



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES

CARRERA DE AGRONOMÍA

“EVALUACIÓN DE PRODUCTOS BIORRACIONALES PARA EL CONTROL DEL PSÍLIDO DE LA PAPA (*Bactericera cockerelli*) EN EL BARRIO PANZALEO CON LA VARIEDAD SUPERCHOLA (*Solanum tuberosum*). MACHACHI – PICHINCHA 2025.”

PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR:

Pilicita Caiza Michael Vinicio

TUTOR:

Jácome Mogro Emerson Javier

LATACUNGA-ECUADOR

Marzo 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Pilicita Caiza Michael Vinicio, con cédula de ciudadanía No. 1728027630, declaro ser autor del presente Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DE PRODUCTOS BIORRACIONALES PARA EL CONTROL DEL PSÍLIDO DE LA PAPA (*Bactericera cockerelli*) EN EL BARRIO PANZALEO CON LA VARIEDAD SUPERCHOLA (*Solanum tuberosum*). MACHACHI – PICHINCHA 2025.”** siendo el Ingeniero Mg. Jácome Mogro Emerson Javier 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, 12 de febrero del 2026

Pilicita Caiza Michael Vinicio

C.C: 1728027630

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 **PILICITA CAIZA MICHAEL VINICIO**, identificado con cédula de ciudadanía **1728027630** 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. - EL 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 PRODUCTOS BIORRACIONALES PARA EL CONTROL DEL PSÍLIDO DE LA PAPA (*Bactericera cockerelli*) EN EL BARRIO PANZALEO CON LA VARIEDAD SUPERCHOLA (*Solanum tuberosum*). MACHACHI – PICHINCHA 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: Mayo 2020 - Septiembre 2020

Finalización de la carrera: Octubre 2025 – Marzo 2026

Tutor: Ing. Jácome Mogro Emerson Javier , Mg.

Tema: “**EVALUACIÓN DE PRODUCTOS BIORRACIONALES PARA EL CONTROL DEL PSÍLIDO DE LA PAPA (*Bactericera cockerelli*) EN EL BARRIO PANZALEO CON LA VARIEDAD SUPERCHOLA (*Solanum tuberosum*). MACHACHI – PICHINCHA 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 del **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 12 días del mes de febrero del 2026.

Pilicita Caiza Michael Vinicio

EL CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.

LA CESIONARIA

AVAL DE LA TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“EVALUACIÓN DE PRODUCTOS BIORRACIONALES PARA EL CONTROL DEL PSÍLIDO DE LA PAPA (*Bactericera cockerelli*) EN EL BARRIO PANZALEO CON LA VARIEDAD SUPERCHOLA (*Solanum tuberosum*). MACHACHI – PICHINCHA 2025.” de Pilicita Caiza Michael Vinicio, 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, 12 de febrero del 2026

Ing. Jácome Mogro Emerson Javier, Mg.

C.C: 0501974703

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: Pilicita Caiza Michael Vinicio, con el título del Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DE PRODUCTOS BIORRACIONALES PARA EL CONTROL DEL PSÍLIDO DE LA PAPA (*Bactericera cockerelli*) EN EL BARRIO PANZALEO CON LA VARIEDAD SUPERCHOLA (*Solanum tuberosum*). MACHACHI – PICHINCHA 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, 13 de febrero del 2026

Ing. Yauli Chicaiza Guido Euclides, Mg.

C.C: 0501604409

LECTOR 1 (PRESIDENTE)

Ing. Chancusig Francisco Hernan, Mg.

C.C: 0501883920

LECTOR 2 (MIEMBRO)

Ing. Marin Quevedo Karina Paola, Mg.

CC: 0502672934

LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento, en primer lugar, a Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada paso de este camino, por iluminarme y darme sabiduría para culminar esta etapa tan importante de mi vida. A mis padres, Marco Vinicio Pilicita Guanochanga y María Esther Caiza Caiza, quienes han sido mi pilar fundamental y mi apoyo incondicional durante toda mi formación profesional. Gracias por su amor, sacrificio, paciencia y por ser mi ejemplo de esfuerzo y perseverancia. Todo lo que soy es reflejo de los valores que me han inculcado. A mis queridos hermanos: Carolina, Joselyn, Francisco, Armando y Camille, gracias por sus consejos, su ánimo constante y por creer siempre en mí. Su compañía y apoyo han sido mi refugio y mi mayor motivación para seguir adelante. Expreso también mi sincero agradecimiento a cada integrante de la familia Gunsha Tapia, quienes estuvieron presentes en cada etapa de este proceso, brindándome su apoyo incondicional y sabios consejos. Llevaré siempre conmigo sus enseñanzas y los valores compartidos, que han sido fundamentales en mi crecimiento personal y profesional.

De manera especial, agradezco al Ing. Emerson Jácome, por su orientación, paciencia y apoyo constante durante el desarrollo de este trabajo. Su guía fue esencial para culminar con éxito esta investigación. Asimismo, agradezco a los miembros del tribunal por sus valiosas recomendaciones, que enriquecieron significativamente este estudio. Finalmente, a mis amigos Adrián Muela, Adrián Cañar, David Monje, Jhony Muela, Steven Naranjo y Cristian Ayala, gracias por su amistad sincera, por acompañarme en cada desafío y por compartir conmigo este camino. Su apoyo hizo que esta experiencia fuera aún más significativa. A todos ustedes, muchas gracias. Este logro no es solo mío, sino también de cada uno que formó parte de este proceso.

Michael Vinicio Pilicita Caiza

DEDICATORIA

Dedico este logro, en primer lugar, a Dios, por bendecirme con la vida, darme fortaleza en los momentos difíciles y guiar cada uno de mis pasos hasta alcanzar esta meta. A mis padres, Marco Vinicio Pilicita Guanochanga y María Esther Caiza Caiza, quienes han sido el motor de mi vida. Este triunfo es fruto de su esfuerzo, sacrificio y amor incondicional. Gracias por enseñarme el valor de la perseverancia, la responsabilidad y la humildad. Todo lo que soy y lo que he logrado se lo debo a ustedes. A mis hermanos, Carolina, Joselyn, Francisco, Armando y Camille, por ser mi inspiración diaria, por su apoyo constante y por motivarme a nunca rendirme. Y a todas aquellas personas que, de una u otra manera, formaron parte de este camino y contribuyeron a que este sueño hoy sea una realidad.

A mi familia, con todo mi afecto y admiración, dedico este triunfo

Michael Vinicio Pilicita Caiza

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
TÍTULO: “EVALUACIÓN DE PRODUCTOS BIORRACIONALES PARA EL
CONTROL DEL PSÍLIDO DE LA PAPA (*Bactericera cockerelli*) EN EL BARRIO
PANZALEO CON LA VARIEDAD SUPERCHOLA (*Solanum tuberosum*).
MACHACHI – PICHINCHA 2025.”

Autor: Pilicita Caiza Michael Vinicio

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la eficacia de productos biorracionales para controlar el psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*) en el cultivo de la variedad Superchola (*Solanum tuberosum*) en condiciones de campo, en el barrio Panzaleo, cantón Machachi, provincia de Pichincha. Esta investigación se realizó en respuesta al aumento de la población de esta plaga en la zona. Esta plaga afecta el rendimiento y la calidad del cultivo e incrementa los costos de producción debido al uso frecuente de insecticidas químicos. En este contexto, se estableció el objetivo de determinar la eficacia agronómica y económica de diferentes alternativas biorracionales en un esquema de manejo integrado. Se utilizaron cinco tratamientos: Neem, Caolín, Jabón potásico, Extracto de ajo-ají y un testigo sin control. Estos tratamientos se asignaron en un diseño experimental con repeticiones. Como el número y el peso de los tubérculos, y se realizó un análisis económico para calcular la relación beneficio/costo. Los resultados mostraron que la población del insecto aumentó progresivamente a medida que avanzaba el ciclo del cultivo. Se alcanzaron niveles más altos durante las etapas de floración, tuberización y engrose, que resultan críticas para el manejo. En términos productivos, el tratamiento Neem presentó el mejor desempeño, con un promedio de 613,5 tubérculos y 122,70 kg, lo que refleja una mayor protección del rendimiento. En contraste, el testigo sin control registró los valores más bajos: 516,25 tubérculos y 103,25 kg. Según el análisis económico, los tratamientos de menor inversión mostraron una mayor rentabilidad. Se destacaron el testigo sin control (B/C = 2,33), Jabón potásico (B/C = 2,10) y Extracto de ajo-ají (B/C = 2,08); mientras que Neem (B/C = 1,03) y Caolín (B/C = 1,09) mostraron menor eficiencia económica debido a sus mayores costos. Se concluye que los productos biorracionales evaluados son alternativas viables para el manejo integrado del cultivo, ya que permiten reducir el impacto del psílido y mantener rendimientos aceptables en términos de sostenibilidad productiva, económica y ambiental.

Palabras clave: eficacia, biorracionales, Papa.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

TITLE: “EVALUATION OF BIORATIONAL PRODUCTS FOR THE CONTROL OF THE POTATO PSYLLID (*Bactericera cockerelli*) IN THE PANZALEO NEIGHBORHOOD WITH THE SUPERCHOLA VARIETY (*Solanum tuberosum*). MACHACHI – PICHINCHA 2025.”

Author: Pilicita Caiza Michael Vinicio

ABSTRACT

The present research aimed to evaluate the effectiveness of biorational products to control the potato psyllid (*Bactericera cockerelli*) in the cultivation of the Superchola variety (*Solanum tuberosum*) under field conditions, in the Panzaleo neighborhood, Machachi canton, Pichincha province. This study was conducted in response to the increase in the population of this pest in the area. This pest affects crop yield and quality and increases production costs due to the frequent use of chemical insecticides. In this context, the objective was established to determine the agronomic and economic effectiveness of different biorational alternatives within an integrated management scheme. Five treatments were used: Neem, Kaolin, Potassium soap, Garlic–chili extract, and an untreated control. These treatments were assigned in an experimental design with replications. Population monitoring was carried out by counting eggs, nymphs, and adults on the underside of leaves, in order to record the pest dynamics throughout the different crop growth stages. Productive variables were also evaluated, such as the number and weight of tubers, and an economic analysis was performed to calculate the benefit/cost ratio. The results showed that the insect population progressively increased as the crop cycle advanced. Higher levels were reached during the flowering, tuberization, and bulking stages, which are critical for management. In productive terms, the Neem treatment showed the best performance, with an average of 613.5 tubers and 122.70 kg, reflecting greater yield protection. In contrast, the untreated control recorded the lowest values: 516.25 tubers and 103.25 kg. According to the economic analysis, treatments with lower investment showed higher profitability. The untreated control ($B/C = 2.33$), Potassium soap ($B/C = 2.10$), and Garlic–chili extract ($B/C = 2.08$) stood out, whereas Neem ($B/C = 1.03$) and Kaolin ($B/C = 1.09$) showed lower economic efficiency due to their higher costs. It is concluded that the evaluated biorational products are viable alternatives for integrated crop management, as they reduce the impact of the psyllid and maintain acceptable yields in terms of productive, economic, and environmental sustainability.

Keywords: effectiveness, biorational products, potato.

Índice de contenido

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	iii
AVAL DE LA TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vi
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	vii
DEDICATORIA	ix
Índice de contenido	xii
Índice de tablas	xv
Índice de figuras.....	xvi
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO:	1
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	2
Beneficiarios directos.....	2
Beneficiarios indirectos	2
4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
Formulación del Problema.....	4
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
7.1.1 Taxonomía	6
7.1.3 Fenología del cultivo.....	6
7.1.3.1 Brotación de la semilla.....	7

7.1.3.2 Emergencia	7
7.1.3.3 Desarrollo vegetativo	7
7.1.3.4 Inicio de floración – inicio de tuberización	7
7.1.3.5 Fin de floración – fin de tuberización	7
7.1.3.6 Engrose	7
7.1.3.7 Maduración – cosecha.....	7
7.1.4 Manejo agronómico MANEJO DEL ENSAYO	7
7.1.5 Principales plagas y enfermedades del cultivo	8
7.2 Bactericera cockerelli S.	8
7.2.1 Taxonomía	9
7.2.2 Ciclo biológico.....	9
7.2.2.1 Huevos	10
7.2.2.2 Ninfa	10
7.2.2.3 Estadios ninfales	11
7.2.2.4 Adulto	11
7.3 Biorracionales	12
7.3.1 Neem-X.....	12
7.3.2 Caolín.....	12
7.3.3 Jabón potásico.....	13
7.3.4 Extracto de ajo-ají.....	13
8. HIPÓTESIS.....	13
8.1 Hipótesis alternativa (H ₁).....	13

8.2 Hipótesis nula (H ₀).....	14
9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	14
Área de estudio	14
9.1.1 Características del área de estudio	14
9.2 Materiales y Equipos:	15
9.3 Factor en estudio	15
9.5 Variables evaluadas	16
9.6 Metodología experimental	18
9.6.1 Identificación del área de estudio	18
9.6.2 Implementación del diseño experimental	18
9.6.3 Registro de datos.....	18
9.6.6 Siembra	19
9.6.7 Mantenimiento del cultivo y labores culturales	19
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	20
Porcentaje de Germinación	20
10.2.1 Adultos.....	21
10.2.2 Ninfas.....	25
10.2.3 Huevos	28
.....	37
10.6 Costo – Beneficio.....	37
11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS) .	38
Impactos técnicos.....	38

Impactos sociales	38
Impactos ambientales.....	38
12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
13.2 Recomendaciones	39
14. BIBLIOGRAFÍA	40

Índice de tablas

Tabla 1	5
Tabla 2	6
Tabla 3	8
Tabla 4	9
Tabla 5	11
Tabla 6	15
Tabla 7	15
Tabla 8	15
Tabla 9	16
Tabla 10	17
Tabla 11	19
Tabla 12	20
Tabla 13	22
Tabla 14	22
Tabla 15	23
Tabla 16	25
Tabla 17	26
Tabla 18	27
Tabla 19	29
Tabla 20	30

Tabla 21	30
Tabla 22	32
Tabla 23	33
Tabla 24	34
Tabla 25	35
Tabla 26	36
Tabla 27	38

Índice de figuras

Figura 1	10
Figura 2	14
Figura 3	18
Figura 4	20
Figura 5	24
Figura 6	28
Figura 7	31
Figura 8	33
Figura 9	35
Figura 10	37

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“EVALUACIÓN DE PRODUCTOS BIORRACIONALES PARA EL CONTROL DEL PSÍLIDO DE LA PAPA (*Bactericera cockerelli*) EN EL BARRIO PANZALEO CON LA VARIEDAD SUPERCHOLA (*Solanum tuberosum*). MACHACHI – PICHINCHA 2025.”

Fecha de inicio: Mayo 2025

Fecha de finalización: Enero 2026

Lugar de ejecución: Pichincha en la Ciudad de Machachi en el Barrio Panzaleo

Facultad que auspicia:

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN)

Carrera que auspicia: Carrera de Ingeniería Agronómica

Equipo de Trabajo:

Tutor: Ing. Jácome Mogro Emerson Javier, Mg.

Lector 1: Ing. Yauli Chicaiza Guido Euclides, Mg.

Lector 2: Ing. Chancusig Francisco Hernan, Mg.

Lector 3: Ing. Marin Quevedo Karina Paola, Mg.

Coordinador del Proyecto:

Estudiante: Pilicita Caiza Michael Vinicio

Área de Conocimiento:

Agricultura- silvicultura y pesca.

Línea de investigación:

Desarrollo y seguridad alimentaria.

Línea de vinculación de la carrera:

Gestión de recursos Naturales, Biodiversidad, Biotecnología y genética para el desarrollo humano social.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO:

La elevada incidencia del psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*), insecto transmisor de la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum*, responsable de la enfermedad denominada “punta morada”, ha ocasionado reducciones considerables en el rendimiento y en la calidad del tubérculo, además de un incremento en el uso de insecticidas de origen químico y en la frecuencia de aplicación dentro del sistema productivo del cultivo (Peña & Prado, 2023). Resulta indispensable identificar e implementar nuevas estrategias de

manejo orgánico que promuevan un desarrollo ambientalmente responsable, sostenible y compatible con la conservación de los agroecosistemas.

Frente al aumento progresivo de la resistencia de las plagas a los insecticidas químicos tradicionales, se hace prioritario analizar alternativas sustentables que demuestren eficacia biológica y, al mismo tiempo, reduzcan los riesgos para el ambiente y la salud humana. En este sentido, los productos biorracionales constituyen una opción viable, ya que se perfilan como una herramienta con alto potencial dentro del manejo integrado de plagas, al ser seguros para las personas y contribuir al mantenimiento del equilibrio ecológico (Roque et al, 2024).

Asimismo, los extractos derivados de diversas especies vegetales presentan la capacidad de reducir las poblaciones de insectos plaga, convirtiéndose en una alternativa sostenible para su control. La adopción de métodos fundamentados en extractos vegetales con acción insecticida permite disminuir la dependencia de agroquímicos sintéticos. De igual manera, esta estrategia favorece la reducción de los costos de producción, limita el desarrollo de resistencia en las plagas y atenúa los efectos negativos sobre el ambiente, así como sobre la salud de productores y consumidores de alimentos (Meza y Jordán, 2020).

Con base en lo anteriormente expuesto, el presente estudio tiene como finalidad plantear nuevas alternativas sostenibles y sustentables para el manejo de plagas en sistemas agrícolas. Para ello, se evaluará la eficacia de control de productos biorracionales formulados a base de ajo-ají, caolín, Neem y jabón potásico en el cultivo de papa. La ejecución de la presente investigación contó con el respaldo del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP ,2022).

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Beneficiarios directos

Los principales beneficiarios serán los productores de papa del barrio Panzaleo que cultivan la variedad Superchola (*Solanum tuberosum*), quienes obtendrán alternativas biorracionales para el control del psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*), mejorando el manejo del cultivo, reduciendo pérdidas y disminuyendo el uso de agroquímicos convencionales.

Beneficiarios indirectos

Como beneficiarios indirectos se consideran los estudiantes, docentes y profesionales técnicos asociados a instituciones públicas y privadas del sector agrícola, quienes podrán acceder y aprovechar la información generada en esta investigación con fines académicos, técnicos y de extensión.

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En Ecuador, el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) constituye uno de los pilares de la seguridad alimentaria nacional, no sólo por su elevado consumo interno, sino también por su importancia económica para muchas familias rurales. Según datos recientes del Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA-MAG, 2024), en 2023 la producción de papa alcanzó aproximadamente 262 038 toneladas en cerca de 18 000 ha, con un rendimiento promedio nacional de 14,56 t/ha, reflejando tendencias productivas actuales y los desafíos productivos del cultivo (SIPA-MAG, 2024). La Sierra centro sigue siendo la región que concentra la mayor producción de papa en el país, destacándose la variedad Superchola por su demanda en mercados locales y zonales.

Entre los principales problemas fitosanitarios que afectan al cultivo de papa en la Sierra ecuatoriana se encuentra el psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*), insecto vector de la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum*, asociada a la enfermedad conocida como punta morada. Investigaciones recientes desarrolladas por el INIAP señalan que esta enfermedad puede ocasionar pérdidas severas en el rendimiento, llegando a reducir la producción entre un 30 % y un 100 % en campos donde no se aplican estrategias de manejo adecuadas (INIAP, 2022). La presencia del vector en zonas paperas de Pichincha representa un riesgo creciente para los sistemas productivos locales, debido a su capacidad de adaptación a las condiciones ambientales propias de Machachi.

El manejo del psílido de la papa en la zona se ha basado principalmente en el uso recurrente de insecticidas químicos de síntesis, los cuales, si bien permiten reducir temporalmente las poblaciones del insecto, han generado efectos negativos a mediano y largo plazo. Estudios recientes reportan que el uso intensivo de agroquímicos ha favorecido la aparición de resistencia en las poblaciones de *Bactericera cockerelli*, además de provocar impactos adversos sobre insectos benéficos, suelos agrícolas y fuentes de agua, incrementando también los riesgos para la salud de los agricultores (Campos et al., 2023). Esta situación evidencia la insostenibilidad de los esquemas de control convencionales utilizados en el cultivo de papa.

En varios países de la región, incluidos casos reportados mayormente en aduanas y pasos fronterizos, se han detectado envíos de papas que incumplen los requisitos fitosanitario.

En este contexto, los productos biorracionales surgen como una alternativa viable para el manejo del psílido de la papa, al incluir sustancias de origen natural como extractos vegetales de neem y ajo-ají, minerales inertes como el caolín y productos biodegradables como el jabón potásico. Diversas investigaciones recientes señalan que estos insumos

presentan un menor impacto ambiental y una mejor compatibilidad con los principios del manejo integrado de plagas, al tiempo que reducen la presión química sobre los agroecosistemas.

Frente a esta problemática, diversas investigaciones académicas han señalado la necesidad de evaluar alternativas de manejo más sostenibles, como el uso de productos biorracionales y prácticas de manejo integrado de plagas. Sin embargo, en el contexto específico de Machachi y el cantón Mejía, existe una limitada disponibilidad de estudios científicos que validen la eficacia de estas alternativas bajo condiciones agroclimáticas locales. Tesis desarrolladas en universidades de la región Sierra indican que la falta de información aplicada dificulta la adopción de estrategias sostenibles por parte de los productores, quienes continúan dependiendo de métodos químicos por ausencia de opciones técnicamente validadas (Reina & Narváez, 2024).

Formulación del Problema

¿Cómo incide la aplicación de productos biorracionales en el control del psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*) y en el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en condiciones agroclimáticas de Machachi, cantón Mejía, provincia de Pichincha, como alternativa sostenible al uso de insecticidas químicos convencionales?

5. OBJETIVOS

5.1. General

- ❖ Evaluar la eficacia de productos biorracionales en el control del psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*) en el cultivo de la variedad Superchola, en condiciones de campo en el barrio Panzaleo, Ciudad Machachi, provincia de Pichincha.

5.2. Específicos

- ❖ Identificar el producto biorracional con mayor efecto sobre el control poblacional del psílido de la papa.
- ❖ Realizar un análisis económico de las alternativas evaluadas

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

Tabla 1

Objetivos, actividades, resultado y medio de verificación.

OBEJTIVO 1	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Identificar los productos biorracionales con mayor efecto sobre el control poblacional del psílido de la papa.	Revisión bibliográfica	Área de experimento	Fotografías
	Ubicación del área de estudio	Parcelas experimentales	Mapa
	Siembra	establecidas	Esquema experimental
	Aplicaciones de tratamientos	Parcelas tratadas	Libro de campo
	Medición de la incidencia de <i>Bactericera cockerelli</i>	Tabla de incidencia	Pruebas estadísticas, tabla de datos
OBEJTIVO 2	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Realizar un análisis costo-beneficio de las alternativas evaluadas para determinar su viabilidad económica.	Análisis económico de los productos	Tabla de precio por cc/l	Tabla de costos
		Tabla de datos	Tabla de costos-beneficio de los biorracionales
	Análisis de costo-beneficio	Costos de producción de cada tratamiento	

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

El cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) constituye un componente esencial de los sistemas agrícolas de la región interandina del Ecuador, particularmente en zonas productoras como Machachi, cantón Mejía, donde las condiciones agroclimáticas favorecen su desarrollo. Sin embargo, la sostenibilidad de este cultivo se ha visto comprometida por la incidencia de plagas de importancia económica, entre las que destaca el psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*), insecto vector de la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum*, agente causal de la enfermedad conocida como punta morada. Esta enfermedad afecta procesos fisiológicos clave de la planta, provocando reducciones significativas en el rendimiento y la

calidad del tubérculo, lo que ha sido documentado en estudios realizados en la región Sierra del país (INIAP, 2022).

7.1.1 Taxonomía

La papa variedad Superchola es un cultivar mejorado de *Solanum tuberosum*, desarrollado y difundido en la región andina del Ecuador debido a su buena adaptación a las condiciones agroclimáticas de la Sierra, su alto rendimiento y su aceptación comercial. Desde el punto de vista taxonómico, esta variedad pertenece a la especie *Solanum tuberosum*, la cual agrupa a las papas cultivadas a nivel mundial y es de gran importancia alimentaria y económica (INIAP, 2021).

La clasificación taxonómica de la papa variedad Superchola es la siguiente:

Tabla 2

Taxonomía de la papa

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Angiosperma
Orden:	Solanales
Familia:	Solanácea
Género:	<i>Solanum</i>
Especie:	<i>Tuberosum</i>

7.1.3 Fenología del cultivo

La papa (*Solanum tuberosum* L.), variedad Superchola, presenta un ciclo fenológico que varía según las condiciones agroclimáticas y el manejo agronómico, con una duración aproximada de 120 a 150 días en la región andina del Ecuador. Este ciclo se inicia con la brotación del tubérculo semilla, etapa en la cual emergen los primeros brotes y se establece el sistema radicular (INIAP, 2022).

Posteriormente, el cultivo entra en la fase de crecimiento vegetativo, caracterizada por el desarrollo de tallos y hojas, lo que permite una mayor actividad fotosintética. A continuación, ocurre la etapa de floración y formación de estolones, momento clave para el inicio de la tuberización, proceso que define el número y tamaño de los tubérculos.

Finalmente, el cultivo atraviesa la fase de llenado y maduración de los tubérculos, seguida por la senescencia del follaje. Esta última etapa indica el momento adecuado para la

cosecha, cuando los tubérculos han alcanzado su máximo desarrollo y presentan una piel firme, adecuada para su manejo y almacenamiento (INIAP, 2023).

7.1.3.1 Brotación de la semilla

Corresponde a la fase en la que el tubérculo sembrado rompe la dormancia e inicia la emisión de brotes, proceso que depende de la calidad fisiológica y de las reservas nutricionales del tubérculo madre (Racines et al, 2020).

7.1.3.2 Emergencia

En esta etapa los brotes atraviesan la superficie del suelo y la planta se hace visible, desarrollándose las primeras hojas verdaderas que permiten el inicio de la actividad fotosintética (Racines et al, 2020).

7.1.3.3 Desarrollo vegetativo

Se extiende desde la emergencia hasta el comienzo de la tuberización y se caracteriza por el crecimiento activo de tallos, hojas, raíces y estolones, fundamentales para la futura formación de tubérculos (Racines et al, 2020).

7.1.3.4 Inicio de floración – inicio de tuberización

Aparecen los primeros botones florales y se inicia la formación de tubérculos en los extremos de los estolones, acompañada de un mayor desarrollo de la parte aérea de la planta (Vignola et al., 2017).

7.1.3.5 Fin de floración – fin de tuberización

Las flores se marchitan y la planta dirige la mayor parte de su energía al crecimiento y desarrollo de los tubérculos en el suelo (Racines et al, 2020).

7.1.3.6 Engrose

Es una fase determinante en la que los tubérculos incrementan su tamaño y acumulan almidón, influyendo directamente en el rendimiento final del cultivo (Racines et al 2020).

7.1.3.7 Maduración – cosecha

El follaje entra en senescencia, disminuye la actividad fotosintética y los tubérculos alcanzan su madurez fisiológica, presentando piel firme y mayor contenido de materia seca, condición óptima para la cosecha (Vignola et al., 2017).

7.1.4 Manejo agronómico MANEJO DEL ENSAYO

El manejo agronómico del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*), variedad Superchola, comprende un conjunto de prácticas orientadas a optimizar el rendimiento y la sanidad del cultivo. La preparación del suelo es fundamental y debe garantizar una adecuada

estructura, buena aireación y drenaje, mediante labores de arado y rastra que faciliten el desarrollo de raíces y estolones (INIAP, 2022).

7.1.5 Principales plagas y enfermedades del cultivo

Tabla 3

Principales Plagas y enfermedades

PLAGAS Y ENFERMEDADES			
Tipo	Nombre común	Nombre científico	Daño principal
Plaga	Polilla de la papa	<i>Phthorimaea operculella</i>	Daños en hojas y tubérculos, favorece pudriciones y reduce el rendimiento.
Plaga	Gorgojo de los Andes	<i>Premnotrypes spp.</i>	Las larvas perforan los tubérculos, disminuyendo la calidad comercial.
Plaga	Pulgón	<i>Myzus persicae</i>	Succiona savia y transmite virus.
Plaga	Psílido de la papa	<i>Bactericera cockerelli</i>	Provoca amarillamiento, deformaciones y transmite fitoplasmas y bacterias asociadas al “zebra chip”.
Enfermedad	Tizón tardío	<i>Phytophthora infestans</i>	Necrosis severa en follaje y tallos, causando pérdidas significativas.
Enfermedad	Tizón temprano	<i>Alternaria solani</i>	Manchas foliares que reducen la fotosíntesis.
Enfermedad	Marchitez bacteriana	<i>Ralstonia solanacearum</i>	Marchitez y muerte prematura de las plantas.

7.2 *Bactericera cockerelli* S.

El psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*) es el principal vector de la enfermedad conocida como punta morada, la cual se encuentra distribuida en varios países de América.

En Ecuador, esta plaga está ampliamente presente en las provincias de Pichincha, Cotopaxi y Carchi, donde representa un problema fitosanitario importante para el cultivo de papa (García, 2014).

La hembra ovíparosita principalmente en el envés de las hojas medias e inferiores, depositando hasta 300 huevecillos durante su ciclo de vida, con un desarrollo completo que puede durar aproximadamente 34 días. Las ninfas permanecen adheridas a la hoja durante los primeros estadios, con movilidad limitada, mientras que los adultos poseen una alta capacidad de dispersión, favoreciendo la infestación de nuevos cultivos (Calderón, 2013; Abdullah, 2008).

Los adultos de *B. cockerelli* son insectos pequeños, de aproximadamente 2 mm, con coloración gris oscura y bandas blancas en el abdomen. Las ninfas presentan un cuerpo aplanado y excretan gránulos cerosos conocidos como “azúcar psílido”, lo que facilita la detección de la plaga en campo (Hodkinson, 2009; Hollis, 2004).

7.2.1 Taxonomía

De acuerdo con Vásquez y Villatoro (2019), la clasificación taxonómica de *Bactericera cockerelli* es la siguiente:

Tabla 4

Taxonomía de B. cockerelli S.

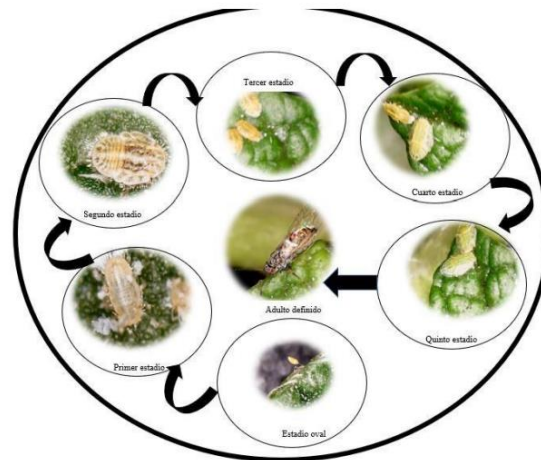
Reino:	Animalia
Phylum:	Arthropoda
Clase:	Insecta
Orden:	Hemiptera
Familia:	Triozidae
Género:	Bactericera
Especie:	Bactericera cockerelli S.

7.2.2 Ciclo biológico

La biología de *Bactericera cockerelli* bajo condiciones controladas indican que la duración promedio de la etapa de huevo fue de 6 días. Los instares ninfales registrado una duración total del estado ninfal de 22 días. El ciclo biológico completo del insecto fluctuó alrededor de 34 días, bajo una temperatura promedio de 17,18 °C, con valores mínimos de 16,00 °C y máximos de 19,33 °C (Jácome Mogro, 2022).

Figura 1

*Estadios de desarrollo del insecto *Bactericera cockerelli**



En estas mismas condiciones, los adultos presentaron una longevidad de hasta 58 días, mientras que las hembras alcanzaron una supervivencia máxima de 63 días, con un promedio de 250 oviposiciones, localizadas principalmente en la nervadura central del envés de las hojas de *Solanum tuberosum*. Asimismo, se evidenció que el desarrollo del ciclo biológico de *B. cockerelli* varía entre localidades, siendo influenciado significativamente por la temperatura y la humedad relativa, factores que determinan la velocidad de desarrollo y la capacidad de establecimiento poblacional del insecto (Jácome Mogro, 2022).

7.2.2.1 Huevos

Los huevos de *B. cockerelli* son amarillos, anaranjados de forma oblonga y adheridos a las hojas de la planta huésped con tallos cortos. Los huevos se depositan en la parte superior e inferior de las superficies de las hojas, sobre todo, con mayor porcentaje en las hojas apicales jóvenes, pero esto varía con el cultivo huésped (Jácome Mogro, 2022).

7.2.2.2 Ninfa

Presenta cinco estadios ovales, aplanados dorsoventralmente, con ojos rojos bien definidos, que se asemejan a escamas. Las antenas tienen sencillas placoides, que aumentan en número y son más notorias conforme el insecto alcanza los diferentes estadios. En el perímetro del cuerpo hay estructuras cilíndricas que contienen filamentos cerosos, los cuales forman un halo alrededor del cuerpo (Jácome Mogro, 2022).

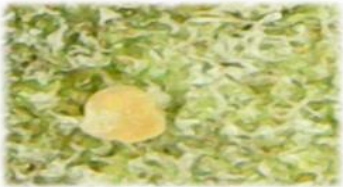

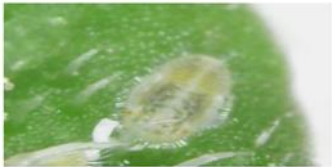


Tras la eclosión, emergen las ninfas, que constituyen la fase intermedia entre el huevo y el adulto. Este estado tiene una duración aproximada de 22 días y una tasa de supervivencia cercana al 41 %. Las ninfas se ubican principalmente en el envés de las hojas, donde

permanecen casi inmóviles y presentan un aspecto aplanado, con coloración amarilla o verdosa (Toledo, 2021).

7.2.2.3 Estadios ninfales

Tabla 5

Características morfológicas

Estadio ninfal	Imagen	Características morfológicas
Primer estadio (N1)		Cuerpo blanquecino a anaranjado, con ojos compuestos rojos y antenas poco desarrolladas, formadas por un solo segmento. (Jácome Mogro, 2022)
Segundo estadio (N2)		Coloración blanca o amarillenta, con líneas longitudinales de puntos grises en el tórax; antenas y patas con tres segmentos. (Jácome Mogro, 2022)
Tercer estadio (N3)		Tonalidades claras, con hileras longitudinales de puntos grises en el tórax y abdomen; ojos compuestos de color rojo. (Jácome Mogro, 2022)
Cuarto estadio (N4)		Coloración blanquecina o amarilla, con bandas grises y manchas marrones en la región dorsal del tórax y abdomen. (Jácome Mogro, 2022)
Quinto estadio (N5)		Color verde intenso, ojos rojizos prominentes y desarrollo de alas traslúcidas previas a la transición al estado adulto. (Jácome Mogro, 2022)

7.2.2.4 Adulto

Los adultos de *B. cockerelli* son pequeños, generalmente se parecen a las pequeñas cigarras, poseen dos pares y alas. El color general del cuerpo varía de verde pálido en el momento de la emergencia a verde oscuro o marrón en 2-3 días. (Jácome Mogro, 2022)

Son altamente móviles y poseen una gran capacidad de dispersión, lo que favorece la rápida colonización de nuevas áreas de cultivo. Tanto machos como hembras se alimentan de la savia de la planta, causando debilitamiento general, y son responsables de la transmisión de

Candidatus *Liberibacter solanacearum*. La longevidad del adulto puede variar entre 20 y 60 días, dependiendo de las condiciones ambientales y de la disponibilidad de hospederos (Vásquez y Villatoro, 2019).

7.3 Biorracionales

Los insecticidas biorracionales comprenden productos elaborados a partir de microorganismos, extractos de origen vegetal y minerales naturales, así como compuestos sintéticos que imitan sustancias presentes en la naturaleza. Estos productos se caracterizan por presentar baja toxicidad para los seres humanos y otros organismos vertebrados, además de una rápida degradación en el ambiente o un modo de acción específico sobre las plagas objetivo, lo que reduce su impacto sobre organismos benéficos y el entorno (Nieves, 2018).

A diferencia de los insecticidas químicos convencionales, los biorracionales se integran fácilmente en programas de manejo integrado de plagas (MIP), ya que contribuyen a mantener el equilibrio ecológico del agroecosistema y disminuyen el riesgo de generar resistencia en las poblaciones de insectos. Su uso representa una alternativa sostenible para el control de plagas en los sistemas agrícolas modernos (Horowitz & Ellsworth, 2010).

7.3.1 *Neem-X*

Neem-X es un insecticida biorracional formulado a partir de extractos del árbol de neem (*Azadirachta indica*), cuyo principal compuesto activo es la azadiractina. Este producto actúa principalmente como regulador del crecimiento, afectando la alimentación, el desarrollo y la reproducción de diversos insectos plaga, sin causar efectos severos sobre organismos benéficos ni el ambiente (INIAP, 2022).

El uso de *Neem-X* en cultivos agrícolas ha demostrado eficacia en el control de insectos chupadores, como el psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*), al interferir en sus procesos hormonales y reducir la oviposición. Además, su rápida degradación y baja toxicidad lo convierten en una alternativa compatible con programas de manejo integrado de plagas, contribuyendo a una producción agrícola más sostenible (EDIFARM, 2023).

7.3.2 *Caolín*

El caolín es un mineral natural de origen arcilloso utilizado como insecticida biorracional debido a su acción principalmente física. Al ser aplicado sobre el follaje, forma una película protectora de color blanco que actúa como barrera, dificultando la alimentación, oviposición y colonización de insectos plaga, sin generar toxicidad directa sobre la planta ni sobre organismos benéficos (INIAP, 2022).

En el cultivo de papa, el caolín ha mostrado resultados favorables en la reducción de poblaciones de insectos chupadores como *Bactericera cockerelli*, además de contribuir a disminuir el estrés térmico y la radiación solar excesiva en las plantas. Su uso es compatible con sistemas de manejo integrado de plagas y producción sostenible, ya que no deja residuos tóxicos y presenta bajo impacto ambiental (EDIFARM, 2023).

7.3.3 Jabón potásico

El jabón potásico es un insecticida biorracional elaborado a partir de sales potásicas de ácidos grasos, ampliamente utilizado para el control de insectos de cuerpo blando. Su mecanismo de acción consiste en la disolución de la cutícula y la alteración de las membranas celulares del insecto, lo que provoca su deshidratación y muerte, sin generar efectos residuales prolongados en el ambiente (INIAP, 2022).

En el cultivo de papa, el jabón potásico resulta eficaz en el manejo de insectos chupadores como el psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*), especialmente cuando se aplica de manera directa sobre las poblaciones presentes. Debido a su baja toxicidad y rápida degradación, este producto es compatible con programas de manejo integrado de plagas y sistemas de producción sostenible (EDIFARM, 2023).

7.3.4 Extracto de ajo-ají

El extracto de ajo-ají es un producto biorracional de origen vegetal elaborado a partir de *Allium sativum* (ajo) y *Capsicum spp.* (ají), plantas que contienen compuestos bioactivos con efecto insecticida y repelente. Entre sus principales componentes se encuentran la alicina y los capsaicinoides, los cuales actúan alterando el comportamiento alimenticio y provocando irritación en los insectos plaga, reduciendo su presencia en el cultivo (INIAP, 2022).

En el cultivo de papa, el extracto de ajo-ají ha demostrado ser una alternativa eficaz para el manejo de insectos chupadores como *Bactericera cockerelli*, al disminuir la oviposición y la actividad de alimentación. Su uso contribuye a reducir la dependencia de agroquímicos de síntesis, siendo compatible con programas de manejo integrado de plagas y con sistemas de producción ecológica, debido a su baja toxicidad y mínimo impacto ambiental (EDIFARM, 2023).

8. HIPÓTESIS

8.1 Hipótesis alternativa (H₁)

La aplicación de una estrategia de manejo basada en productos biorracionales contribuye significativamente al control del psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*),

reduciendo la incidencia de la enfermedad de la punta morada en el cultivo de papa variedad Superchola.

8.2 Hipótesis nula (H_0)

La aplicación de una estrategia de manejo basada en productos biorracionales no presenta diferencias significativas en el control del psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*) ni en la incidencia de la enfermedad de la punta morada en el cultivo de papa variedad Superchola.

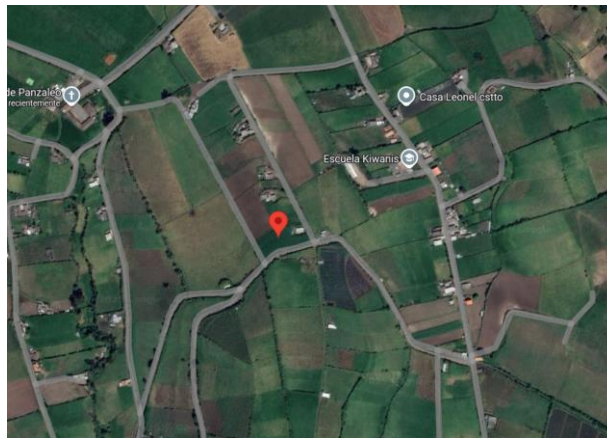
9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Área de estudio

La investigación se desarrollará en el barrio Panzaleo, ubicada en el cantón Mejía, ciudad de Machachi, provincia de Pichincha. El área se encuentra en la Sierra centro-norte del Ecuador, a una altitud promedio de 3.100 m s. n. m., con coordenadas geográficas aproximadas de $0^{\circ}33'13.0''S$ $78^{\circ}33'45.5''W$. La zona presenta un clima frío templado, con temperatura media de $12^{\circ}C$, precipitación anual cercana a los 1.000 mm y una humedad relativa promedio del 80%, condiciones favorables para el desarrollo del cultivo de papa, aunque también propicias para la proliferación del psílido (*Bactericera cockerelli*).

Figura 2

Área de estudio



Fuente: Google Earth.

9.1.1 Características del área de estudio

El estudio se realizó en la provincia de Pichincha, ciudad de Machachi, específicamente en el barrio Panzaleo, zona ubicada en el valle interandino del Ecuador y reconocida por su

actividad agrícola, especialmente en el cultivo de papa. Esta área constituye un escenario representativo para evaluar problemáticas fitosanitarias asociadas a este cultivo.

Tabla 6

Características del área de estudio.

Ubicación	Descripción
Provincia	Pichincha
Ciudad	Machachi
Parroquia	Panzaleo
Altitud	3.100 m s. n. m.
Longitud	78°33'45.5"W
Latitud	0°33'13.0"S
Temperatura promedio/Día	8°C a 16°C
Humedad relativa promedio/Día	80% a 90%
Precipitación acumulada/anual	1.000 mm

9.2 Materiales y Equipos:

Los insumos que se utilizaron en la investigación se presentan

Tabla 7

Materiales y equipos.

Categoría	Elementos
Materiales	Libreta de campo, Piola, Estacas
Equipos	Computadora, Bomba de fumigar, Celular, Azadón, Balanzas
Insumos	Semilla, Neem-X, Caolín, Jabón potásico, Extracto
Software	InfoStat, Base de datos, Excel

9.3 Factor en estudio

El factor de análisis se dio por el tipo de manejo para el control de la población de *Bactericera cockerelli*.

Tabla 8

Factor en estudio

Nomenclatura	Productos	Dosis
T1	Extracto Neem	4.5 cc/l
T2	Caolín	62g/l
T3	Jabón potásico	1 cc/l
T4	Extracto de ajo-ají	2 cc/l
T5	Sin control	Agua

Elaborado: Michael Pilicita (2025).

9.4 Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con cuatro repeticiones y 5 tratamientos, para determinar el análisis estadístico se utilizará la aplicación de software de InfoStat.

Tabla 9

Esquema del análisis de varianza (ADEVA).

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Repetición	3
Tratamientos	(4)
Error	12
Total	19

Elaborado: Michael Pilicita (2025).

9.5 Variables evaluadas

- **Porcentaje de EMERGENCIA**

Se determinó el porcentaje de germinación de los tubérculos-semilla, calculado a partir del promedio estadístico de plantas emergidas en cada tratamiento, como indicador del establecimiento inicial del cultivo.

- **Población del psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*)**

Se evaluó la dinámica poblacional del insecto mediante el conteo del número de huevos, ninfas y adultos por planta. Para ello, se seleccionaron aleatoriamente seis plantas por tratamiento. Tanto la aplicación de los productos biorracionales como el registro de datos se realizaron con una frecuencia de ocho días aproximadamente, utilizando una bomba de mochila para la aplicación de los tratamientos.

- **Número de tubérculos:** Se registró la cantidad total de tubérculos obtenidos por cada planta al momento de la cosecha.

- **Peso de tubérculos:** Se determinó el peso de los tubérculos cosechados por planta, expresándolo en kilogramos (kg).
- **Rendimiento:** Se calculó a partir del peso total de tubérculos cosechados por tratamiento, expresándolo en toneladas por hectárea (t/ha).
- **Categorización de tubérculos:** Los tubérculos se agruparon según su peso (g), estableciendo categorías comerciales: gruesa, redroja, redrojilla, fina y cuchi.

Tabla 10*La población del psílido de la papa*

Fecha	Adultos	Ninfas	Huevos
02-sep-2025	1.2	17.6	27.2
12-sep-2025	4.2	30.2	24.2
19-sep-2025	6.2	46.8	46.6
30-sep-2025	13.2	50	56.4
10-oct-2025	24.2	58.6	81.4
20-oct-2025	23.6	112.6	152.2
31-oct-2025	41.8	92.4	145.8
13-nov-2025	69	144.2	215.2
26-nov-2025	160.2	155.6	233.4
10-nov-2025	246.2	188.8	192.4

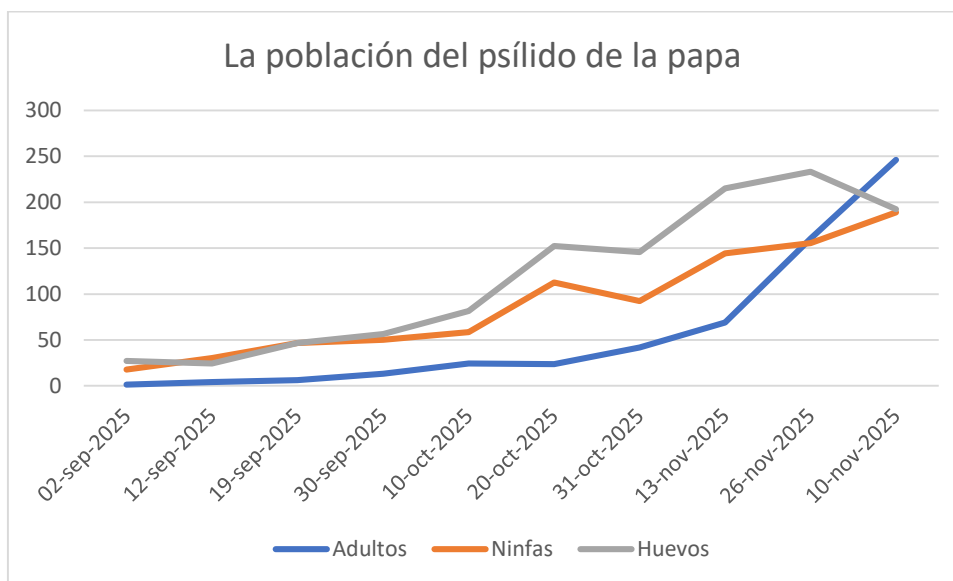
La población del psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*) presentó una dinámica poblacional ascendente a lo largo del ciclo del cultivo. Durante la etapa de desarrollo vegetativo, las poblaciones de adultos se mantuvieron bajas, con valores promedio inferiores a 10 individuos, mientras que las ninfas y huevos mostraron incrementos graduales.

A partir del inicio de la floración–tuberización, se observó un aumento marcado en la población de huevos y ninfas, alcanzando sus valores máximos durante la etapa de engrose, lo que indica una alta actividad reproductiva del insecto en estas fases. Posteriormente, este incremento se reflejó en un aumento significativo de adultos, alcanzando un máximo promedio de 246,2 adultos en la última evaluación.

Este comportamiento evidencia que las etapas fenológicas avanzadas del cultivo favorecen el desarrollo y multiplicación de *Bactericera cockerelli*, lo que resalta la importancia de implementar estrategias oportunas de manejo integrado durante la floración y el engrose del cultivo.

Figura 3

La población del psílido de la papa



Nota. Se observa la población de *Bactericera cockerelli*.

9.6 Metodología experimental

9.6.1 Identificación del área de estudio

El estudio se desarrolló en un área experimental ubicada en la Ciudad de Machachi en el barrio Panzaleo, donde se acondicionó un terreno con una superficie total de 500,40 m², destinado exclusivamente para la implementación del ensayo bajo condiciones controladas de manejo agronómico.

9.6.2 Implementación del diseño experimental

Las unidades experimentales fueron delimitadas utilizando piola, estacas y señalización visible, con el propósito de identificar claramente los tratamientos y sus respectivas repeticiones. Cada repetición estuvo conformada por cinco tratamientos, separados entre sí por una distancia de 0,40 m.

Cada tratamiento presentó dimensiones de 5,20 m de longitud por 2,90 m de ancho, distribuidos en cuatro surcos. La distancia entre plantas fue de 0,40 m, mientras que la separación entre repeticiones fue de 0,80 m, con el fin de reducir la interferencia entre unidades experimentales.

9.6.3 Registro de datos

El registro de datos se realizó con un aproximado de ocho días, iniciando el 2 de septiembre de 2025. En cada evaluación se cuantificó la presencia de huevos, ninfas y adultos

del psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*) en el cultivo, permitiendo el seguimiento de la dinámica poblacional del insecto a lo largo del desarrollo del ensayo.

9.6.6 Siembra

La siembra se efectuó empleando una densidad de plantación de 0,40 m entre plantas y 0,80 m entre surcos. En cada punto de siembra se colocó un tubérculo-semilla por golpe, garantizando una distribución uniforme del material vegetal en el área experimental.

9.6.7 Mantenimiento del cultivo y labores culturales

Las labores de manejo agronómico se realizaron de manera manual durante el ciclo del cultivo, con el objetivo de asegurar un adecuado desarrollo de las plantas:

Tabla 11

Labor cultural Siembra

Labor cultural	Descripción breve	Época
Siembra	Colocación manual del tubérculo-semilla en surcos, formando camellones; la profundidad varía según el suelo.	Inicio del cultivo
Fertilización	Aplicación de nutrientes según análisis de suelo y requerimientos del cultivo.	Durante el ciclo
Riego	Manejo del agua para evitar déficit o exceso; mayor demanda en tuberización y engrose.	Todo el ciclo
Medio aporque	Acumulación parcial de suelo para mejorar estabilidad y aireación.	50–80 DDS
Aporque	Protección final de tubérculos y mejora del drenaje.	90–110 DDS
Control de malezas	Eliminación de malezas para reducir competencia y refugio de plagas.	Todo el ciclo

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

10.1 Porcentaje de Germinación

Tabla 12

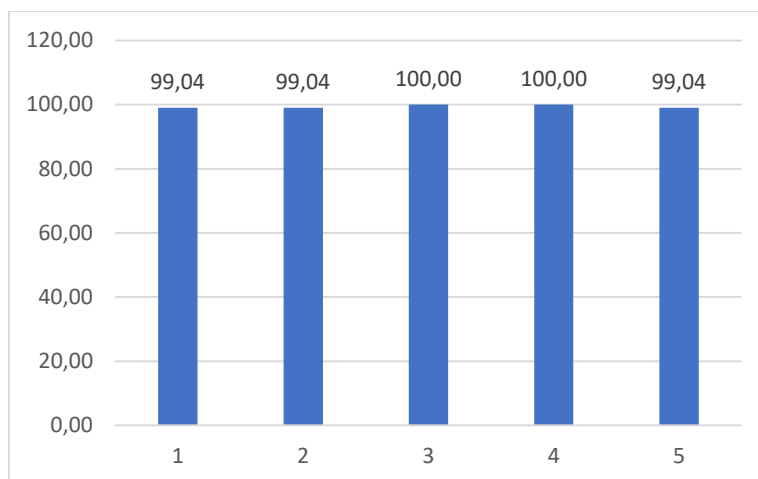
Porcentaje de germinación del cultivo de papa.

Tratamiento		% Germinación
T1	Neem X	99.04%
T2	Caolín	99.04%
T3	Jabón Potásico	100.00%
T4	Extracto de Ajo-Ají	100.00%
T5	Sin Control	99.04%

Los porcentajes de germinación fueron muy altos y homogéneos en todos los tratamientos, con valores cercanos o iguales al 100 %, lo que refleja una alta calidad fisiológica de la semilla. Los tratamientos con jabón potásico y extracto de ajo-ají alcanzaron el 100 % de germinación, evidenciando ausencia de fitotoxicidad. De manera similar, Neem X, caolín y el tratamiento sin control presentaron valores ligeramente inferiores (99 %), sin relevancia agronómica. En conjunto, los resultados indican que ningún tratamiento afectó negativamente la germinación.

Figura 4

Porcentajes de germinación



De acuerdo con el Centro Internacional de la Papa (CIP, 2014), un porcentaje de germinación comprendido entre 75 % y 100 % se considera elevado, ya que incrementa la probabilidad de que cada tubérculo-semilla actúe como un aporte efectivo en la formación de plantas vigorosas, capaces de alcanzar rendimientos óptimos en un menor periodo de tiempo dentro de una determinada progenie. Asimismo, el CIP señala que estos niveles adecuados de germinación están directamente relacionados con el empleo de semilla certificada, la cual presenta una alta calidad fisiológica y condiciones sanitarias favorables para el establecimiento exitoso del cultivo.

10.2.1 Adultos

El análisis de varianza para la población de adultos indica que durante la fase de desarrollo y el inicio de floración–tuberización no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0,05$), lo que sugiere un comportamiento poblacional similar en las etapas tempranas del cultivo. Sin embargo, en el fin de floración y tuberización (31-10-25) se detectó significancia del modelo y de la repetición, evidenciando que factores ambientales o de manejo influyeron en la variabilidad observada. En la fecha 26-11-25, correspondiente a la transición hacia engrose, se observó significancia en tratamientos, indicando una respuesta diferencial de la población de adultos en esta etapa crítica. Los coeficientes de variación (CV) fueron elevados en fases intermedias (hasta 48,67 %), reflejando alta variabilidad biológica, mientras que en engrose disminuyeron (16,49–14,21 %), mostrando mayor estabilidad experimental. En conjunto, los resultados sugieren que las diferencias en adultos se manifiestan principalmente en etapas avanzadas del cultivo, cuando la presión poblacional es mayor.

Tabla 13*Análisis de varianza para adultos.*

		DESARROLLO		INICIO DE FLORACIÓN Y TUBERIZACIÓN			
F.V.	gl	CM 02-09-25	CM 12-09-25	CM 19-09-25	CM 30-09-25	CM 10-10-25	CM 20-10-25
Modelo	7	0.04 ns	0.12 ns	0.17 ns	0.31 ns	1.46 ns	0.88 ns
Repetición	3	0.05 ns	0.08 ns	0.10 ns	0.04 ns	0.03 ns	0.80 ns
Tratamientos	4	0.03 ns	0.14 ns	0.22 ns	0.51 ns	2.53 ns	0.94 ns
Error	12	0.06	0.16	0.31	0.21	1.36	1.22
Total	19						
CV		21.29%	28.60%	36.47%	22.92%	48.67%	45.67%

FIN DE FLORACIÓN Y TUBERIZACIÓN		ENGROSE	
CM 31-10-25	CM 13-11-25	CM 26-11-25	CM 10-11-25
3.31*	2.1 ns	3.95*	1.58 ns
4.95*	0.32 ns	4.41*	0.9 ns
2.09 ns	3.43 ns	3.61*	2.09 ns
1.01	1.63	1.06	1.24
29.42%	25.70%	16.49%	14.21%

La comparación de medias (Tukey 5 %) para la población evaluada indica que no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en ninguna de las fechas, al compartir toda la misma letra (“A”). Durante la fase de desarrollo, las poblaciones fueron bajas (0,00–5,25), reflejando una presión inicial reducida. En el inicio de floración y tuberización, se observó un incremento progresivo, con valores mayores en sin control (11,25–11,50) y Neem (10,00). Hacia el fin de floración y tuberización, las poblaciones aumentaron notablemente, destacándose sin control (43,00) y extracto de ajo-ají (24,25). En la fase de engrose, se registraron los valores máximos del ciclo, sobresaliendo sin control (82,25), seguido por jabón potásico (60,75) y Neem (59,00). En conjunto, aunque se evidencian diferencias numéricas claras, estas no fueron significativas

Tabla 14*Promedios para la incidencia adultos en el cultivo de papa*

02-09-2025	12-sep-25	19-sep-25	30-09-2025	10-oct-25	20-oct-25
------------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------

Tratamiento						
Neem	0.25	1.50	1.00	3.25	10.00	6.00
Caolín	0.50	0.75	1.00	2.75	5.00	4.75
Ja. Potásico	0.00	1.25	2.25	3.75	0.75	2.50
Ex. Ajo-ají	0.25	0.25	1.00	1.50	3.25	4.75
Sin control	0.50	1.50	2.50	5.25	11.25	11.50
	Desarrollo			Inicio Floración - Tubérculos		

16.00	20.00	47.50	59.00
10.50	21.50	33.75	49.25
5.50	18.00	28.25	60.75
9.75	24.25	33.25	56.50
20.50	43.00	57.50	82.25
Fin Floración – Tubérculos			Engrose

La población de adultos mostró una tendencia creciente conforme avanzó el ciclo fenológico del cultivo, con valores bajos durante la fase de desarrollo (0–21 individuos) y un incremento marcado a partir del inicio de floración y tuberización. En esta etapa, el tratamiento sin control y Neem registraron los mayores aumentos poblacionales, alcanzando 45 y 40 adultos, respectivamente. Durante el fin de floración y tuberización, las poblaciones se intensificaron notablemente, destacándose el sin control con el valor máximo (329 adultos), seguido por jabón potásico (243) y Neem (236). En contraste, caolín y extracto de ajo-ají presentaron valores relativamente menores, lo que sugiere un mejor efecto regulador sobre la población. En general, los resultados confirman que la presión de adultos se incrementa en etapas reproductivas, siendo esta fase crítica para el manejo del insecto.

Tabla 15

Población de adultos

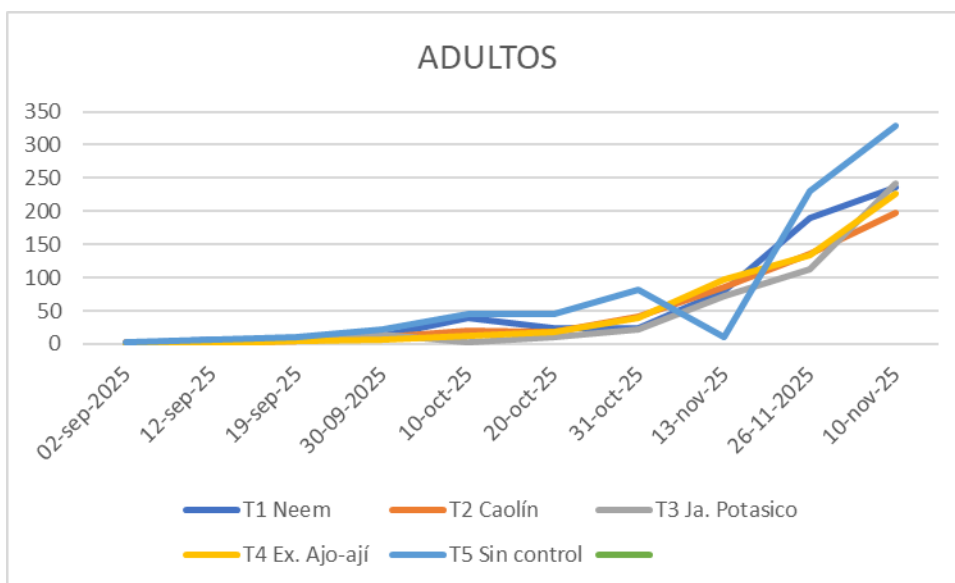
	Adultos					
	02-09-2025	12-09-25	19-sep-25	30-09-25	10-oct-25	20-oct-25
T1 Neem	1	6	4	13	40	24

T2 Caolín	2	3	4	11	20	19
T3 Ja. Potasico	0	5	9	15	3	10
T4 Ex. Ajo-ají	1	1	4	6	13	19
T5 Sin control	2	6	10	21	45	46
	Desarrollo			Inicio Floracion-Tuberculos		
	31-oct-25	13-nov-25	26-11-2025		10-nov-25	
	24	80	190		236	
	42	86	135		197	
	22	72	113		243	
	39	97	133		226	
	82	10	230		329	
	Fin Floracion-Tuberculos				Engrose	

La gráfica de adultos evidencia una tendencia creciente de la población a lo largo del ciclo del cultivo, con valores bajos durante el desarrollo y un incremento marcado a partir del inicio de floración y tuberización. En las primeras fechas, todos los tratamientos muestran comportamientos similares y poblaciones reducidas, lo que indica baja presión inicial de la plaga. Sin embargo, hacia el fin de floración y especialmente en engrose, se observa un aumento acelerado, destacándose el tratamiento sin control, que alcanza los valores más altos. Los tratamientos con caolín, jabón potásico y extracto de ajo-ají presentan incrementos más moderados en comparación con Neem y el sin control. En conjunto, la gráfica confirma que la fase reproductiva del cultivo es crítica para el aumento poblacional de adultos, siendo clave para la toma de decisiones de manejo.

Figura 5

Población de adultos en el cultivo de papa



10.2.2 Ninfas

El análisis de varianza para ninfas muestra que no hubo efecto significativo de los tratamientos ($p > 0,05$) en ninguna de las fechas evaluadas, tanto en desarrollo, inicio y fin de floración–tuberización, como en engrose, lo que indica un comportamiento similar entre ellos. Sin embargo, la repetición fue significativa el 12-sep-25 ($p = 0,0026$) y el 13-nov-25 ($p = 0,0442$), evidenciando una influencia del ambiente o del manejo experimental sobre la población de ninfas. Los coeficientes de variación (CV) oscilaron entre 10,75 % y 36,81 %, siendo más altos en las primeras evaluaciones, lo que refleja mayor variabilidad inicial. En general, los resultados sugieren que la dinámica poblacional de ninfas estuvo más asociada al momento fenológico del cultivo y a factores ambientales, que al efecto directo de los tratamientos evaluados.

Tabla 16

Análisis de varianza para ninfas.

NINFAS	GI	DESARROLLO						INICIO DE FLORACIÓN Y TUBERIZACIÓN	
		CM 02-09-25	CM 12-09-25	CM 19-09-25	CM 30-09-25	CM 10-10-25	CM 20-10-25		
F.V.	3	0.40 ns	1.63*	0.32 ns	0.35 ns	0.35 ns	0.38 ns		
Repetición	4	0.43 ns	0.25 ns	0.22 ns	0.09 ns	0.61 ns	0.21 ns		
Error	12		0.66	0.19	0.18	0.15	0.58	0.35	
Total	19								
CV			36.81%	15.29%	12.11%	10.75%	19.51%	10.96%	

ENGROSE			
CM 31- 10-25	CM 13- 11-25	CM 26- 11-25	CM 10-11- 25
0.69 ns	2.33*	1.06 ns	1.65 ns
0.70 ns	0.94 ns	2.07 ns	1.05 ns
0.4	0.64	1.45	0.94
12.97%	13.27%	19.43%	14.14%

La comparación de medias (Tukey 5 %) para la población evaluada muestra que no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en ninguna de las fechas, ya que todos presentan la misma letra (“A”). Durante la fase de desarrollo, los valores fueron bajos y similares, oscilando entre 2,00 y 9,25, lo que indica una presión inicial reducida. En el inicio de floración y tuberización, se observa un incremento gradual de la población, destacándose numéricamente Neem (31,25) y extracto de ajo-ají (29,50) el 20-oct-25. Hacia el fin de floración y tuberización, los valores aumentaron aún más, con el extracto de ajo-ají (46,00) y jabón potásico (35,00) entre los más altos. En la fase de engrose, se registraron los máximos del ciclo, sobresaliendo Neem (58,00) y extracto de ajo-ají (56,00). En general, aunque existen diferencias numéricas, estas no fueron significativas

Tabla 17

Promedios para la incidencia de ninfas en el cultivo de papa

Tratamiento	02-09- 2025	12-sep- 25	19-sep- 25	30-09- 2025	10-oct-25	20-oct-25
Neem	4.75	6.75	11.50	12.00	17.75	31.25
Caolín	4.50	7.75	9.25	11.00	11.00	27.50
J. Potásico	4.75	7.75	12.75	13.25	13.75	27.75
Ex. Ajo-ají	2.00	6.25	12.75	13.50	16.75	29.50
Sin control	6.00	9.25	12.25	12.75	14.00	24.75
	Desarrollo				Inicio Floración – Tubérculos	
	31-oct-25	13-nov-25	26-11-2025			10-dic-25
	26.00	34.50	33.75		58.00	

19.75	34.25	26.50	50.00
23.00	35.00	45.75	45.25
28.25	46.00	39.50	56.00
18.50	30.50	49.00	49.25
Fin Floración – Tubérculos			Engrose

La población de ninfas presentó un incremento progresivo conforme avanzó el ciclo fenológico del cultivo, con valores relativamente bajos durante la fase de desarrollo (8–37 ninfas) y un aumento sostenido desde el inicio de floración y tuberización. En esta etapa, los tratamientos Neem y extracto de ajo-ají mostraron incrementos marcados, alcanzando hasta 125 y 118 ninfas, respectivamente. Durante el fin de floración y tuberización, las poblaciones continuaron en ascenso, destacándose jabón potásico (140) y extracto de ajo-ají (184). En la fase de engrose, se registraron los valores máximos del ciclo, siendo el sin control el más alto (232 ninfas), seguido por extracto de ajo-ají (200). En conjunto, los resultados indican que la mayor presión de ninfas ocurre en las etapas reproductivas.

Tabla 18

Población de Ninfas

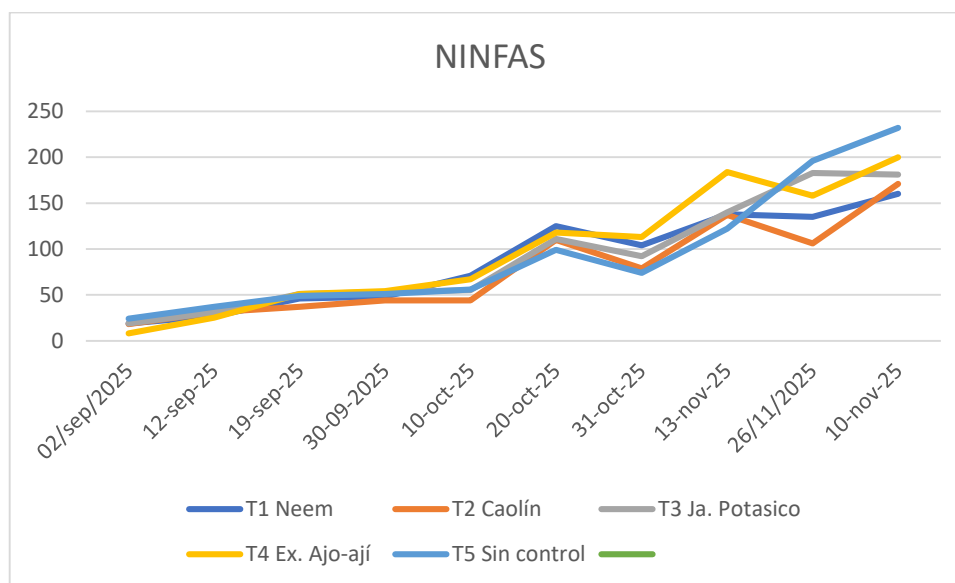
Ninfas							
	02sep2025	12-sep-25	19-sep-25	30-092025	10-oct-25	20-oct-25	
T1 Neem	19	27	46	48	71	125	
T2 Caolín	18	31	37	44	44	110	
T3 Ja. Potasico	19	31	51	53	55	111	
T4 Ex. Ajo-ají	8	25	51	54	67	118	
T5 Sin control	24	37	49	51	56	99	
	Desarrollo			Inicio Floracion-Tuberculos			
	31-oct-25	13-nov-25	26-11-2025		10-nov-25		
	104	138	135		160		
	79	137	106		171		
	92	140	183		181		
	113	184	158		200		

	74	122	196	232
Fin Floracion-Tuberculos				Engrose

La gráfica de ninfas muestra un incremento progresivo de la población a lo largo del ciclo del cultivo, con valores bajos durante la fase de desarrollo y un aumento marcado a partir del inicio de floración y tuberización. En las primeras evaluaciones, todos los tratamientos presentan comportamientos similares, lo que indica baja presión inicial de ninfas. Durante el fin de floración, se observa una mayor separación numérica entre tratamientos, destacándose el sin control y el extracto de ajo-ají con los valores más altos. En la etapa de engrose, la población alcanza su máximo, siendo nuevamente el sin control el que registra la mayor densidad.

Figura 6

Población de ninfas en el cultivo de papa



10.2.3 Huevos

El análisis de varianza para huevos muestra que los tratamientos no presentaron diferencias estadísticas significativas en ninguna de las fechas evaluadas (ns), lo que indica un efecto similar sobre la oviposición a lo largo del ciclo del cultivo. En contraste, el modelo y la repetición fueron significativos en fechas tempranas del desarrollo y del inicio de floración y tuberización (12-09, 19-09 y 30-09), evidenciando una influencia marcada de factores ambientales y espaciales del experimento. Durante el fin de floración y tuberización y en engrose, no se detectaron efectos significativos, lo que sugiere una estabilización de la variabilidad experimental en las etapas finales. Los coeficientes de variación fueron

moderados a bajos (6,18–23,85 %), indicando buena precisión experimental, especialmente en fases intermedias del cultivo.

Tabla 19

Análisis de varianza para huevos.

HUEVOS		DESARROLLO		INICIO DE FLORACIÓN Y TUBERIZACIÓN				
			CM 12-09-	CM 19-09-	CM 30-09-	CM 10-10-	CM 20-10-	
F.V.	gl	CM 02-09-25	25	25	25	25	25	25
Repetición	3	0.64 ns	2.04*	3.00*	0.35*	0.21 ns	0.91*	
Tratamientos	4	0.37 ns	0.07 ns	0.17 ns	0.18 ns	0.13 ns	0.16 ns	
Error	12	0.40	0.25	0.22	0.06	0.14	0.20	
Total	19							
CV		23.85%	19.30%	12.72%	6.18%	7.93%	7.15%	

FIN DE FLORACIÓN Y TUBERIZACIÓN			ENGROSE	
CM 31-10-	CM 13-11-	CM 26-11-	CM 10-11-	
25	25	25	25	
0.44 ns	0.5 ns	0.55 ns	3.09 ns	
0.22 ns	0.24 ns	1.2 ns	1.3 ns	
0.44	0.27	1.16	1.54	
10.94%	6.99%	14.12%	18.00%	

La comparación de medias (Tukey 5 %) para huevos muestra que no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en la mayoría de las fechas, predominando la misma letra (“A”), lo que indica un comportamiento similar. Durante la fase de desarrollo, los valores fueron bajos y homogéneos (4,75–8,25), reflejando una oviposición inicial reducida. En el inicio de floración y tuberización se observa un incremento progresivo, donde el 30-09-2025 se registran ligeras diferencias numéricas (letras A, AB y B), sugiriendo una respuesta puntual entre tratamientos. Hacia el fin de floración, la población de huevos aumentó notablemente, destacándose el sin control (59,50) y Neem (54,50). En la fase de engrose, se alcanzaron los valores máximos, con sin control (69,00) y Neem (63,00) como los más altos.

Tabla 20*Promedios para la incidencia huevos en el cultivo de papa*

Tratamiento	02-09-2025	12-sep-25	19-sep-25	30-09-2025	10-oct-25	20-oct-25
Neem	4.75	5.50	14.75	16.25 A	22.50	37.75
Caolín	7.25	5.50	14.75	12.75 AB	19.75	41.25
Ja. Potásico	6.75	6.00	11.5	12.25 B	20.75	38.25
Ex. Ajo-ají	8.25	6.75	13.00	14.50 AB	18.25	38.75
Sin control	4.75	6.50	12.75	14.75 AB	22.00	34.25
	Desarrollo			Inicio Floración – Tubérculos		

	31-oct-25	13-nov-25	26-11-2025	10-dic-25
	38.50	54.50	63.00	54.50
	32.50	53.25	55.50	45.75
	34.00	53.75	57.25	48.50
	39.75	49.00	47.00	35.50
	37.50	59.50	69.00	56.25
	Fin Floración – Tubérculos			Engrose

La población de huevos mostró una tendencia creciente a lo largo del ciclo del cultivo, con valores moderados durante la fase de desarrollo (19–33 huevos) y un incremento marcado a partir del inicio de floración y tuberización. En esta etapa, los tratamientos Neem y sin control registraron aumentos importantes, alcanzando hasta 151 y 137 huevos, respectivamente. Durante el fin de floración y tuberización, se observaron los valores más altos, destacándose el sin control (238–276) y Neem (218–252), lo que evidencia una mayor oviposición en fases reproductivas. En la etapa de engrose, aunque algunos tratamientos redujeron ligeramente los valores, la población de huevos se mantuvo elevada.

Tabla 21*Población huevos*

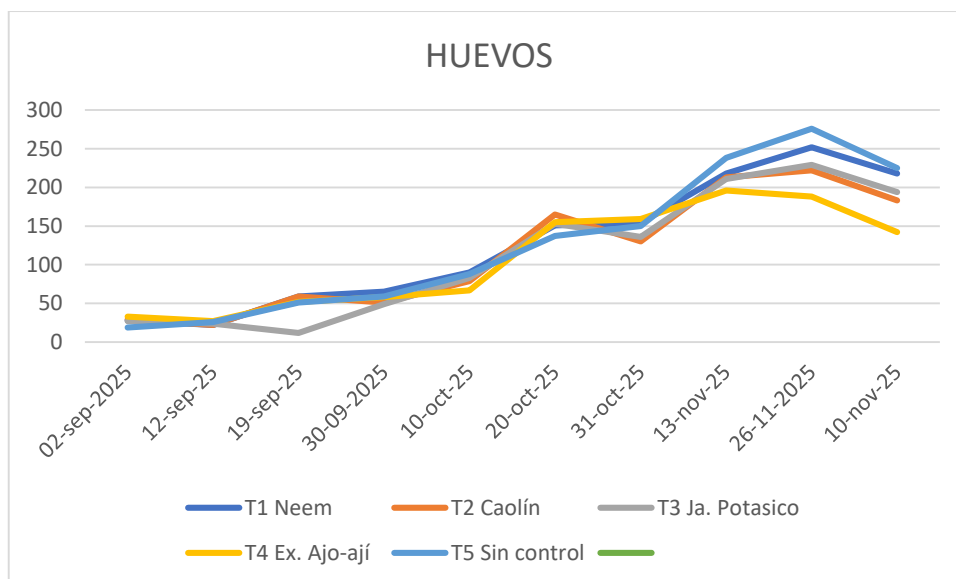
HUEVOS

	02-sep- 2025	12-sep-25	19-sep-25	30-09- 2025	10-oct- 25	20-oct- 25
T1 Neem	28	22	59	65	90	151
T2 Caolín	29	22	59	51	79	165
T3 Ja.	27	24	12	49	83	153
Potasico						
T4 Ex. Ajo-ají	33	27	52	58	67	155
T5 Sin control	19	26	51	59	88	137
	Desarrollo			Inicio Floracion-Tuberculos		
	31-oct-25	13-nov-25	26-11-2025	10-nov-25		
	154	218	252	218		
	130	213	222	183		
	136	211	229	194		
	159	196	188	142		
	150	238	276	225		
	Fin Floracion-Tuberculos			Engrose		

La gráfica evidencia una tendencia creciente de la población a lo largo del ciclo del cultivo, con valores bajos durante la fase de desarrollo y un incremento marcado a partir del inicio de floración y tuberización. En las primeras evaluaciones, todos los tratamientos muestran comportamientos similares, lo que indica baja presión inicial. Hacia el fin de floración, las curvas se separan ligeramente, observándose mayores valores en el tratamiento sin control y en Neem, mientras que extracto de ajo-ají presenta valores relativamente menores en la fase final. En la etapa de engrose, se alcanzan los máximos poblacionales, seguidos de una ligera reducción en la última evaluación.

Figura 7

Población de huevos en el cultivo de papa



10.3 Número de tubérculos

El ANOVA para número de tubérculos muestra que existen diferencias significativas entre tratamientos ($F = 6,29$; $p = 0,0057$), lo que confirma que los productos aplicados influyeron de manera directa en la formación de tubérculos. De igual forma, el modelo fue significativo ($F = 4,09$; $p = 0,016$), indicando que las fuentes de variación incluidas explican adecuadamente el comportamiento de la variable. En contraste, la repetición no presentó significancia ($p = 0,3635$), lo que sugiere uniformidad de las condiciones experimentales entre bloques. El error experimental ($CM = 761,54$) fue aceptable y el CV de 4,91 % demuestra buena precisión y confiabilidad de los datos. En conjunto, los resultados evidencian que el número de tubérculos depende del tratamiento aplicado.

Tabla 22

Número de tubérculos

NÚMERO DE TUBÉRCULOS					
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
(F.V.)	SC	gl	CM	F	p-valor
Repetición	2661.75	3	887.25	1.17	0.3635
Tratamiento	19164.7	4	4791.18	6.29	0.0057
Error	9138.5	12	761.54		
Total	30964.95	19			
CV				4.91	

El número de tubérculos muestran una clara tendencia de respuesta según el tratamiento aplicado, observándose diferencias numéricas importantes entre ellos. El tratamiento T1 Neem registró el valor más alto con 613,5 tubérculos, lo que sugiere un efecto favorable en la formación y emisión de tubérculos, posiblemente por un mejor equilibrio fisiológico de la planta. En un nivel intermedio se ubicaron T2 Caolín (563,8), T3 Jabón potásico (561,3) y T4 Extracto de ajo-ají (555,5), presentando comportamientos similares entre sí. En contraste, el T5 Sin control alcanzó el valor más bajo (516,3 tubérculos), evidenciando que la ausencia de manejo reduce el potencial tuberizador del cultivo. En conjunto, estos resultados indican que el uso de alternativas biorracionales puede mejorar el número de tubérculos, destacándose Neem como el tratamiento más eficiente.

Tabla 23

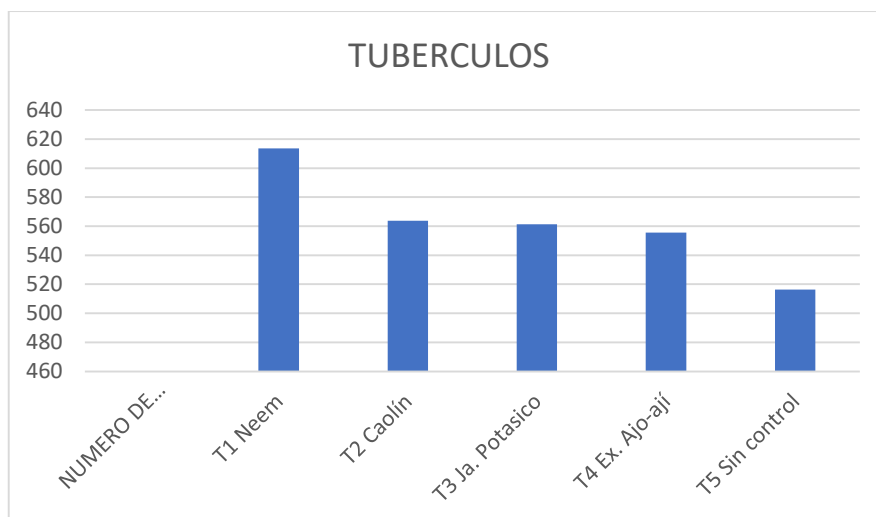
Numero de tubérculos

TUBERCULOS	
T1 Neem	613.5
T2 Caolín	563.8
T3 Ja.Potasico	561.3
T4 Ex. Ajo-ají	555.5
T5 Sin control	516.3

La gráfica de número de tubérculos evidencia diferencias claras entre tratamientos, donde T1 Neem presenta el mayor valor con 613,5, destacándose como el tratamiento más eficiente en estimular la tuberización. En un segundo nivel se ubican T2 Caolín (563,8), T3 Jabón potásico (561,3) y T4 Extracto de ajo-ají (555,5), los cuales muestran valores similares y un comportamiento intermedio. Por el contrario, el T5 sin control registra el menor número de tubérculos (516,3), lo que indica que la ausencia de manejo reduce el potencial productivo del cultivo. En conjunto, la tendencia confirma que los tratamientos biorracionales favorecen la formación de tubérculos, sobresaliendo Neem como la mejor alternativa.

Figura 8

La gráfica de número de tubérculos



10.4 Peso de tubérculos en kg

El análisis de varianza para número de tubérculos evidencia que los tratamientos influyeron significativamente en esta variable ($F = 6,29$; $p = 0,0057$), confirmando que la aplicación de los productos evaluados modificó la capacidad de tuberización del cultivo. Asimismo, el modelo fue significativo ($F = 4,09$; $p = 0,016$), lo que indica que las fuentes de variación incluidas explican de forma adecuada el comportamiento observado. En contraste, la repetición no fue significativa ($p = 0,3635$), sugiriendo que el ensayo se desarrolló bajo condiciones homogéneas entre bloques y sin un efecto marcado del ambiente dentro del área experimental. El error experimental fue bajo ($CM = 30,46$) y el $CV = 4,90\%$ demuestra alta precisión y confiabilidad de los datos. En conjunto, estos resultados sustentan que el número de tubérculos depende del tratamiento aplicado

Tabla 24

ANOVA tubérculos

NÚMERO DE TUBÉRCULOS					
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
(F.V.)	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	873.06	7	124.72	4.09	0.016
Repetición	106.47	3	35.49	1.17	0.3635
Tratamiento	766.59	4	191.65	6.29	0.0057
Error	365.54	12	30.46		

Total	1238.6	19
CV		4.90

Los resultados de peso de tubérculos (kg) evidencian diferencias claras entre tratamientos, observándose un mayor rendimiento en T1 Neem con 122,7 kg, lo que sugiere un efecto positivo sobre la acumulación de biomasa del tubérculo. En un segundo grupo se ubicaron T2 Caolín (112,75 kg), T3 Jabón potásico (112,25 kg) y T4 Extracto de ajo-ají (111,1 kg), con valores muy similares entre sí, indicando un comportamiento intermedio y relativamente estable. Por el contrario, el T5 sin control presentó el menor peso (103,25 kg), reflejando que la ausencia de manejo reduce el potencial productivo del cultivo. En general, los tratamientos biorracionales mostraron una tendencia a mejorar el rendimiento, destacándose Neem como la alternativa más eficiente.

Tabla 25

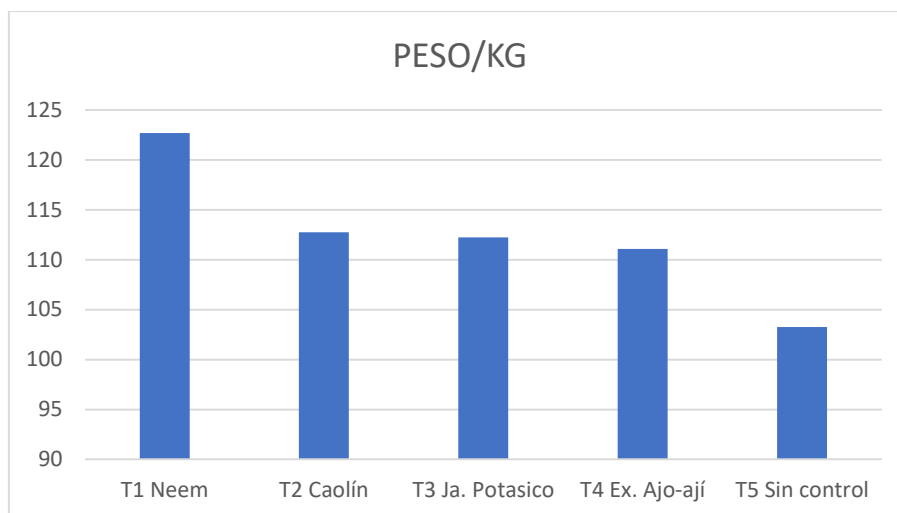
Promedio pesos kg

PESO/KG	
T1 Neem	122.7
T2 Caolín	112.75
T3 Ja. Potásico	112.25
T4 Ex. Ajo-ají	111.1
T5 Sin control	103.25

La gráfica de peso de tubérculos (kg) muestra una diferencia marcada entre tratamientos, donde T1 Neem registró el mayor rendimiento con 122,7 kg, destacándose claramente sobre el resto. En un nivel intermedio se ubican T2 Caolín (112,75 kg), T3 Jabón potásico (112,25 kg) y T4 Extracto de ajo-ají (111,1 kg), que presentan valores muy cercanos y un comportamiento similar. Por el contrario, el T5 sin control obtuvo el menor peso (103,25 kg), evidenciando que la ausencia de manejo reduce el rendimiento del cultivo. En general, la tendencia confirma que el uso de tratamientos biorracionales favorece la acumulación de biomasa en tubérculos, siendo Neem el tratamiento más eficiente.

Figura 9

Peso en kg tratamientos



10.5 Categorías

Los resultados por categorías de tubérculo (kg) muestran que el tratamiento T1 Neem alcanzó el mayor peso total (122,7 kg), destacando por una mejor distribución en gruesa (16,15 kg) y un buen aporte en fina (30,27 kg), lo que refleja mayor rendimiento general. El T2 Caolín (112,75 kg) presentó su mayor aporte en fina (38,35 kg) y redrojilla (23,27 kg), indicando predominio de calibres pequeños–medios. En T3 Jabón potásico (112,25 kg) se observa un comportamiento equilibrado, con mayor aporte en cuchi (32,87 kg) y fina (28,14 kg). El T4 Extracto de ajo-ají (111,1 kg) se caracterizó por altos valores en fina (37,07 kg) y cuchi (34,69 kg), sugiriendo mayor proporción de tubérculos de menor calidad comercial. Finalmente, el T5 sin control fue el de menor rendimiento (103,25 kg) y presentó el mayor peso en cuchi (43,02 kg), evidenciando que la falta de manejo favorece una mayor producción de tubérculos deformes o no comerciales. En conjunto, los tratamientos mejoran el rendimiento y la calidad, siendo Neem el más eficiente al combinar mayor total y mejor proporción de tubérculos comerciales.

Tabla 26

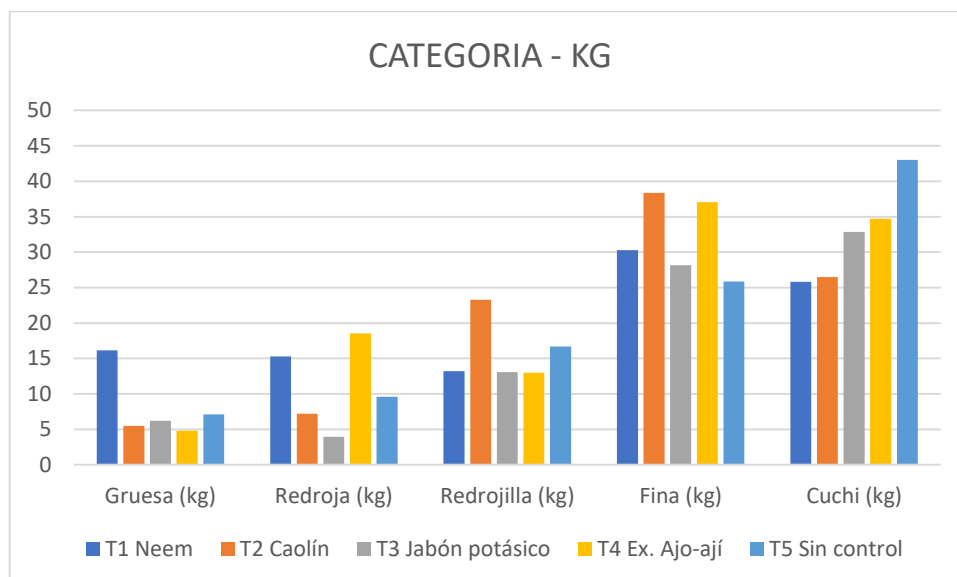
Diferentes categorías papas

Tratamiento	Gruesa (kg)	Redroja (kg)	Redrojilla (kg)	Fina (kg)	Cuchi (kg)	Total (kg)
T1 Neem	16.15	15.27	13.21	30.27	25.8	122.7
T2 Caolín	5.47	7.19	23.27	38.35	26.47	112.75
T3 Jabón potásico	6.22	3.93	13.09	28.14	32.87	112.25
T4 Ex. Ajo-ají	4.82	18.54	12.98	37.07	34.69	111.1
T5 Sin control	7.09	9.59	16.68	25.87	43.02	103.25

La gráfica por categorías (kg) evidencia diferencias claras en la distribución del rendimiento entre tratamientos. El T1 Neem destaca por presentar mayores valores en gruesa (16,15 kg) y redroja (15,27 kg), lo que sugiere una mejor proporción de tubérculos comerciales. En cambio, T2 Caolín concentra gran parte del peso en fina (38,35 kg) y redrojilla (23,27 kg), indicando predominio de calibres pequeños. El T3 Jabón potásico y T4 Extracto de ajo-ají muestran incrementos importantes en la categoría cuchi (32,87 y 34,69 kg), lo que refleja mayor presencia de tubérculos no comerciales o deformes. El T5 sin control resalta por el mayor valor en cuchi (43,02 kg), evidenciando que la falta de manejo favorece tubérculos de menor calidad.

Figura 10

Grafica categorías por tratamiento



10.6 Costo – Beneficio

El análisis económico evidencia diferencias importantes en la rentabilidad (B/C) entre tratamientos, asociadas principalmente al nivel de inversión en costos de producción. El tratamiento Neem presenta el mayor costo (9.298 \$/ha) y la menor relación beneficio/costo (1,03), indicando que su alta inversión apenas genera ganancia. De forma similar, Caolín tiene un costo elevado (8.812 \$/ha) y una rentabilidad baja (B/C = 1,09), aunque ligeramente superior a Neem. En contraste, Jabón potásico (4.569 \$/ha) y extracto de ajo-ají (4.625 \$/ha) muestran alta eficiencia económica, con relaciones B/C de 2,10 y 2,08, demostrando mejor retorno por cada dólar invertido. Finalmente, el tratamiento sin control obtuvo el menor costo (4.113 \$/ha) y la mayor rentabilidad (B/C = 2,33), aunque esto no necesariamente implica

mejor manejo agronómico, sino menor inversión. En general, los resultados indican que los tratamientos más rentables fueron jabón potásico y ajo-ají, por equilibrar costos bajos con buen retorno.

Tabla 27

Costo beneficio tratamiento

Tratamiento	Costos de producción	
	(\$/ha)	B/C
Neem	9.298	1,03
Caolín	8.812	1,09
Jabón potásico	4.569	2,10
Extracto de ajo-ají	4.625	2,08
Sin control	4.113	2,33

11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

Impactos técnicos

La evaluación de productos biorracionales para el manejo del psílido de la papa constituye una alternativa técnica viable frente al uso reiterado de agroquímicos de síntesis química. Los resultados del estudio contribuyen al fortalecimiento del conocimiento técnico-científico sobre el manejo integrado de plagas en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), variedad Superchola, permitiendo generar información aplicable para productores, técnicos y estudiantes. Asimismo, esta investigación aporta bases técnicas para la toma de decisiones orientadas a sistemas productivos más sostenibles.

Impactos sociales

El desarrollo de la investigación genera un impacto social positivo en las comunidades agrícolas del área de estudio, al promover prácticas de manejo fitosanitario más seguras para la salud humana. La reducción del uso de productos altamente tóxicos disminuye el riesgo de intoxicaciones en los agricultores y sus familias. Además, el estudio incentiva la participación activa de los productores en la adopción de tecnologías limpias, fortaleciendo la conciencia ambiental, la seguridad alimentaria y la sostenibilidad de los sistemas productivos locales.

Impactos ambientales

La implementación de productos biorracionales contribuye a la conservación del equilibrio ecológico del agroecosistema, al reducir los efectos adversos sobre organismos benéficos, incluyendo insectos auxiliares y polinizadores. Este enfoque de manejo disminuye la contaminación del suelo, agua y aire, favoreciendo la preservación de los recursos naturales y la biodiversidad en la zona de estudio, en concordancia con los principios de la agricultura sostenible.

Impactos económicos

Desde el punto de vista económico, el uso de productos biorracionales representa una alternativa rentable frente al control convencional, ya que reduce la dependencia de pesticidas químicos importados y, en consecuencia, los costos de producción a mediano y largo plazo. Un control eficiente del psílido de la papa permite mejorar el rendimiento y la calidad de los tubérculos, lo que se traduce en mayores ingresos y una mejor rentabilidad para los productores del cultivo.

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El tratamiento (T3) jabón potásico y (T2) Caolín presentaron la menor población promedio de huevos, ninfas y adultos de (*bactericera cockerelli*), mientras que el tratamiento sin control registró los valores poblacionales más altos durante todo el ciclo del cultivo.
- El tratamiento (T1) Neem mostró el mejor desempeño productivo en papa variedad Superchola, al alcanzar el mayor número y peso promedio de tubérculos.
- El análisis económico determina que el tratamiento (T3) Jabón potásico y el (T4) Extracto de ajo-ají tuvieron mejores resultados (B/C), mientras que Neem y Caolín fueron las alternativas menos convenientes por sus mayores costos y menor retorno económico.

13.2 Recomendaciones

- Para productores que priorizan máximo rendimiento, se recomienda el uso de Neem, debido a que presentó mayor número y peso de tubérculos.
- Para productores que priorizan rentabilidad económica y menor inversión, se recomienda Jabón potásico o Extracto de ajo-ají, por su mejor relación beneficio/costo y adecuada eficacia en campo.
- Integrar estos productos dentro de un programa de Manejo Integrado de Plagas, complementándolos con monitoreo constante, rotación de productos y buenas prácticas agrícolas para evitar resistencia y mantener la sostenibilidad del sistema productivo.

14. BIBLIOGRAFÍA

- Abdullah, N. (2008). *Biology, ecology and dispersal behavior of the potato psyllid, Bactericera cockerelli*. Journal of Insect Science, 8(1), 1–10.
- Calderón, D. (2013). *Biología y comportamiento del psílido de la papa (Bactericera cockerelli Sulc.)*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- García, E. (2014). *Distribución y daño del psílido de la papa (Bactericera cockerelli) y su relación con la enfermedad punta morada*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.
- Hodkinson, I. D. (2009). *Life cycle and host relationships of psyllids (Hemiptera: Psylloidea)*. Annual Review of Entomology, 54, 305–325.
<https://doi.org/10.1146/annurev.ento.54.110807.090447>

- Hollis, D. (2004). *Australian Psylloidea: jumping plantlice and lerp insects*. Australian Biological Resources Study.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). (2022). *Agrícola digital*. Estación Experimental Tropical Pichilingue.
<https://repositorio.iniap.gob.ec/items/2a65b5d4-c8f0-44aa-a189-f4133c03a793>
- Izquierdo, J., Granados, S., & Santivañez, T. (2010). *Biopreparados para el manejo sostenible de plagas y enfermedades en la agricultura urbana y periurbana*. IPES/FAO.
- Jácome, E., Auz, D., Marín, K., Cepeda, Y., & Jiménez, C. (2022). Ciclo biológico de *Bactericera cockerelli*, vector de la enfermedad de punta morada (*Candidatus Liberibacter*) en solanáceas, en los Andes centrales ecuatorianos. *Revista Investigación Agraria*, 35.
- Leyva, M., French, L., Pino, O., Montada, D., & Morejón, G. (2017). Plantas con actividad insecticida: Una alternativa natural contra mosquitos. *Revista Biomédica*.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2023, diciembre). *Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA): Cifras agroproductivas*.
<https://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2024). *SIPA*. Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- MEFCCA. (2021). *Cartilla del cultivo de papa* (p. 20). MEFCCA.
- Méndez, P., & Gaete, N. (2009). *Principales enfermedades que afectan al cultivo de papa*. INIA.
- Meza, V., & Jordán, R. (2020). *Actividad insecticida de extractos vegetales para el control de insectos plaga en el cultivo de pimiento (Capsicum annuum L.)* [Tesis o documento académico]. Universidad.
- Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA). (2025, noviembre). *Panorama estadístico agropecuario*. Ministerio de Agricultura y Ganadería.
<https://sipa.agricultura>