UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE AGRONOMÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

"EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE *BACTERICERA COCKERELLI* EN EL CULTIVO DE PAPA (*SOLANUM TUBEROSUM L.*) BAJO INVERNADERO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA INIAP-ECUADOR, 2025."

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo

Autor:
Bermudez Naranjo Brayan Benjamin

Tutor:
Guido Euclides Yauli Chicaiza

LATACUNGA – ECUADOR
Abril 2026 – Agosto 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Bermudez Naranjo Brayan Benjamín, con cédula de ciudadanía No. 0503729204, declaro ser autor del presente Proyecto de Investigación: **"EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE *BACTERICERA COCKERELLI* EN EL CULTIVO DE PAPA (*SOLANUM TUBEROSUM L.*) BAJO INVERNADERO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA INIAP-ECUADOR, 2025 "DETALLAR ENTRE COMILLAS, MAYÚSCULAS Y NEGRILLAS EL TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN"**, siendo el Ingeniero Mg. Guido Euclides Yauli Chicaiza , Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 5 de agosto del 2026

Brayan Benjamín Bermudez Naranjo
C.C: 0503729204
ESTUDIANTE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **BERMUDEZ NARANJO BRAYAN BENJAMIN**, identificado con cédula de ciudadanía **0503729204** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - LA CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Agronomía, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **"EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE *BACTERICERA COCKERELLI* EN EL CULTIVO DE PAPA (*SOLANUM TUBEROSUM L.*) BAJO INVERNADERO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA INIAP-ECUADOR, 2025"**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2021 – Marzo 2022

Finalización de la carrera: Abril 2026 – Agosto 2026

Tutor: Ing. Guido Euclides Yauli Chicaiza, Mg.

Tema: **"EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE *BACTERICERA COCKERELLI* EN EL CULTIVO DE PAPA (*SOLANUM TUBEROSUM L.*) BAJO INVERNADERO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA INIAP-ECUADOR, 2025".**

CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
b) La publicación del trabajo de grado.

c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial. **CLÁUSULA QUINTA. -** El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 5 días del mes de agosto de 2026.

Brayan Benjamín Bermúdez Naranjo	Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
EL CEDENTE	**LA CESIONARIA**

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

"EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE *BACTERICERA COCKERELLI* EN EL CULTIVO DE PAPA (*SOLANUM TUBEROSUM L.*) BAJO INVERNADERO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA INIAP-ECUADOR, 2025", de Yauli Chicaiza Guido Euclides, de la carrera de Agronomía, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 5 de agosto del 2026

Ing. Guido Euclides Yauli Chicaiza, Mg.
C.C: 0501604409
DOCENTE TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, el postulante: Bermúdez Naranjo Brayan Benjamín, con el título del Proyecto de Investigación: **"EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE *BACTERICERA COCKERELLI* EN EL CULTIVO DE PAPA (*SOLANUM TUBEROSUM L.*) BAJO INVERNADERO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA INIAP-ECUADOR, 2025"**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 05 de agosto del 2026

Ing. Karina Paola Marín Quevedo, Mg.
C.C: 0502672934
LECTOR 1 (PRESIDENTE)

Ing. Wilman Paolo Chasig Vizuete, Mg.
C.C: 0502409725
LECTOR 2 (MIEMBRO)

Ing. Giovanna P. Parra G., PhD.
CC: 1802267037
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por bendecirme con salud, fortaleza y sabiduría para culminar esta importante etapa de mi formación profesional. Expreso mi más profundo agradecimiento a mis padres, por su amor incondicional, apoyo, sacrificio y constante motivación, que han sido el pilar fundamental para alcanzar este logro. Así mismo, manifiesto mi sincero reconocimiento a mis docentes, quienes con sus conocimientos, orientación y dedicación, contribuyeron al desarrollo de esta investigación y a mi crecimiento académico y profesional. Finalmente, agradezco a todas las personas que brindaron su apoyo durante este proceso.

Brayan Benjamin Bermúdez Naranjo

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación, en primer lugar, a Dios, por iluminar mi camino, darme fortaleza y permitirme alcanzar esta importante meta. Con profundo cariño y gratitud, lo dedico a mi madre, Galud Naranjo, por su amor incondicional, esfuerzo, sacrificio y apoyo constante, así como a mi padre, Pablo Bermúdez, por sus consejos, ejemplo de responsabilidad y confianza depositada en mí durante cada etapa de mi formación. Extiendo esta dedicatoria a toda mi familia, cuyo afecto, comprensión y respaldo fueron fundamentales para culminar con éxito este logro académico y profesional.

Brayan Benjamin Bermudez Naranjo

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: "EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE *BACTERICERA COCKERELLI* EN EL CULTIVO DE PAPA (*SOLANUM TUBEROSUM L.*) BAJO INVERNADERO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA INIAP-ECUADOR, 2025".

Autor:
Bermudez Naranjo Brayan Benjamin

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar alternativas para el control de *Bactericera cockerelli* en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo condiciones de invernadero en la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Ecuador, durante el año 2025. Se empleó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial A×B+3 con siete tratamientos, que incluyeron cepas de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en 2 dosis, dos testigos comerciales y un testigo absoluto. Las variables evaluadas fueron el número de huevos, ninfas y adultos de *B. cockerelli*, mediante monitoreo directo y análisis estadístico con el software Infostat. Los resultados del análisis de varianza indicaron que no existieron diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$) entre tratamientos, dosis ni en su interacción para las variables evaluadas. Sin embargo, el análisis evidenció diferencia numérica entre tratamientos, siendo *Beauveria bassiana* el que presentó los menores promedios de huevos (144,63), ninfas (130,38) y adultos (104,13), mientras que el testigo absoluto registró la mayor población de adultos (269,00). Se concluye que, aunque las alternativas evaluadas no mostraron diferencias estadísticas significativas bajo las condiciones del ensayo, *Beauveria bassiana* presentó el mejor comportamiento biológico para disminuir las poblaciones de *B. cockerelli*, constituyéndose en una alternativa promisoria para fortalecer programas de manejo integrado de plagas y contribuir a una producción de papa más sostenible.

Palabras clave: *Bactericera cockerelli*; *Solanum tuberosum* L.; hongos entomopatógenos; control biológico; manejo integrado de plagas.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: "EVALUATION OF ALTERNATIVES FOR THE CONTROL OF *BACTERICERA COCKERELLI* IN POTATO (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) UNDER GREENHOUSE CONDITIONS AT THE SANTA CATALINA EXPERIMENTAL STATION, INIAP-ECUADOR, 2025"

Author:
Bermudez Naranjo Brayan Benjamin

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate alternative strategies for the control of *Bactericera cockerelli* in potato (*Solanum tuberosum* L.) under greenhouse conditions at the Santa Catalina Experimental Station of the National Institute of Agricultural Research (INIAP), Ecuador, during 2025. A completely randomized design with a 2 × 2 + 3 factorial arrangement and seven treatments was used, including strains of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* at two application rates, two commercial controls, and one untreated control. The evaluated variables were the number of *B. cockerelli* eggs, nymphs, and adults, assessed through direct monitoring and statistical analysis using InfoStat software. Analysis of variance showed no statistically significant differences ($p > 0.05$) among treatments, application rates, or their interaction for any of the evaluated variables. However, numerical differences among treatments were observed, with *Beauveria bassiana* showing the lowest mean numbers of eggs (144.63), nymphs (130.38), and adults (104.13), whereas the untreated control recorded the highest adult population (269.00). It is concluded that, although the evaluated alternatives did not produce statistically significant differences under the experimental conditions, *Beauveria bassiana* exhibited the best biological performance in reducing *B. cockerelli* populations, representing a promising alternative to strengthen integrated pest management programs and contribute to more sustainable potato production.

Keywords: *Bactericera cockerelli*; *Solanum tuberosum* L.; entomopathogenic fungi; biological control; integrated pest management.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN v
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN vi
AGRADECIMIENTO vii
DEDICATORIA viii
RESUMEN ix
ABSTRACT x
ÍNDICE DE CONTENIDOS xi
ÍNDICE DE TABLAS xiv
ÍNDICE DE GRÁFICAS xv
1. INFORMACIÓN GENERAL 1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO 2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO 2
1. Beneficiarios directos. 2
2. Beneficiarios indirectos. 3
4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 3
5. OBJETIVOS: 4
5.1. General 4
5.2. Específicos 4
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS 5
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA 5
7.1 Cultivo de la papa (Solamunspp). 5
7.2 Variedad de papa INIAP-fripapa. 5
7.1.1 Estudios realizados bajo el mismo contexto de la presente investigación. 6
7.1.2 Importancia económica del cultivo de papa en Ecuador. 6
7.1.3 Taxonomía de Solanum tuberosum. 6
7.1.4 Morfología de la papa INIAP-Fripapa. 7
7.1.5 Fases fenológicas de la papa INIAP-Fripapa. 7
7.2 *Bactericera cockerelli*. 8
7.2.1 Taxonomía de Bactericera cockerelli. 9
7.2.2 Ciclo biológico de Bactericera cockerelli 9
7.2.3 Daños directos e indirectos de *Bactericera cockerelli.* 13

7.2.4 Detección y monitoreo de *Bactericera cockerelli.* 13
7.2.5 Manejo Integrado de Bactericera cockerelli. 14
7.3 Control Cultural. 14
7.3.1 Control Biológico 14
7.3.2 Control Químico 15
7.3.3 Control Genético (Variedades resistentes). 15
7.4 Hongos entomopatógenos. 15
7.4.1 *Beauveria bassiana*. 15
7.4.2 Metarhizium anisopliae 16
8. HIPÓTESIS 17
9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL 18
9.1 Caracterización del área de estudio 18
9.1.1 Característica del lugar 18
9.1.2 Característica del invernadero 18
9.2 Materiales, insumos y equipos en el proceso de la investigación 19
9.3 Métodos 19
9.3.1 Factor en estudio 19
9.3.2 Diseño Experimental. 20
9.3.3 Características de la investigación 20
9.3.4 Característica de la unidad experimental. 20
9.3.5 Análisis estadístico. 21
9.3.6 Variables a evaluar. 21
9.3.7 Manejo especifico del experimento. 21
9.4 Preparación del sustrato, 21
9.4.1 Siembra. 21
9.4.2 Riego 22
9.4.3 Aplicación de hongos entomopatogenos. 22
9.4.4 Infestación con Bactericera cockerelli. 22
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS 23
10.1 Resultados de huevos. 23
10.2 Numero de ninfas. 25
10.3 Número de adultos. 28
11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 31
RECOMENDACIONES 32
12. BIBLIOGRAFÍA 33
13. ANEXOS 1

Anexo No. 10. Aval del Traductor.....5

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS 5
Tabla 2 Taxonomía de la papa. 6
Tabla 3 Taxonomía de B. cockerelli. 9
Tabla 4 Taxonomía de Beauveria bassiana. 16
Tabla 5 Taxonomía de Metarhizium anisopliae. 16
Tabla 6 Características del lugar de estudio. 18
Tabla 7 Características del invernadero. 19
Tabla 8 Materiales 19
Tabla 9 Tratamientos y dosis. 19
Tabla 10 Estructura de ADEVA. 20
Tabla 11 ADEVA de los tratamientos en el conteo de huevos. 23
Tabla 12 ADEVA de hongos x dosis en el conteo de huevos. 24
Tabla 13 Prueba T para número de huevos. 24
Tabla 14 ADEVA de los tratamientos en el conteo de ninfas. 25
Tabla 15 ADEVA de hongos entomopatógenos x dosis en el conteo de ninfas. 26
Tabla 16 Prueba T para número de ninfas. 27
Tabla 17 ADEVA de los tratamientos en el conteo de adultos. 28
Tabla 18 ADEVA de hongo entomopatógeno x dosis en el conteo de adultos. 29
Tabla 19 Prueba T para número de adultos. 29

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1 *Media para el número de huevos.* 25
Gráfica 2 *Media para el conteo de ninfas.* 27
Gráfica 3 *Media del contedo de adultos.* 30

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

Evaluación de alternativas para el control de *Bactericera cockerelli* en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum l.*) bajo invernadero en la estación experimental Santa Catalina INIAP-Ecuador, 2025.

Fecha de inicio:

Abril 2025

Fecha de finalización:

Agosto 2025

Lugar de ejecución:

Estación Experimental Santa Catalina INIAP, Cutuglahua, Mejia, Pichincha.

Facultad que auspicia

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

Carrera que auspicia:

Agronomía

Equipo de Trabajo:

Tutor: Ing. Guido Euclides Yauli Chicaiza

Lector 1: Ing. Karina Marín

Lector 2: Ing. Paolo Chasig

Lector 3: Ing. Giovanna Parra

Responsable del Proyecto

Coordinador del Proyecto:

Nombre: Brayan Benjamín Bermudez Naranjo

Teléfono: 0987172979

Correo electrónico: brayan.bermudez9204@utc.edu.ec

Área de Conocimiento:

Agricultura-Agricultura, Silvicultura y Pesca- Producción agropecuarias.

Línea de investigación:

Análisis, conservación y aprovechamiento racional de la biodiversidad, fauna y recursos naturales para el desarrollo sustentable y la prevención de desastres naturales.

Línea de vinculación de la carrera:

Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología, y gestión para el desarrollo humano y social.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La implementación de estrategias de control biológico puede mejorar la biodiversidad y la salud del suelo, promoviendo sistemas agrícolas más resilientes y productivos (Espinoza Peña, 2022). La difusión de estos métodos entre los productores fomentará prácticas agrícolas más responsables y reducirá la dependencia de insumos químicos externos.

La presente investigación aportó significativamente al conocimiento científico sobre la interacción entre *Bactericera cockerelli* y los hongos entomopatógenos, lo cual es esencial para desarrollar estrategias de manejo más precisas, adaptadas a las condiciones agroecológicas del país (Manobanda et al., 2023). Este enfoque contribuirá a fortalecer el enfoque de Manejo Integrado de Plagas (MIP) propuesto por organismos internacionales y adoptado por políticas agrícolas sostenibles en Ecuador (González & Ludeña, 2018).

Adicionalmente, permite construir capacidades técnicas en los agricultores y técnicos locales, incentivando la investigación aplicada y la transferencia tecnológica en zonas productoras de papa como Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo (Rosero et al., 2017). En consecuencia, se generará un impacto positivo tanto en el ámbito económico como ecológico, apoyando a los pequeños y medianos productores en su transición hacia una agricultura más sostenible, eficiente y menos dependiente de agroquímicos (Salazar Gudiño, 2022; Cuesta et al., 2025).

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

1. Beneficiarios directos.

Beneficia directamente a los agricultores, instituciones públicas y asociaciones que producen productos agrícolas que se vinculan con el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)-La estación Experimental Santa Catalina.

2. Beneficiarios indirectos.

Este proyecto beneficia indirectamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La papa (*Solanum tuberosum*) es uno de los sistemas productivos de gran importancia en la sierra ecuatoriana, eso se debe a que muchas familias se benefician por su valor económico, nutricional y social. Durante varios años, las poblaciones han integrado este tubérculo como parte fundamental en su alimentación, ocupando un espacio como producto estratégico en la agricultura tanto nacional como internacional (Guapi, 2021). Actualmente, este cultivo sigue siendo un elemento esencial en la canasta básica y fuente de ingresos económicos para varios productores en diferentes puntos del país (FAO & CIP, 2008).

En Ecuador, registros resientes reportan una superficie de aproximadamente 13 689 hectáreas cosechadas, obteniendo una producción de 221 187 toneladas, siendo Carchi la principal provincia productora a nivel nacional con un 60,7% (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2024). Así mismo, registros pasados reportaron más de 17 000 hectáreas destinadas al cultivo de papa, con producciones mayores a 250 000 toneladas (INEC, 2024). Estos datos reflejan la magnitud de del cultivo en la seguridad alimentaria y económica del país.

Pese a su importancia agrícola, el cultivo afronta múltiples limitaciones vinculadas con factores bióticos y abióticos, los cuales afectan al rendimiento y calidad del tubérculo, las plagas insectiles se encuentran en los factores bióticos siendo causantes de pérdidas significativas en la producción (Castillo, 2019). En los cuales se encuentra el psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*), insecto de la familia Triozidae, el cual actúa como vector de patógenos asociados al complejo de la punta morada de la papa (Córdova, 2019; Velázquez, 2019).

El daño del insecto no solo es la succión de savia en fases de desarrollo ninfal, también transmite patógenos con la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum*, ocasionando reacciones fisiológicas en la planta como tubérculos aéreos, hojas de color púrpura, enanismo, amarillamiento y senescencia prematura (Castillo et al., 2018; Peréz et al., 2020). Estas sintomatologías tienen relación con el Complejo de Punta Morada de la papa, enfermedad que ha provocado perdida agrícolas en varias zonas del sector agrícola (Rashed, 2023).

Entre los años 2012 y 2013, se registraron los primeros brotes severos en la provincia de Carchi, expandiéndose hacia otras regiones productoras del país, las pérdidas alcanzaron del 80% al 100% de la producción, siendo así una gran amenaza para este cultivo (Castillo, 2019).

5. OBJETIVOS:

5.1. General

Evaluar alternativas para el control de *Bactericera cockerelli* en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*) bajo invernadero en la estación experimental Santa Catalina INIAP-Ecuador, 2025.

5.2. Específicos

- Comparar el efecto de los hongos entomopatogenos aplicados sobre los diferentes estadíos de *Bactericera cockerrelli*.

- Analizar el número de huevos, ninfas y adultos de *Bactericera cockerrelli* después de cada tratamiento.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

TABLA 1. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Objetivos específicos	Actividades	Resultados esperados	Medios de verificación
Comparar el efecto de *B. bassiana*, *M. anisopliae* y *P. lilacinus* sobre estadios de *B. cockerelli*.	• Obtención y activación de cepas fúngicas. • Cría y mantenimiento de colonias de *B. cockerelli*. • Instalación del ensayo en DCA con 4 repeticiones. • Aplicación de tratamientos y monitoreo post-aplicación	• Datos de mortalidad por estadio y tratamiento. • Identificación de diferencias estadísticas entre hongos evaluados.	• Fichas de monitoreo. • Base de datos experimental. • Fotografías de laboratorio e invernadero
Analizar el número de huevos, ninfas y adultos de *Bactericera cockerrelli* después de cada tratamiento.	• Conteo de huevos, ninfas y adultos en intervalos de tiempo (cada 7 dias). • Registro de síntomas de micoparasitismo.	• Gráfica de reducción poblacional. • Identificación de tasas de mortalidad diferencial.	• Hojas de campo. • Reportes estadísticos (ANOVA y Tukey).

Elaborado por: Brayan Bermudez.

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1 Cultivo de la papa (Solamunspp).

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es uno de los cultivos alimenticios de mayor importancia a nivel mundial debido a su elevado valor nutricional, su capacidad de adaptación a diferentes condiciones agroclimáticas y su contribución a la seguridad alimentaria. En Ecuador, este cultivo constituye una actividad agrícola estratégica, especialmente en la región Interandina, donde representa una importante fuente de ingresos para pequeños y medianos productores, además de formar parte de la dieta habitual de la población. Su relevancia económica y social ha impulsado el desarrollo de programas de investigación orientados al mejoramiento genético, el incremento de la productividad y el manejo sostenible de los principales factores que limitan su producción (FAO & CIP, 2008; Guapi, 2021).

7.2 Variedad de papa INIAP-fripapa.

La variedad INIAP-fripapa fue desarrollada por el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en Ecuador, con el objetivo de ofrecer una opción apta para el procesamiento industrial en forma de hojuelas (chips) y papas fritas tipo francesa. Esta variedad se

caracteriza por tubérculos de forma oblonga, piel de color rosado intenso, ojos superficiales bien distribuidos y pulpa amarilla. Además, presenta un alto contenido de materia seca del 23.9%, una gravedad específica de 1.103 y un bajo contenido de azúcares reductores del 0.12%, características ideales para la agroindustria (Andrade et al., s.f.).

7.1.1 Estudios realizados bajo el mismo contexto de la presente investigación.

Investigaciones realizadas en Ecuador han evaluado la eficacia de estos hongos en el control de *B. cockerelli*. Por ejemplo, un estudio llevado a cabo en la comunidad de Naranjito, Imbabura, comparó la aplicación de *B. bassiana*, *M. anisopliae* y *Paecilomyces lilacinus* con un manejo convencional. Los resultados indicaron que *P. lilacinus* redujo la incidencia de síntomas de punta morada, mientras que *B. bassiana* mostró el mayor porcentaje de mortalidad en el orden Diptera, al cual pertenece *B. cockerelli*. Además, el manejo con hongos entomopatógenos resultó más rentable económicamente en comparación con el manejo convencional (Salazar Gudiño, 2022).

Otro estudio evaluó la aplicación de *B. bassiana* y *Metarhizium* spp. en el control de plagas en cultivos de tomate y chile, demostrando que estos hongos pueden ser efectivos en la reducción de poblaciones de insectos plaga, incluyendo *B. cockerelli*, y representan una alternativa viable al uso de agroquímicos (Villegas, 2015).

Además, se ha observado que la combinación de *B. bassiana* y *M. anisopliae* puede ser compatible y eficiente en el control de insectos plaga en sistemas de cultivo acuapónicos, lo que sugiere su potencial aplicación en diversos sistemas agrícolas sostenibles (Ríos Da Silva et al., 2020).

Estas evidencias respaldan la integración de hongos entomopatógenos en programas de manejo integrado de plagas, contribuyendo a la sostenibilidad y resiliencia de los sistemas agrícolas, y ofreciendo a los productores herramientas efectivas para el control de plagas como *B. cockerelli* en el cultivo de papa.

7.1.2 Importancia económica del cultivo de papa en Ecuador.

El cultivo de papa es fundamental en la economía ecuatoriana, especialmente en la región Sierra, donde es el segundo cultivo más importante después del maíz suave. Aproximadamente 80.000 pequeños agricultores se dedican a su producción, generando empleo y contribuyendo significativamente a la seguridad alimentaria del país. En 2021, la papa representó el 2.3% del Valor Agregado Bruto Agropecuario del Ecuador, reflejando su relevancia socioeconómica (INIAP, 2021). Además, la diversidad genética del cultivo es notable, con más de 500 variedades registradas en el país, lo que permite una amplia gama de opciones para los productores y consumidores (MAGAP, 2015).

7.1.3 Taxonomía de Solanum tuberosum.

Se presenta la clasificación taxonómica de la papa (*Solanum tuberosum* L.) según Terranova (1995):

TABLA 2 TAXONOMÍA DE LA PAPA.

Categoría Taxonómica	Clasificación
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Subfamilia	Solanoideae
Tribu	Solaneae
Género	*Solanum*
Subgénero	*Potatoe*
Sección	*Petota*
Especie	*Solanum tuberosum* L.

7.1.4 Morfología de la papa INIAP-Fripapa.

La planta de la variedad INIAP-Fripapa presenta características morfológicas distintivas. Las plantas son de tamaño medio con un hábito de crecimiento semirrecto. Los tallos, generalmente en número de cuatro por planta, exhiben un color morado con pigmentación verde y poseen alas dentadas. Las hojas son compuestas de color verde intenso, con presencia de tricomas tanto en el haz como en el envés. Durante la fase de floración, la planta produce flores de tamaño medio y color morado, en cantidad moderada a abundante (INIAP, s.f.).

En cuanto a los tubérculos, estos son de forma oblonga y presentan una piel de color rosado intenso. Los ojos son superficiales y están bien distribuidos en el tubérculo, mientras que la pulpa es de color amarillo. Estas características hacen que la variedad sea especialmente apta para el procesamiento industrial en forma de hojuelas y papas fritas tipo francesa (Andrade et al., s.f.).

7.1.5 Fases fenológicas de la papa INIAP-Fripapa.

El ciclo de desarrollo de la papa INIAP-Fripapa comprende de siete fases fenológicas, cada una con características y duraciones específicas, según Cuesta et al (2013):

1. Emergencia: Esta fase se refiere al período desde la siembra hasta la aparición de los brotes sobre la superficie del suelo. Para la variedad INIAP-Fripapa, la emergencia ocurre aproximadamente a los 16 días después de la siembra, siendo una de las más precoces en comparación con otras variedades.
2. Desarrollo foliar: Durante esta etapa, la planta experimenta un crecimiento activo de hojas y tallos, estableciendo la estructura vegetativa necesaria para la fotosíntesis y el desarrollo posterior de los tubérculos.

3. Floración: La variedad INIAP-Fripapa inicia la floración alrededor de los 64 a 65 días después de la siembra. Esta fase es crucial para la reproducción y puede influir en el rendimiento final del cultivo.
4. Inicio de tuberización: Coincide con la floración y marca el comienzo del desarrollo de los tubérculos. En INIAP-Fripapa, esta fase se inicia aproximadamente a los 43 días después de la siembra, indicando una rápida transición hacia la formación de tubérculos.
5. Llenado de tubérculos: Durante este período, los tubérculos aumentan en tamaño y peso, acumulando almidón y otros nutrientes esenciales. La duración de esta fase puede variar según las condiciones ambientales y prácticas de manejo.
6. Madurez fisiológica: Se alcanza cuando los tubérculos han completado su desarrollo y han acumulado la máxima cantidad de materia seca. Para INIAP-Fripapa, la madurez fisiológica ocurre alrededor de los 138 días después de la siembra.
7. Senescencia: Es la fase final del ciclo, donde la parte aérea de la planta comienza a deteriorarse y morir, indicando que los tubérculos están listos para la cosecha. En INIAP-Fripapa, la senescencia se presenta aproximadamente a los 128 días después de la siembra.

7.2 *Bactericera cockerelli.*

Bactericera cockerelli, conocido comúnmente como el psílido de la papa o tomate, es un insecto hemíptero de la familia Triozidae que afecta principalmente a cultivos de solanáceas como papa (*Solanum tuberosum*), tomate (*Solanum lycopersicum*) y chile (*Capsicum annuum*). Este insecto es de importancia económica debido a los daños directos que causa al alimentarse de la savia de las plantas y a su capacidad para transmitir patógenos como *Candidatus Liberibacter solanacearum*, agente causal de enfermedades como la punta morada de la papa y el "zebra chip" (Paspuezán Calderón, 2019).

La presencia de *B. cockerelli* ha sido reportada en diversas regiones de América del Norte, Central y recientemente en Sudamérica, lo que indica una expansión en su distribución geográfica. Esta expansión puede estar relacionada con factores como el comercio internacional de productos agrícolas y cambios en las condiciones climáticas que favorecen su desarrollo y dispersión (Vásquez, 2019).

Además de su impacto en cultivos comerciales, *B. cockerelli* también se encuentra en plantas silvestres de la familia Solanaceae, lo que complica su control y erradicación. La capacidad del insecto para adaptarse a diferentes hospedantes y ambientes lo convierte en una plaga de difícil manejo, requiriendo estrategias integradas y específicas para su control efectivo (Dalgo Nicolalde, 2020).

7.2.1 Taxonomía de Bactericera cockerelli.

Según Millán Cháidez (2014), esta clasificación refleja las características morfológicas y genéticas que ubican a *B. cockerelli* dentro de la familia Triozidae, conocida por incluir especies que afectan a diversas plantas de importancia económica.

TABLA 3 TAXONOMÍA DE *BACTERICERA COCKERELLI*.

Categoría Taxonómica	Clasificación
Reino	Animalia
Filo	Arthropoda
Clase	Insecta
Orden	Hemiptera
Suborden	Sternorrhyncha
Superfamilia	Psylloidea
Familia	Triozidae
Género	*Bactericera*
Especie	*B. cockerelli*

7.2.2 Ciclo biológico de Bactericera cockerelli.

El ciclo de vida de *Bactericera cockerelli* comprende tres etapas principales: huevo, ninfa y adulto. La duración total del ciclo varía dependiendo de las condiciones ambientales, especialmente la temperatura, y puede completarse en aproximadamente 20 a 30 días en condiciones óptimas (Rojas, 2010).

Huevo.

Las hembras de *B. cockerelli* ovipositan hasta 500 huevos durante su vida, colocándolos individualmente en el envés de las hojas, generalmente cerca del borde. Los huevos son de forma ovoide, miden aproximadamente 0.3 mm de longitud y presentan un filamento en uno de sus extremos que les permite adherirse a la superficie foliar. Su coloración es inicialmente blanca, tornándose amarilla-anaranjada a medida que se desarrollan. El período de incubación varía entre 3 y 7 días, dependiendo de la temperatura ambiental (Rojas, 2010).



Ilustración 1
Fuente: Brayan Bmerudez

Etapas ninfales.

Según Butler & Trumble (2012) las ninfas de *Bactericera cockerelli*, conocido como el psílido de la papa, atraviesan cinco estadios ninfales, cada uno con características morfológicas y duraciones específicas:

a) Primer estadio: Las ninfas recién eclosionadas miden aproximadamente 0.5 mm de longitud y presentan una coloración amarillo pálido. Su cuerpo es ovalado y aplanado, con patas y antenas poco desarrolladas. Esta fase tiene una duración de 2 a 3 días, dependiendo de las condiciones ambientales y del hospedero.

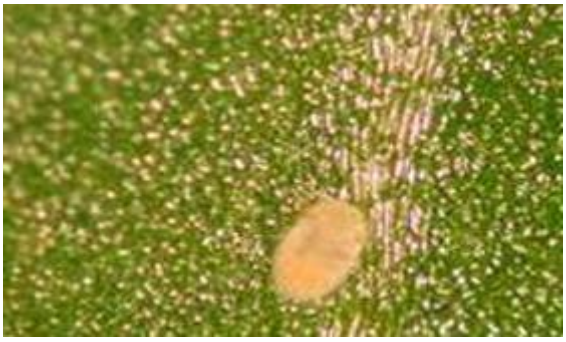


Ilustración 2

Fuente: (Velasquez, 2025).

b) Segundo estadio: En este estadio, las ninfas alcanzan una longitud cercana a 0.7 mm y mantienen una coloración amarilla. El cuerpo sigue siendo ovalado y aplanado, pero se observa un ligero desarrollo en las patas y antenas. Esta fase también dura entre 2 y 3 días.



Ilustración 3

Fuente: (Velasquez, 2025).

c) Tercer estadio: Las ninfas incrementan su tamaño a aproximadamente 1.0 mm y comienzan a desarrollar una tonalidad más verdosa. El cuerpo permanece ovalado y aplanado, con un desarrollo más evidente de las patas y antenas. Este estadio tiene una duración de 2 a 3 días.



Ilustración 4

Fuente: (Jácome, 2025).

d) Cuarto estadio: En este estadio, las ninfas alcanzan alrededor de 1.5 mm de longitud y presentan una coloración verde más intensa. Se observa el inicio del desarrollo de los esbozos alares, indicando la preparación para la fase adulta. El cuerpo sigue siendo ovalado y aplanado, con patas y antenas bien desarrolladas. Esta fase dura entre 2 y 3 días.



Ilustración 5

Fuente: (Jácome, 2025).

e) Quinto estadio: Las ninfas miden aproximadamente 1.7 mm, exhiben una coloración verde amarillenta y las alas en desarrollo son claramente visibles. El cuerpo mantiene su forma ovalada y aplanada, con patas y antenas completamente desarrolladas. Esta fase dura entre 4 y 5 días antes de la emergencia del adulto.



Ilustración 6

Fuente: (Velásquez et al., 2025).

Es importante destacar que la duración total del desarrollo ninfal puede variar según las condiciones ambientales y la disponibilidad de alimento, completándose generalmente en un rango de 12 a 21 días.

Adulto

Los adultos recién emergidos son de color verde claro, oscureciéndose a un tono marrón con el tiempo. Los adultos tienen una esperanza de vida que varía entre 20 y 30 días, dependiendo de las condiciones ambientales. Las hembras comienzan a ovipositar pocos días después de emerger, continuando el ciclo reproductivo (Rojas, 2010).

Macho: Los machos adultos de *Bactericera cockerelli* miden aproximadamente 2.02 mm de longitud corporal y 0.35 mm de ancho en el tórax. Presentan una coloración general que varía de marrón claro a oscuro, con patrones distintivos en las alas. El abdomen es más estrecho y puntiagudo en comparación con las hembras, facilitando su identificación. Las antenas son largas y filiformes, y las patas son delgadas y adaptadas para el salto (CABI, 2020).

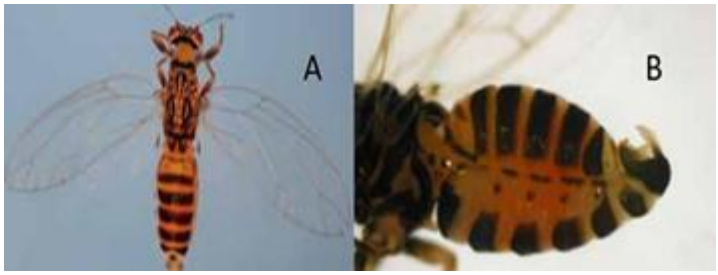


Ilustración 7

Fuente: (Marín, 2015).

Hembra: Las hembras adultas son ligeramente más grandes que los machos, con una longitud corporal promedio de 2.12 mm y un ancho torácico de 0.37 mm. Su coloración es similar a la de los machos, predominando tonos marrones con patrones alares característicos. El abdomen de las hembras es más ancho y redondeado, terminando en un ovipositor corto y robusto, adaptado para la oviposición en los tejidos vegetales. Al igual que los machos, las hembras poseen antenas largas y patas adaptadas para el salto (CABI, 2020).

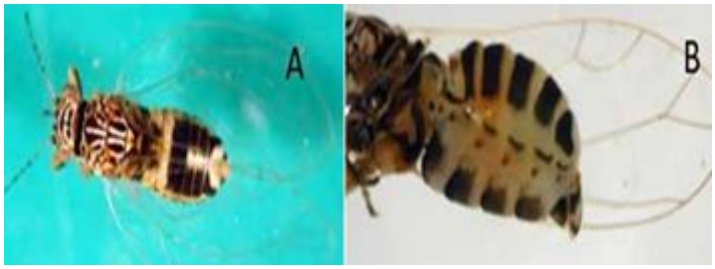


Ilustración 8

Fuente: (Marín., 20215).

7.2.3 Daños directos e indirectos de *Bactericera cockerelli.*

Bactericera cockerelli, conocido como el psílido de la papa, causa daños significativos en cultivos de solanáceas tanto de manera directa como indirecta.

Daños directos

Las ninfas de *Bactericera cockerelli* se alimentan del floema de las plantas, inyectando toxinas que provocan el "amarillamiento del psílido". Este daño se manifiesta en el enrollamiento y decoloración de las hojas, reducción del crecimiento y, en casos severos, marchitez y muerte de la planta. Además, la alimentación de las ninfas puede inducir la formación de una sustancia pegajosa conocida como "mielada", que favorece el crecimiento de hongos como la fumagina, afectando la fotosítesis y reduciendo la calidad del fruto (Bujanos & Ramos, 2015).

Daños indirectos

Bactericera cockerelli es vector de la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum* (CaLso), agente causal de enfermedades como la punta morada de la papa y el "Zebra Chip". La punta morada se caracteriza por el enrojecimiento y enrollamiento de las hojas superiores, mientras que el "Zebra Chip" provoca una decoloración en los tubérculos que se intensifica al freírlos, volviéndolos no aptos para el consumo (Bujanos & Ramos, 2015).

7.2.4 Detección y monitoreo de *Bactericera cockerelli.*

La detección temprana y el monitoreo constante de *B. cockerelli* son esenciales para implementar estrategias de manejo efectivas.

Monitoreo de poblaciones

El uso de trampas adhesivas amarillas es una técnica común para capturar adultos de *B. cockerelli*. Estas trampas deben colocarse a la altura del dosel del cultivo y revisarse semanalmente para evaluar la densidad poblacional del psílido (Bujanos & Ramos, 2015).

Inspección visual

La inspección regular de las plantas es crucial para identificar signos de infestación. Se debe prestar especial atención al envés de las hojas, donde las ninfas suelen alimentarse, buscando la presencia de huevos, ninfas y síntomas de daño como el amarillamiento o enrollamiento de las hojas (Bujanos & Ramos, 2015).

7.2.5 Manejo Integrado de Bactericera cockerelli.

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) para *Bactericera cockerelli* debe ser planteado como un enfoque multidisciplinario que combine prácticas culturales, biológicas, químicas, genéticas y de monitoreo, con el fin de mantener las poblaciones del insecto por debajo del umbral económico de daño y reducir el riesgo de transmisión de *Candidatus Liberibacter solanacearum* (Gamarra et al., 2019).

7.3 Control Cultural.

El control cultural constituye una de las primeras líneas de defensa contra el psílido de la papa. Este enfoque busca modificar el ambiente del cultivo para hacerlo menos favorable para el establecimiento y desarrollo del insecto. Entre las prácticas más comunes se encuentra la eliminación de plantas voluntarias, la rotación de cultivos y el uso de fechas de siembra sincronizadas.

Según Paredes et al. (2019), la eliminación de hospederos alternos, como el tomate de árbol o malezas de la familia Solanaceae, disminuye significativamente las posibilidades de reinfestación. Asimismo, el uso de cultivos trampa ha sido efectivo en desviar a los adultos de *B. cockerelli* lejos de las plantas de papa (Guachamín Chanataxi, 2021). Por otro lado, ajustar la densidad de siembra y realizar aporques adecuados mejora la sanidad del cultivo y reduce los sitios favorables para la oviposición del psílido (Manobanda et al., 2023).

7.3.1 Control Biológico.

El uso de organismos benéficos para reducir la población del psílido ha ganado importancia en programas de manejo sostenible. En Ecuador se ha evaluado la eficacia de hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, que infectan y matan ninfas y adultos de forma natural.

Lema et al. (2017) comprobaron que cepas nativas de *Beauveria bassiana* causaron mortalidades superiores al 80% en ninfas en condiciones de laboratorio. Pilco et al. (2022) también demostraron la eficacia de *Metarhizium anisopliae* al reducir significativamente las poblaciones bajo condiciones

de invernadero. Estos hongos pueden ser incorporados como parte de programas de biofumigación o mediante aplicaciones foliares con frecuencia semanal durante los picos poblacionales (Castillo et al., 2021).

Además, depredadores naturales como crisopas (*Chrysoperla carnea*) y mariquitas (*Hippodamia convergens*) también han sido documentados como importantes enemigos naturales en agroecosistemas de papa (Villalta, 2020).

7.3.2 Control Químico.

El control químico sigue siendo una herramienta esencial, aunque debe emplearse de manera racional para evitar resistencia. Se recomienda utilizar insecticidas con diferente modo de acción y realizar rotaciones entre grupos químicos.

Bujanos y Ramos (2015) advierten que el uso indiscriminado de insecticidas piretroides ha favorecido la aparición de resistencia en algunas zonas productoras. En Ecuador, los productos más utilizados incluyen spinosad, flupyradifurona y abamectina, cuya aplicación debe hacerse en fases iniciales del cultivo, especialmente durante la emergencia y el inicio de la floración (Villalta, 2020). Estas aplicaciones deben basarse en umbrales económicos previamente establecidos y no hacerse de forma calendarizada.

7.3.3 Control Genético (Variedades resistentes).

Aunque aún no existen variedades comerciales totalmente resistentes al psílido, algunos estudios han identificado diferencias de susceptibilidad entre genotipos. El uso de variedades tolerantes puede ser una herramienta complementaria dentro del MIP.

Castillo et al. (2021) evaluaron varios clones de *Solanum tuberosum* y determinaron que la variedad INIAP-Fripapa presentaba menor infestación en comparación con otras, probablemente debido a características morfológicas desfavorables para la oviposición. Esta resistencia parcial puede ser reforzada con manejo adecuado del cultivo y combinación con otras estrategias.

7.4 Hongos entomopatógenos.

Los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* son microorganismos de gran relevancia en el control biológico de plagas agrícolas. A continuación, se detallan las generalidades de cada uno, incluyendo su descripción, características, taxonomía, modo de acción y morfología, con citas de autores de tesis y artículos científicos obtenidos de repositorios académicos.

7.4.1 *Beauveria bassiana*.

Beauveria bassiana es un hongo entomopatógeno que infecta a una amplia gama de insectos, causando la enfermedad conocida como muscardina blanca. Este hongo es cosmopolita y se encuentra de forma natural en el suelo, actuando como un agente de control biológico contra diversas plagas agrícolas (Rodríguez Contreras, 2013).

Taxonomía

Según Rodríguez Contreras (2013) la clasificación taxonómica de *Beauveria bassiana* es la siguiente:

TABLA 4 TAXONOMÍA DE BEAUVERIA BASSIANA.

Categoría Taxonómica	Clasificación
Reino	Fungi
Filo	Ascomycota
Clase	Sordariomycetes
Orden	Hypocreales
Familia	Cordycipitaceae
Género	Beauveria
Especie	*Beauveria bassiana*

Modo de acción

El proceso de infección de *B. bassiana* inicia cuando las esporas del hongo entran en contacto con la cutícula del insecto hospedero. Las esporas germinan y penetran la cutícula mediante la producción de enzimas hidrolíticas como quitinasas y proteasas. Una vez dentro del insecto, el hongo prolifera en la hemolinfa, causando la muerte del hospedero en un período que varía según las condiciones ambientales y la susceptibilidad del insecto (Sánchez Pedraza, 2015).

Morfología

En medios de cultivo, *B. bassiana* forma colonias de apariencia algodonosa, con coloración que varía de blanco a crema. Los conidios son globosos o subglobosos, de 2-3 × 2.0 a 2.5 μm, y se producen en conidióforos escasos, rara vez en grupos compactos (Liu et al., 2001).

7.4.2 Metarhizium anisopliae

Metarhizium anisopliae es un hongo entomopatógeno utilizado ampliamente en el control biológico de insectos plaga. Este hongo es conocido por su capacidad para infectar a más de 200 especies de insectos, actuando como un agente de control eficaz en diversos sistemas agrícolas (Becerra, 2019).

Taxonomía

Según Becerra (2019) la clasificación taxonómica de *Metarhizium anisopliae* es la siguiente:

TABLA 5 TAXONOMÍA DE METARHIZIUM ANISOPLIAE.

Categoría Taxonómica	Clasificación
Reino	Fungi
Filo	Ascomycota
Clase	Sordariomycetes
Orden	Hypocreales
Familia	Clavicipitaceae
Género	*Metarhizium*
Especie	*Metarhizium anisopliae*

Modo de acción

El ciclo de infección de *M. anisopliae* comienza cuando las conidias entran en contacto con la cutícula del insecto. Las esporas germinan y penetran la cutícula mediante la producción de enzimas como quitinasas y proteasas. Una vez dentro, el hongo se desarrolla en la hemolinfa, produciendo toxinas que contribuyen a la muerte del insecto hospedero en un período que puede variar según las condiciones ambientales y la especie de insecto (Rodríguez Contreras, 2013).

Morfología

En cultivo, *M. anisopliae* forma colonias de color verde oliva a verde oscuro, con una textura pulverulenta debido a la producción de conidias. Los conidios son cilíndricos a elipsoides, de color verde, y se producen en conidióforos ramificados que emergen de las hifas (Becerra, 2019).

8. HIPÓTESIS

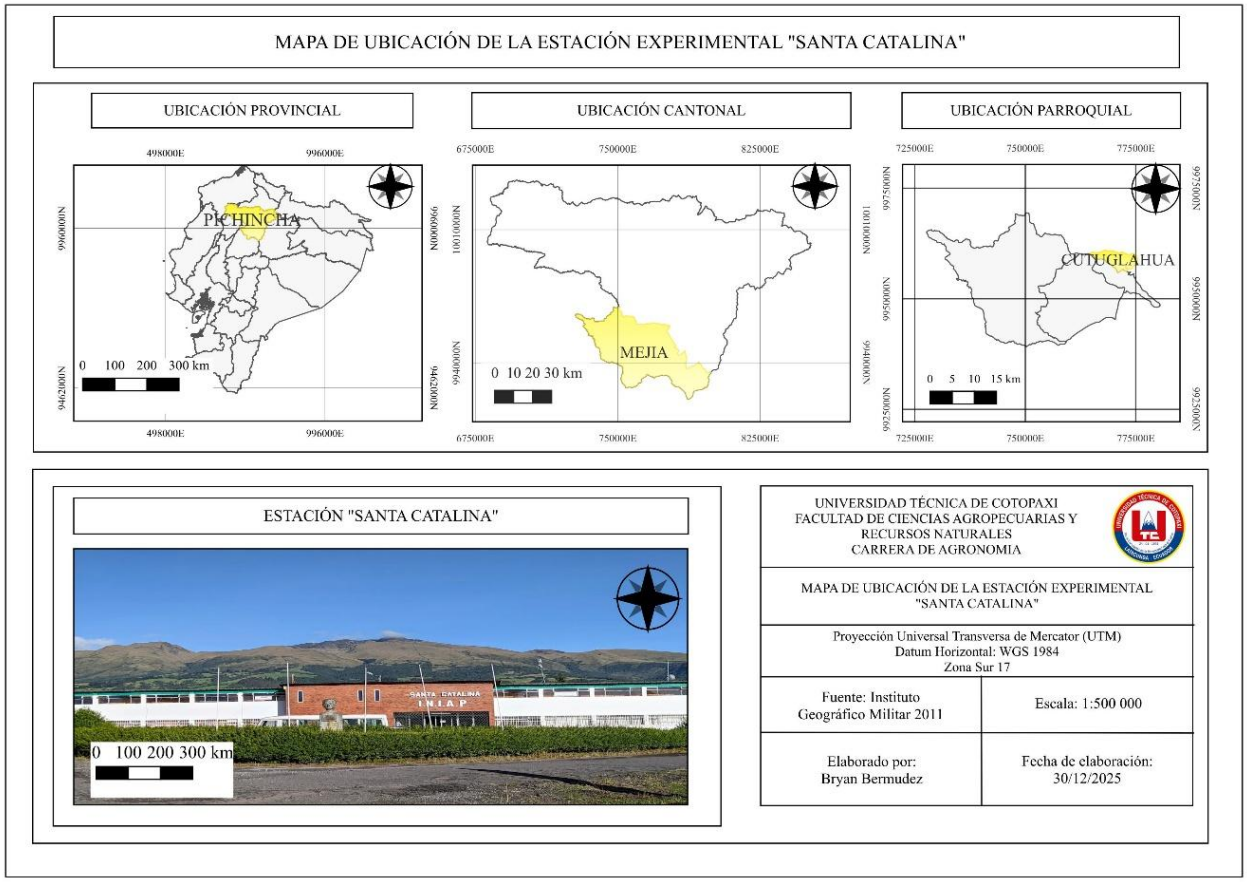
- Ho: La aplicación de hongos entomopatógenos no tiene un efecto sobre las poblaciones de *B. cockerelli* en el cultivo de papa bajo condiciones controladas.
- Hi: La aplicación de hongos entomopatógenos tiene efecto en la población de *B. cockerelli* en el cultivo de papa bajo condiciones controladas.

9. MÉTODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

MATERIALES Y MÉTODOS

9.1 Caracterización del área de estudio

La investigación se lleva a cabo en la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) del INIAP, situada en la parroquia Cutuglahua, en el cantón Mejía, provincia de Pichincha.



9.1.1 Característica del lugar

TABLA 6 CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR DE ESTUDIO.

Ubicación	Descripción
Provincia	Pichincha
Cantón	Mejia
Parroquia	Cutuglahua
Altitud	3058 msnm
Longitud	78°33’ O
Latitud	00°22’ S
Precipitación promedio anual	1432 mm/año

9.1.2 Característica del invernadero

TABLA 7 CARACTERÍSTICAS DEL INVERNADERO.

Características ambientales	Descripción
Temperatura máxima	28.0 °C
Temperatura mínima	7.0 °C
Humedad relativa	70–90 %

9.2 Materiales, insumos y equipos en el proceso de la investigación

Los materiales que se utilizó durante el proceso de investigación son los siguientes:

TABLA 8 MATERIALES

Materiales	**Equipos**	**Insumos**	**Software**
Libreta de campo	Computadora	Semilla de fripapa	Programa estadístico Infostat
Macetas	Cámara	Turba	Base de datos
Tela tul	Atonizador	Hongos entomopatogenos	Excel
Alambres			
Piolas			
Trampas amarillas			

9.3 Métodos

Se desarrolló bajo un enfoque experimental, implementando un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial de AxB+3. Para evaluar el efecto de la aplicación de hongos entomopatógenos sobre la población de *Bactericera cockerelli* en un cultivo de papa, mediante técnicas de monitoreo directo (observación visual y conteo manual) e indirecto (muestreo sistemático). Las actividades se llevaron a cabo en el Cantón Mejia.

9.3.1 Factor en estudio

El factor en estudio corresponde a los diferentes tratamientos de hongos entomopatógenos aplicados al cultivo, descritos de la siguiente manera:

TABLA 9 TRATAMIENTOS Y DOSIS.

		TRATAMIENTO	DOSIS
T1	**T1D1**	*Metarhizium anisopliae* INIAP MC-17	2 gr en 1L de agua
T2	**T1D2**	*Metarhizium anisopliae* INIAP MC-17	4 gr en 1L de agua
T3	**T2D1**	*Beauveria bassiana* INIAP SITIO-3CH	3 gr en 1L de agua
T4	**T2D2**	*Beauveria bassiana* INIAP SITIO-3CH	5 gr en 1L de agua
T5	**T3**	Testigo comercial (BASSAMED)	3 gr en 1L de agua
T6	**T4**	Testigo comercial (Beauveria bassiana)	5gr en 1L de agua
T7	**T5**	Testigo absoluto (Sin control)	Ninguna

9.3.2 Diseño Experimental.

Se aplicó un diseño completamente al azar.

TABLA 10 ESTRUCTURA DE ADEVA.

Fuente de variación	Grados de libertad (GL)
Tratamientos	6
Repetición	3
Error	18
Total	27

9.3.3 Características de la investigación.

- Número de tratamientos: 7
- Número de observaciones: 4
- Número de unidades experimentales: 28

9.3.4 Característica de la unidad experimental.

Para la evaluación cada unidad experimental se realizó una jaula con alambre de 1.25m de diámetro la cual fue cubierta por tela tul de 2*2 m creando una jaula entomológica. Dentro de la jaula se colocó una maceta de 18*14 cm en la cual se preparó turba y se sembró una semilla de fripapa, dando un total de 28 tubérculos.

9.3.5 Análisis estadístico.

Para el análisis estadístico se realizó únicamente análisis de varianza con el programa Infostat.

9.3.6 Variables a evaluar.

Para la evaluación de las variables se realizó un monitoreo directo para contabilizar el número de huevos, ninfas y adultos de *B. cockerelli.*

9.3.6.1 Numero de huevos.

El conteo de huevos se lo realizó en todas las hojas de la planta desde la parte basal hasta la parte apical y el monitoreo se realizó después de una semana que se colocó la *Bactericera* adulta y ovipositen en la planta, en este caso se contará una vez el número de huevos el cual será considerada como población inicial.

9.3.6.2 Numero de ninfas.

El conteo de ninfas se llevó a cabo en todas las hojas de la planta desde la parte basal hasta la parte apical y el monitoreo se realizó una vez por semana cuando el estadio pase de huevo a ninfa.

9.3.6.3 Numero de adultos.

El conteo de adultos se lo realizó en todas las hojas de la planta desde la parte basal hasta la parte apical por 3 veces.

9.3.7 Manejo especifico del experimento.

Para llevar a cabo este estudio experimental, se realizaron todas las actividades técnicas necesarias en cada una de sus fases, asegurando condiciones adecuadas para el desarrollo del experimento. A continuación, se describen los pasos ejecutados:

9.3.7.1 Cría de Bactericera cockerelli.

La cría de los insectos se inició tomando ejemplares adultos de *Bactericera cockerelli* de una colonia previamente establecida por el INIAP. Se seleccionaron varios individuos entre machos y hembras y se los introdujo en una jaula entomológica junto con plantas de papa, que sirvió como fuente de alimento y hospedaje para su reproducción. Este proceso se mantuvo durante un período de dos meses, tiempo en el cual se permitió el desarrollo completo del ciclo biológico del insecto.

9.4 Preparación del sustrato,

El sustrato utilizado fue una mezcla compuesta por tierra previamente esterilizada y pomina, la cual fue homogéneamente combinada. Este sustrato se preparó con el objetivo de brindar un medio de cultivo limpio y equilibrado para el desarrollo de las plantas de papa.

9.4.1 Siembra.

Para la fase de siembra se utilizó la variedad de papa INIAP-Fátima. En cada maceta se colocó una semilla, asegurando uniformidad en la distribución y condiciones similares para cada planta a lo largo del experimento.

9.4.2 Riego

El riego se llevó a cabo de manera controlada, ajustándose a las necesidades hídricas de las plantas en función de su etapa de desarrollo y condiciones ambientales presentes durante el ensayo.

9.4.3 Aplicación de hongos entomopatogenos.

Cuando las plantas alcanzaron una altura aproximada de 15 centímetros, se procedió a aplicar los hongos entomopatogenos. Todos los hongos serán previamente diluidos en agua y aplicados con un atomizador pequeño de 1000ml. De acuerdo a la dosis por tratamiento se hace una regla de 3 para calcular la solución exacta por tratamiento, previo a eso se realiza una prueba de volumen que va ocupar cada planta, y se obtuvo que 3ml a 4.5ml es distribuida la solución con los diferentes productos en una unidad experimental.

9.4.4 Infestación con Bactericera cockerelli.

De acuerdo con Lara Yépez (2024), al aumentar el número de individuos en un experimento, se disminuye el error experimental y se incrementa la probabilidad de identificar diferencias significativas entre los tratamientos. En este contexto, el uso de 10 parejas de *Bactericera cockerelli* por unidad experimental resulta adecuado para evaluar la resistencia de diferentes variedades, ya que permite observar tanto la oviposición como la supervivencia de los insectos bajo condiciones controladas. La infestación experimental con *B. cockerelli* se efectuará en cada unidad experimental y se colocaran veinte individuos del insecto, 10 machos y 10 hembras, con el objetivo de evaluar la respuesta de las plantas tratadas frente a la presencia del vector.

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10.1 Resultados de huevos.

El análisis de varianza en el número de huevos demostró que no existe diferencias significativas entre tratamientos (p = 0,3022), ni tampoco en repeticiones fue significativo (p = 0,8418), el coeficiente de variación (CV = 29,28%) indica variabilidad moderada.

TABLA 11 ADEVA DE LOS TRATAMIENTOS EN EL CONTEO DE HUEVOS

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	21383,71	6	3563,95	1,31	0,3022 ns
Repetición	2251,82	3	750,61	0,28	0,8418 ns
Error	48921,43	18	2717,86	—	—
Total	72556,96	27	—	—	—

Elaborado por: Brayan Bermúdez

El análisis de varianza de hongos entomopatógenos x dosis aplicadas en huevos de *Bactericera cockerelli* evidenció que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos (p = 0,1223), no afectaron la oviposición de la plaga durante el período de evaluación. El factor hongo presentó un valor de p = 0,0669, lo que indica que no existe diferencias estadísticas. La dosis (p = 0,7520), la interacción hongo × dosis (p = 0,1093) y las repeticiones (p = 0,4652) no mostraron efectos significativos (p > 0,05). El coeficiente de determinación (R^2 = 0,54) indicó que el modelo explicó el 54 % de la variabilidad observada, mientras que el R^2 ajustado (0,23) reflejó una capacidad explicativa moderada y el coeficiente de variación (CV = 29,62 %) evidenció una variabilidad moderada entre las unidades experimentales. Estos resultados coinciden parcialmente con lo reportado por Calpa Vallejos (2023), quien evaluó hongos entomopatógenos para el manejo de *Bactericera cockerelli* en cultivo de papa y señaló que, aunque estos microorganismos contribuyen a disminuir las poblaciones de la plaga, su efecto sobre la oviposición no siempre es inmediato ni estadísticamente significativo, debido a que los hongos actúan principalmente por infección del insecto y no sobre los huevos. En consecuencia, la reducción en la cantidad de huevos depende de la disminución progresiva de la población adulta y de factores como la cepa utilizada, las condiciones ambientales y el tiempo de exposición del insecto al agente de control biológico.

TABLA 12 ADEVA DE HONGOS X DOSIS EN EL CONTEO DE HUEVOS.

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	19502,50	3	6500,83	2,53	0,1223 ns
Hongos	11130,25	1	11130,25	4,34	0,0669 ns
Dosis	272,25	1	272,25	0,11	0,7520 ns
Hongos × Dosis	8100,00	1	8100,00	3,16	0,1093 ns
Repetición	7155,00	3	2385,00	0,93	0,4652 ns
Error	23082,50	9	2564,72	—	—
Total	49740,00	15	—	—	—

Elaborado por: Brayan Bermudez

La prueba T en el número de huevos mostró que no hubo diferencias significativas entre los niveles del factor A (t = 2,01; p = 0,0642), el nivel 1 presentó mayor promedio de huevos (197,38), mientras que el nivel 2 (144,63). Lo que demuestra que *Beauveria bassiana* redujo la ovoposición del insecto.

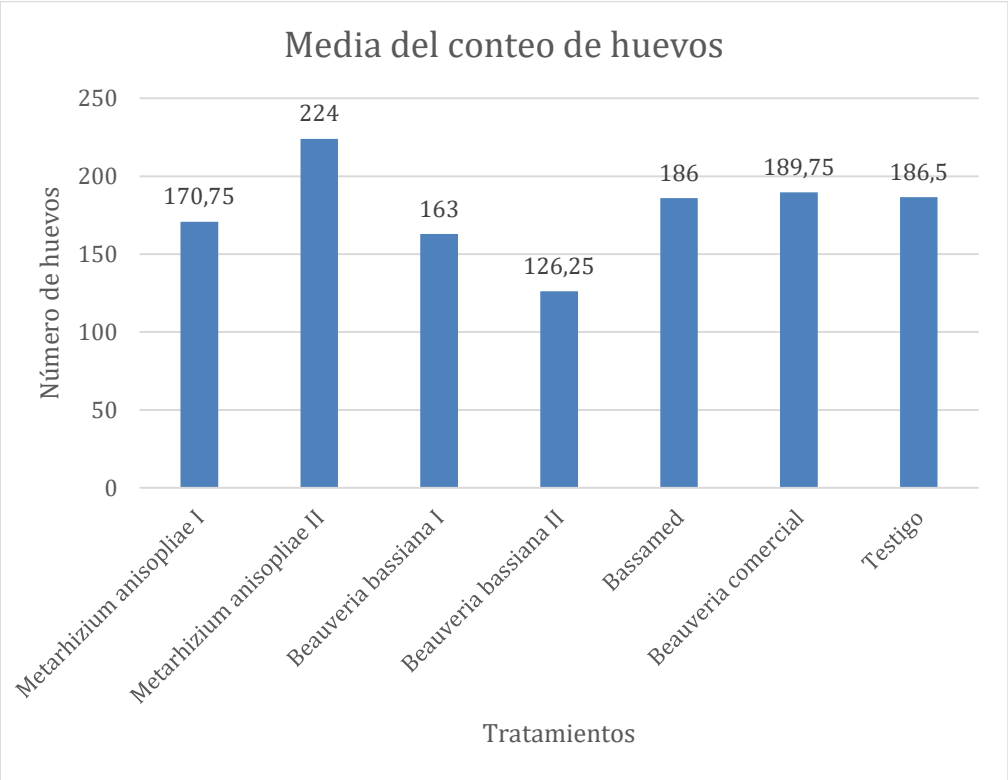
TABLA 13 PRUEBA T PARA NÚMERO DE HUEVOS.

Parámetro	Grupo 1 (A1)	Grupo 2 (A2)
N	8	8
Media	197,38	144,63
Diferencia de medias	-	52,75
IC 95 %	-	-3,57 a 109,07
p (Homogeneidad de varianzas)	-	0,8503
Estadístico t	-	2,01
p-valor	-	0,0642 ns

Elaborado por: Brayan Bermudez

A pesar de no existir diferencias significativas, se observó diferencias numéricas en la oviposición de *Bactericera cockerelli,* siento *Beauveria bassiana* (T4) el menor promedio con 126,25 huevos, en comparación al resto de tratamientos. *Metarhizium anisopliae* registró mayor promedio con 224 huevos.

GRÁFICA 1 ***MEDIA PARA EL NÚMERO DE HUEVOS.***



Elaborado por: Brayan Bermudez

10.2 Numero de ninfas.

El análisis de varianza en el número de ninfas no mostró diferencias significativas entre tratamientos (p = 0,4035), de igual manera repeticiones no fue significativo (p = 0,7604), mientras que el coeficiente de variación (CV = 25,55%) refleja variabilidad moderada.

TABLA 14 ADEVA DE LOS TRATAMIENTOS EN EL CONTEO DE NINFAS.

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	72,90	6	12,15	1,09	0,4035 ns
Repetición	13,06	3	4,35	0,39	0,7604 ns
Error	200,02	18	11,11	—	—
Total	285,98	27	—	—	—

Elaborado por: Brayan Bermúdez

El análisis de varianza de hongos entomopatógenos x dosis aplicadas en ninfas de *Bactericera cockerelli* mostró que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados (p = 0,1972), no redujeron la población de ninfas durante el período de evaluación. El factor hongo (p = 0,1094), la dosis (p = 0,6154), la interacción hongo × dosis (p = 0,1613) y las repeticiones (p = 0,7597) tampoco presentaron diferencias significativas (p > 0,05). El coeficiente de determinación

(R^2 = 0,40) indicó que el modelo explicó el 40 % de la variabilidad observada, mientras que el R^2 ajustado (0,01) evidenció una baja capacidad explicativa y el coeficiente de variación (CV = 22,17 %) reflejó una variabilidad baja entre las unidades experimentales. Estos resultados coinciden parcialmente con lo reportado por Salazar Gudiño (2022), quien evaluó hongos entomopatógenos para el control de *Bactericera cockerelli* en el cultivo de papa y concluyó que estos constituyen una alternativa viable para disminuir las poblaciones de la plaga; sin embargo, su eficacia depende de factores como la especie del hongo, las condiciones ambientales, el tiempo de exposición y el manejo agronómico del cultivo. En ese estudio se observó una reducción de la población de la plaga y una mayor rentabilidad del manejo con hongos entomopatógenos respecto al manejo convencional, aunque la respuesta biológica varió entre tratamientos, lo que puede explicar la ausencia de diferencias estadísticas significativas obtenidas en la presente investigación.

TABLA 15 ADEVA DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS X DOSIS EN EL CONTEO DE NINFAS.

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	43,17	3	14,39	1,92	0,1972 ns
Hongo	23,67	1	23,67	3,15	0,1094 ns
Dosis	2,03	1	2,03	0,27	0,6154 ns
Hongo × Dosis	17,47	1	17,47	2,33	0,1613 ns
Repetición	8,89	3	2,96	0,40	0,7597 ns
Error	67,52	9	7,50	—	—
Total	119,58	15	—	—	—

Elaborado por: Brayan Bermudez

Para el número de ninfas, la prueba T demostró que no existe diferencias significativas entre los niveles del factor A (t = 1,77; p = 0,0987), nuevamente el grupo A1 presenta un mayor promedio de 188,92 ninfas, y el grupo A2 de 130,38 ninfas. La homogeneidad de varianzas (p = 0,7811) corrobora que se cumple igualdad de varianza en ambos niveles.

TABLA 16 PRUEBA T PARA NÚMERO DE NINFAS.

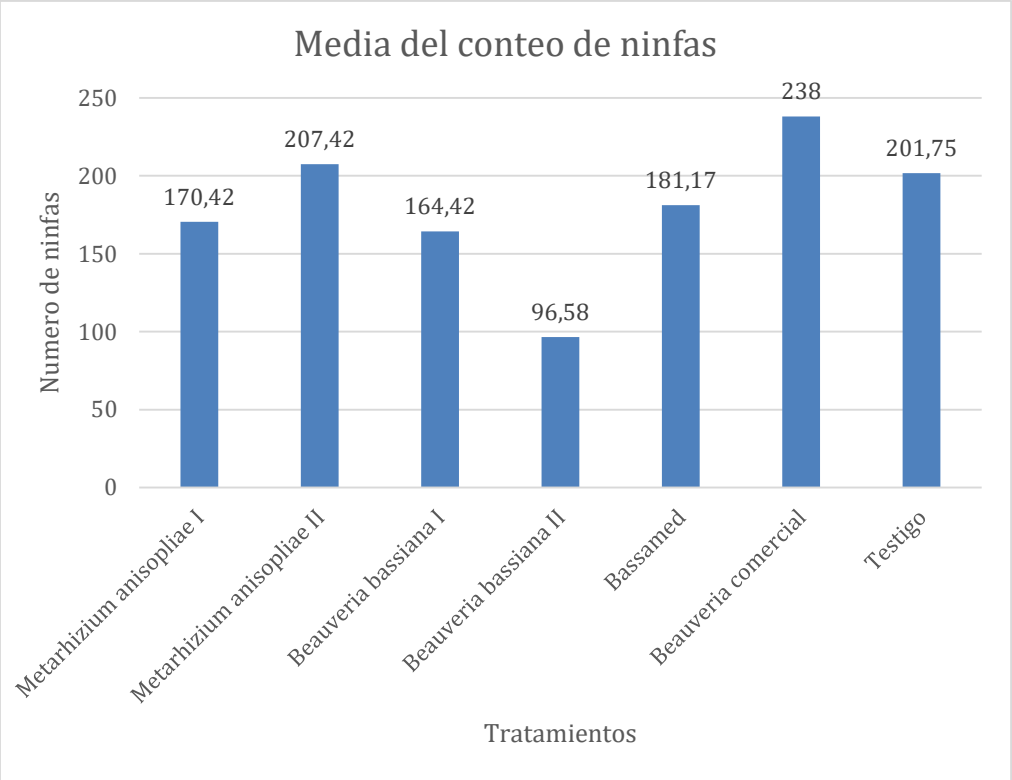
Prueba T para número de ninfas.

Parámetro	Grupo 1 (A1)	Grupo 2 (A2)
n	8	8
Media	188,92	130,38
Diferencia de medias	-	58,54
IC 95 %	-	-12,44 a 129,52
p (Homogeneidad de varianzas)	-	0,7811
Estadístico t	-	1,77
p-valor	-	0,0987 ns

Elaborado por: Brayan Bermúdez

En el estadio de ninfas existieron diferencias numéricas en las poblaciones registradas, siendo nuevamente *Beauveria basssiana* (T4) el que presentó el promedio más bajo que el resto de tratamientos con 96,58 ninfas, mientras que Beauveria comercial obtuvo el pormedio más elevado de ninfas (238).

GRÁFICA 2 *MEDIA PARA EL CONTEO DE NINFAS.*



Elaborado por: Brayan Bermudez

10.3 Número de adultos.

Para el conteo de adultos, el análisis de varianza tampoco no evidenció diferencias significativas entre tratamientos (p = 0,1445), repeticiones no fue significativo (p = 0,4590), mientras que el coeficiente de variación (CV = 24,83%) refleja menor variabilidad en comparación a los otros estadios.

TABLA 17 ADEVA DE LOS TRATAMIENTOS EN EL CONTEO DE ADULTOS.

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	100,82	6	16,80	1,86	0,1445 ns
Repetición	24,53	3	8,18	0,90	0,4590 ns
Error	163,03	18	9,06	—	—
Total	288,38	27	—	—	—

Elaborado por: Brayan Bermudez

El análisis de varianza hongos entomopatogenos x dosis aplicadas en adultos de *Bactericera cockerelli* evidenció que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados (p = 0,1298), lo cual no lograron reducir la población de adultos bajo las condiciones controladas. El factor hongo (p = 0,0,891), la dosis (p = 0,4589), la interacción hongo × dosis (p = 0,1103) y las repeticiones (p = 0,8717) no presentaron diferencias significativas (p > 0,05). El coeficiente de determinación (R^2 = 0,43) mostró que el modelo explicó el 43 % de la variabilidad observada, mientras que el R^2 ajustado (0,04) indicó una baja capacidad explicativa y el coeficiente de variación (CV = 17,91 %) fue el más bajo de los tres estadios evaluados, reflejando menor dispersión de datos. Estos resultados muestran que, algunos tratamientos pueden a disminuir el número de adultos, dicha respuesta no es suficiente para demostrar un efecto estadísticamente significativo, posiblemente debido a la mayor movilidad de los adultos y al tiempo requerido para que los hongos entomopatógenos completen su proceso de infección. Estos resultados son parcialmente consistentes con lo reportado por Calpa Vallejos (2023), quien evaluó diferentes hongos entomopatógenos para el control de *B. cockerelli* en papa y encontró que la respuesta de la población de adultos dependió del agente biológico empleado, destacándose *Paecilomyces fumosoroseus* por reducir aproximadamente un 30 % la población de adultos en comparación con el manejo convencional. Sin embargo, la autora también señala que la eficacia de los hongos entomopatógenos está influenciada por factores como las condiciones ambientales, la cepa utilizada y el estado de desarrollo del insecto, lo que puede explicar las diferencias observadas respecto a los resultados obtenidos en la presente investigación.

TABLA 18 ADEVA DE HONGO ENTOMOPATÓGENO X DOSIS EN EL CONTEO DE ADULTOS.

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	28,61	3	9,54	2,46	0,1298 ns
Hongo	14,10	1	14,10	3,63	0,0891 ns
Dosis	2,33	1	2,33	0,60	0,4589 ns
Hongo × Dosis	12,18	1	12,18	3,14	0,1103 ns
Repetición	2,70	3	0,90	0,23	0,8717 ns
Error	34,95	9	3,88	—	—
Total	66,26	15	—	—	—

Elaborado por: Brayan Bermudez

La prueba T indica que no existe diferencias significativas en el número de adultos entre los niveles del factor A (t = 1,94; p = 0,0730), nuevamente el grupo A1 presenta mayor promedio de 145,25 adultos, superando al grupo A2 que muestra un promedio de 104,13. Existe igualdad de varianzas entre grupos.

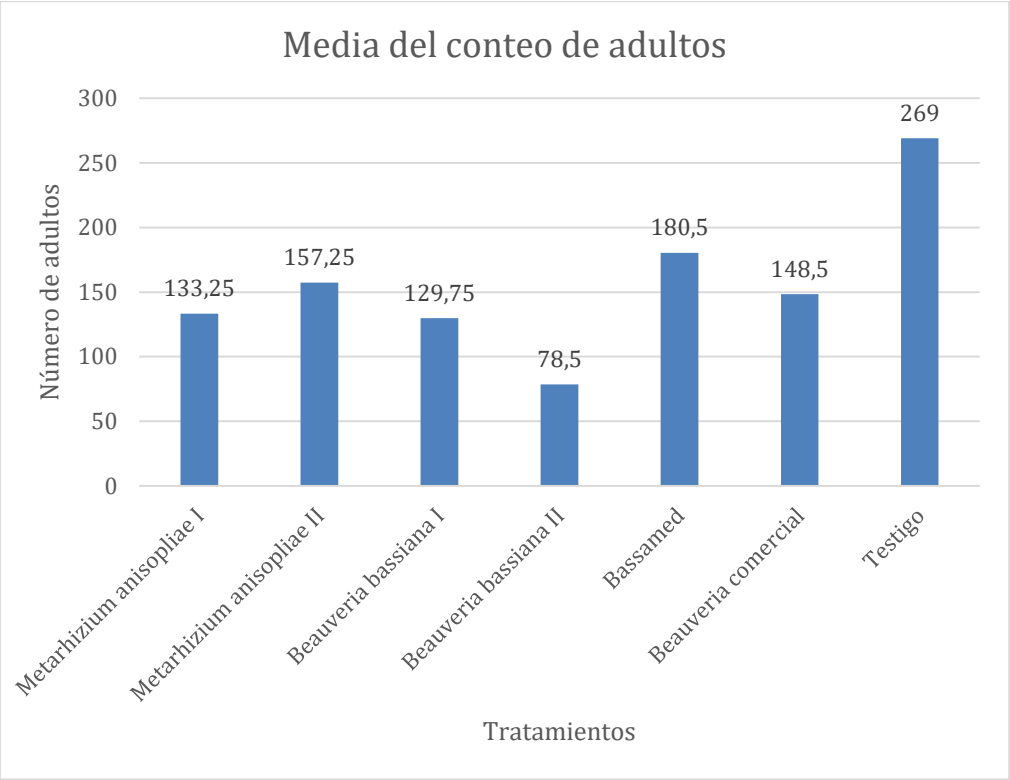
TABLA 19 PRUEBA T PARA NÚMERO DE ADULTOS.

Parámetro	Grupo 1 (A1)	Grupo 2 (A2)
n	8	8
Media	145,25	104,13
Diferencia de medias	-	41,13
IC 95 %	-	-4,25 a 86,50
p (Homogeneidad de varianzas)	-	0,9365
Estadístico t	-	1,94
p-valor	-	0,0730 ns

Elaborado por: Brayan Bermudez

En cuanto al a la diferencia numérica de adultos, *Beauveria bassiana* (T4) logró un promedio de 78,50, siendo el tratamiento que más redujo la población en los 3 estadio del insecto. El testigo resgitró mayor promedio con 269 adultos.

GRÁFICA 3 *MEDIA DEL CONTEDO DE ADULTOS.*



11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Los hongos entomopatógenos evaluados (*Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, Beauveria comercial y Bassamed) no presentaron diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$) en el control de los diferentes estadíos de *Bactericera cockerelli* (huevos, ninfas y adultos). Sin embargo, se observó diferencia numérica siendo *Beauveria bassiana* el tratamiento que redujo la población en los 3 estadíos de la plaga, a comparación del resto de tratamientos.
- El análisis del número de huevos, ninfas y adultos demostró que las dosis evaluadas no influyeron significativamente sobre las poblaciones de *Bactericera cockerelli*, ni se presentó interacción entre tratamiento y dosis ($p > 0,05$). No obstante, *Beauveria bassiana* registró el menor promedio de huevos (144,63), ninfas (130,38) y adultos (104,13), mientras que el tratamiento testigo presentó el mayor promedio (269,00) en adultos, evidenciando una respuesta biológica favorable del hongo.

RECOMENDACIONES

- Realizar futuras investigaciones incrementando el número de repeticiones, el tamaño de la muestra y el período de evaluación, además de controlar variables ambientales como la temperatura y la humedad relativa, con el fin de favorecer el establecimiento y la acción de los hongos entomopatógenos, permitiendo detectar con mayor precisión diferencias estadísticas en el control de *Bactericera cockerelli*.
- Evaluar diferentes concentraciones y frecuencias de aplicación de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, tanto de forma individual como en programas de manejo integrado de plagas, considerando que *Beauveria bassiana* presentó una tendencia a reducir la población de adultos, por lo que su eficacia podría optimizarse bajo distintas condiciones de manejo y de campo.

12. BIBLIOGRAFÍA

Andrade, J., Espinosa, J., & Narváez, J. (s.f.). *Ficha Técnica de la variedad de papa INIAP – Fripapa 99*. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Recuperado de https://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/handle/41000/6097

Becerra, D. A., Beltrán Espitia, K. A., & Bolívar Pérez, J. (2019). Revisión sobre los hongos Beauveria bassiana, Metarhizium anisopliae y Trichoderma spp como biocontrol de la garrapata Rhipicephalus microplus [Tesis de pregrado, Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca]. Repositorio Institucional Unicolmayor. https://repositorio.unicolmayor.edu.co/handle/unicolmayor/5598

Bujanos, M. R., & Ramos, J. D. (2015). *Manejo integrado del psílido de la papa (Bactericera cockerelli Sulc.) en México*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Recuperado de https://www.inifap.gob.mx/documents/20125/0/Manejo_integrado_psilido_papa.pdf

CABI. (2020). *Bactericera cockerelli (tomato/potato psyllid)*. In Invasive Species Compendium. CAB International. Recuperado de https://www.cabi.org/isc/datasheet/54694

Caicedo, A. M., Castillo, C., & Bertaccini, A. (2015). *First report of 'Candidatus Phytoplasma aurantifolia' (16SrII) associated with potato purple top in San Gabriel-Carchi, Ecuador*. *Australasian Plant Disease Notes*, 10(1), 1-4. https://www.researchgate.net/publication/284027743_First_report_of_'Candidatus_Phytoplasma_aurantifolia'_16SrII_associated_with_potato_purple_top_in_San_Gabriel-Carchi_EcuadorResearchGate+1ResearchGate+1

Caicedo, R., Jaramillo, E., & Vallejo, M. (2022). *Diagnóstico de enfermedades emergentes en Solanáceas en Ecuador*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5753

Calpa Vallejos, C. A. (2023). *Evaluación de cepas de hongos entomopatógenos para el control de Bactericera cockerelli en papa*. Universidad Técnica del Norte. https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/12598

Calpa Vallejos, M. A. (2023). *Evaluación de hongos entomopatógenos para el control de Bactericera cockerelli en el cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) variedad Superchola en Salcedo, Cotopaxi* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio ESPOCH. https://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/22231ESPOCH DSpace

Castillo, A. (2019). *Importancia socioeconómica de la producción de papa en la región andina del Ecuador*. Universidad Central del Ecuador. https://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/19656

Castillo, A., & Paltrinieri, G. (2018). *Enfermedades emergentes en cultivos de papa en América Latina*. Revista de Fitopatología, 56(1), 34–40. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61256478005

Castillo, C. (2019). *Bactericera cockerelli: un problema actual y Candidatus Liberibacter solanacearum: una amenaza*. En *Libro de memorias: VIII Congreso ecuatoriano de la papa* (pp. 24-25). INIAP, Estación Experimental Santa Catalina. http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5347Repositorio Digital INIAP+6Repositorio Digital INIAP+6Repositorio Digital INIAP+6

Castillo, C., & Paltrinieri, S. (2018). *Detection and molecular characterization of a 16SrI-F phytoplasma in potato showing purple top disease in Ecuador*. *Australasian Plant Pathology*, 47(3), 311-315. https://www.researchgate.net/publication/324807646_Detection_and_molecular_characterization_of_a_16SrI-F_phytoplasma_in_potato_showing_purple_top_disease_in_EcuadorResearchGate

Castillo, C., Buitrón, J., Insuasti, M., Castillo, N., Rivadeneira, J., & Cuesta, X. (2021). *Avances en el diagnóstico del agente causal del problema de punta morada en papa en Ecuador*. En *VII Congreso Ecuatoriano de la Papa: Adaptación al cambio climático* (pp. 189-190). INIAP. https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5746Repositorio Digital INIAP+5Repositorio Digital INIAP+5Repositorio Digital INIAP+5

Cuesta, M., Valdez, J., & Ludeña, P. (2025). *Impacto de la enfermedad de la punta morada en la productividad de papa en la Sierra centro del Ecuador*. Universidad Técnica de Ambato. https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/38146

Cuesta, X., Castillo, C., & Bertaccini, A. (2025). *Lessons from potato purple top in Ecuador*. *New Disease Reports*, 31, 18. https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/27685241.2023.2194269Taylor & Francis Online

Cuesta, X., Racines, M., & Torres, M. (2013). *Estudio de la fenología de cinco variedades de papa en dos épocas de siembra en la Estación Experimental Santa Catalina*. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Recuperado de https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/987/1/iniapsctY22e.pdf

Dalgo Nicolalde, M. A. (2020). *Biología y ecología del psílido de la papa Bactericera cockerelli en Ecuador* (Tesis de maestría). Universidad Central del Ecuador. Recuperado de http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/21347

Espinoza Peña, P. A. (2022). *Evaluación de alternativas agroecológicas para el control de plagas en papa*. Universidad Nacional de Chimborazo. https://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9397

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), & International Potato Center (CIP). (2008). *El cultivo de la papa en Ecuador: Diagnóstico y perspectivas*. FAO. https://www.fao.org/3/i0215s/i0215s.pdf

Gamarra, H., Castillo, L., & Chávez, A. (2019). *Riesgo climático para la proliferación del psílido de la papa en Ecuador*. Centro Internacional de la Papa (CIP). https://hdl.handle.net/10568/106788

Gamarra, H., Ortega, L. D., & Mendoza, J. (2019). *Monitoreo y manejo integrado del psílido de la papa en la región andina*. Centro Internacional de la Papa (CIP). Recuperado de https://hdl.handle.net/10568/107727

Gamarra, H., Sporleder, M., & Kroschel, J. (2019). *Modelo fenológico de Bactericera cockerelli para evaluar el riesgo de establecimiento en áreas potenciales de producción de papa en el Perú*. Centro Internacional de la Papa (CIP). https://cipotato.org/wp-content/uploads/2019/11/Phenology-and-pest-risk-Bactericera-cockerelli-Heidy-Gamarra-Octubre-2019.pdfInternational Potato Center

González, M., & Ludeña, P. (2018). *Lineamientos para un manejo agroecológico de plagas en cultivos de importancia económica*. Revista INIAP, 23(2), 15–29. https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5743

Guachamín Chanataxi, C. A. (2021). *Uso de extractos vegetales como alternativa de control para Bactericera cockerelli en cultivos de papa*. Universidad Técnica de Ambato. https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/32571

Guachamín Chanataxi, M. A. (2021). *Evaluación de extractos de ajo y neem en el control de Bactericera cockerelli en el cultivo de papa* [Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio UCE. https://www.dspace.uce.edu.ec/bitstreams/58ea3bf2-743a-4f63-ab9e-d546ba6ec874/download

INEC. (2023). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC)*. Instituto Nacional de Estadística y Censos. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/2023/Boletin_tecnico_ESPAC_2023.pdf

Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. (2021). *Memoria del X Congreso Ecuatoriano de la Papa*. Recuperado de https://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/bitstream/41000/6125/1/4.2%20Memoria%20X-CEP%202023%20%28versi%C3%B3n%20digital%29.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2023). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) 2023*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/2023/Boletin_tecnico_ESPAC_2023.pdfSIPA+3Ecuador en Cifras+3Ecuador en Cifras+3

Lara Yépez, W. F. (2024). Evaluación de la resistencia a Bactericera cockerelli en variedades de papa (Solanum tuberosum L.) y camote (Ipomoea batatas) bajo invernadero en el cantón Mejía [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Digital UTN. https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/16231

Lema, K. M., Cañarte, E. M., & Villacrés, E. (2017). *Eficacia de Beauveria bassiana en el control del psílido de la papa Bactericera cockerelli* (Tesis de grado). Universidad Técnica de Manabí. Recuperado de http://repositorio.utm.edu.ec/handle/123456789/1688

Liu, Y., Luo, Y., & Zeng, L. (2001). Characterization of a newly discovered Beauveria bassiana isolate from China. Journal of Basic Microbiology, 41(5), 313–317. https://doi.org/10.1002/1521-4028(200112)41:5<313::AID-JOBM313>3.0.CO;2-B

Manobanda, A. F., Pérez, S. J., & Zambrano, C. (2023). *Umbrales económicos y manejo químico del psílido de la papa en Tungurahua*. Revista de Ciencias Agrícolas, 40(1), 23-35. Recuperado de https://revistas.uta.edu.ec/erevistas/index.php/agricolas/article/view/1234

Manobanda, C., Mera, R., & Soria, M. (2023). *Distribución y riesgo fitosanitario de Bactericera cockerelli en la región interandina del Ecuador*. Revista Científica Agroecosistemas, 30(1), 12–21. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9030418

Manobanda, M., López, P., & Vásquez Freytez, C. L. (2023). *Bioecología de Bactericera cockerelli (Sulc.) en el cultivo de papa en Ecuador*. *Revista de Investigaciones Agropecuarias,* 49(1), 1-10. https://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/view/707UNA Agronomía

Millán Cháidez, M. (2014). *Taxonomía y distribución de Bactericera cockerelli en México* (Tesis doctoral). Colegio de Postgraduados. Recuperado de https://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/2334

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2015). *Plan Sectorial 2024-2025*. Recuperado de https://www.agricultura.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2024/12/Copia-de-Plan-Sectorial-2024-2025-VF-signed-signed.pdf

National Center for Biotechnology Information. (2021). *Taxonomy browser (Solanum tuberosum)*. Recuperado de https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?id=4113

Paredes, D., González, M., & Castro, R. (2019). *Prácticas culturales para el manejo del psílido de la papa en la Sierra ecuatoriana*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Recuperado de http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5490

Paspuezán Calderón, M. A. (2019). *Impacto del psílido de la papa Bactericera cockerelli en cultivos de solanáceas en Ecuador* (Tesis de maestría). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Recuperado de https://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/15234

Pilco, M. J., Herrera, P. A., & Suárez, L. (2022). *Uso de Metarhizium anisopliae en el control biológico de Bactericera cockerelli en condiciones de invernadero*. Revista Ecuatoriana de Entomología, 9(2), 45-56. Recuperado de https://revistas.uce.edu.ec/index.php/ree/article/view/3456

Quespaz Hurtado, A. E. (2023). *Evaluación de métodos de manejo integrado para el control de Bactericera cockerelli en papa (Solanum tuberosum)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional.

Rodríguez Contreras, J. A. (2013). Evaluación de la patogenicidad de Beauveria bassiana en el control de Diaphorina citri [Tesis de maestría, University of Florida]. UF/IFAS Southwest

Florida Research and Education Center. https://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/14_Rodr%C3%ADguez_16.pdf

Rojas, P. (2010). *Biología y ecología de Bactericera cockerelli en cultivos de papa en México* (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Chapingo. Recuperado de https://repositorio.chapingo.edu.mx/handle/20.500.12098/123

Rosero, M., Cabrera, G., & Reinoso, J. (2017). *Transferencia de tecnología para el manejo integrado de plagas en pequeños agricultores de la Sierra Centro*. Universidad Técnica de Cotopaxi. https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5345

Salazar Gudiño, D. M. (2022). *Conocimiento y aplicación del control biológico en el cultivo de papa en Tungurahua*. Universidad Técnica de Ambato. https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/37247

Sánchez Pedraza, F. (2015). Evaluación de la patogenicidad de la cepa 6M11 del hongo entomopatógeno Metarhizium brunneum contra Diaphorina citri [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León]. https://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/8_Sanchez_15.pdf

Terranova, M. (1995). *Clasificación taxonómica de la papa (Solanum tuberosum L.)*. Recuperado de https://repositorio.una.edu.ni/3947/1/tnf30l182.pdf

Vásquez, L. (2019). *Distribución geográfica y factores climáticos asociados a la presencia de Bactericera cockerelli en América Latina* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4567

Villalta, R. (2020). *Depredadores naturales de Bactericera cockerelli en cultivos de papa en Ecuador*. Revista Científica Agroecosistemas, 8(2), 75-89. Recuperado de https://revistas.utb.edu.ec/index.php/agroecosistemas/article/view/987

13. ANEXOS

Anexo N°. 1. Preparación de macetas para cultivar la papa



Anexo N°. 2. Cultivo de papa



Anexo N°. 3. Armar jaulas



Anexo N°. 4. Implementación de jaulas en el invernadero



Anexo N°. 4. Rotulación



Anexo N°. 5. Ensayo implementado



Anexo N°. 6. Tratamientos



Anexo N°. 7. Preparación de tratamientos



Anexo N°. 8. Aplicación de productos



Anexo N°. 9. Registro del conteo por fecha de cada estadio de *Bactericera cockerelli*

Mesas	Tratamientos	Conteo de huevos	Conteo de nifas			Conteo de adultos			Total de adultos
			1	2	3	1	2	3	
Mesa 1		10/6/2025	16/6/2025	23/6/2025	30/6/2025	8/7/2025	12/7/2025	17/7/2025	
1	T5RII	194	126	137	122	72	14	32	118
2	T1D1RI	204	105	195	181	40	49	45	134
3	T1D1RIV	227	207	281	267	83	33	32	148
4	T1D2RII	202	228	333	398	145	41	51	237
5	T2D2RIII	118	103	136	108	53	4	27	84
6	T4RIII	234	162	367	393	89	29	7	125
7	T3RIII	169	93	111	151	36	50	50	136
8	T1D1RII	114	63	103	112	49	20	8	77
Mesa 2									
1	T1D2RII	207	94	202	235	80	38	31	149
2	T5RI	214	158	220	350	260	50	32	342
3	T4RIV	136	82	186	193	78	23	48	149
4	T2D1RII	163	158	128	154	81	11	26	118
5	T3RII	234	230	301	416	176	58	19	253
6	T5RIV	227	103	532	453	402	61	47	510
7	T1D1RIII	138	104	180	247	107	40	27	174
8	T3RIV	219	181	268	233	194	23	28	245
Mesa 3									
1	T2D1RIII	263	192	212	244	137	22	14	173
2	T3RI	122	56	71	63	68	8	12	88
3	T4RI	202	194	279	367	96	75	48	219
4	T2D1RI	103	26	122	55	69	4	11	84
5	T1D2RIII	276	139	207	194	67	28	20	115
6	T5RIII	111	52	88	80	81	12	13	106
7	T4RIII	187	181	214	238	76	17	8	101
8	T2D2RII	92	62	60	50	44	1	2	47
Mesa 4									
1	T2D2RIV	166	58	126	64	49	9	25	83
2	T1D2RIV	211	109	191	159	97	8	23	128
3	T2D2RI	129	120	135	137	58	19	23	100
4	T2D1RIV	123	189	252	238	108	25	11	144

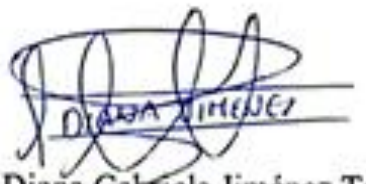
Anexo No. 10. Aval del Traductor

AVAL DE TRADUCCIÓN - PROFESIONAL EXTERNO

Yo Jiménez Tenorio Diana Gabriela con cédula de identidad número: 0502956956, Licenciada en Ciencias de la Educación Mención Inglés con número de registro de la SENESCYT No. 1010-08-814491; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma Inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: **"EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE *BACTERICERA COCKERELLI* EN EL CULTIVO DE PAPA (*SOLANUM TUBEROSUM L.*) BAJO INVERNADERO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA INIAP-ECUADOR, 2025"**, de: **Bermudez Naranjo Brayan Benjamin**, de la carrera de **Agronomía**, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

En virtud de lo expuesto y para constancia de lo mismo se registra la firma respectiva.

Latacunga, 05 de agosto del 2026



Diana Gabriela Jiménez Tenorio
C.I: 0502956956
Email: dj926786@gmail.com
Contacto: 0984635976