilada	0%
27	E2X3D2	Ninfas + Ext, Cabuya blanca	0,5%
28	E2X3D3	Ninfas + Ext, Cabuya blanca	1,0%
29	E2X3D4	Ninfas + Ext, Cabuya blanca	2,0%
30	E2X3D5	Ninfas + Ext, Cabuya blanca	4,0%

4.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un Diseño en parcela dividida distribuida en bloques al azar siendo la parcela principal el estado inmaduro y las subparcelas los extractos y dosis.

4.7. MANEJO DEL EXPERIMENTO

Se obtuvo muestras de hojas de papa infestadas con psílido de la papa (Huevos y ninfas) del sector de Samanga, propiedad del sr Aníbal Pérez, las cuales se cubrieron con papel absorbente y se colocaron en fundas ziploc para ser trasladadas al laboratorio.

4.7.1. Obtención de estados inmaduros de psílido de la papa

Para determinar la acción de los extractos vegetales como ovicida se contabilizó diez huevos de psílido de la papa, en hojas de papa las cuales se sumergieron por 20 segundos en los extractos de acuerdo a los tratamientos, la misma se colocó sobre la caja Petri con esponja, su respectiva hoja de papa y a su borde con algodón humedecido, con la finalidad de conservar y mantener húmeda la hoja hasta tomar los datos.

Para determinar la acción de los extractos vegetales en ninfas de psílido de la papa se contabilizó diez ninfas en hojas de papa, colocando en cajas Petri con esponja y algodón para evitar la deshidratación de las hojas y se procedió a aplicar los tratamientos por pulverización utilizando un atomizador rociando de una manera uniforme los extractos de acuerdo a los tratamientos.

4.7.2. Obtención de los extractos vegetales

Los extractos se obtuvieron en el laboratorio de Suelos y Termoquímica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, para lo cual se utilizó cloroformo y hexano según **(Cabello & Belloso 2009)**.

- 1) La muestra se trituro en un molino Fristch con una malla de 0,5 mm.
- 2) Se elaboró cartuchos de papel filtro con 300 g. de muestra para ser colocados en el extractor Goldfish
- 3) Se sometió a reflujo por 24 horas con a una temperatura de 90 °C.
- 4) Del extracto obtenido se preparó las concentraciones para los diferentes tratamientos de acuerdo a los gramos de muestra utilizados.

4.7.3. Aplicación de los extractos vegetales

Para el estado inmaduro de huevo se lo realizó por inmersión después se dejó durante 5min sobre papel absorbente escurrir el exceso de extracto vegetal y para las ninfas de psílido de la papa se realizó por aspersion de acuerdo a las dosis y tratamientos finalmente

se colocó en cajas Petri los discos de hojas sobre una esponja para mantener húmeda la hoja y tomar los datos.

4.8. VARIABLES RESPUESTA

4.8.1. Efecto letal

4.8.1.1. Mortalidad

También conocido como efecto knock-down. Para ello, se contabilizó el número de huevos y/o ninfas muertas en un tiempo de 24, 48, 72 y 96 horas después de la aplicación de las diferentes dosis de los extractos y concentraciones usadas.

4.8.2. Efecto sub letal

4.8.2.1. Tiempo de incubación

Se define como el tiempo transcurrido desde el momento de la ovoposición hasta la eclosión del primer instar ninfal (N1).

4.8.2.2. Longevidad

Se determinó como el número de días que sobrevivió una ninfa posterior a la aplicación de las diferentes dosis de los extractos y concentraciones usadas.

4.9. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Los estados de mortalidad en los dos estados inmaduros de la psílido de la papa fueron tabulados usando el programa Excel para graficar la evolución a lo largo del estudio adicionalmente se usó el programa estadístico Probit para determinar el efecto de los extractos en cada tratamiento.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Efecto letal de las dosis de extractos vegetales sobre la viabilidad de huevos y mortalidad de ninfas de *B. cockerelli*

Con relación a los estados inmaduros se observó una diferencia significativa a las 72 h después de la aplicación, donde se obtuvo una media de 22,1 y 14,9 % en el estado de huevo y ninfas, respectivamente, mientras que a las 24, 48 y 96 no se observaron diferencias en la mortalidad de las dos fases de desarrollo (Tabla 2).

Tabla 2. Efecto de mortalidad en huevos y ninfas de *B. cockerelli* a los diferentes tiempos de evaluación

VARIABLE	HUEVOS	NINFAS	E.E	C.V	P. VALOR
24	0,49 a	0,49 a	0,05	10,07	>0.999
48	0,91 a	0,82 a	0,08	13,69	0,5286
72	2,21 a	1,49 b	0,09	18,51	0,0258
96	2,69 a	2,09 a	0,12	23,65	0,0701

Valores promedio en una fila seguidos de la misma letra no mostraron diferencias significativas según Tukey ($p < 0,05$).

Con respecto a los extractos, se observó mayor efecto de los extractos de ortiga y ají a las 72 y 96 h después de la aplicación, el cual provocó tasas de mortalidad de 31 y 25,7 %, respectivamente, lo cual fue superior al efecto producido por la aplicación de extracto de cabuya blanca que provocó mortalidad menor al 15 % en el mismo tiempo de evaluación (Tabla 3). Mientras que a las 24 y 48 h después de la aplicación de los extractos no se observó ninguna diferencia entre los extractos.

Tabla 3 Efecto de los diferentes extractos vegetales después de la aplicación.

VARIABLE	EXTRACTO			E.E	C.V	P VALOR
	AJÍ	ORTIGA	CABUYA BLANCA			
24	0,43 a	0,67 a	0,37 a	0,17	10,01	0,4439
48	0,87 a	0,93 a	0,80 a	0,21	12,85	0,9079
72	2,07 a	2,33 a	1,20 b	0,22	15,14	<0,0017
96	2,57 a	3,10 a	1,50 b	0,27	19,69	0,0004

Valores promedio en una fila seguidos de la misma letra no mostraron diferencias significativas según Tukey ($p<0,05$).

Con relación a la dosis, se observó un ligero incremento en la tasa de mortalidad con el aumento de las dosis y el tiempo de exposición al extracto (Tabla 4). En general, la mayor mortalidad ocurrió con las dosis mayores al 1 %, lo cual fue más evidente después de las 72 h de aplicación. Así, la mortalidad varió desde entre 23,9 y 26,7 % con la aplicación de dosis de 4 y 1 % a las 72 h, mientras que a las 96 h esta varió desde 25,6 y 31,1 %, con las dosis de 2 y 1 %, respectivamente.

Tabla 4. Efecto de la dosis después de la aplicación.

VARIABLE	DOSIS					E.E	C.V	P VALOR
	0	0,5	1	2	4			
24	0,17 a	0,44 a	0,78 a	0,50 a	0,56 a	0,22	10,01	0,4335
48	0,22 b	0,67 ab	1,30 a	0,78 ab	1,33 ab	0,28	12,85	0,0260
72	0,78 b	1,78 ab	2,67 a	1,72 ab	2,39 a	0,29	15,14	0,0002
96	1,11 b	2,44 ab	3,11 a	2,56 a	2,72 a	0,35	19,69	0,0022

Valores promedio en una fila seguidos de la misma letra no mostraron diferencias significativas según Tukey ($p<0,05$).

Cuando se analizó el efecto del extracto sobre el estadio de desarrollo se observó mayor efecto sobre la fase de huevo que en fase de ninfa, el cual se fue haciendo más evidente a medida que aumentó el tiempo de exposición (de 24 a 96 h) (Tabla 5). A las 24 h, la mortalidad en huevos fue del 8,9 % con el extracto de ortiga mientras que con los extractos de ají y cabuya blanca se observaron tasas de 3,9 y 1,9 %. A las 96 estos valores alcanzaron 31,2; 21,2 y 19,2 %, respectivamente. Con relación al efecto sobre las ninfas, a las 24 h, la tasa de mortalidad varió desde 0,9 hasta 7,9 % con el uso de extractos de ortiga y cabuya blanca, respectivamente, mientras que a las 96 h provocaron tasas de mortalidad de 16,6 y 28,6 %, respectivamente.

Tabla 5 Efecto con relación al Estadio * Extracto

TRATAMIENTOS	24 H	48 H	72 H	96 H
H.O	0.89 a	1,16 a	2,24 a	3,12 a
N.C	0,79 ab	1,04 a	2,22 a	2,86 a
N.A	0,59 abc	0,98 a	1,89 a	2,66 a
H,A	0,39 abc	0,76 a	1,84 a	2,12 a
H,C	0,19 bc	0,69 a	1,51 a	1,92 a
N.O	0,09 c	0,58 a	1,49 a	1,66 a
E.E	0,16	0,21	0,28	0,33
C.V	9,02	12,76	19,31	23,81
P VALOR	0,0070	0,254	0,1951	0,0274

Valores promedio en columna seguidos de la misma letra no mostraron diferencias significativas según Tukey ($p < 0,05$).

Con relación al efecto observado entre los estadios y la dosis se encontró alta variabilidad de la respuesta, observándose diferencias significativas solo en las evaluaciones hechas a las 48 h, en el cual varió desde 4,9 al 16 % en huevos y desde 1,3 hasta 12,4 % en ninfas (Tabla 6).

Tabla 6 Efecto con relación al Estadios * Dosis

TRATAMIENTOS	24 H	48 H	72 H	96 H
H 4,0	0,71 a	1,60 a	2,32 a	2,92 a
N 2,0	0,66 a	1,24 ab	2,19 a	2,69 a
N 0,0	0,66 a	1,02 ab	2,24 a	2,69 a
H 1,0	0,60 a	0,82 ab	2,04 a	2,42 a
N 0,5	0,49 a	1,02 ab	1,80 a	2,36 a
H 0,5	0,49 a	0,71 ab	1,93 a	2,42 a
N 1,0	0,38 a	0,91 ab	1,69 a	2,36 a
H 2,0	0,32 a	0,49 ab	1,54 a	2,09 a
H 0,0	0,32 a	0,71 ab	1,49 a	2,09 a
N 4,0	0,27 a	0,13 b	1,49 a	8,14
E.E	0,20	0,27	0,37	0,43
C.V	9,02	12,76	19,13	23,81
P VALOR	0,5825	0,0557	0,4621	0,6360

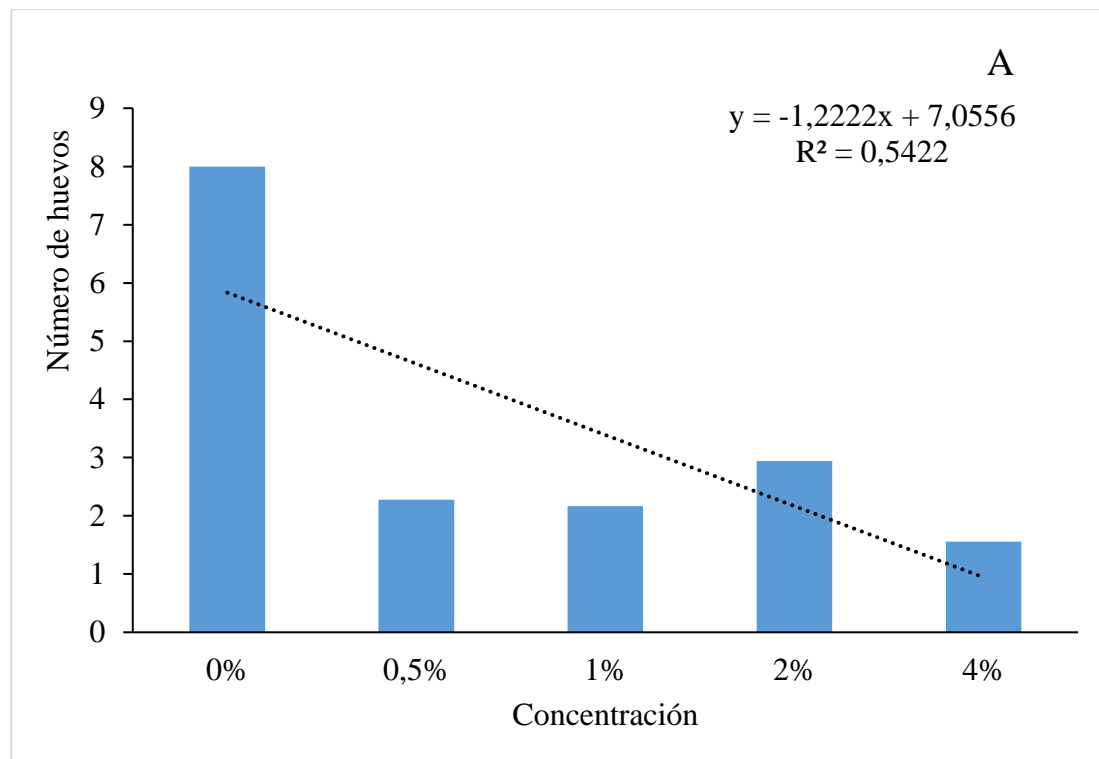
Valores promedio en columna seguidos de la misma letra no mostraron diferencias significativas según Tukey ($p < 0,05$).

La alta variabilidad en la respuesta con relación al efecto de la dosis sobre los estadios de *B. cockerelli* pudiera ser explicada considerando que esta especie ha sido recientemente introducida en el país, lo cual pudiera generar variabilidad genética de la población en estudio puesto que se desconoce el origen de sus poblaciones. Estudios previos han demostrado que las especies invasoras experimentan cambios evolutivos rápidos, lo cual favorece su potencial evolutivo y su capacidad para adaptarse a su nuevo entorno, lo cual resulta una ventaja competitiva que asegura el éxito en la invasión (**Xu et al. 2015**). Estudios previos han demostrado que existen altos niveles de diferenciación genética entre las poblaciones invasivas de *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) derivada del alto flujo de genes entre las poblaciones estudiadas, lo cual se correlacionó con las distancias genéticas y geográficas (**Wang et al. 2017**).

Hasta la fecha existen pocos estudios que evalúen el efecto de los extractos vegetales en el control del psílido de la papa, *B. cockerelli*, siendo los resultados mostrados en esta investigación los primeros que determina la efectividad de los extractos etanólicos de frutos de ají, plantas de ortiga y hojas de cabuya blanca. Similar a los resultados obtenidos en la presente investigación, Granados *et al.* (2015) observaron diferentes respuestas de acuerdo con la especie vegetal utilizada, variando desde 12,2 a 72,5 % con extracto etanólico de *Taraxacum officinale* hasta valores mayores 47,5 hasta 82,5 % con extracto de *Ambrosia artemisiifolia*. Flores *et al* (2011) evaluaron nueve tipos de extractos sobre la mortalidad de ninfas de *B. cockerelli*, pero solo los extractos de semillas de *Aonmma muricata* y *Azadirachta indica* provocaron el 100% de mortalidad cuando fueron aplicados en dosis de 2.500 ppm, de los cuales el extracto de *A. muricata* que controló en 24 h. Con el resto de los extractos (semillas de *Carica papaya*, hojas de *Sapinda saponaria* y hojas de *A. muricata*) también mostraron un buen control, pero a concentraciones relativamente altas (10,000 ppm) 72 horas después del tratamiento, el resto de los extractos fueron menos efectivos por lo que no parecen ser útiles en el manejo de esta plaga.

5.2. Efecto subletal de las dosis de extractos vegetales sobre la viabilidad de huevos y sobrevivencia de ninfas de *B. cockerelli*

El efecto subletal fue medido como la tasa de viabilidad de huevos y el número de ninfas sobrevivientes después de las 96 h de aplicación de los extractos y se detectó que estos parámetros también fueron afectados por el extracto y la dosis de cada extracto (Figs. 4 - 6). Con el extracto de ají se observó una respuesta lineal negativa, lo que significa que tanto la viabilidad de los huevos y la supervivencia de las ninfas fue decreciendo a medida que aumento la concentración, siendo el efecto más notorio en los huevos cuya viabilidad se redujo hasta 78,4 y 84,5 % con las concentraciones de 1 y 4 %, respectivamente al final del período de evaluación, mientras que la sobrevivencia de ninfas con dosis de 1 y 4% fue de 63 y 65 % (Fig. 4A y B)



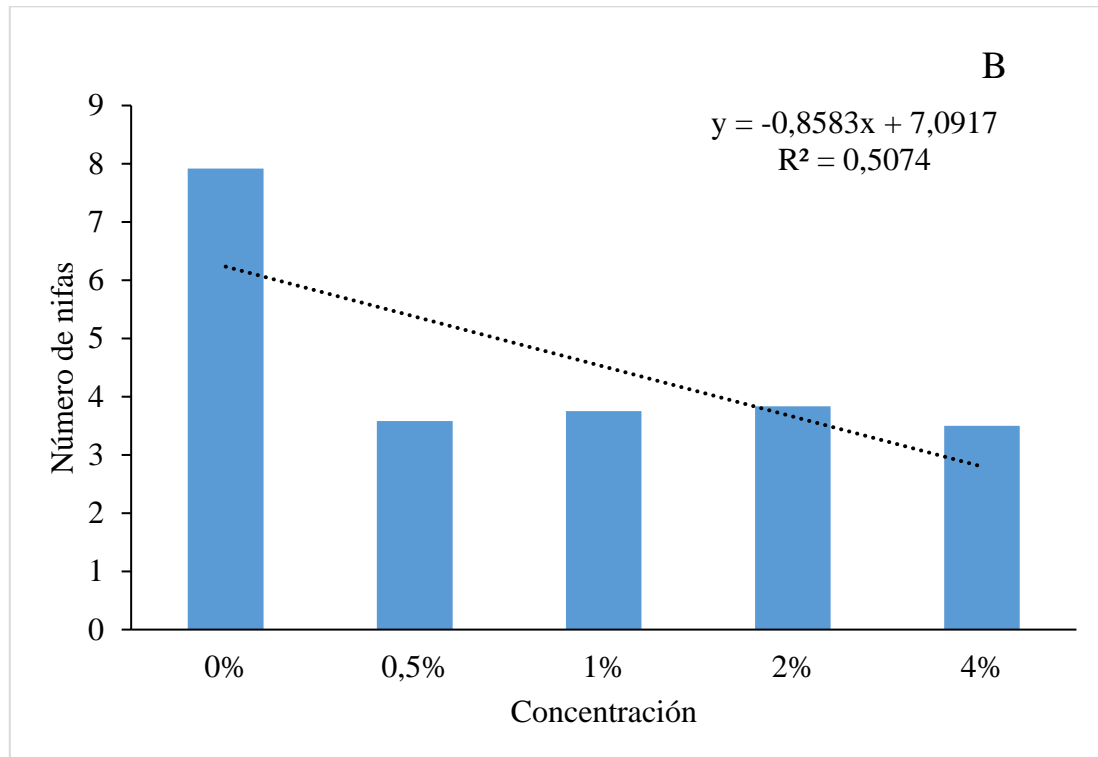


Figura 1 Tasa de viabilidad de huevos (A) y sobrevivencia de ninfas (B) de *B. cockerelli* tratados con diferentes dosis del extracto de ají.

Similarmente, la aplicación del extracto de ortiga también fue más efectivo en el control de la viabilidad de los huevos con relación al control de las ninfas (Figs. 5A y B). En el caso de los huevos se observó una respuesta lineal negativa en la cual la viabilidad se redujo desde 47,2 hasta 72,6 % con la aplicación de dosis 0,5 y 4%. Por lo contrario, la supervivencia de las ninfas mostró una tendencia cuadrática, donde el menor valor fue alcanzado con la dosis 1 % que provocó 60,2 % de disminución, después de este valor, la supervivencia tendió a incrementar.

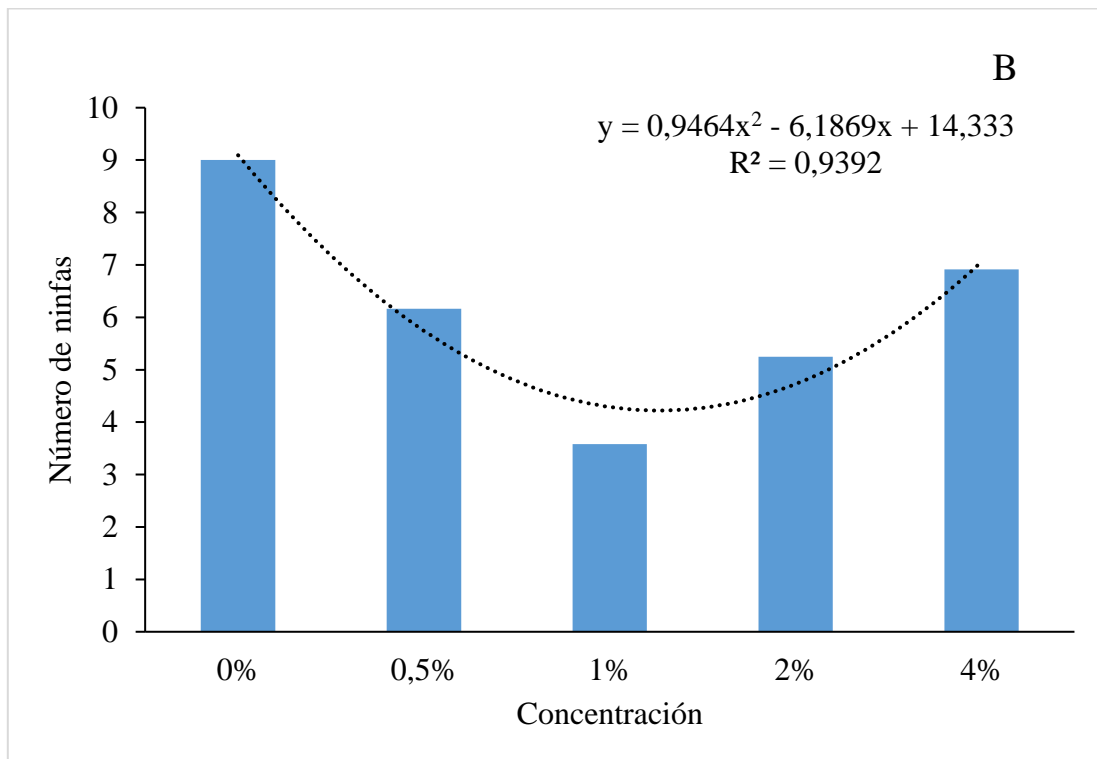
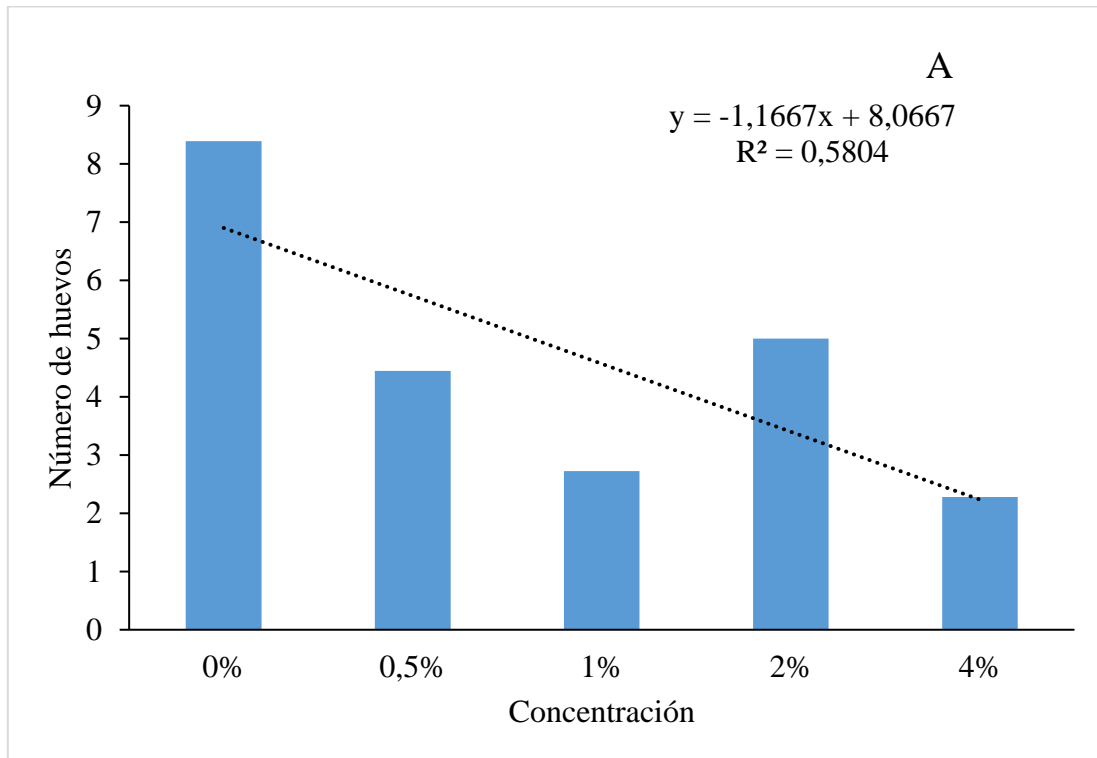
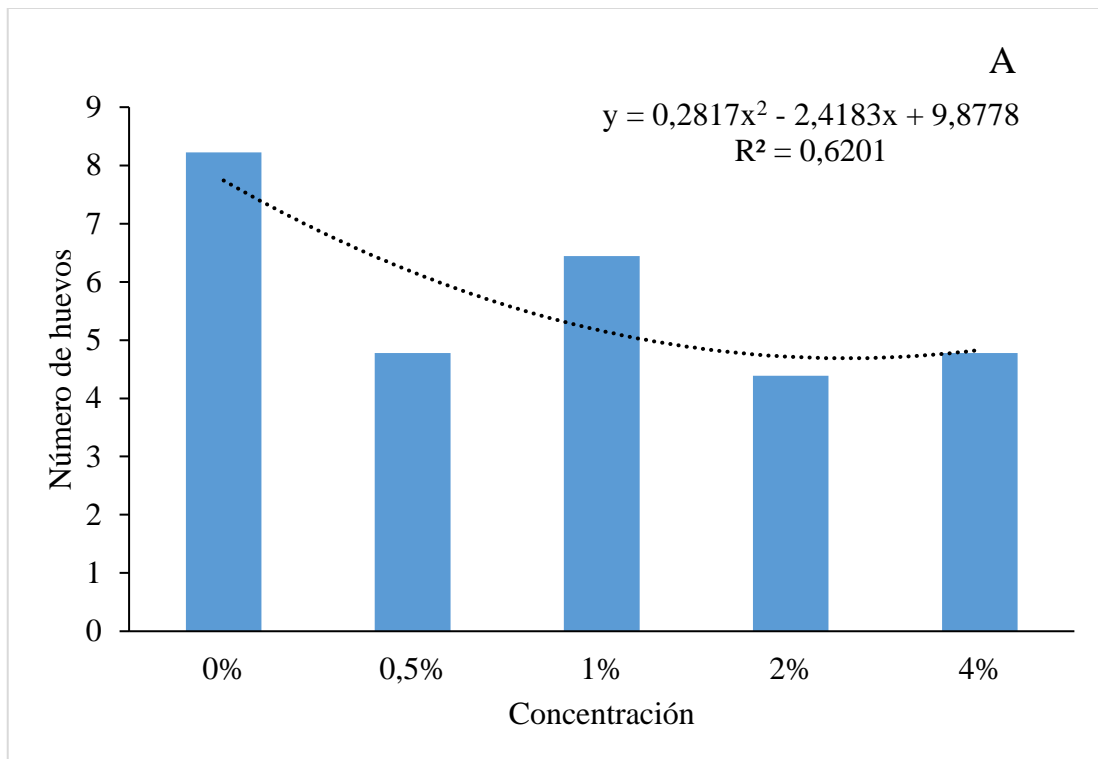


Figura 2 Tasa de viabilidad de huevos (A) y sobrevivencia de ninfas (B) de *B. cockerelli* tratados con diferentes dosis del extracto de ortiga.

El efecto del extracto de cabuya blanca fue menos notorio tanto en la viabilidad de huevos como en la supervivencia de ninfas, siendo en ambos casos de naturaleza cuadrática (Figs. 6 A y B). El extracto de cabuya blanca redujo la viabilidad de huevos desde 41,9 a 46,6 % con la aplicación de dosis de 4 y 2 %, respectivamente, mientras que la supervivencia de ninfas no fue afectada por las dosis, mostrando resultados similares al control.



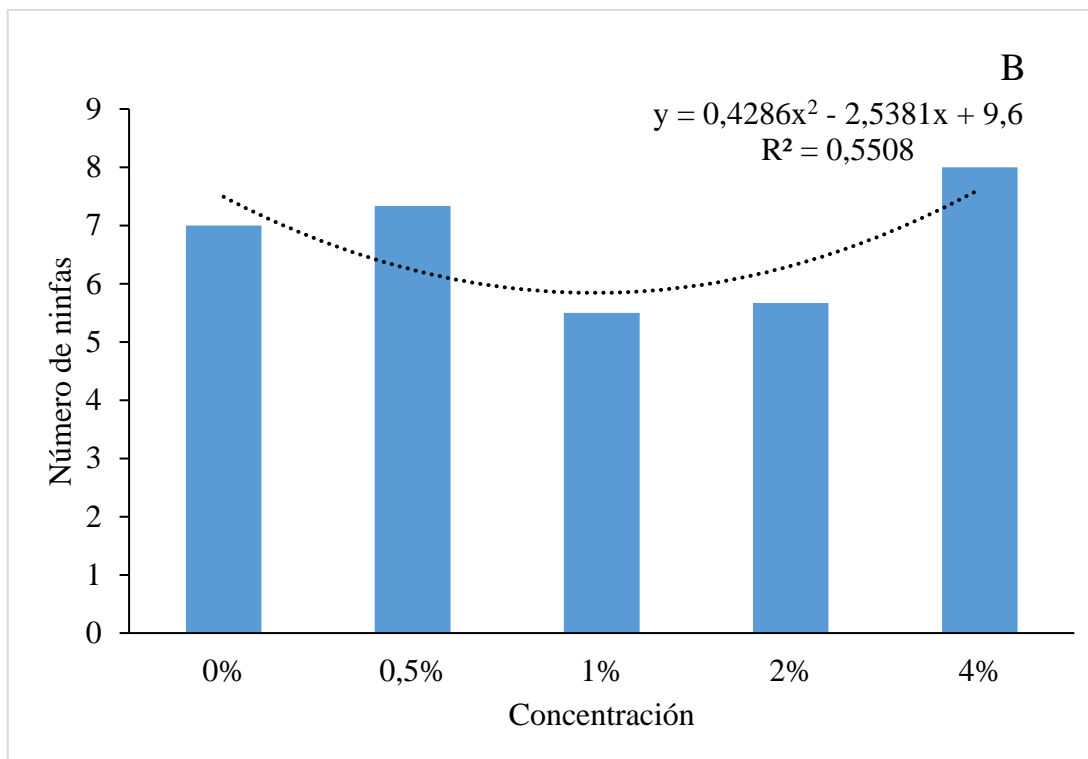


Figura 3 Tasa de viabilidad de huevos (A) y sobrevivencia de ninfas (B) de *B. cockerelli* tratados con diferentes dosis del extracto de cabuya blanca.

La efectividad de los extractos vegetales depende del tipo y concentración de los metabolitos secundarios. En tal sentido, se ha demostrado que la efectividad mostrada por los extractos de ají es debida a la presencia de capsaicina y otros compuestos similares como la dihidrocapsaicina, las cuales provocan diferentes efectos en insectos con diferentes tipos de hábitos de alimentación, desde masticadores hasta chupadores (Cabrera et al., 2016; Castillo et al., 2012). Estos compuestos presentes en frutos y semillas del género *Capsicum* presentan diferentes modos de acción, según Soto (2013) la capsaicina puede, por un lado, provocar un efecto de deterrencia de alimentación haciendo que el insecto deje de alimentarse, y por el otro, también se ha demostrado que este actúa sobre el sistema nervioso central, lo cual provoca paralización del insecto. Por otra parte, estudios previos han demostrado que el extracto de ortiga (*Urtica dioica* L.) contiene una variedad de metabolitos secundarios principalmente flavonoides e isoflavonoides entre

otros compuestos que afectan el tiempo de desarrollo y crecimiento de insectos, lo cual confiere protección a la planta del ataque de plaga (Hikal et al., 2017).

Con relación al extracto de la cabuya blanca, estudios previos han demostrado que la acción insecticida de las especies de *Furcraea* es debida principalmente a los altos contenidos de saponinas (Castellanos et al., 2011), sin embargo, el efecto de estos compuestos ha sido verificado cuando es aplicado en concentraciones altas. En investigaciones realizadas en Cuba se observaron niveles de control de *Myzys persicae* y *Cylas formicarius* con el uso del extracto de *F. hexapetala* a concentraciones superiores al 70% (Rodríguez, 2016; Castellanos et al. 2011). Sin embargo, para recomendar su uso, deberían hacerse estudios de factibilidad económica para ser considerado en programas de manejo de plagas. Por el contrario, basándose en estos resultados, los extractos tanto de ají como ortiga podrían ser incluidos como estrategia sustentable para el manejo de poblaciones del psílido de la papa.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

6.1. CONCLUSIONES

- Los extractos vegetales usados en esta investigación presentaron un efecto positivo para el control de psílido de papa encontrando un efecto individual del extracto y de la dosis evidenciado en la disminución de la viabilidad y sobrevivencia de huevos y ninfas de *Bactericera cockerelli*, siendo los extractos de ortiga y ají los que demostraron mejores resultados para el control de psílido de la papa posiblemente debido a que sus principales ingrediente activo son los flavonoides y la capsaicina, respectivamente, los cuales actúan sobre el desarrollo, crecimiento, en el sistema nervioso provocando alteraciones en el aparato digestivo lo cual no le ayuda alimentarse y produce su muerte lentamente quedando la ninfa de color rojo y seca.
- Las mejores dosis de extracto vegetal que controle la psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*) fue al 4 y 2 % en los dos estados inmaduros disminuyendo la mortalidad, viabilidad y sobrevivencia de los huevos y de las ninfas.
- La tasa de mortalidad tanto de huevos como ninfas fue incrementando de acuerdo al tiempo de exposición, siendo más notoria a las 96 h de iniciado el ensayo y la efectividad varió de acuerdo al tipo de extracto.

6.2. BIBLIOGRAFÍA

- AgroForum. 2012. Alternativas ecológicas. Recuperado de <https://www.agroforum.pe/insumos-y-materiales/extracto-de-aji-insecticida-natural-2219/>
- AgroForum. 2012. Alternativas ecológicas. Recuperado de <https://www.agroforum.pe/insumos-y-materiales/extracto-de-aji-insecticida-natural-2219/>
- Argenpapa. 2018. Nueva plaga ataca cultivos de papas. Recuperado de <https://www.argenpapa.com.ar/noticia/6577-ecuador-nueva-plaga-ataca-cultivos-de-papas>
- Baldeón, J. 2013. Estudio de retención de metales pesados en aguas sintéticas (preparadas en el laboratorio) utilizando como lecho filtrante la fibra de cabuya *Furcraea andina* como alternativa de biorremediación. Tesis de grado. Universidad Nacional De Chimborazo. Recuperado de <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/766/1/UNACH-EC-IMB-2013-0001..pdf>
- Barrios, B; Arellano, M; Vázquez, G; Barrios, R; Berdeja, R & Hernández, M. 2016. Control alternativo de paratrioza (*Bactericera cockerelli* Sulc.) en chile serrano (*Capsicum annuum* L.). *Entomología Mexicana*, 3: 146–152. <http://www.entomologia.socmexent.org/revista/2016/AGR/Em%20146-152.pdf>
- Villegas, F; Marín, J; Delgado, P; Torres, J; Alvarado, O. 2014. Management of *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae) in greenhouses with entomopathogenic fungi (Hypocreales). *Southwestern Entomologist*, 39(3):613-62.
- Beltrán, M; Cerna, E; Delgado, J; Ochoa, Y. 2015. Evaluation of the insecticidal activity of *Heliopsis longipes* (A. Gray) S. F. Blake on nymphs of *Bactericera cockerelli* (Sulc.) (Hemiptera: Triozidae). *Investigación y Ciencia: de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 66: 12-15.
- Bujano, R; Ramos, C. 2015. El psílido de la papa y tomate *Bactericera* (=Paratrioza) *cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae): ciclo biológico; la relación con las enfermedades de las plantas y la estrategia del manejo integrado de plagas en la

- región del OIRSA. Corporativo Editorial Tauro S.A., Ciudad de México. Recuperado de <https://www.oirsa.org/contenido/Manual%20Bactericera%20Cockerelli%20version%201.3.pdf>
- Cabello, M y Belloso, G. 2009. Comparación de dos equipos de extracción por reflujo en la actividad antibacteriana de los extractos acuoso, etanólico y clorofórmico de *Piper nigrum* L. Revista UDO Agrícola, 9 (3): 705-710.
- Cabrera, R.P., Morán, J., Mora B.J., Molina H.M., Moncayo O.F., Díaz, E., Meza, G.A: y Cabrera, C.A. 2016. Evaluación de dos insecticidas naturales y un químico en el control de plagas en el cultivo de frejol en el litoral ecuatoriano. Idesia, 34(5): 27-35.
- Castellanos, S. 2009. Determinación de la tolerancia de tres poblaciones de *Bactericera cockerelli* (Sulc) a insecticidas de diferentes grupos toxicológico. Tesis de Grado, Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Coahuila, México.
- Castillo-Sánchez, Luis Enrique, Jiménez-Osornio, Juan José, & Delgado-Herrera, María América. 2012. Actividad biológica in vitro del extracto de *Capsicum chinense* Jacq contra *Bemisia tabaci* Genn. Revista Chapingo. Serie Horticultura, 18(3), 345-356. <https://dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.2011.04.016>.
- Celis, A; Mendoza, C; Pachón, M. 2009. Uso de extractos vegetales en el manejo integrado de plagas, enfermedades y arvenses. Revista Temas Agrarios, 14(1): 5-16. 14.
- Celis, A; Mendoza, C; Pachón, M; Cardona, J; Delgado, W; Cuca J. 2008. Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en la familia Piperaceae. Agronomía Colombiana, 26(1): 97-106.
- Covarrubias, O. R., León, I. H. A., Moreno, J. I., Salas, J. A. S., Sosa, R. F., Soto, J. T. B., & Hinojosa, M. A. C. 2006. Distribución de la punta morada y *Bactericera cockerelli* Sulc. en las principales zonas productoras de papa en México. Agricultura Técnica en México, 32(2): 201-211.
- El huerto. 2013. Extracto de ortiga como insecticida. Recuperado de <https://www.unhuertoenmibalcon.com/blog/2013/08/el-extracto-de-ortiga-en-el-huerto/>

- FAO. 2008. Año Internacional de la papa. Recuperado de <http://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/plagas.html>
- Figueroa, E. 2015. Evaluación de cuatro programas de control químico para mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y paratrioza (*Paratrioza cockerelli*). Tesis de Grado. Universidad de San Carlos de Guatemala. Sacatepéquez Guatemala.
- Flores, P; Castro, A; Carvalho R & Nascimento, J. 2012. Analgésicos tópicos. Revista Brasileira de Anestesiología, 62(2): 248-252.
- Flores, M; González, R; Guerrero, E; Mendoza, R; Cárdenas, E; & Cerna E. 2011. Insecticidal effect of plant extracts on *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Psyllidae) nymphs. Southwestern Entomologist, 36: 137–144
- González, M & García, C. 2012. Uso de biorracionales para el control de plagas de hortalizas en el norte de Sinaloa. Ra Ximhai. 8(3): 31- 45.
- González, E; Guerrero, R; Mendoza, M; Flores-Dávila y J. PonceSánchez. 2006. “Efecto insecticida de extractos vegetales en *Bactericera* (=Paratrioza) *cockerelli* (Homoptera:Psyllidae)”. En: E.G. Estrada V., J. R. Nápoles, A. Equihua M., C. Luna L. y J. L. Rosas A. (editores). Entomología Mexicana. 5(2): 1022-1024
- Granados-Echegoyen, C., Pérez-Pacheco, R., Bautista-Martínez, N., Alonso-Hernández, N., SánchezGarcía, J. A., Martínez-Tomas, S. H. and S. Sánchez-Mendoza. 2015. Insecticidal effect of botanical extracts on developmental stages of *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae). Southwestern Entomologist, 40: 97–110
- Hernández, A & Hermisillo, V. 2014. Efecto de la concentración de saponinas. Universidad San Carlos de Guatemala. Guatemala.
- Hikal, W; Baeshen, R & Said-Al, A. 2017. Botanical insecticide as simple extractives for pest control. Cogent Biology, 3(1). 1-16.
- INEC, 2012. Áreas cultivadas en el país Ecuador recuperado de <http://www.inec.gov.ec/estadisticas/>.
- INIAP. 2013. Rendimiento del cultivo de papa. Recuperado de <http://www.iniap.gob.ec/pruebav3/iniap-ejecuta-un-plan-emergente-frente-a-la-presencia-de-punta-morada-de-la-papa-en-ecuador/>
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. 2019. Estación Meteorológica Querochaca. Cevallos, Ecuador.

- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. 2017. Anuario Meteorológico. Quito, Ecuador.
- Intagri. 2001. Manejo Integrado de Paratryza. Recuperado de <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/manejo-integrado-de-paratryza>
- Intagri. 2001. Requerimientos de Clima y Suelo para el Cultivo de la Papa. Recuperado de <https://www.intagri.com/articulos/hortalizas/requerimientos-de-clima-y-suelo-para-el-cultivo-de-la-papa>
- Jim, R. 2010. Psílido de la papa. Recuperado de <https://www.hortalizas.com/miscelaneos/el-psilido-de-la-papa/>
- Koppert Biological Systems. 2019. *Bactericera cockerelli* Pulgón saltador de la papa. Recuperado de <https://www.koppert.mx/retos/psilidos/pulgon-saltador-de-la-papatomate/>
- Licona, V. 2009. Problemática parasitaria en tomate y papa. Tesis de Grado. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila, México.
- Lozano, W. 2015. Uso del extracto de fique (*Furcraea* sp.) como coadyuvante. Tesis de Doctorado. Universidad Internacional de Andalucía. Rábida – España.
- Lozano, J; Reyes, W; Ortiz, H; España, M & Balleza, J. 2019. Mortalidad de *Bactericera cockerelli* Sulc 1909 (hemiptera: triozidae) con aceite de soya en cultivo de jitomate. *Revista Entomología mexicana*, 6: 248–252
- Cortez, M & Hurtado, G. 2002. Cultivo de La Papa Recuperado de <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20Papa.pdf>
- MAG. 2010. SFE desarrolla Plan de Acción ante la cercanía de la Paratryza (*Bactericera cockerelli* Sulc.) Recuperado de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AF-0045.pdf>
- MAG. 2018. Ecuador se proyecta a ser exportador de papa. Recuperado de <https://www.agricultura.gob.ec/ecuador-se-proyecta-a-ser-exportador-de-papa/>
- MARN-IABIN. 2001. Ficha Técnica-Proyecto Especies Invasoras. Disponible en www.iabinus.org/projects/i3n/i3nproductafterpilot/elsalvadorcd/faunain/paratryzacockerelli.

- Vasallo, M; Pérez, C; Castellanos, Y & Soto, B. 2017. Efectividad de extractos vegetales para el control de *Praticolella griseola* (Pfeiffer) (Gastropoda: Polygyridae). *Centro Agrícola*, 44(2): 68-74.
- Mejía, C; Gilmar, M; Menjivar, A; Nuñez, E. 2008. Evaluación de hongos entomopatógenos como biocontroladores de bactericera (*Paratrioza*) *cockerelli* (Homóptera: Psyllidae: Triozinae) en papa (*Solanum tuberosum*) a nivel de laboratorio. Doctorado en Ingenierías thesis, Universidad de El Salvador.
- Mejía, F. 2013. Composición del ají. Tesis de Grado. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito Ecuador.
- Naranjo, A. 2017. La otra guerra: la situación de los plaguicidas en el Ecuador. Recuperado de http://www.swissaid.org.ec/sites/default/files/images/plaguicidas_web.pdf
- Paramo, V. 2008. Control de paratrioza, pulgón saltador o psílido de la papa y el tomate. Recuperado de <https://www.hortalizas.com/proteccion-de-cultivos/control-de-paratrioza-pulgon-saltador-o-psilido-de-la-papa-y-el-tomate/>
- Porcura, J. 2010. Ficha técnica de las plantas ortiga. (online), agroecología. Net recuperado de https://www.agroecologia.net/recursos/Revista_Ae/Ae_a_la_Practica/fichas/N2/Revista_AE_Nº2_ficha_planta.pdf
- Potato Pro. 2018. Plan emergente frente a nueva plaga de la papa en Ecuador Recuperado de <https://www.potatopro.com/es/news/2018/plan-emergente-frente-nueva-plaga-de-la-papa-en-ecuador>
- Santamaría, C; González, A & Astorgo, A. 2015. Extractos vegetales aplicación para la reducción del estrés. Recuperado de <https://nutricionanimal.info/download/0315-ena-WEB.pdf>
- Semic. (sf). Extracto de ortigas. Recuperado de <http://www.productosflower.com/es/extracto-de-ortigas>
- Seminis. 2017. ¿Qué Es La Paratrioza (Pulgón Saltador)? Recuperado de <http://www.seminis.mx/blog-que-es-la-paratrioza-pulgon-saltador/>

- Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados (SIOVM). (sf). Taxonomía de la papa. Recuperado de http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/pdf/20914_sg7.pdf
- Soto, A. 2013. Manejo alternativo de ácaros plagas. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 30 (2): 34-44.
- Tighe, R; Montalba, R; Cantergiani, L & Contreras, A. 2014. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5(1): 115-127.
- Toledo, M. 2016. Manejo de la paratrioza (*Bactericera cockerelli*) en el cultivo de la papa. Recuperado de <http://repiica.iica.int/docs/B4174e/B4174e.pdf>
- Tucuch, J; Rodríguez, J; Lagunes, Á; Silva, Gonzalo; Aguilar, S; Robles-Bermudez, A & Gonzalez, J. 2010. Toxicidad de spiromesifen en los estados biológicos de *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae). *Neotropical Entomology*, 39(3): 436-440.
- Villegas, F; Díaz, O; Casas, J; Monreal, C; Tamayo, F & Aguilar, S. 2017. Actividad de dos hongos entomopatógenos, identificados molecularmente, sobre *Bactericera cockerelli*. *Revista Colombiana de Entomología*, 43(1): 27-33.
- Wang, G., Hou, Y., Zhang, X., Zhang, J., Li, J., & Chen, Z. 2017. Strong population genetic structure of an invasive species, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier), in southern China. *Ecology and evolution*, 7(24), 10770–10781. <https://doi.org/10.1002/ece3.3599>
- Xu, C., Shaoqing, T., Fatemi, M., Gross, C.L., Julien, M.H., Curtis, C., van Klinken, R.D. 2015. Population structure and genetic diversity of invasive *Phylla canescens*: implications for the evolutionary potential. *Ecosphere*, 6(9): 1-21.

6.3. ANEXOS

ANEXO 1 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS INFESTADAS DE *Bactericera cockerelli*



Verificación de la presencia de la plaga



Fundas ziploc para las muestras

ANEXO 2 RECOLECCION DEL MATERIAL VEGETAL Y OBTENCIÓN DE EXTRACTOS

Material fresco



Ají



Ortiga



Cabuya blanca

Muestras secas y trituradas



Extracción de los concentrados de cada extracto usando el equipo de rota vapor



ANEXO 3 PREPARACIÓN DEL SUSTRATO DE CRÍA DE PSÍLIDO DE LA PAPA

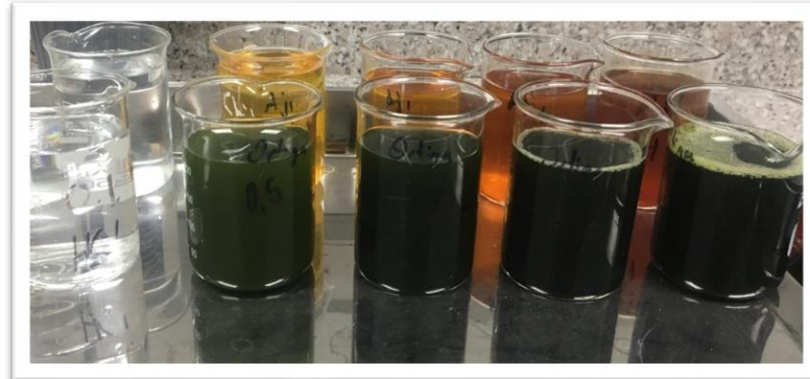
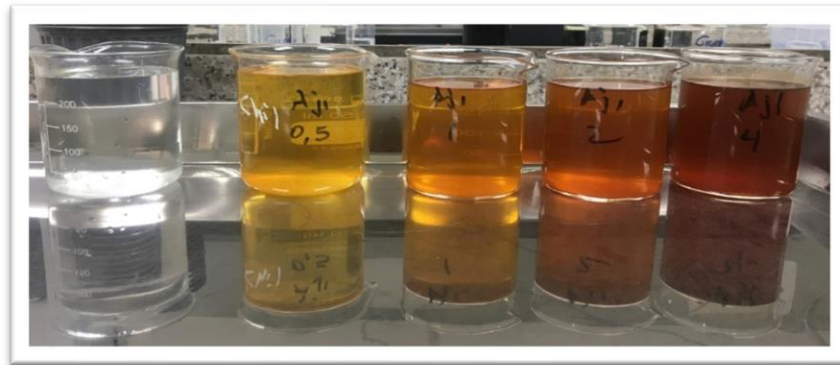


ANEXO 4 CONTABILIZACIÓN DE HUEVOS Y NINFAS DE PSÍLIDO DE LA PAPA



ANEXO 5 APLICACIÓN DE LOS TRES EXTRACTOS VEGETALES CON SUS RESPECTIVAS DOSIS

Extractos diluidos a diferentes concentraciones



Extracto de ají al 2% en huevos de Psílido de la papa



Extracto de cabuya blanca al 1% en huevos de Psílido de la papa



Extracto de ají al 2% en ninfas de Psílido de la papa

