

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES CARRERA DE AGROPECUARIA



### TEMA:

**“EVALUACIÓN DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS EN EL CONTROL DE  
*Bactericera cockerelli* (Šulc) EN PAPA (*Solanum tuberosum* L.), CANTÓN  
BOLIVAR, CARCHI”**

**Trabajo de Grado previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria**

### AUTORA:

María Alejandra Calpa Vallejos

### DIRECTORA:

Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD.

Ibarra, 2023

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

**“EVALUACIÓN DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS EN EL CONTROL DE  
*Bactericera cockerelli* (Šulc) EN PAPA (*Solanum tuberosum* L.), CANTÓN  
BOLIVAR, CARCHI”**

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación  
como requisito parcial para obtener Título de:

**INGENIERA AGROPECUARIA**

APROBADO:

Ing. Doris Chalampunte Flores, PhD.

**DIRECTORA**



FIRMA

Ing. Marcelo Albuja Illescas, MSc.

**MIEMBRO TRIBUNAL**



FIRMA

Lic. Ima Sánchez de Céspedes, MSc.

**MIEMBRO TRIBUNAL**



FIRMA



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0402086672		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Calpa Vallejos María Alejandra		
DIRECCIÓN:	Tulcán-Carchi. Calles Lorenzo de Garaicoa y José de Antepara		
EMAIL:	macalpav@utn.edu.ec/mariacalpavallejos@gmail.com		
TELÉFONO FIJO:	2251802	TELÉFONO MÓVIL:	0986936017

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Evaluación de hongos entomopatógenos en el control de <i>Bactericera cockerelli</i> (Šulc) en papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.), cantón Bolívar, Carchi.
AUTOR:	Calpa Vallejos María Alejandra
FECHA DE APROBACIÓN:	10 de julio del 2023
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Agropecuaria
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Doris Chalampunte Flores, PhD.

#### 2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 13 días del mes de julio de 2023

EL AUTOR:

  
.....  
María Alejandra Calpa Vallejos

## CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por María Alejandra Calpa Vallejos, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 10 días del mes de julio del 2023



Ing. Doris Chalampunte Flores, PhD.

DIRECTOR DE TESIS

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

**Guía:** FICAYA-UTN

**Fecha:** Ibarra, a los 12 días del mes de julio del 2023

**Calpa Vallejos María Alejandra:** "EVALUACIÓN DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS EN EL CONTROL DE *Bactericera cockerelli* (Šulc) EN PAPA (*Solanum tuberosum* L.), CANTÓN BOLIVAR, CARCHI"

Trabajo de titulación. Ingeniera Agropecuaria.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 12 días del mes de julio del 2023, 91 páginas.

**DIRECTORA:** Ing. Doris Chalampunte Flores, PhD.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar el efecto de los hongos entomopatógenos en la población de *Bactericera cockerelli* (Šulc) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), cantón Bolívar, Carchi.

Entre los objetivos específicos se encuentran:

- Determinar la dinámica poblacional de los estadios de *Bactericera cockerelli* Šulc utilizando hongos entomopatógenos.
- Identificar el efecto de los hongos entomopatógenos (*Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces fumosoroseus*) en la entomofauna del cultivo de papa.
- Analizar los resultados económicos del uso de agentes de control biológico con respecto al manejo convencional para control de *Bactericera cockerelli* Šulc.



Ing. Doris Chalampunte Flores, PhD.  
**Directora de Trabajo de Grado**



María Alejandra Calpa Vallejos  
**Autora**

## **AGRADECIMIENTO**

*En primera instancia, agradezco a mi Dios, por regalarme la oportunidad de culminar otra etapa más de mi vida, a mis padres y hermanos por darme el apoyo incondicional, por inculcarme valiosos valores como la humildad, la responsabilidad, el esfuerzo y satisfacción que conlleva cumplir un sueño.*

*Expreso mi más profundo agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte y a la Carrera de Agropecuaria, a mi directora Julia Prado PhD., por darme la mano en este camino de la investigación, así como también a mis asesores Doris Chalampunte, PhD y Marcelo Albuja, MSc. Por brindarme sus conocimientos, al INIAP, al CIP y a BIOSEB Organics, por su apoyo y orientación ¡Infinitas gracias!*

*Finalmente agradezco a todas aquellas personas que fueron participes de este proceso, a mis amigos por acompañarme y brindarme su mano y consejos en momentos difíciles ¡Infinitas gracias!*

***María Alejandra Calpa***

## **DEDICATORIA**

*Me complace dedicar con todo mi corazón el fruto de mi esfuerzo a mis padres, Guillermo y Socorro, que gracias a su apoyo incondicional logre cumplir un sueño más. A mis hermanos, Cristhian, Belén, Kathy, Melany y Camila, quienes con sus consejos me guiaron a ser una mejor persona.*

*De igual manera a mi tutora Julia Prado, quien con su apoyo en mi tema de investigación se hizo posible mi anhelo.*

***María Alejandra***

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

INDICE DE FIGURAS .....	iii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT .....	ix
<b>CAPITULO I .....</b>	<b>10</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>10</b>
1.1 ANTECEDENTES.....	10
1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	11
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	12
1.4 OBJETIVOS .....	13
1.4.1. <i>Objetivo General</i> .....	13
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	13
1.5 HIPÓTESIS.....	13
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>14</b>
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
2.1 Importancia del Cultivo de Papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) en el Ecuador.....	14
2.2 Taxonomía de la Papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.).....	14
2.2.1 <i>Requerimientos Edafoclimáticos</i> .....	14
2.2.2 <i>Fenología del Cultivo de Papa</i> .....	15
2.2.3 <i>Plagas del cultivo de papa</i> .....	16
2.3 Características de <i>Bactericera cockerelli</i> Šulc .....	16
2.3.1. <i>Taxonomía de Bactericera cockerelli Šulc.</i> .....	17
2.3.2. <i>Morfología y estadios de B. cockerelli Sulc</i> .....	17
2.3.4. <i>Hospederos de Bactericera cockerelli</i> .....	20
2.3.5. <i>Daños y síntomas en plantas de Solanáceas</i> .....	20
2.3.6. <i>Punta Morada en Papa (PMP)</i> .....	21
2.4. Manejo convencional de <i>B. cockerelli</i> en papa.....	22
2.4.1. <i>Control químico de B. cockerelli en cultivo de papa</i> .....	22
2.4.2. <i>Control cultural</i> .....	23
2.5. Manejo Integrado de Plagas en el cultivo de papa.....	23
2.5.1. <i>Control biológico</i> .....	23
2.5.2. <i>Hongos entomopatógenos</i> .....	24
2.5.3. <i>Márgenes funcionales</i> .....	30
2.6. Análisis económico del cultivo de papa en Ecuador.....	32
2.6.1. <i>Costos de producción del cultivo de papa</i> .....	32
2.6.2. <i>Productividad del cultivo de papa</i> .....	33
2.7. Marco legal .....	33

<b>CAPITULO III .....</b>	<b>35</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>35</b>
3.1. Caracterización del área de estudio.....	35
3.2. Materiales, equipos, insumos y herramientas .....	36
3.3 Métodos.....	36
3.3.1. <i>Factor en estudio</i> .....	36
3.3.2. <i>Diseño experimental</i> .....	37
3.3.3. <i>Análisis estadístico</i> .....	39
3.4. Variables evaluadas.....	39
3.4.1. <i>Número de huevos de B. cockerelli</i> .....	40
3.4.2. <i>Número de ninfas de B. cockerelli</i> .....	40
3.4.3. <i>Número de adulto de B. cockerelli</i> .....	41
3.4.4. <i>Porcentaje de incidencia de punta morada en papa</i> .....	41
3.4.5. <i>Entomofauna</i> .....	42
3.4.6. <i>Rendimiento</i> .....	43
3.4.7. <i>Calidad de tubérculo</i> .....	43
3.4.8. <i>Análisis económico</i> .....	44
3.5. Manejo Específico del Experimento .....	44
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>51</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>51</b>
4.1. Dinámica poblacional de <i>B. cockerelli</i> .....	51
4.1.1. <i>Número de oviposturas de B. cockerelli</i> .....	51
4.1.2. <i>Número de ninfas de B. cockerelli</i> .....	52
4.1.3. <i>Número de adultos de B. cockerelli</i> .....	54
4.2. Porcentaje de incidencia de punta morada de la papa.....	55
4.3. Porcentaje de patogenicidad de ninfas .....	57
4.4. Entomofauna .....	57
4.5. Rendimiento .....	62
4.6. Calidad del tubérculo .....	63
4.7. Análisis económico .....	65
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>67</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>67</b>
5.1. CONCLUSIONES .....	67
5.2. RECOMENDACIONES .....	67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	69
ANEXOS.....	83

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Planta de papa y sus partes más importantes</i> .....	15
<b>Figura 2</b> <i>Etapas fenológicas del cultivo de papa (Solanum tuberosum)</i> .....	15
<b>Figura 3</b> <i>Etapas de vida del psílido del tomate y la papa, Bactericera cockerelli (Hemiptera: Triozidae); A: adulto, B: huevo, C: ninfas</i> .....	17
<b>Figura 4</b> <i>Ciclo Biológico de Bactericera cockerelli</i> .....	19
<b>Figura 5</b> <i>La hembra (a) y macho de B. cockerelli</i> .....	20
<b>Figura 6</b> <i>Esquema del desarrollo de un hongo entomopatógeno</i> .....	25
<b>Figura 7</b> <i>Proceso de infección de hongos entomopatógenos</i> .....	26
<b>Figura 8</b> <i>Observación micelio septado, conidióforos, esporas</i> .....	27
<b>Figura 9</b> <i>Ubicación geográfica del área de estudio</i> .....	35
<b>Figura 10</b> <i>Diseño en el ensayo experimental con los manejos B. bassiana, M. anisopliae, P. fumosoroseus, T. A. (Testigo Absoluto, contornos verdes son márgenes funcionales</i> .....	37
<b>Figura 11</b> <i>Modelo de las unidades experimentales y dimensiones para los diferentes tipos de manejos</i> .....	38
<b>Figura 12</b> <i>Diseño de muestreo en forma de “S” y muestreo en cada planta seleccionada</i> .....	39
<b>Figura 13</b> <i>Oviposturas encontradas en hojas de la parte media y envés de la planta</i> ..	40
<b>Figura 14</b> <i>Ninfa encontrada durante el monitoreo de la parte media y envés de la hoja</i> .....	40
<b>Figura 15</b> <i>Instalación y cambio de trampas amarillas en cada unidad experimental</i> ..	41
<b>Figura 16</b> <i>Sintomatología de Punta Morada en el cultivo de papa</i> .....	42
<b>Figura 17</b> <i>Barrido red entomológica y conteo de insectos para la evaluación de entomofauna</i> .....	43
<b>Figura 18</b> <i>Clasificación y pesaje de rendimiento del cultivo</i> .....	43
<b>Figura 19</b> <i>Descripción gráfica de la escala para la evaluación de la fritura de la hojuela</i> .....	44
<b>Figura 20</b> <i>Plantas sembradas en el margen funcional y asocio de cultivos</i> .....	45
<b>Figura 21</b> <i>Instalación de barreras vivas con maíz, asocio de haba y siembra de cosmos</i> .....	46
<b>Figura 22</b> <i>Preparación y manejo del cultivo de papa</i> .....	46
<b>Figura 23</b> <i>Preparación y aplicación de hongos entomopatógenos en el cultivo de papa</i> .....	48

<b>Figura 24</b> <i>Instalación de trampas amarillas e identificación de insectos</i> .....	48
<b>Figura 25</b> <i>Monitoreo directo, para muestrear oviposturas y ninfas de B. cockerelli</i> ...	49
<b>Figura 26</b> <i>Barrido con red entomológica</i> .....	49
<b>Figura 27</b> <i>Número de oviposturas de B. cockerelli S.</i> .....	51
<b>Figura 28</b> <i>Número de ninfas de B. cockerelli S.</i> .....	52
<b>Figura 29</b> <i>Temperatura máxima y mínima registrada durante el ciclo del cultivo</i> .....	53
<b>Figura 30</b> <i>Registro de humedad relativa durante el ciclo del cultivo</i> .....	53
<b>Figura 31</b> <i>Número de adultos en trampa de B. cockerelli S. en manejo convencional y control biológico</i> .....	54
<b>Figura 32</b> <i>Incidencia de punta morada en papa con la aplicación de hongos entomopatógenos y manejo convencional</i> .....	56
<b>Figura 33</b> <i>Número de especímenes muestreados en el manejo de Beauveria Bassiana</i>	58
<b>Figura 34</b> <i>Número de especímenes muestreados en el manejo de Metarhizium anisopliae</i> .....	59
<b>Figura 35</b> <i>Número de especímenes muestreados en el manejo de Paecilomyces fumosoroseus</i> .....	60
<b>Figura 36</b> <i>Número de especímenes muestreados en el manejo convencional</i> .....	61
<b>Figura 37</b> <i>Rendimiento de tubérculos por medio de categorías (primera, segunda y tercera) con control biológico y manejo convencional</i> .....	62
<b>Figura 38</b> <i>Porcentaje de calidad de tubérculo en manejos con hongos entomopatógenos y manejo convencional</i> .....	64

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Etapas fenológicas del cultivo de papa</i> .....	16
<b>Tabla 2</b> <i>Aplicación de insecticidas químicos para el control de B. cockerelli</i> .....	23
<b>Tabla 3</b> <i>Principales metabolitos secundarios de bajo peso molecular producidos por hongos entomopatógenos</i> .....	26
<b>Tabla 4</b> <i>Plantas arvenses con alto grado de biodiversidad</i> .....	30
<b>Tabla 5</b> <i>Costos de producción por hectárea de papa (súper chola) y tipo de productor en la provincia del Carchi</i> .....	33
<b>Tabla 6</b> <i>Caracterización del área de estudio</i> .....	35
<b>Tabla 7</b> <i>Materiales, insumos y equipos utilizados en el desarrollo de la investigación</i>	36
<b>Tabla 8</b> <i>Descripción de los niveles en estudio</i> .....	36
<b>Tabla 9</b> <i>Concentraciones y dosis de la unidad formada de colonias (UFC) de los hongos entomopatógenos</i> .....	37
<b>Tabla 10</b> <i>Características de la unidad experimental Características de la unidad experimental</i> .....	38
<b>Tabla 11</b> <i>Análisis de varianza (ADEVA), para Bloques Completos al Azar</i> .....	39
<b>Tabla 12</b> <i>Escala en la que se evaluó los síntomas de Zebra Chip</i> .....	44
<b>Tabla 13</b> <i>Control fitosanitario de enfermedades por hectárea en el cultivo de papa</i> ...	47
<b>Tabla 14</b> <i>Concentración y dosis de cada hongo entomopatógeno</i> .....	47
<b>Tabla 15</b> <i>ADEVA por categoría y manejo del rendimiento del cultivo de papa</i> .....	62
<b>Tabla 16</b> <i>ADEVA sobre la calidad del tubérculo del cultivo de papa</i> .....	64
<b>Tabla 17</b> <i>Análisis económico por hectárea en la producción de papa Superchola</i> .....	65
<b>Tabla 18</b> <i>Porcentaje de costos de producción con hongos entomopatógenos y manejo convencional</i> .....	66

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo A</b>	<i>Costo de producción con manejo convencional en una hectárea .....</i>	83
<b>Anexo B</b>	<i>Costo de producción con manejo de B. bassiana en una hectárea .....</i>	84
<b>Anexo C</b>	<i>Costo de producción con manejo de M. anisopliae en una hectárea .....</i>	85
<b>Anexo D</b>	<i>Costo de producción con P. fumosoroseus en una hectárea .....</i>	86
<b>Anexo E</b>	<i>Formato de registro para implementación del cultivo.....</i>	87
<b>Anexo F</b>	<i>Formato de monitoreo de los distintos estadios de B. cockerelli.....</i>	88

**“EVALUACIÓN DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS EN EL CONTROL DE  
*Bactericera cockerelli* (Šulc) EN PAPA (*Solanum tuberosum* L.), CANTÓN  
BOLIVAR, CARCHI”**

Autor: María Calpa<sup>1\*</sup>

Universidad Técnica del Norte

<sup>1</sup>Correo: [macalpav@utn.edu.ec](mailto:macalpav@utn.edu.ec)

**RESUMEN**

Una de las principales estrategias para controlar *Bactericera cockerelli* Šulc en papa, comprende el uso de agroquímicos, generando el 40% de la cosecha. Por lo que, la presente investigación evaluó el efecto de hongos entomopatógenos sobre *B. cockerelli*, como alternativa de control. El estudio se enfocó en las aplicaciones de *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces fumosoroseus*, en comparación con el manejo convencional con aplicaciones de insecticidas. Para evaluar las variables, se monitorearon tanto a las ninfas como oviposturas cada 15 días en 20 plantas seleccionadas al azar, también se instalaron trampas amarillas para el conteo de adultos cada 15 días. Los resultados muestran que la población de *B. cockerelli* se incrementa desde prefloración, sin embargo, la población de adultos se redujo en un 30% con aplicaciones de *P. fumosoroseus* en comparación con el manejo convencional. Por otro lado, los huevos y ninfas se redujeron en un 20% con la aplicación de hongos entomopatógenos. En cuanto a punta morada de la papa *P. fumosoroseus* alcanzó el 36% de afectación con comparación a *M. anisopliae* y *B. bassiana* más del 70% de sintomatología. Con respecto a rendimiento, se incrementó un 10% con el uso de *P. fumosoroseus*. En la calidad de tubérculo se registró que *P. fumosoroseus*, *M. anisopliae* y manejo convencional alcanzaron un total de 70, 80 y 100% de tubérculo sanos respectivamente. En conclusión, el uso de hongos entomopatógenos representa una alternativa de manejo integrado de plagas para el control sobre la población de *B. cockerelli* en *S. tuberosum*.

**Palabras clave:** *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces fumosoroseus*, *Bactericera cockerelli*, control biológico.

**"EVALUATION OF ENTOMOPATHOGENIC FUNGUSES IN THE CONTROL OF *Bactericera cockerelli* (Šulc) IN POTATO (*Solanum tuberosum* L.), CANTÓN BOLIVAR, CARCHI".**

Autor: María Calpa<sup>1\*</sup>

Universidad Técnica del Norte

<sup>1</sup>Correo: [macalpav@utn.edu.ec](mailto:macalpav@utn.edu.ec)

**ABSTRACT**

One of the main strategies to control *Bactericera cockerelli* Šulc in potato, involves the use of agrochemicals, generating 40% of the harvest. Therefore, the present research evaluated the effect of entomopathogenic fungi on *B. cockerelli* as a control alternative. The study focused on applications of *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Paecilomyces fumosoroseus*, compared to conventional management with insecticide applications. To evaluate the variables, both nymphs and oviposits were monitored every 15 days on 20 randomly selected plants, and yellow traps were also installed to count adults every 15 days. The results show that the population of *B. cockerelli* increased from pre-flowering, however, the adult population was reduced by 30% with applications of *P. fumosoroseus* compared to conventional management. Furthermore, eggs and nymphs were reduced by 20% with the application of entomopathogenic fungi. *P. fumosoroseus* reached 36% of affectation compared to *M. anisopliae* and *B. bassiana* with more than 70% of symptomatology. Yield increased by 10% with the use of *P. fumosoroseus*. In tuber quality, *P. fumosoroseus*, *M. anisopliae* and conventional management achieved a total of 70, 80 and 100% healthy tubers, respectively. In conclusion, the use of entomopathogenic fungi represents an integrated pest management alternative for the control of *B. cockerelli* population in *S. tuberosum*.

**Keywords:** *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces fumosoroseus*, *Bactericera cockerelli*, biological control.

# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES

La papa (*Solanum tuberosum*) representa el cuarto cultivo alimenticio más relevante a nivel mundial (Berry y D'Arcy, 2018), la mayor parte encontrada a lo largo de la cordillera de los Andes (Centro Internacional de la Papa [CIP], 2020). En Ecuador es el tercer cultivo transitorio y el octavo rubro de mayor producción con 421 000 toneladas anuales, con un consumo per cápita de 24 kg al año (Basantes et al., 2020). Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG] (2021) menciona que el 91% de Unidades Productivas Agropecuarias poseen una superficie menor a cinco hectáreas, concentrándose principalmente en la Región Sierra.

Para el periodo 2021 la producción anual fue de 0.24 millones de toneladas donde las provincias de Carchi, Bolívar y Chimborazo suman el 49.82%, la superficie total cosechada fue de 19 088 hectáreas, donde la provincia de mayor producción es Carchi con 0.10 millones de toneladas representado el 41.27% de participación y un rendimiento de 24.8 toneladas métricas por hectárea (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], 2022).

Sin embargo, en las provincias de mayor producción de papa en el Ecuador según Carrillo et al., (2018) se ha reportado la enfermedad de la punta morada, síntoma característico provocado por un fitoplasma 16SrI-F, que para el año 2015 la enfermedad alcanzo el 80% en la variedad de papa Superchola, con síntomas como amarillamiento, enrollamiento hacia arriba en las hojas, pardeamiento de los tejidos vasculares y estrías en la zona medular de los tubérculos, donde altas poblaciones de *Bactericera cockerelli* (Šulc) se asocia con esta sintomatología (Caicedo et al., 2020), lo cual se estiman pérdidas de hasta 100% causadas por esta enfermedad (Cuesta, 2019).

En los últimos años se ha ido acrecentado un enfoque agroecológico con el mínimo uso de insumos externos, conservación de suelos y la biodiversidad de agroecosistemas, el uso de márgenes multifuncionales, la aplicación de hongos entomopatógenos, la asociación de cultivos, la instalación de cercas vivas, entre otros (Tschumi et al., 2016; Calvo, 2021).

Dentro del manejo, se destaca el control biológico que es una estrategia de manejo integrado con antagonistas, que incluyen depredadores, parasitoides y patógenos (Shelton, 2011). A su vez, cabe señalar que, dentro de este grupo, los hongos entomopatógenos representan un control, que al invadir al huésped endurece su cuerpo, lo recubren con estructuras reproductivas que dan una coloración blanca al insecto muerto, tal es el caso de los hongos *Bauveria* y *Verticillium*, o coloración verde como *Metarrhizium* y *Nomuraea* (García, 2000).

Además, los hongos entomopatógenos podrían proporcionar una alternativa factible para el control de *B. cockerelli* ya que según Mauchline y Stannard (2013) en su experimento con la aplicación de *Beauveria bassiana* provocó una mortalidad promedio de ninfas del 82%, con *Metarrhizium anisopliae* de 91-100% de adultos y de 55-70% de ninfas en cultivos de solanáceas. Con la aplicación *Paecilomyces* sp. en campo se ha obtenido un control superior al 50 % sobre las ninfas de *B. cockerelli* (Briones, 2011).

Por otra parte, la implementación de márgenes funcionales como una estructura en bandas de plantas que rodean los cultivos (Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera [IFAPA], 2019), contribuyen a conservar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, por ejemplo, el número de huevos depositados por crisopas subió en un 48%, y se encontró una reducción de pulgones en un 75% lo cual ayuda a reducir el uso de insecticidas en la producción de papa (Tschumi et al., 2016).

## 1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

*Bactericera cockerelli* Sûlc es un vector que transmite múltiples enfermedades, ya que al ser un insecto chupador, tanto adultos como ninfas inyectan toxinas que afecta a los conductos vasculares de la planta reduciendo el rendimiento y calidad de este tubérculo (Wenninger y Rashed , 2022), este psílido también transmite fitoplasmas como *Candidatus Phytoplasma aurantifolia* causante de la Punta Morada y *Candidatus liberibacter solanaceraum* (CaLso) causante de la papa rayada (Cuesta et al., 2021). Estos agentes causales afectan a todas las variedades de papa y pueden causar pérdidas económicas que va desde el 50 al 100% (Araujo et al., 2021).

A causa de ello, se ha generado un problema fitosanitario de mayor importancia en el cultivo (Castillo y Llumiquinga, 2021) ya que no existe control químico para estos fitoplasmas (Araujo et al., 2021). Por ese motivo el agricultor durante el ciclo del cultivo aplica hasta 43 ingredientes activos y producen alrededor del 40% de la cosecha. (Devaux et al., 2010). Es así que el control se ha generado principalmente a *B. cockerelli* aplicando plaguicidas como: Thiametoxan, Abamectina, Spinosad, Spirotetramat que sin una adecuada rotación el vector adquiere fácilmente resistencia (Toledo, 2016), provocando un impacto ambiental negativo (Racines et al., 2021).

En consecuencia, del uso irracional de pesticidas según Naranjo (2017) menciona que a partir del 2002 la provincia del Carchi se catalogó como una de las provincias de mayor uso desmedido de plaguicidas (Oyarzún et al., 2002) de clasificación toxicológica III (129) altamente peligrosos en el cultivo de papa, propiciando efectos negativos en la productividad, el medio ambiente y salud humana con un índice de mortalidad alto (21 de cada 100 mil habitantes), además, el 70.1% de los agricultores deciden la dosis y productos que aplican en el cultivo.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

Esta investigación ha sido establecida en colaboración con el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y el Centro Internacional de la Papa (CIP), que, en base a investigaciones preliminares, se verificó la presencia de la plaga en diferentes zonas de la provincia del Carchi por medio de monitoreos (Suquillo, 2019). Por esta razón es necesario implementar alternativas agroecológicas como controladores biológicos y márgenes funcionales para mantener el equilibrio de los agroecosistemas, el efecto en la salud y el ambiente (Chirinos, 2019).

La utilización de hongos entomopatógenos constituye una alternativa en el manejo integrado de muchas plagas, es parte de una agricultura sostenible, que efectivamente se convierte en un componente de manejo agroecológico (Celis et al., 2009), presentando como beneficios la seguridad para los humanos, la reducción de residuos de pesticidas en los alimentos, la preservación de otros enemigos naturales y el aumento de la biodiversidad en los ecosistemas (Lacey et al., 2001).

Según Lacey et al., (2009) en sus bioensayos con cinco aislados de hongos entomopatógenos (*Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Isaria fumosorosea*), contra *B. cockerelli* sobre hojas de papa en condiciones ideales para los hongos utilizando  $10^7$  conidios/ml en una suspensión acuosa de dos mililitros indicaron que todos los aislamientos, excepto *B. bassiana*, produjeron una mortalidad del 95-99 %, en adultos de dos y tres días después de la aplicación, el 91-99% en ninfas cuatro días después de la aplicación y en *M. anisopliae* produjo un 96% de mortalidad en ninfas de primer y tercer estadio.

Otra de las alternativas es implementar márgenes funcionales los cuales son beneficiosos ya que promueven a la conservación de la biodiversidad de las tierras agrícolas como también a mantener el control biológico de plagas y al aumento de un 10% al rendimiento de los cultivos (Tschumi et al., 2016).

La finalidad que tiene la investigación es demostrar alternativas que permitan al agricultor mantener una producción sostenible y amigable con el ambiente, mediante mejoras en las prácticas de manejo del cultivo, por ello se evaluó la efectividad de controladores biológicos como son los hongos entomopatógenos (*B. bassiana*, *M. anisopliae* y *P. fumosorosea*) en el cultivo de papa y con la introducción de márgenes funcionales, en el control de insectos-plaga como *B. cockerelli* en la parroquia Cuesaca cantón Bolívar, siendo los productores los más beneficiados al aprovechar estas alternativas de manejo.

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1. *Objetivo General*

Evaluar el efecto de los hongos entomopatógenos en la población de *Bactericera cockerelli* (Šulc) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), cantón Bolívar, Carchi.

### 1.4.2. *Objetivos Específicos*

- Determinar la dinámica poblacional de los estadios de *Bactericera cockerelli* Šulc utilizando hongos entomopatógenos.
- Identificar el efecto de los hongos entomopatógenos (*Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces fumosoroseus*) en la entomofauna del cultivo de papa.
- Analizar los resultados económicos del uso de agentes de control biológico con respecto al manejo convencional para control de *Bactericera cockerelli* Šulc.

## 1.5 HIPÓTESIS

**Ho:** La aplicación de hongos entomopatógenos no influyen en la población de *B. cockerelli* en el cultivo de la papa.

**Ha:** La aplicación de al menos uno de los hongos entomopatógenos reduce la población *B. cockerelli* en el cultivo de la papa.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Importancia del Cultivo de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en el Ecuador

En Ecuador, la papa es uno de los principales cultivos transitorios de mayor producción a nivel nacional, por lo tanto, constituye una de las principales fuentes de trabajo e ingresos del sector rural andino (Devaux et al., 2010). En el año 2019 ocupó una superficie de 20 626 hectáreas, encontrándose a las provincias de mayor producción como: Carchi, Cotopaxi y Chimborazo. Carchi encabeza como la provincia con alta producción nacional con el 43.6% (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], 2019).

#### 2.2 Taxonomía de la Papa (*Solanum tuberosum* L.)

La papa (*Solanum tuberosum*) es una herbácea anual que alcanza una altura de un metro, produce abundante contenido de almidón. La papa pertenece a la familia de floríferas de las solanáceas (CIP y FAO, 2008).

La clasificación taxonómica de la papa según Montaldo (1984) es:

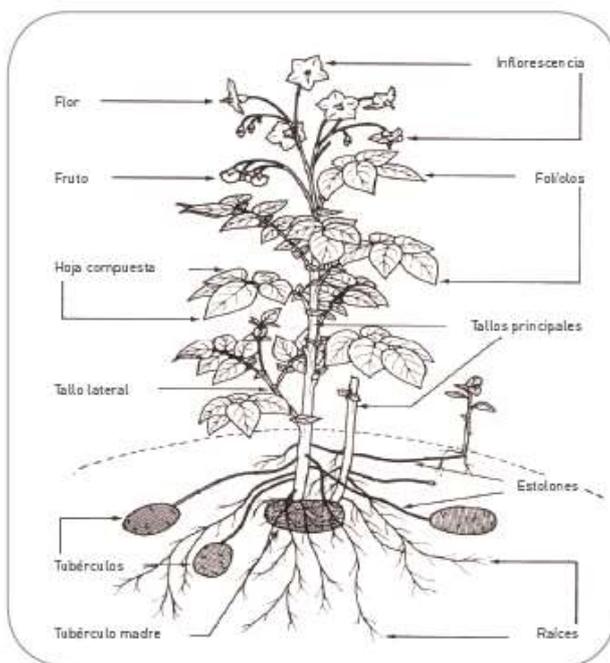
Reino:	Plantae
Clase:	Angiospermae
Subclase:	Dicotiledónea
Orden:	Tubiflorales
Familia:	Solanaceae
Género:	<i>Solanum</i>
Especie:	<i>Solanum tuberosum</i> L.
Subespecies:	subsp. <i>phureja</i> subsp. <i>Andigena</i>

##### 2.2.1 Requerimientos Edafoclimáticos

Según INIAP (2014) el cultivo de papa se desarrolla a una altitud de 2600 a 3600 m.s.n.m.; con una temperatura que comprende: desarrollo 15-20 °C, inicio de tuberización menores a 15 °C y tuberización de 14 -20 °C; requiere de 600 a 1500 mm de agua, se adapta muy bien en suelos francos, bien drenados, profundos (30-35 cm), con buen contenido de materia orgánica, requiere un pH de 5-6. En la figura 1 se observa las partes más importantes de la planta de papa.

**Figura 1**

*Planta de papa y sus partes más importantes*



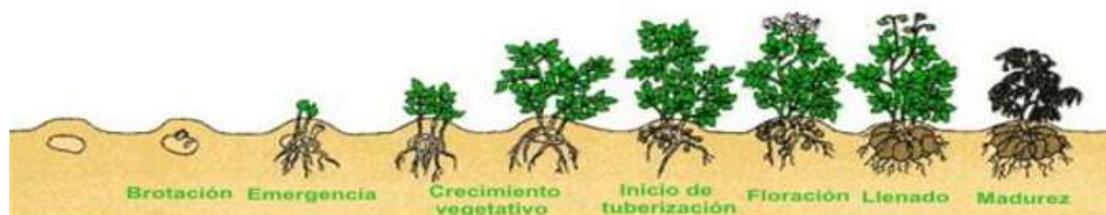
**Fuente:** Avilés y Piedra (2017)

### 2.2.2 Fenología del Cultivo de Papa

Las etapas fisiológicas del tubérculo dependen mucho las condiciones climáticas del lugar, para lo cual, es importante uniformizar los criterios. Según investigaciones de Sifuentes et al.(2008), Román Cortez y Hurtado (2002) de el desarrollo de la papa se divide en las siguientes etapas (Tabla 1 y Figura 2):

**Figura 2**

*Etapas fenológicas del cultivo de papa (Solanum tuberosum)*



**Fuente:** Viani (2018)

- Brotación:** emergen las yemas de los tubérculos, tiene una duración de 2 a 3 meses. La papa es apta para sembrarse; ideal que los tenga tres brotes cortos y fuertes (0.5 a 1 cm).
- Dormancia:** tiene una duración de 2-3 meses y para la semilla sexual, 4 a 6 meses. Puede inducirse, rota o química por herida o alguna enfermedad, ocurriendo en menor tiempo.

**-Etapa de emergencia:** emergencia de brotes a los 10 a 12 días y de 8 a 10 días en semillas sexual, cuando se presentan condiciones adecuadas para su crecimiento.

**-Tuberización:** aparecimiento de los estolones (varía 10-14 días). Desarrollo de tallos: crecimiento simultaneo de follaje y raíces tiene una duración de 20 a 30 días. En variedades precoces ocurre 30 días después de la siembra, variedades intermedias (35-45 días), y tardías (50 a 60 días).

**-Desarrollo de tubérculos:** acumulación de carbohidratos (almidón), incremento de los tubérculos (60-90días) dependiendo del clima y sanidad. Alcance de madurez fisiológica a los 75 día en variedades precoces, 90 días para intermedias y 120 días para tardías.

**-Maduración:** Se observa la caída de follaje, se observa amarillamiento en las hojas más viejas (senescencia), que al madurar se tornan de color café. En esta etapa lo requerimientos hídricos son mínimos. Una señal fisiológica para saber si la planta maduró es un buen indicador si al presionar al tubérculo no pierde su cáscara.

**Tabla 1**

*Etapas fenológicas del cultivo de papa*

Fase Vegetativa			Fase Reproductiva		Maduración	
V0	V1	V2	V3	R4	R5	R6
Brotación	Emergencia	Desarrollo	Inicio floración- tuberización	Fin floración- tuberización	Engrose	Maduración
1-90 días	15-20 días	21-90 días	91 días	120 días	127-151 días	151-200 días

Fuente: Pumisacho y Velásquez (2009)

### 2.2.3 Plagas del cultivo de papa

En el cultivo de papa hay diversos insectos-plaga cuando las condiciones ambientales y estado de desarrollo del cultivo son favorables para ello, que causan daños económicos en el cultivo. Las principales plagas que se encuentran son: gusano alambre (Coleoptera: Elateridae), áfidos como el pulgón verde de la papa (*Macrosiphum euphorbiae*), mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius), polilla (*Phthorimaea operculella*, *Symmetrichema tangolias* y *Tecia solanivora*.) y el psílido de la papa (*Bactericera cockerelli* Šulc). Los cuales atacan tanto a la parte aérea como al tubérculo. Por ejemplo, las larvas atacan a los tubérculos recién sembrados causando serios daños (Molina, Santos y Aguilar, 2004; Sifuentes et al., 2008).

### 2.3 Características de *Bactericera cockerelli* Šulc

Fue descubierta por Karel Šulc en 1909 de individuos recolectados en pimiento (*Capsicum* sp.) en Boulder Estados Unidos. El primer informe de *B. cockerelli* como plaga apareció en 1915, en el Boletín Estatal de Horticultura de California (Estados Unidos) para ese entonces conocido como *Paratrioza cockerelli* Šulc, como una plaga

que daña la cereza falsa de Jerusalén (*Solanum capsicastrum* L.) planta ornamental cultivada en el norte de California. Posteriormente se extendió a Canadá y a varios países de Centroamérica. Para su control se basó exclusivamente por insecticidas (Butler y Trumble, 2012). *B. cockerelli* ha sido reconocido como una plaga que ataca especialmente al cultivo de solanáceas por casi un siglo, se considera una amenaza para el cultivo de papa (Prager y Trumble, 2018).

### 2.3.1. Taxonomía de *Bactericera cockerelli* Šulc

Según Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria [OIRSA] (2015), *B. cockerelli* tuvo su primera descripción proporcionada por el profesor Cockerell de la Universidad de Colorado en Estados Unidos, que a lo largo del tiempo sufrió cambios.

Clasificación taxonómica de *B. cockerelli* según CABI (2019) es:

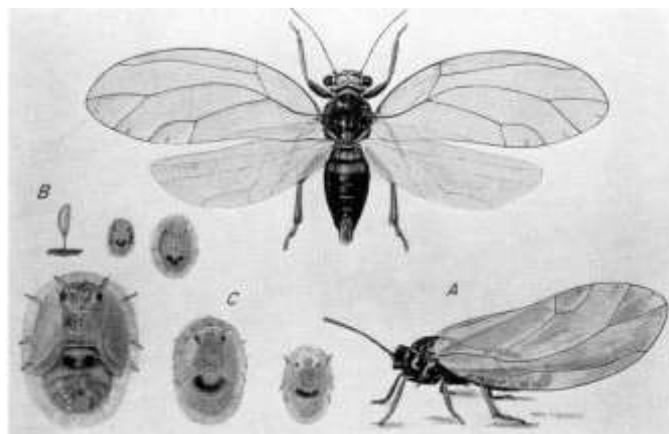
Reino	Metazoa
Filo	Arthropoda
Subfilo	Uniramia
Clase	Insecta
Orden	Hemiptera
Familia	Triozidae
Género	<i>Bactericera</i>
Especie	<i>Bactericera cockerelli</i> (Šulc), 1909

### 2.3.2. Morfología y estadíos de *B. cockerelli* Sulc

Según Marín et al. (1995) en su estudio proporciona la descripción morfológica del *B. cockerelli* (Figura 3 y 4):

#### Figura 3

*Etapas de vida del psílido del tomate y la papa, Bactericera cockerelli (Hemiptera: Triozidae); A: adulto, B: huevo, C: ninfas*



Fuente: Wallis (1995)

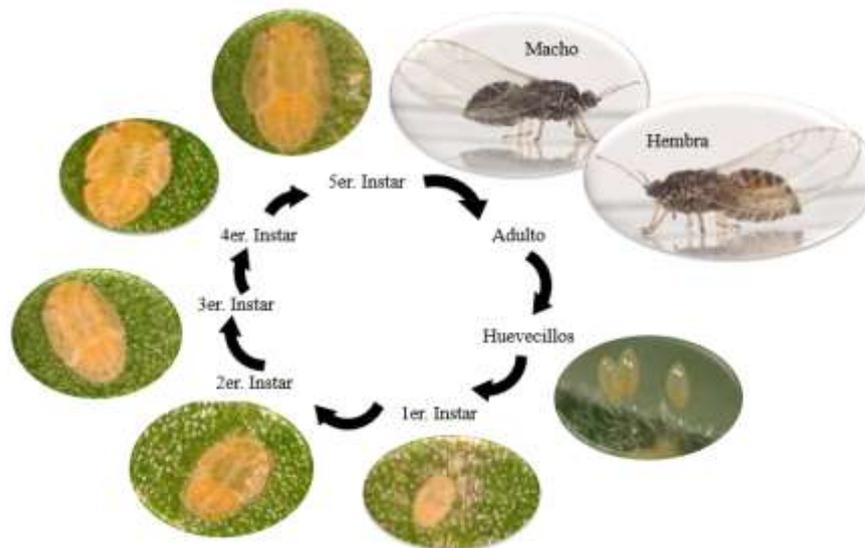
- **Huevecillos:** son elípticos, de tonalidad anaranjado-amarillento brillante, posee un filamento que se fija en las hojas, se encuentra distantes en el envés y cercano al borde de las hojas o sobre un tallo corto (0.2 mm) de largo en el borde y el lado abaxial de la hoja, aunque varía según las plantas hospedantes. Son pequeños con una longitud media de 0.3 mm y un ancho de aproximadamente 0.1 mm (Prager y Trumble, 2018).
- **Primer estadio:** Tiene una tonalidad naranja. Sus antenas son cortas y engrosas, al transcurso de su desarrollo se hacen más finas, hasta finalizar en un pequeño segmento con dos setas censoras, ojos vistosos, tórax con paquetes alares no vistosos, segmentación de las extremidades poco visibles. La división del cuerpo no definida (Cerna et al., 2018).
- **Segundo estadio:** visibilidad diferenciada entre cabeza, tórax y abdomen. Cabeza de tonalidad amarillenta, las antenas son gruesas en la base y finas en la parte apical presenta sus setas sensoras. Sus ojos de naranja oscuro, su tórax de color verde-amarillento, los paquetes alares cada vez más visibles. Segmentación en las patas más visibles. El abdomen de color amarillo se aprecia un par de espiráculos en cada uno de los cuatro segmentos (Villanueva , 2015).
- **Tercer estadio:** mayor visibilidad entre la cabeza, el tórax y abdomen. La cabeza de tonalidad amarilla, antes tienen las mismas características que él según estadio. Ojos de color rojizo. Tonalidad del tórax con las mismas características que el anterior estadio, sin embargo, sus paquetes son más visibles en mesotórax y metatórax. Abdomen de color amarillo (Castillo y Llumiquinga, 2021).
- **Cuarto estadio:** Las antenas tiene las mismas características que el estadio anterior. Torax de color verde-amarillento, segmentación de las patas definidas con la observación de las tibias posteriores en la parte terminal, los segmentos tarsales y un par de uñas; su observación es fácil en ninfas aclaradas y montadas. Los paquetes alares bien definidos. El abdomen de color amarillento y cada uno de los primeros cuatro segmentos abdominales presenta un par de espiráculos. Separación notoria entre el abdomen y el tórax (Raura, 2021).
- **Quinto estadio:** cabeza, tórax y abdomen totalmente definidos. El color de la cabeza y el abdomen de color verde claro, siendo el tórax un poco más oscuro. Las antenas están seccionadas en dos partes por una hendidura marca cerca de la parte media, la parte basal es gruesa y la apical filiforme presentado seis sencillas placoides notorias en ninfas aclaradas y montadas. Ojos de color guinda. Tres pares de patas con segmentación bien definida en el tórax al igual que la parte terminal de las tibias posteriores descritas en el anterior estadio. Paquetes alares completamente diferenciados. Finalmente, el abdomen en semielíptico y presenta

un par de espiráculos en cada uno de los cuatro primeros segmentos (Ramírez et al., 2008).

**Adulto:** su apariencia es semejante a la de un pulgón, presenta un color verde amarillento cuando emerge, se describe a menudo como una cigarra. Es inactivo el color de sus alas es blanco, sin embargo, al paso de cuatro horas se tornan transparentes (adulto teneral). Sus alas que miden 1.5 veces el largo del cuerpo. El color del cuerpo es color ámbar y posteriormente se torna café oscuro o negro, se observa transcurrido los primeros siete a diez días. Como todos los psílidos, *B. cockerelli* es un insecto chupador-perforados con piezas bucales especializadas para alimentarse del floema. Su tamaño varía de 2.5 a 3 mm (Cuesta et al. 2018; Prager y Trumble, 2018).

**Figura 4**

*Ciclo Biológico de Bactericera cockerelli*



**Fuente:** Martín (2018); OIRSA (2015); Wallis (1995)

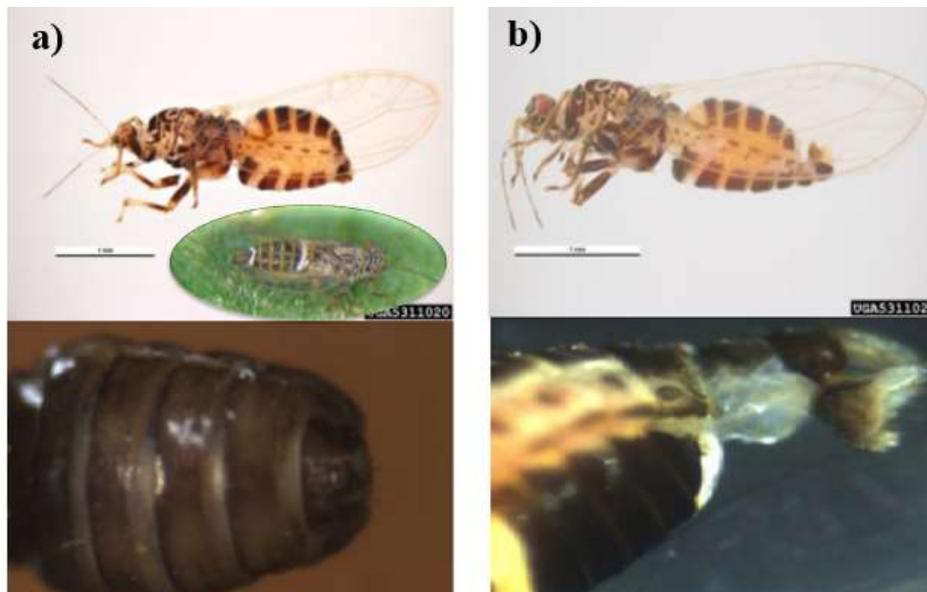
Para la diferenciación de hembra y macho según Gutiérrez (2017) nombra las siguientes características (Figura 5):

- **Hembra:** tienen una vida promedio de 60 días, llegan ovopositar aproximadamente 500 huevos durante su ciclo de vida. En el abdomen con cinco segmentos visibles y más el segmento genital, es de forma cónica en vista lateral y en la parte media dorsal se observa una mancha de color blanco en forma de “Y”.
- **Macho:** tiene una vida promedio de 20 días y presenta seis segmentos visibles más el genital, este último segmento se encuentra plegado sobre la parte media

dorsal del abdomen. Al observarlo dorsalmente se distinguen las valvas genitales, su forma es de pinza.

### Figura 5

La hembra (a) y macho de *B. cockerelli*



Fuente: Villanueva (2015)

Nota: (a) La hembra presenta 5 segmentos abdominales, además del genital y mancha en forma de “Y” en la parte media dorsal. (b) El macho tiene seis segmentos abdominales y el genital externo.

#### 2.3.4. Hospederos de *Bactericera cockerelli*

Muchos investigadores firman que el psílido tiene plantas hospedadoras en 20 familias, sin embargo, su reproducción se da en plantas de tres familias: Solanaceae (37 especies), Convolvulaceae (tres especies) y Mentahaceae (una especie). La preferencia general es de la familia de las solanáceas (Prager y Trumble, 2018), como: papa (*Solanum tuberosum* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.), chile (*Capsicum annum* L.), tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*), tabaco (*Nicotiana tabacum*), berenjena (*Solanum melongena* L.), entre las silvestres se encuentran el toloache común (*Datura stramonium* L.), hierba mora (*Solanum nigrum* L.) (Martin, 2008).

#### 2.3.5. Daños y síntomas en plantas de Solanáceas

Se considera como amenaza económica principalmente porque los psílidos se alimentan del floema de las plantas, lo que produce tallos débiles, acumulación de melaza que da peso a las plantas, que en definitiva estresa a los tallos y provoca infecciones por hongos (Prager y Trumble, 2018). Existe gran diversidad de daños ocasionados por *B. cockerelli* y su posible transmisión de enfermedades, se menciona que se asocia a la Punta Morada en Papa, amarillamiento por psílidos, como también fitoplasmas, por lo cual muchos

investigadores mencionan que causa dos tipos de daños (Cordova Villacreces, 2019; Organización para los Pueblos Indígenas y Campesinos [OPIC], 2013):

- **Daño directo**

La extracción de savia, la inyección de toxinas que causan clorosis provocada por las ninfas ya que introducen su estilete hasta el floema y la secreción de mielecilla, con aparición de fumagina, impidiendo el proceso de fotosíntesis, afectando el rendimiento y calidad de la papa.

- **Daños indirectos**

Por la transmisión de procariotes y fitoplasmas que aparecen a las cuatro semanas después de que ocurrió la infección. El psílido lo lleva en su cuerpo provocando enfermedades como: “permanente del tomate”, “zebra chip”, de la papa causada por la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum* y punta morada.

Entre las enfermedades provocadas por el psílido se encuentra "zebra chip" una enfermedad altamente destructiva en cultivo de papa, que se presenta en el suroeste de los Estados Unidos, México, América Central y Nueva Zelanda, se lo relaciona con la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum* y *B. cockerelli* como su principal insecto vector. Los síntomas en tubérculos es el oscurecimiento severo del tejido vascular con “pecas necróticas”, que pueden llegar afectar totalmente al tubérculo. Al fritarse, en los tubérculos se observa un patrón característico de rayado disminuyendo su comercialización. Se lo asocia con la defunción de las células (Miles et al., 2010).

### **2.3.6. Punta Morada en Papa (PMP)**

Los síntomas característicos se observan en los brotes terminales, donde las hojas se enrollan y se torna de coloración purpura, aunque primeramente se observa un color amarillo en la parte apical. Al progresivo desarrollo de la enfermedad se produce una brotación anormal de las yemas axilares, engrosamiento de nudos y formación de tubérculos aéreos. Finalmente, una planta totalmente enferma se marchita y adquiere una tonalidad amarilla o purpura apagada y muere (Cruz, 2005).

En los tubérculos se observa un pardeamiento interno y por lo general no brotan, en caso de que lo hagan estos son delgados o ahilados. Al freírlos se observan estrías que se asocian a la enfermedad conocida como "Zebra Chip" en Estados Unidos. En tubérculos infectados se asocia con alto contenido de azúcares reductores y aminoácidos que al someterlos a altas temperaturas generan la apariencia de zonas quemadas semejantes a estrías, la coloración en tubérculos frescos se la asocia con elevado contenido de compuestos fenólicos y polifenol oxidasa que ocurre como defensa contra la enfermedad (Rubio et al., 2013).

## 2.4. Manejo convencional de *B. cockerelli* en papa

Es una plaga que ha significado grandes pérdidas económicas, que el control químico es aplicado en su totalidad, sin embargo, existen medidas complementarias como control biológico que ha demostrado ser un apoyo para controlar esta plaga (OIRSA, 2015).

- **Monitoreo:** directo e indirecto

*B. cockerelli* en el cultivo de papa comienza su colonización en los bordes del terreno para lo cual se debe aplicar los siguientes tipos de monitoreo según Cuesta et al. (2018):

- **Trampas amarillas**

Se recomienda un mínimo de ocho trampas por lote de una hectárea a la siembra, colocándolas cuatro en los extremos y cuatro en el centro de la parcela. Con ello se puede monitorear la presencia de la plaga con la revisión de dos a tres veces por semana y al detectar se procede a su respectivo control.

- **Monitoreo de oviposturas y ninfas en el follaje**

Contribuye a estimar la presencia de huevos y ninfas en el cultivo, realizándolo una vez por semana, desde la emergencia hasta el aporque. Luego del aporque realizarlo dos veces por semana, en el borde y centro del terreno. Se lo realiza cada 10 pasos, con la búsqueda de oviposturas en los bordes terminales de las hojas apicales. Para las ninfas se debe observar las hojas bajas, del tercio inferior de la planta. Con la presencia se debe ejecutar el respectivo control.

### 2.4.1. Control químico de *B. cockerelli* en cultivo de papa

Una alternativa rápida para el control de *B. cockerelli* es mediante el método químico, sin embargo, su uso se limita por un ineficiente manejo de la aplicación de los insecticidas (Paspuezán, 2019).

Según Toledo (2016) para el control de *B. cockerelli* se aplican rotación de insecticidas con diferente ingrediente activo (tabla 2), ya que adquiere fácilmente resistencia a la aplicación de un mismo insecticida, también hay que considerar que, para obtener una mayor efectividad, el pesticida debe cubrir la parte por debajo de las hojas, para ello se aplica con bombas de motor, alcanzando el lugar donde se aloja el insecto.

**Tabla 2***Aplicación de insecticidas químicos para el control de B. cockerelli*

<b>Ingrediente activo-nombre comercial</b>	<b>Dosis</b>
Thiametoxan (Actara, Engeo)	1 copa*
Abamectina (Vertimec, Nex Mectin, Verlaq)	½ copa
Bifentrina (Talstar)	1 copa
Spinosad (Spintor)	½ copa
Spirotetramat (Movento)	¾ copa

*Nota: \*Copa 25ml/bomba de 18 litros***Fuente:** Toledo (2016)

### **2.4.2. Control cultural**

En el control cultural se enfocan una serie de medidas para evitar el desarrollo de la enfermedad como: uso de semilla sana, fecha de siembra, selección del sitio de siembra, destrucción de plantas hospederas (Rubio et al., 2013), trasplante acorde al diseño de un patrón de cultivos que reduzca el problema y destrucción de rastrojos (OIRSA, 2015).

## **2.5. Manejo Integrado de Plagas en el cultivo de papa**

El Manejo Agroecológico de Plagas (MAP) es una estrategia que se sostiene en principios agroecológicos aplicando alternativas de manejo que no generan impactos indeseables para los productores, los consumidores y el ambiente, buscando restablecer el equilibrio entre las poblaciones de insectos plaga y benéficos, promoviendo el restablecimiento de la biodiversidad funcional (Bahena, 2018).

### **2.5.1. Control biológico**

Es un manejo basado en el uso de organismos benéficos (enemigos naturales), que su función es de reducir la densidad de daño provocada por los insectos plaga, para que no cause daños económicos, sin embargo, se debe considerar en no erradicarlos en su totalidad ya que traería problemas ecológicos, y escases de alimento para el agente controlador (Nicholls, 2008).

Con la utilización de insectos depredadores representan un control sobre el *B. cockerelli*, sin embargo, por el uso indiscriminado de insecticidas como carbamatos que afectaban a insectos benéficos provocó el aumento de la población de plaga.

Para ello se controla con insectos entomófagos: *Tamarixia triozae* (Hymenoptera: Eulophidae), que deposita sus huevos en las ninfas de *B. cockerelli*. *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae), *Chrysoperla spp.* (Neuroptera: Chrysopidae),

*Nabis spp.* (Hemiptera: Nabidae) que depredan a los huevecillos y ninfas de *B. cockerelli*. Por lo cual es conveniente el incrementó de estos insectos benéficos (Rubio et al, 2013).

### **2.5.2. Hongos entomopatógenos**

Los hongos entomopatógenos ofrecen una mejor opción para controlar insectos, debido a que infectan al insecto por medio de su cutícula por contacto e incorporación de los conidios a su cuerpo (Bustamante, 2019) provocando disturbios a nivel nervioso, respiratorio, digestivo, muscular; dependiendo de la dosis, la capacidad de dispersión del hongo y el estadio en el cual se encuentre la plaga (Bermúdez, 2006). Este mecanismo de infección se da de forma directa sobre el hospedero y, en grupo con la utilización de diversos mecanismos de acción, confiere una alta capacidad para impedir que el insecto desarrolle resistencia (Bustamante, 2019; Carrillo y Blanco, 2009).

El uso de los hongos entomopatógenos contra insectos plaga surgió en 1879 considerando a *Metarhizium anisopliae* y en 1888 a *Isaria destructor* para controlar el picudo de la remolacha (*Cleonis punctiventris*), desde entonces alrededor del mundo existen más de 700 especies de hongos entomopatógenos reunidos en 100 géneros con efectos insecticidas, sin embargo, solamente se han estudiado alrededor de 20 especies como agentes de control (Carballo et al., 2004), de los cuales los géneros más conocidos se encuentran: *Metarhizium*, *Beauveria*, *Aschersonia*, *Entomophthora*, *Zoophthora*, *Erynia*, *Eryniopsis*, *Akanthomyces*, *Fusarium*, *Hirsutella*, *Hymenostilbe*, *Paecilomyces* y *Verticillium* (López Llorca y Hans-Börje, 2001), mientras que para la FAO (2003), los géneros de importancia son *Metarhizium*, *Beauveria*, *Paecilomyces*, *Verticillium*, *Rhizopus* y *Fusarium*.

#### **2.5.2.1. Proceso de infección**

El proceso de infección de los hongos entomopatógenos consiste en tres fases que según Téllez et al. (2009) y Góngora et al. (2009) son: (1) adhesión y germinación de la espora en la cutícula del insecto, (2) penetración en el hemocele y (3) desarrollo del hongo, que generalmente resulta en la muerte del insecto. Según y Nájera (2018) describe el siguiente proceso observar figura 6 y 7:

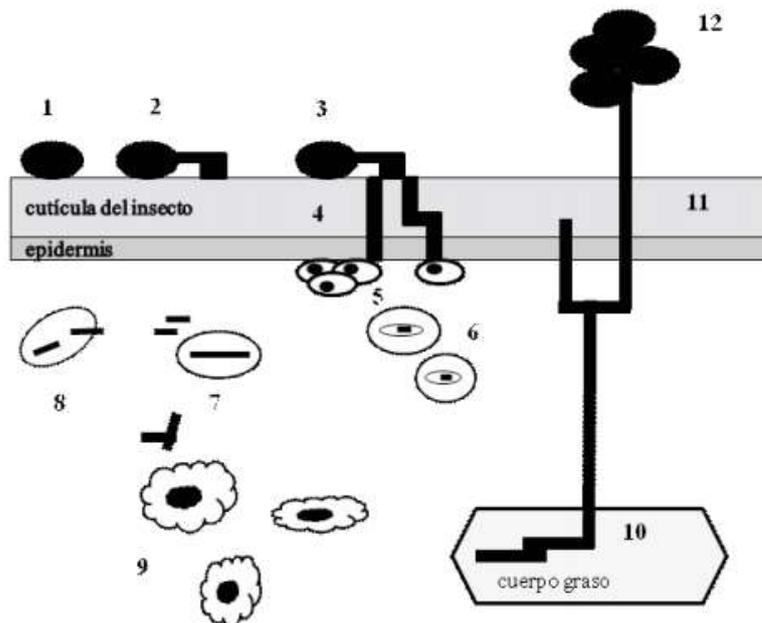
1. *Adhesión al tegumento*: los conidios del hongo se unen a la cutícula del insecto, en las regiones ubicadas entre los segmentos del cuerpo, las cuales presentan una composición y estructura más susceptibles.
2. *Germinación del conidio*: germina originando uno o varios tubos germinativos, en cuyo extremo se observa un apresorio, el cual podría tener la función de debilitar la cutícula en los puntos de contacto.
3. *Penetración al hemocele (cavidad general del cuerpo)*: este proceso se da como resultado de la degradación de la cutícula por la acción de enzimas y la presión mecánica ejercida por el tubo germinativo, depende de la etapa de desarrollo del

insecto, la presencia de sustancias antifúngicas, las reacciones de defensa y el sistema inmunológico del insecto.

4. *Multiplicación en el interior del insecto*: se efectúa mediante el desarrollo de blastosporas (células parecidas a las levaduras) y protoplastos (elementos sin pared celular y de forma irregular) que no son reconocidos por el sistema inmune del insecto, la producción de toxinas, la destrucción de los tejidos internos y la presencia de deficiencias nutricionales en el hospedero.
5. *Muerte del insecto*: después del crecimiento del hongo en el hemocele del insecto, se producen convulsiones, carencia de coordinación, supresión de la alimentación, reducción del movimiento, estado letárgico y, finalmente, la muerte. Durante esta fase, el hongo produce sustancias antibacterianas que pueden alterar la coloración del cadáver y evitan su descomposición y mal olor.
6. *Colonización*: con la muerte del insecto termina el desarrollo patogénico del hongo y empieza la fase saprofítica, es decir, el hongo crece en el interior del cuerpo del hospedero formando masas de micelio (filamentos) que salen del cuerpo, esporulan (forman esporas) sobre el cadáver y producen inóculo para infectar a otros insectos, diseminando la enfermedad.

### Figura 6

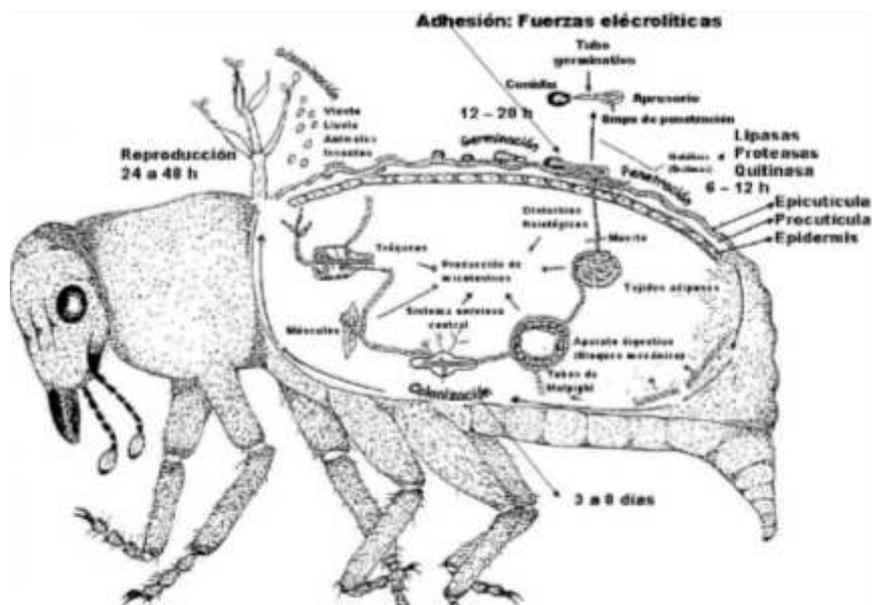
Esquema del desarrollo de un hongo entomopatógeno



Nota: 1) Adhesión de la espora a la cutícula del insecto. 2) Germinación y formación del apresorio. 3) Penetración de la cutícula. 4) Crecimiento lateral y penetración en la epidermis. 5) Agregación de los hemocitos en el lugar de penetración fúngica. 6) Fagocitosis de cuerpo hifales por células fagocitas del insecto. 7) Transformación a cuerpo levaduriformes. 8) Evasión del sistema inmune. 9) Propagación en el hemocele. 10) Transformación a cuerpo hifal. 11) Esporulación y germinación atravesando la cutícula del insecto. 12) Diseminación de las esporas.

**Figura 7**

*Proceso de infección de hongos entomopatógenos*



Fuente: Nereida (2016) ; Morocco (2017)

El estudio de los hongos entomopatógenos y de las toxinas que producen como: dextruxinas, demetildestruixina y protodextruxina es de gran importancia, porque se podrá sintetizar productos químicos de menor toxicidad y de alta acción insecticida, acaricida y nematocida (Carrillo y Blanco, 2009; Morocco, 2017). Existe un considerable número de metabolitos secundarios de bajo peso molecular que han sido aislados de patógenos de insectos (Tabla 3), muchos de los cuales han demostrado poseer actividad insecticida marginal (Téllez et al., 2009).

**Tabla 3**

*Principales metabolitos secundarios de bajo peso molecular producidos por hongos entomopatógenos*

Clasificación	Hongos que las producen
<b>No peptídicas</b>	
Oospereína	<i>Beauveria tenella</i> , <i>B. bassiana</i>
Bassianina	<i>B. bassiana</i>
Ácido oxálico	<i>Beauveria</i> , <i>Verticillium</i> , <i>Metarhizium</i>
Ácido dipicolínico	<i>Beauveria</i> , <i>Paecilomyces</i> , <i>Verticillium</i>
<b>Peptídicas lineales</b>	
Leucinostinas	<i>Paecilomyces</i>
<b>Pépticas cíclicas</b>	
Beauvericina	<i>B. bassiana</i> , <i>Paecilomyces</i>
Beauverólidos	<i>B. bassiana</i> , <i>Paecilomyces</i>
Destruixinas	<i>Metarhizium</i>
Ciclosporinas	<i>Metarhizium</i>

Fuente: Téllez et al. (2009)

- *Beauveria bassiana*

Es el hongo entomopatógeno con amplio estudio, posee gran variedad de hospederos de más de 700 especies (Zarate, 1997), encontrados en muchos cuerpos de insectos del orden Coleóptera (escarabajos), Homóptera (moscas blancas y áfidos), Hymenóptera (hormigas) y Lepidóptera (mariposas) (Bermúdez, 2006), controla plagas como la bronca del café (*Hypothenemus hampei*) (Góngora et al., 2009).

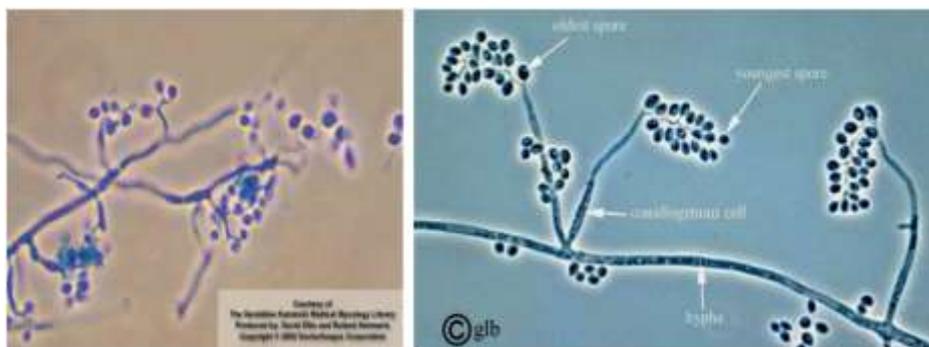
Clasificación taxonómica de *B. bassiana* según Alexopoulos y Mims (1985) es:

Reino:	Fungi
División:	Ascomycota
Subdivisión:	Deuteromycotina
Clase:	Hyphomycetidae
Orden:	Moniliales
Familia:	Moniliaceae
Género:	<i>Beauveria</i> . Vuillemin
Especie:	<i>Beauveria bassiana</i> . (Bals) Vuillemin

Es un hongo deuteromicete se desarrolla formando una estructura algodonosa y polvosa de color blanco conocida como muscardina blanca, cuando envejece se vuelve crema amarillenta; su estructura es de micelio septado, conidióforos de uno a dos micras de diámetro (figura 8), de donde nacen conidios o esporas hialinas redondas y ovaladas de dos a tres micras de diámetro, que se insertan en el raquis (Chiriboga et al., 2015).

### Figura 8

Observación micelio septado, conidióforos, esporas



Fuente: Chiriboga et al. (2015)

También se destaca porque produce toxinas como los ciclodepsipeptido donde se encuentra la beauvericine, beauveroline H e I, el isaroline A, B y C, donde Beauvericina es el más destacado ya que ha reportado ser el más tóxico a moscas y mosquitos en

condiciones de laboratorio, donde rompe el sistema inmunológico del hospedante (Carballo et al., 2004).

- **Modo de acción**

La propagación del hongo en el interior del hospedero conduce a la producción de hifas, blastosporas y toxinas que provocaran daño al insecto; donde el micelio invade los órganos y tejidos, empezando con el tejido adiposo, el desbalance de nutrientes y la acción insecticida de los metabolitos tóxicos como Beauvericina (Carballo et al., 2004).

- *Metarhizium anisopliae*

Ocupa el segundo lugar después de *B. bassiana* para control biológico, es agente causal de la muscardina verde, afecta a más de 300 especies de insectos (Carballo et al., 2004), caracterizándose por formar conidios encima del esterigma, el hongo produce enzimas como: quitinasa, proteasa y lipasa para posteriormente penetrarse en la cutícula de los insectos, estos mueren por acción de las toxinas Destruxinas y Citicalasinas (Bermúdez, 2006; Kuno et al., 1982). Este hongo parásito a 204 especies de insectos, dentro de los órdenes Orthópera, Dermáptera, Hemíptera, Lepidóptera, Díptera, Himenóptera y Coleóptera (Zarate, 1997).

Clasificación taxonómica de *M. anisopliae* según Morocco (2017) es:

Reino:	Fungi
División:	Ascomycota
Sub-Clase:	Sordariomycetes
Orden:	Hypocreales
Familia:	Cordycipitaceae
Género:	<i>Metarhizium</i>
Especie:	<i>Metarhizium anisopliae</i> (Metschnikoff) Sorokin

El hongo entomopatógeno *M. anisopliae* es un Deuteromycete, que produce conidios en masa, en conidióforos independientes. Los conidios son cilíndricos y miden de cinco a ocho micras de ancho y 10-14 de longitud (Zarate, 1997). Posee células conidiógenas de forma cilíndrica, con ápices cónicos, ordenando en densos himenios, los conidióforos se asemejan a un candelabro; conidios cilíndricos, ovoides, aseptados. Cuando el hongo esporula en un cadáver adquiere color verde (Carballo et al., 2004).

- **Modo de acción**

La infección del hongo comienza al adherirse el conidio, germinar y penetrar el tubo germinativo en la cutícula, el ingreso de la hifa, a través de la epicutícula, se realiza de forma simultánea (enzimático-mecánico), luego de que germina el hongo, este ingresa al

insecto por la zonas más frágiles de la cutícula, por medio de sus apresorios y la estaquilla de penetración, mediante la acción de las enzimas lipasas, proteasas y quitinasas degradadoras de la cutícula; la función del micelio producido por el hongo en el interior del insecto invade órgano y tejidos, para lo cual es primordial la acción de las destruxinas por su acción insecticida, que interrumpen las defensas del insecto permitiendo el paso de las blastosporas para invadir el hemocele, por otro lado, provocan la degradación progresiva de tejidos generando deshidratación de las células (Carballo et al., 2004).

- *Paecilomyces fumosoroseus*

Durante los últimos años se ha incrementado el interés en el hongo *Isaria fumosorosea* antes conocido como *Paecilomyces fumosoroseus* (Macías et al., 2013). El hongo *P. fumosoroseus* (Wize) Brown y Smith (Deuteromycotina: Hyphomycetes) es un patógeno con una amplia gama de hospedadores y una amplia distribución geográfica, que ha sido aislado del suelo y de diversos insectos como Homoptera, Coleoptera y Collembola (Chan et al., 2010). Al menos controla 41 especies de plagas pertenecientes a 25 familias de insectos, por ejemplo, se ha controlado a mariposa del fruto del durazno (*Carposina sasakii* Matsumura), termitas, escarabajo colorado de la papa (*Leptinotarsa decemlineata* Say), mariposa gypsy (*Lymantria dispar* y *Galleria mellonella*) (Castillo, 2002).

Clasificación taxonómica de *I. fumosorosea* según Morocco (2017) es:

Reino:	Fungi
División:	Ascomycota
Clase:	Eurotiomycetes
Orden:	Eurotiales
Género:	<i>Paecilomyces</i>
Especie:	<i>Paecilomyces fumosorosea</i> (Wize) Brown y Smith

Posee hifas hialinas o amarillentas, septada; Las estructuras conidiógenas son sinematosas o mononematosas, que tiene conidióforos verticiliados o irregulares, las conidias se encuentran en cadenas basopetales divergentes o enredadas, son hialinas o ligeramente pigmentadas con paredes suaves o equinuladas de varias formas (Castillo, 2002).

- **Modo de acción**

Causa la mortalidad a todos los estadios de mosca blanca entre 24 y 48 horas posteriores al contacto, transmisión y de barrido, que una espora es depositada sobre la cutícula del insecto seguido por el desarrollo de un tubo germinal (apresorio), que penetra el insecto y en 24 horas las hifas se forman en el hemocele del insecto, por último el micelio emerge del cuerpo en 48 horas y esporula a las 72 horas, el insecto muere ya que se genera la destrucción de tejidos, por la liberación de toxinas y deficiencias nutricionales (Castillo, 2002).

### 2.5.3. Márgenes funcionales

Conocer la biología de las plantas permite decidir manejos, sin perturbar la biodiversidad, preservando las especies en caminos, perímetros de las unidades de producción e, incluso, intercalándolas dentro del cultivo en la siembra, de acuerdo con la región y las costumbres, dando alojamiento y alimento a los enemigos naturales, bajo un manejo planeado y sin interferir en el desarrollo del cultivo; para ello se deben identificar las especies adecuadas al ciclo del cultivo establecido, que no interfieran o compitan dentro de las etapas críticas o de diferenciación de la producción, sin erradicar especies vegetales (Escobedo et al., 2018).

#### -Plantas arvenses atrayentes de enemigos naturales

Los arvenses son una forma especial de vegetación que ha tenido mucho éxito en ambientes agrícolas porque son poblaciones de plantas que crecen en ambientes perturbados por humanos ya no requieren que los agricultores los cultiven (Blanco, 2016), están contruidos para proteger el suelo de la erosión y proteger los recursos hídricos, también pueden actuar como polinizadores atractivos para el control biológico de varios organismos nocivos presentes en los principales cultivos (Aupas, 2020). A continuación, se enlista las siguientes plantas arvenses con alto grado de biodiversidad:

**Tabla 4**

*Plantas arvenses con alto grado de biodiversidad*

Nombre Científico	Nombre Común	Ordenes de insectos	Fotografía
<i>Dalea coruella</i> (L.f.)	Iso	Coleóptera, Díptera, Hemíptera, Himenóptera Lepidóptera	
<i>Lupinus pubescens</i> L.	Chocho	Coleóptera, Díptera, Hemíptera, Himenóptera Neuróptera	

<i>Bacharis latifolia</i> (RyP) Pers	Chilca	Coleóptera, Díptera, Hemíptera, Himenóptera, Lepidóptera y Neuróptera	
<i>Parthenium</i> <i>hysterophorus</i> L.	Granillo	Coleóptera, Díptera, Hemíptera, Himenóptera, Lepidóptera y Neuróptera	
<i>Fuertesimalva limensis</i> (L.) Fryxell	Malva	Coleóptera, Díptera, Hemíptera, Himenóptera, Lepidóptera y Neuróptera	
<i>Dysphania</i> <i>ambrosioides</i> L	Paico	Coleóptera, Díptera, Hemíptera, Himenóptera y Lepidóptera	
<i>Amaranthus quitensis</i> Kunth	Yuyo colorado	Coleóptera, Díptera, Hemíptera, Himenóptera y Neuróptera	

<i>Alternanthera porrigens</i> (Jacq.) Kunth	Moradilla	Coleópteros Dípteros Hemípteros Himenópteros Lepidópteros Neurópteros Ortópteros	
<i>Solanum nigrescens</i> M.Martens y Galeotti	Hierba mora	Coleóptera Díptera Hemíptera Himenóptera Lepidóptera Neuróptera	
<i>Salvia sagittata</i> Ruiz y Pav.	Matico	Coleópteros, Dípteros, Hemípteros, Himenópteros y Lepidópteros	

## 2.6. Análisis económico del cultivo de papa en Ecuador

A nivel nacional la producción de papa según MAG en el periodo 2021 fue de 316 501 toneladas donde las provincias de mayor producción se encuentra Carchi con 122 415 toneladas, el rendimiento promedio obtenido fue de 23.99 t/ha siendo el Carchi la de mayor valor (30.45 t/ha). Sin embargo, al existir un excedente de producción las retribuciones económicas del agricultor se ven afectadas por los bajos precios, por ello el considerar los costos de producción del cultivo de papa es de importancia (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), 2016).

### 2.6.1. Costos de producción del cultivo de papa

Los costos de producción de Carchi en promedio fueron de 5 062.21 USD/ha, coincidiendo con el MAG, en el 2018 que menciona que el cálculo fue de 5 000 USD/ha siendo las actividades de cosecha, fertilización, controles fitosanitarios y siembra las de mayor inversión debido a la necesidad de contratar varios jornales como mano de obra (Basantes et al., 2020). Por otro lado, los costos elevados de fertilización y control

fitosanitario, cubre un 23% de pérdidas ocasionadas por plagas y enfermedades (INEC, 2018).

**Tabla 5**

*Costos de producción por hectárea de papa (súper chola) y tipo de productor en la provincia del Carchi*

		<b>Carchi</b>		
<b>Tipo Costo</b>	<b>Actividades Culturales</b>	<b>Tipo de productor</b>		
		<b>Pequeños</b>	<b>Medianos</b>	<b>Grandes</b>
Costos Directos	Preparación del terreno	110.00	150.00	150.00
	Siembra	760.00	810.00	920.00
	Mantenimiento	1 488.60	1 547.10	2 966.15
	Cosecha	735.00	765.00	825.00
	Transporte	565.00	665.00	70.00
Costos indirectos		984.75	1 021.67	653.38
<b>TOTAL (USD/ha)</b>		<b>4 643.35</b>	<b>4 958.77</b>	<b>5 584.53</b>

Fuente: Basantes et al, (2020)

Para obtener los costos de producción se realiza la sumatoria entre los costos directos y costos indirectos así se obtiene el costo total, además para conocer el beneficio/costo se aplica la división del total de costos y el total de ingresos (Zúniga, 2011). Para conocer la utilidad neta se aplica la diferencia del valor de los ingresos menos los egresos (Horngren, 2000).

### **2.6.2. Productividad del cultivo de papa**

A nivel nacional, el rendimiento de papa para el año 2019 según Ministerio de Agricultura y Ganadería se ubicó en 23.41 t/ha de papa. La variedad mejorada “Superchola” fue la más utilizada por los agricultores y un rendimiento de 25.09 t/ha. El mayor rendimiento presentó las provincias del Carchi (32.01 t/ha), Cañar (27.10 t/ha), Pichincha (25.37 t/ha) y Chimborazo (24.50 t/ha).

### **2.7. Marco legal**

Esta investigación se alinea al Art. 13 y 14 de la Constitución del Ecuador donde se promueve el derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, donde se enfocara en la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad tomando en cuenta que la naturaleza tiene el derecho a que se respete íntegramente su existencia y mantenimiento, así se incentivará la protección y respeto a los elementos que forman un ecosistema como lo establece el Capítulo VII de los Derechos de la naturaleza para utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

En base al Capítulo II de la Ley Orgánica Sanitaria en el Art. 28 menciona que, para declarar un área libre y de baja prevalencia de plagas, la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario debe verificar de manera técnica, que una plaga no esté presente o se encuentra en niveles bajos, por ello esta investigación pretende conseguir zonas con baja incidencia de *B. cockerelli* como apoyo para acatar la presente normativa (Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria [LORSA], 2017).

# CAPITULO III

## MARCO METODOLÓGICO

### 3.1. Caracterización del área de estudio

La presente investigación se realizó en la provincia del Carchi, en el cantón Bolívar, parroquia Bolívar, en el sector Cuesaca (Figura 9).

**Figura 9**

*Ubicación geográfica del área de estudio*



Las características climáticas del área de estudio se desglosan en la tabla 6, como la altitud, temperatura, precipitación y humedad relativa.

**Tabla 6**

*Caracterización del área de estudio*

Área de estudio	Descripción
Provincia	Carchi
Cantón	Bolívar
Parroquia	Bolívar
Sector	Cuesaca
Altitud	2 668 m.s.n.m.
Temperatura	6 - 20 °C
Precipitación	700 -1 000 mm
Humedad relativa	85.31%

**Fuente:** Vega y Chamorro, (2018); Nasa power, (2021)

### 3.2. Materiales, equipos, insumos y herramientas

En la tabla 7 se indican los materiales que se utilizaron para el desarrollo de la investigación.

**Tabla 7**

*Materiales, insumos y equipos utilizados en el desarrollo de la investigación*

<b>Materiales de campo</b>	<b>Insumos</b>	<b>Equipos</b>	<b>Software</b>
Libreta de campo	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Estereoscopio	Excel
Trampas amarillas	<i>Beauveria bassiana</i>	Computadora	Word
Lupa	<i>Paecilomyces</i>	Lupa	InfoStat
Rolopac	<i>fumosoroseus.</i>	Celular	ArcMap
Red entomológica	Biol		10.8
Frascos	Semilla certificada		

### 3.3 Métodos

En la presente investigación de tipo experimental, para el manejo agroecológico de la dinámica poblacional de *B. cockerelli* Šulc en el cultivo de papa, se estableció un Diseño en Bloques Completos al Azar en Franjas y se evaluó por medio de monitoreos directos e indirectos semanales, el efecto que tiene la aplicación de los tres hongos entomopatógenos que se describen más adelante, para determinar algún efecto sobre los estadios de *B. cockerelli*, en el cantón Bolívar, Carchi.

#### 3.3.1. Factor en estudio

El factor en esta investigación fue el tipo de control de *B. cockerelli* en el cultivo de papa, presentándose cuatro niveles descritos en la tabla 8.

**Tabla 8**

*Descripción de los niveles en estudio*

<b>Nivel</b>	<b>Descripción</b>
N1	<i>Beauveria bassiana.</i>
N2	<i>Metarhizium anisopliae.</i>
N3	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>
N4	Testigo absoluto

A continuación, se describe la concentración y dosis aplicadas de los hongos entomopatógenos en cada uno de los niveles (Tabla 9).

**Tabla 9**

Concentraciones y dosis de la unidad formada de colonias (UFC) de los hongos entomopatógenos

Hongos entomopatógenos	Concentración	Dosis (g/330 m <sup>2</sup> )
<i>Metarhizium anisopliae</i>	1.0 x 10 <sup>11</sup> UFC	0.5
<i>Beauveria bassiana</i>	5.0 x 10 <sup>10</sup> UFC	2
<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	5.0 x 10 <sup>10</sup> UFC	1

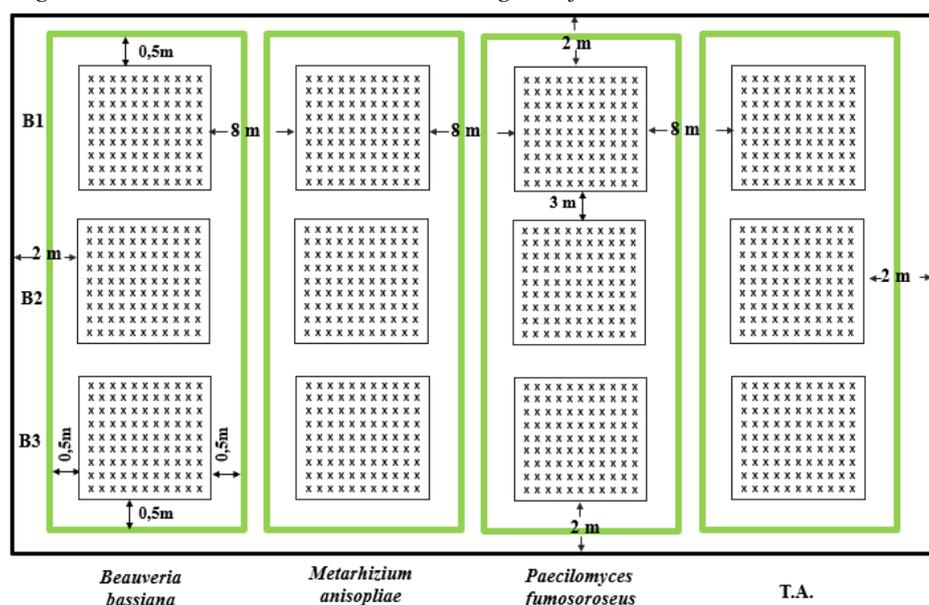
Se realizó aplicaciones foliares de cada uno de los hongos descritos anteriormente, que se disolvieron primeramente con 10 mililitros de agua, junto con una gota de dispersante hasta obtener una mezcla homogénea, posteriormente se mezcló con 20 litros de agua y 10 mililitros de dispersante para mejorar las propiedades humectantes y esparcidoras de cada hongo entomopatógeno, con una frecuencia de aplicación cada siete días a las tres unidades experimentales de cada nivel, que se lo realizó en las mañanas.

### 3.3.2. Diseño experimental

Se implementó un Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA) en Franjas con cuatro niveles (*B. bassiana*, *M. anisopliae*, *P. fumosoroseus*, Testigo absoluto (T.A.) (Figura 10).

**Figura 10**

Diseño en el ensayo experimental con los manejos *B. bassiana*, *M. anisopliae*, *P. fumosoroseus*, T. A. (Testigo Absoluto, contornos verdes son márgenes funcionales)



#### 3.3.2.1. Características del experimento

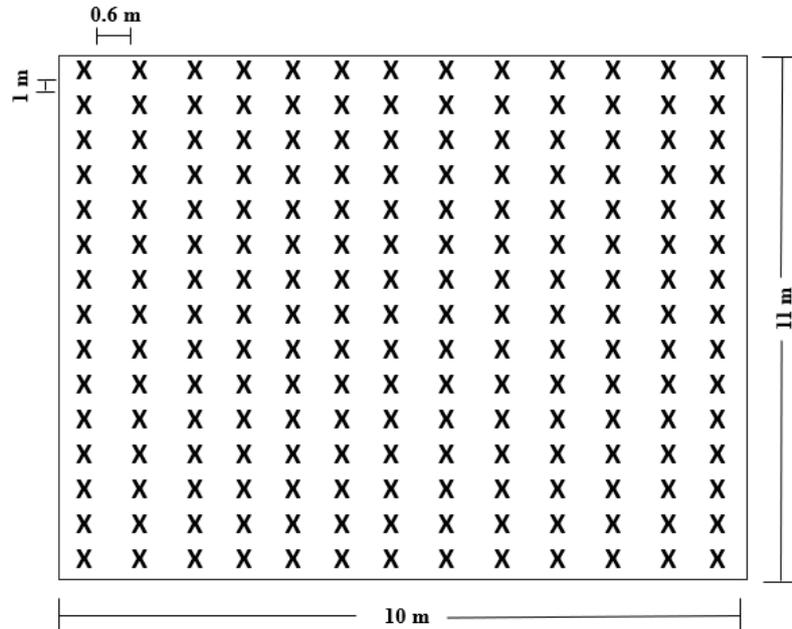
- Niveles: 4
- Bloques: 3
- Número de unidades experimentales: 12
- Área total del ensayo: 2 970 m<sup>2</sup>

### 3.3.2.2. Características de la unidad experimental

El área en estudio contó con un total de 12 unidades experimentales, se tuvo una separación entre surcos de un metro de distancia y entre plantas de 0.6 metros (figura 11).

**Figura 11**

*Modelo de las unidades experimentales y dimensiones para los diferentes tipos de manejos*



En la tabla 10 se describe de forma detalla las características de la unidad experimental y cantidad de plantas implementadas en el área del experimento.

**Tabla 10**

*Características de la unidad experimental*

Datos	Cantidad
Área de la unidad experimental	110 m <sup>2</sup>
Distancia entre plantas	0.6 m
Distancia entre hileras	1 m
Número de surcos	11
Número de plantas por surco	15
Número de plantas por unidad experimental	165
Largo de la unidad experimental	10 m
Ancho de la unidad experimental	11 m
Número de plantas por parcela neta	1980
Número de plantas por punto	2
Ancho de margen funcional	0.5 m

### 3.3.3. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se enfatizó en el análisis de varianza (Tabla 11) para un Diseño en Bloques Completos al Azar en Franjas, además se utilizó la prueba de media LSD Fisher ( $\alpha = 0.05$ ) para datos obtenidos de las variables que cumple con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza, caso contrario se utilizó análisis de datos no paramétricos Friedman.

**Tabla 11**

*Análisis de varianza (ADEVA), para Bloques Completos al Azar*

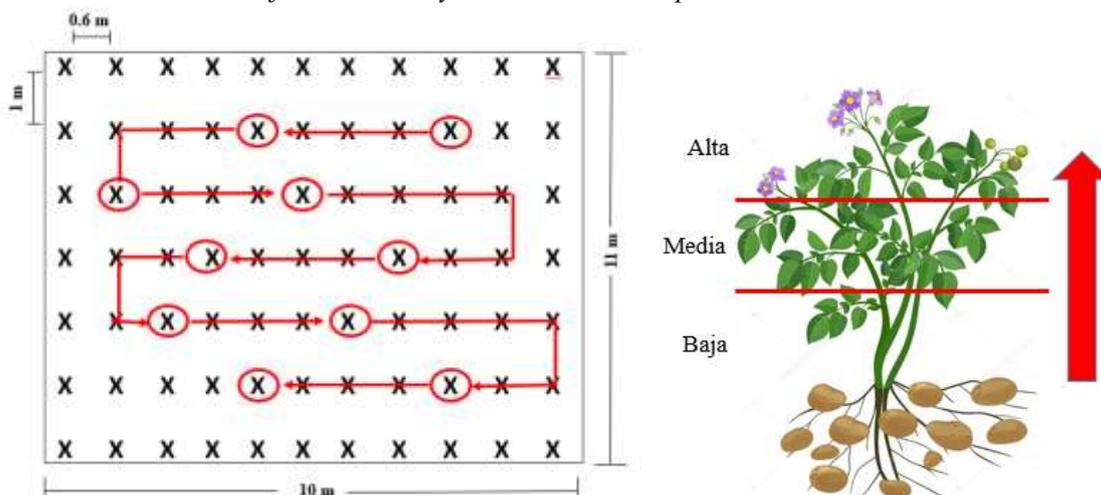
Fuentes de Variación	GL
Bloques	3-1=2
Tipo de control	4-1=3
Error Experimental	6
Total	12-1=11

### 3.4. Variables evaluadas

En esta sección se evaluó por medio de monitoreo directo el número de oviposturas y ninfas de *B. cockerelli* y la sintomatología de punta morada que para llevarlo a cabo se implementó un diseño en forma de “S”, para ello se seleccionaron 20 plantas al azar, de las cuales se escogió de manera aleatoria tres hojas de las parte baja, media y alta (Figura 12); en cuanto el monitoreo indirecto se contabilizó la entomofauna y el número de adultos del psílido mediante el uso de trampas amarillas. Finalmente, variables como el rendimiento, la calidad del tubérculo y el análisis económico se evaluó al finalizar el ciclo del cultivo.

**Figura 12**

*Diseño de muestreo en forma de “S” y muestreo en cada planta seleccionada*



### 3.4.1. Número de huevos de *B. cockerelli*

El primer conteo de huevos se realizó el monitoreo directo a los 30 días después de la siembra (dds) hasta finalizar la floración, con una frecuencia semanal, se tomó un lapso de cinco minutos para cada planta, empezando con la parte apical hacia la basal en el haz y envés de las hojas con la ayuda de una lupa (Figura 13) (Cuesta et al., 2018).

#### Figura 13

*Oviposturas encontradas en hojas de la parte media y envés de la planta*



### 3.4.2. Número de ninfas de *B. cockerelli*

Con la aplicación de la misma metodología aplicada en el conteo de oviposturas se evaluó el número de ninfas en las mismas plantas previamente seleccionadas, tanto en el haz y envés de las hojas, sin tomar en cuenta en que instar se encuentren.

#### Figura 14

*Ninfa encontrada durante el monitoreo de la parte media y envés de la hoja*



### 3.4.3. Número de adulto de *B. cockerelli*

Con la ayuda de trampas amarillas se contabilizó el número de adultos, las cuales fueron distribuidas en cada unidad experimental, colocando una estaca de 1.25 metros y la trampa a cinco cm del ápice de la planta (Figura 15), posteriormente se colectó y se cambió las nuevas trampas cada 15 días envueltas en plástico rolopac.

**Figura 15**

*Instalación y cambio de trampas amarillas en cada unidad experimental*



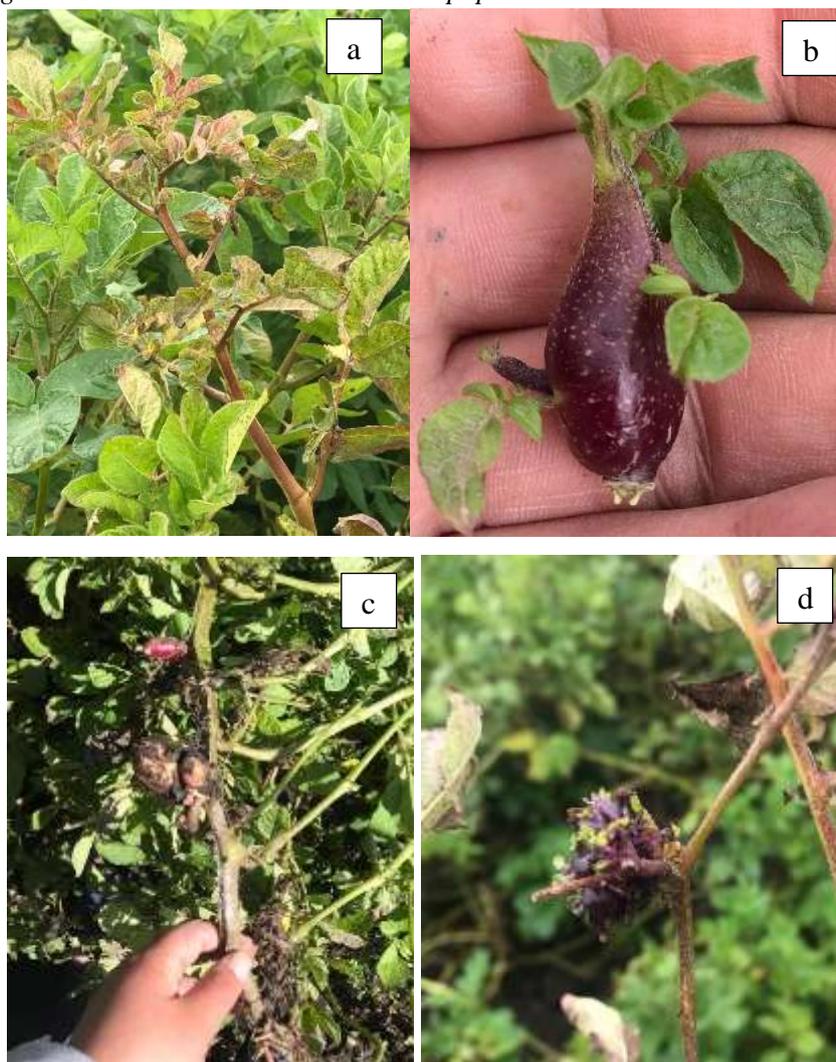
### 3.4.4. Porcentaje de incidencia de punta morada en papa

De las 20 plantas seleccionadas anteriormente se observó el número de plantas sin síntomas y con síntomas que presenta la PMP, tales como: enanismo, enrollamiento de las hojas hacia el haz, coloración morada en las hojas apicales, entrenudos engrosados, proliferación de yemas axilares, tubérculos aéreos y la muerte temprana de la planta, para el cálculo del porcentaje de incidencia de daño se utilizó la siguiente fórmula según Ramos (2018):

$$\text{Incidencia (\%)} = \left( \frac{\text{Total de plantas con síntoma}}{\text{Total de plantas muestreadas}} \right) \times 100$$

## Figura 16

*Sintomatología de Punta Morada en el cultivo de papa*



Nota: a. Coloración purpura y enrollamiento de hojas; b. Proliferación de yemas axilares; c. Tubérculos aéreos; d. Senescencia de la planta.

### 3.4.5. Entomofauna

Para la realización de esta variable se aplicó dos tipos de métodos descritos a continuación:

- a) *Trampas amarillas*: se procedió a contar los insectos presentes en las trampas amarillas cada 15 días y se clasificó por orden, con la ayuda de un estereoscopio (Figura 17).
- b) *Redes entomológicas*: con ayuda de una red entomológica se recolectó mediante un muestreo aleatorio sistemático siguiendo un barrido en forma “S”, posteriormente los insectos recolectados se colocaron en un frasco de vidrio para ser transportados a los laboratorios de entomología de la Granjas Experimental “La Pradera” de la Universidad Técnica del Norte (Figura 17).

**Figura 17**

*Barrido red entomológica y conteo de insectos para la evaluación de entomofauna*



### **3.4.6. Rendimiento**

Para la variable rendimiento se realizó un pesaje de los tubérculos previamente clasificados en las tres categorías (primera, segunda y tercera) de cada unidad experimental (Figura 18), además se realizó la reducción del 10% al cálculo del rendimiento final por cada manejo para ajustar a los rendimientos por hectárea.

**Figura 18**

*Clasificación y pesaje de rendimiento del cultivo*



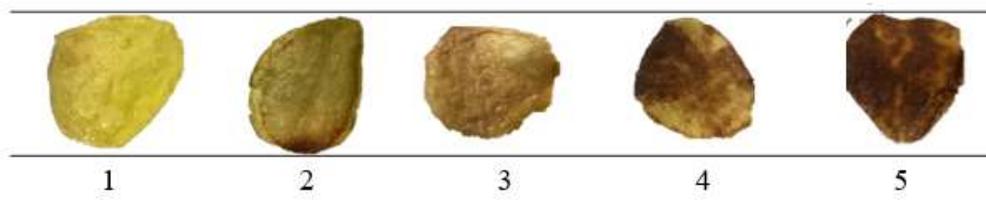
*Nota: a. Pesaje por categoría; b. Clasificación por categoría*

### **3.4.7. Calidad de tubérculo**

Los principales síntomas de Zebra Chip son las manchas pardas o claras distribuidas en el interior del tubérculo (Figura 19), y que son más notorias cuando se realizan pruebas de fritura, con esta la finalidad se determinó si estuvo presente la enfermedad, siendo como principal agente causal *Candidatus Liberibacter*, que su vector de transmisión es *B. cockerelli*.

**Figura 19**

*Descripción gráfica de la escala para la evaluación de la fritura de la hojuela*



Para esta variable se escogió 10 tubérculos de cada unidad experimental con un peso mayor a 80g, se formaron hojuelas y se seleccionaron las 10 mejor formadas para finalmente freírlas. Las hojuelas se clasificaron en hojuelas quemadas o material indeseable (niveles C3, C4 y C5) y hojuelas no quemadas o material deseable (niveles C1 y C2) de la Tabla 12 y Figura 19.

**Tabla 12**

*Escala en la que se evaluó los síntomas de Zebra Chip*

Niveles	Descripción
C1	Papa sin ninguna mancha
C2	Papa con ligero pardeamiento marrón en forma de pequeños puntos
C3	Papa con pardeamiento marrón empezando a formar un anillo
C4	Papa con manchas marrón oscuro distribuidos en todo el tubérculo
C5	Papa totalmente manchada

Fuente: Moreno (2020)

### **3.4.8. Análisis económico**

Para el análisis económico, se tomó en cuenta los costos de producción (sumatoria de costos directos e indirectos), la utilidad bruta (diferencia entre ingresos y egresos) y la relación beneficio/costo (ingresos/costos). Para este análisis se consideró un precio mínimo promedio que se encontró en el mercado en dólares por quintal (Puetate, 2019).

### **3.5. Manejo Específico del Experimento**

El monitoreo de *B. cockerelli* se realizó en las 12 unidades experimentales y en cada una de ellas se evaluó 20 plantas para el muestreo, la investigación se desarrolló en la parroquia Bolívar, cantón Bolívar sector Cuesaca. En los siguientes procesos se explica de forma detallada de cómo se realizó el experimento:

#### **a) Selección del Lote**

Para la selección del lote se realizó en conjunto con el INIAP, CIP y con un productor de la zona ubicado en el cantón Bolívar, provincia del Carchi, donde el agricultor se comprometió en mantener el cultivo durante la etapa de evaluación para lo cual se trabajó en un lote de 2 970 m<sup>2</sup>.

## b) Establecimiento del Cultivo

Para el establecimiento del cultivo se realizó las siguientes actividades:

### 1. Preparación del Suelo

Se realizó un respectivo análisis de suelo para aplicar los macronutrientes y micronutrientes necesarios para un óptimo desarrollo y luego se preparó el terreno con dos meses antes de la siembra, realizando la respectiva limpieza generada por el cultivo anterior, para lo cual se dio un paso de arado con tractor durante 30 minutos, finalmente se realizó una incorporación de tres cacos de cal agrícola.

### 2. Instalación de Márgenes Funcionales

Para la instalación de los márgenes funcionales se lo realizó de la siguiente manera (figura 20), cabe señalar que las plantas colocadas fueron: rábano silvestre (*Raphanus raphanistrum* L.), cosmos (*Cosmos bipinnatus*), caléndula (*Calendula officinalis*) como también una asociación de cultivo de haba (*Vicia faba*), quinoa (*Chenopodium quinoa*), cilantro (*Coriandrum sativum*) y maíz (*Zea mays*) (Figura 20).

#### Figura 20

*Plantas sembradas en el margen funcional y asocio de cultivos*



*Nota: a. Cosmos; b. haba; c. quinoa d. Caléndula*

El diseño que se implementó fue alternar plantas de cosmos, caléndula, quinoa y cilantro, que se lo realizó un mes antes de la siembra, alrededor del lote se implementó una barrera viva con plantas de maíz (Figura 21).

**Figura 21**

*Instalación de barreras vivas con maíz, asocio de haba y siembra de cosmos*



**3. Surcada**

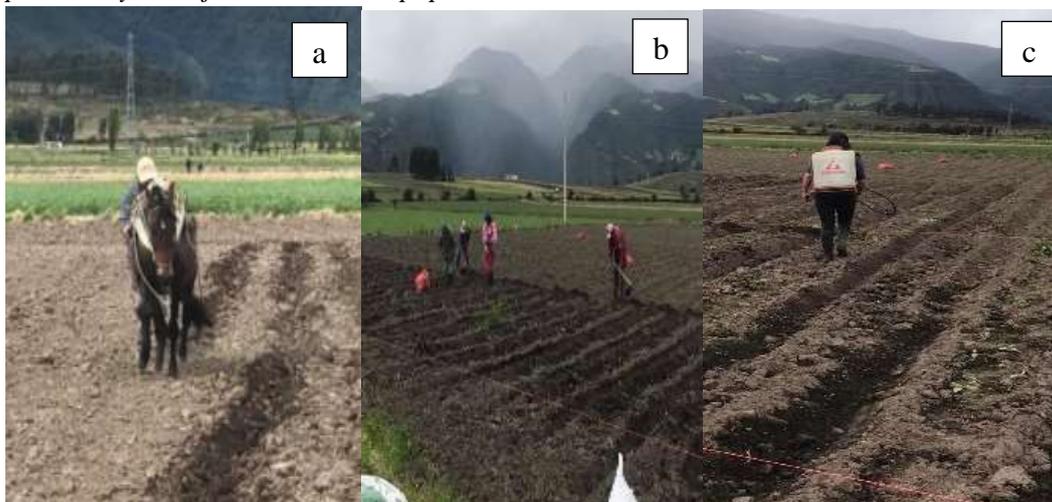
Para elaborar los surcos se utilizó una yunta de caballo y se formaron a una distancia de un metro entre hileras.

**4. Siembra**

En cuanto a la siembra con la ayuda del CIP se adquirió semilla certificada de papa Superchola, a una distancia de un metro entre hileras y 0.60 metros entre plantas, incorporando el primer abonamiento con compost y fertilizantes químico.

**Figura 22**

*Preparación y manejo del cultivo de papa*



Nota: a. Elaboración de surcos; b. Siembra de semilla; c. Desinfección

### c. Labores Agronómicas

- **Deshierbe y medio aporque:** se los realizó a los 46 días después de la siembra, en conjunto con los agricultores usando azadones, para controlar manualmente las malezas y apilar tierra, así mismo se procedió a retirar tubérculos en mal estado, además se incorporó fertilizante complementario con la finalidad de mantener firme la planta durante su desarrollo.

-**El aporque:** a los 80 días después de la siembra se procedió a realizar un realce del surco con el objetivo de mejorar la tuberización del cultivo, disminuir el ataque de plagas y dar mayor facilidad en la cosecha (Oyarzún et al., 2002).

-**Riego:** En el sector Cuesaca contaban con canales de riego y por ende un reservorio, por lo que se dio riego por gravedad dos veces por mes, en los tres primeros meses después de la siembra, ya que a partir de finales de octubre dio comienzo con la época de invierno hasta la cosecha.

-**Control fitosanitario:** en cuanto el control de enfermedades se aplicó productos sintéticos (Tabla 13), para evitar enfermedades que afectan al cultivo.

**Tabla 13**

*Control fitosanitario de enfermedades por hectárea en el cultivo de papa*

<b>Ingrediente Activo</b>	<b>Dosis (ha)</b>	<b>Modo de acción</b>
Copper sulphate pentahydrate	1 l	Fungicida-Bactericida
Mancozeb+Cymoxanyl	1 kg	Fungicida para lancha
Difenoconazole	500 cc	Alternaria
Mancozen+Dimethomorph	1.5 kg	Fungicida para lancha
Propamocarb Hydrochloride	500 cc	Fungicida para lancha
Kasugamycin	1 l	Fungicida-Bactericida

### d. Manejo de hongos entomopatógenos

Para el manejo agroecológico se aplicó controladores biológicos como los hongos entomopatógenos de *B. bassiana*, *M. anisopliae*, *P. fumosoroseus* que en la tabla 14, describe la dosis, el modo de aplicación fue de forma foliar de abajo hacia arriba en toda la planta, se aplicó cada siete días a partir de los 30 días después de la siembra.

**Tabla 14**

*Concentración y dosis de cada hongo entomopatógeno*

<b>Hongos entomopatógenos</b>	<b>Concentración</b>	<b>Dosis (g/330 m<sup>2</sup>)</b>
<i>Metarhizium anisopliae</i> .	2.0 x 10 <sup>11</sup> UFC	0.5
<i>Beauveria bassiana</i> .	5.0 x 10 <sup>10</sup> UFC	2
<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	5.0 x 10 <sup>10</sup> UFC	1

Caber señalar que para cada unidad experimental se aplicó 60 litros de agua, considerando su aplicación en horas de la mañana, evitando los rayos fuertes del sol, además con el

asocio de haba como separación de cada unidad se evitó la mezcla de los microorganismos (Figura 23).

**Figura 23**

*Preparación y aplicación de hongos entomopatógenos en el cultivo de papa*



**e. Manejo de trampas**

Para *B. cockerelli* se procedió a colocar trampas amarillas de dimensiones 10x10 cm a los 30 días después de la siembra del cultivo hasta finalizar la floración, con monitoreos cada 15 días. Se colocó la trampa a cinco centímetros del brote apical de la planta, tomando en cuenta que la trampa subía conforme la planta se desarrollaba (Figura 24).

**Figura 24**

*Instalación de trampas amarillas e identificación de insectos*



**f. Monitoreo**

Para realizar el monitoreo directo se procedió a contabilizar de forma sistemática el número de huevos empezando a los 30 días después de la siembra, el conteo se lo realizó desde la parte apical hasta la basal, de igual manera para el conteo de ninfas se lo ejecutó

en tres hojas compuestas bajas y tres de la parte media de la planta, seleccionando 20 plantas por cada unidad experimental distribuidas en forma de “S”. Se observó a cada planta en un lapso de cinco minutos (Figura 25).

Para evaluar el número de adultos se utilizó el monitoreo indirecto con el uso de trampas amarillas, con un cambio cada 15 días envueltas en plástico rolopac, etiquetando de que unidad experimental se retiró para su posterior evaluación, en seguida se colocó una nueva trampa. Finalmente, los datos registrados se digitalizaron en Excel.

### **Figura 25**

*Monitoreo directo, para muestrear oviposturas y ninfas de *B. cockerelli**



### **g. Manejo de red entomológica**

Para la variable entomofauna se formó una red con alambre de acero de 45 cm de radio y una tela tul en forma coniforme, el cual estaba adherido a un palo de 50 cm de largo, este material se utilizó para identificar la entomofauna presente en el cultivo con el 25, 50 y 100% de floración, posteriormente se colocó en un frasco para su respectiva identificación.

### **Figura 26**

*Barrido con red entomológica*



#### **h. Cosecha**

Con la ayuda de los agricultores y sus materiales de cosecha se extrajo el tubérculo de los surcos, otro grupo de agricultores se dedicaron clasificar en categorías de primera, segunda y tercera, con posterioridad se pesó los quintales de cada unidad.

#### **i. Calidad del tubérculo**

Finalmente, se tomaron 10 muestras de tubérculos de cada unidad experimental, para evaluar la presencia de la enfermedad de Zebra chips, para lo cual se cortó rodajas de las cuales se escogió las 10 mejor formadas.

# CAPÍTULO IV

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Dinámica poblacional de *B. cockerelli*

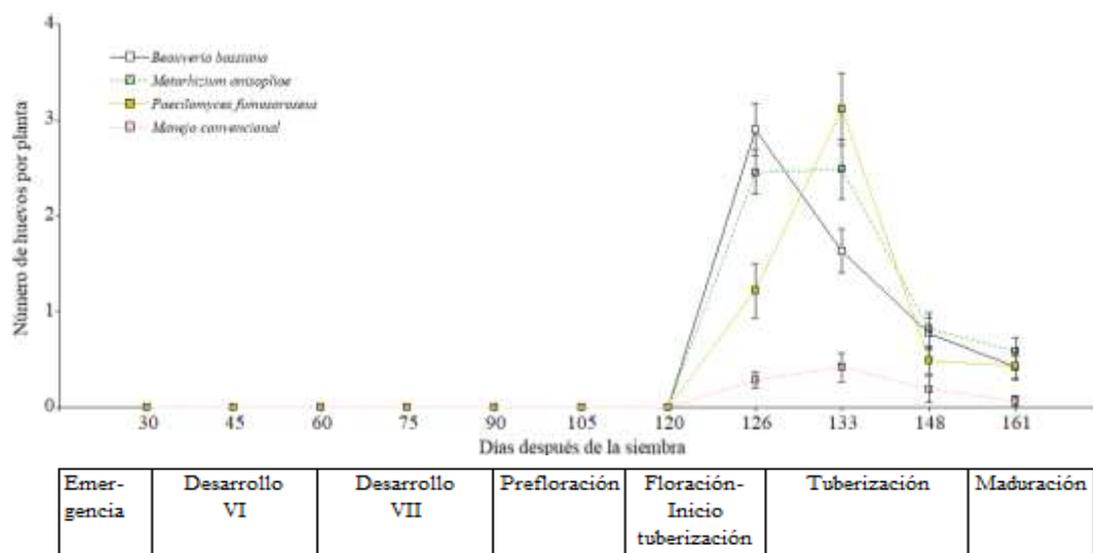
La dinámica poblacional de *B. cockerelli* S., se dividió en los tres estadios: oviposturas, ninfas y adultos.

#### 4.1.1. Número de oviposturas de *B. cockerelli*

Según el análisis de datos no paramétricos Friedman indica que si existe interacción entre los días después de la siembra y el tipo de manejo ( $T^2=66.17$ ;  $p<0.0001$ ) (Figura 27).

**Figura 27**

Número de oviposturas de *B. cockerelli* S.



En la figura 27, se visualiza que a los 126 días se presentan oviposturas; *B. bassiana* y *M. anisopliae* se asemejan alcanzando aproximadamente tres huevos por planta, siendo superiores con casi dos huevos con respecto a *P. fumosoroseus* y manejo convencional. Por el contrario, para el día 133, el número de oviposturas se incrementa para *P. fumosoroseus* en dos huevos, mientras que para *M. anisopliae* se mantiene el mismo número, siendo estos dos manejos superiores a *B. bassiana* y convencional con dos huevos por planta. Para los 148 y 161 días existe una reducción para todos los manejos, siendo el convencional el de menor número de oviposturas.

En el bioensayo de Palacio (2021) en jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) por medio de adultos de *B. cockerelli* infectados por *B. bassiana* generó una disminución del 75% de oviposturas. Por el contrario, en esta investigación se evidencia que en el manejo de *B. bassiana* a los 133 días se redujo la ovipostura un 43%, Palacio (2021) menciona que este

hongo afecta la ovoposición por el gasto de energía de las hembras en respuesta a la infección, aunque el mayor porcentaje se debe a las condiciones climáticas del estudio, además, García et al. (2011) mencionan que este microorganismo produce enzimas y toxinas que provocan cambios fisiológicos que afectan la supervivencia y fecundidad de lo psílidos.

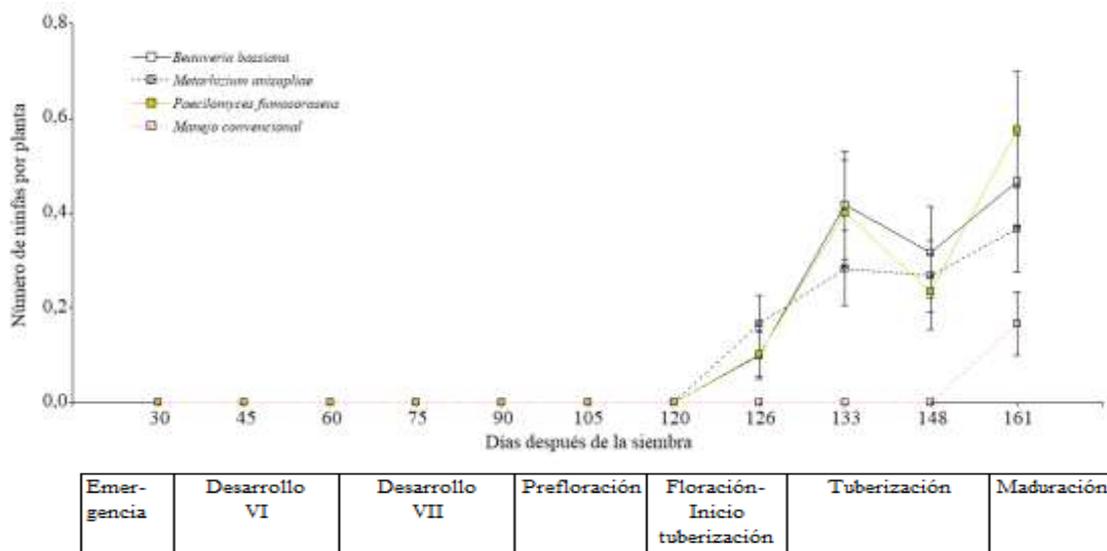
En la investigación de campo de Chimbo (2021) realizada en cultivo con una temperatura de 14 °C y humedad relativa del 80% con un total de seis aplicaciones de *M. anisopliae*, en la última aplicación presentó el 25% de eficacia y un 62% en convencional. En esta investigación se observó que a una temperatura de 15 °C y humedad del 85% con un total de 17 aplicaciones de los hongos, la eficacia se observó en la aplicación 15 (148 días), de tal manera que se determina que *M. anisopliae* presentó el 48% y convencional el 57% de eficacia, por lo tanto, se evidencia que este hongo actúa en las últimas aplicaciones y su eficacia no sobrepasa al manejo convencional.

#### 4.1.2. Número de ninfas de *B. cockerelli*

El análisis estadístico a través de las pruebas Friedman para datos no paramétricos, en cuanto el número de ninfas indica que existe interacción entre la etapa fenológica y el tipo de manejo ( $T^2=12.95$ ;  $p<0.0001$ ) (Figura 28).

**Figura 28**

Número de ninfas de *B. cockerelli* S.



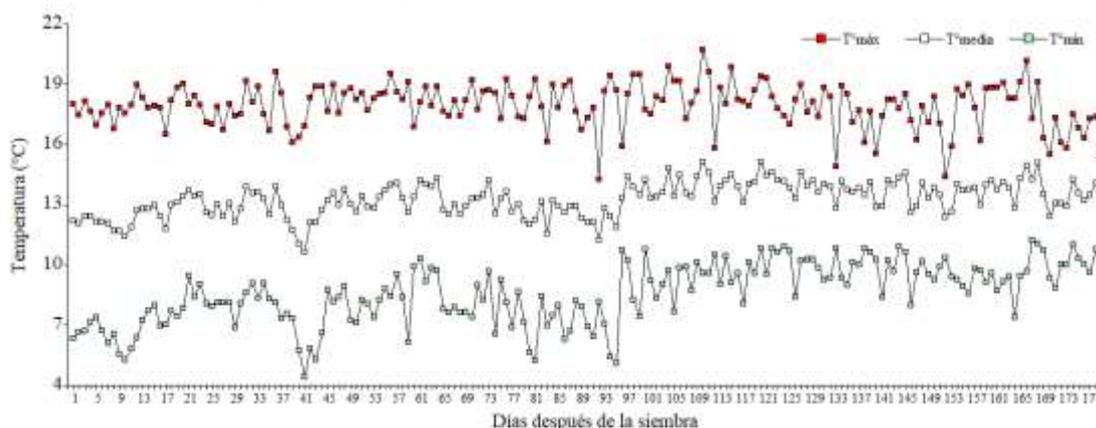
En la figura 28, indica que a los 126 días se identifica la presencia de ninfas, encontrando en este estudio menos de una ninfa, además se evidencia una diferencia entre el convencional y los hongos entomopatógenos durante los muestreos, siendo mayor el control biológico comparado con el control convencional.

En el bioensayo de Villegas (2011) en hojas de jitomate (*Solanum lycopersicum*) en condiciones constantes de 24 a 26 °C, con monitoreo de 10 ninfas de *B. cockerelli* resultó

que la cepa de *M. anisopliae* fue la menos virulenta ( $6.34 \times 10^5$  conodias/ml) que *B. bassiana* ( $2.99 \times 10^4$  conodias/ml) provocando una mortalidad de 90 a 100%, a diferencia de esta investigación, donde se encontró mayor presencia de ninfas en el control biológico, según Shannon (1996) y Godoy et al. (2007) indican que las temperaturas óptimas para el desarrollo de los hongos son de 20 a 30 °C, por lo que contrasta con las condiciones de la zona de estudio con temperatura máxima de 21 °C y mínima de 4 °C.

**Figura 29**

Temperatura máxima y mínima registrada durante el ciclo del cultivo



**Figura 30**

Registro de humedad relativa durante el ciclo del cultivo



Fuente: Nasa Power (2021)

Lacey et al. (2009) en cambio en su bioensayo con concentración de  $10^7$  conidios/ml, sobre 10 ninfas en hojas de papa a una temperatura de 21 a 26 °C y humedad relativa de 36 a 45% con *B. bassiana*, produjo una mortalidad de 81%, cuatro días después de la aplicación, mientras que *P. fumosorosea* produjo el 95% y *M. anisopliae* el 90 a 96%, a diferencia de esta investigación que se aplicó una concentración de  $10^{10}$  y  $10^{11}$  UFC, existió un incremento del 74%; *M. anisopliae* presentó la menor cantidad en comparación con *B. bassiana* y *P. fumosoroseus*, Lacey et al. (2009) mencionan que entre más alta la concentración el control de ninfas será mayor.

Ortiz y Valdivia, (2011) manifiestan que la limitación de condiciones del hongo imposibilita el desarrollo, afirmando el incremento de ninfas que durante la evaluación se presentó una temperatura promedio de 14 °C y una humedad de 85%.

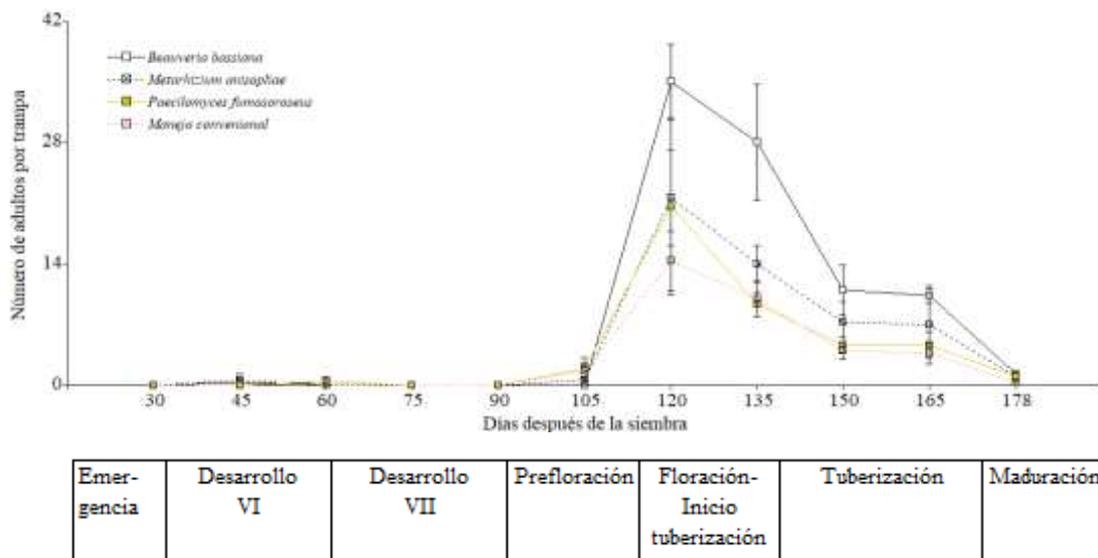
Con respecto al bioensayo de Sánchez et al., (2007) con cepas de *B. bassiana* y *M. anisopliae* a una concentración de  $1 \times 10^8$  conidios/ml en plantas de pimiento y tomate bajo invernadero (21-33 °C) durante 18 días, se reporta una mortalidad de ninfas de 83 a 89%, a diferencia de esta investigación que con menos de una ninfa, la aplicación de *M. anisopliae* ( $1 \times 10^{11}$ ) fue el que presentó la menor cantidad, mientras que *B. Bassiana* ( $5 \times 10^{10}$ ) fue mayor, según el autor la mortalidad alta se debe al poco tiempo de evaluación, en cambio en el estudio se realizó un total de 11 muestreos durante 161 días lo que influye el porcentaje de mortalidad (Poprawski et al., 1999).

#### 4.1.3. Número de adultos de *B. cockerelli* Sulc

El resultado que generó la prueba de datos no paramétricos Friedman, establece que existe interacción entre el tipo de manejo y los días después de la siembra ( $T^2=17.30$ ;  $p < 0.0001$ ) (Figura 31).

**Figura 31**

Número de adultos en trampa de *B. cockerelli* S. en manejo convencional y control biológico



En la figura 31, se puede observar que a partir de los 105 días se registra la presencia de adultos de *B. cockerelli*. Para los 120 días existe un incremento de 35 adultos en *B. bassiana*, para *P. fumosoroseus* y *M. anisopliae* 20 adultos, mientras para el manejo convencional se incrementan solo 14 adultos, sin embargo, a los 135 días existe una reducción del 20% en *B. Bassiana*, siendo superior con casi 25 individuos con respecto a *M. anisopliae*, *P. fumosoroseus* y convencional. Para los 150 días, se registra un descenso en todos los manejos con aproximadamente el 60%, mientras que para los 165 días en todos los manejos se mantiene similar número de psílidos. Finalmente, para los 178 días se registra menos de un adulto/ trampa en todos los manejos.

En el bioensayo de Lacey et al. (2009) con concentraciones de  $10^7$  conidios/ml con *B. bassiana* produjo el 53% de mortalidad en adultos a los cuatro días después de la

aplicación, en *P. fumosoroseus* se produjo una mortalidad de 97% tres días después de la aplicación, mientras que para *M. anisopliae* la mortalidad fue del 96 a 99% dos días después de la aplicación. Por lo contrario que en esta investigación que en 30 días (120 a 150 dds) *B. bassiana* y *P. fumosoroseus* (concentración  $10^{10}$ ) se obtuvo una reducción de adultos de 68 y 80% respectivamente, mientras que *M. anisopliae* (concentración  $10^{11}$ ) se obtuvo el 66%, visualizando que *B. bassiana* tiene un efecto similar en campo como en laboratorio, mientras que *M. anisopliae* y *P. fumosoroseus* tuvieron mayor porcentaje.

En el bioensayo de Palacio (2021) con adultos de *B. cockerelli* expuestos a *B. bassiana* se encontró una disminución del 75 a 95%, por lo que según el autor menciona que afecta la reproducción. Debido a ello en esta investigación se observó la reducción progresiva del insecto con el 68% (120 a 150 dds), en comparación al manejo convencional que fue 8% menos efectivo, esta reducción lo confirman varios autores (Téllez et al., 2009, Liu et al., 2019) que indican que la viabilidad de reproducción del adulto hembra se puede ver afectada por un elevado consumo de energía, ante la reacción de defensa de la infección por el hongo entomopatógeno.

Además en el estudio de Tocagón et al. (2021) en la etapa de prefloración, floración y tuberización el conteo de adultos del psílido incrementa un 78% llegando a registrar hasta 38 adultos por trampa, esta situación corrobora con esta investigación ya que se contabilizó un total de 35 adultos en la etapa de floración-inicio de tuberización, de igual manera lo reporta Espinoza (2020) y que en estas etapas existe mayor presencia de adultos, por el contrario en este estudio, con aplicaciones de microorganismos y control químico se redujo la población durante la etapa de floración, alcanzando menos de 11 adultos por trampa.

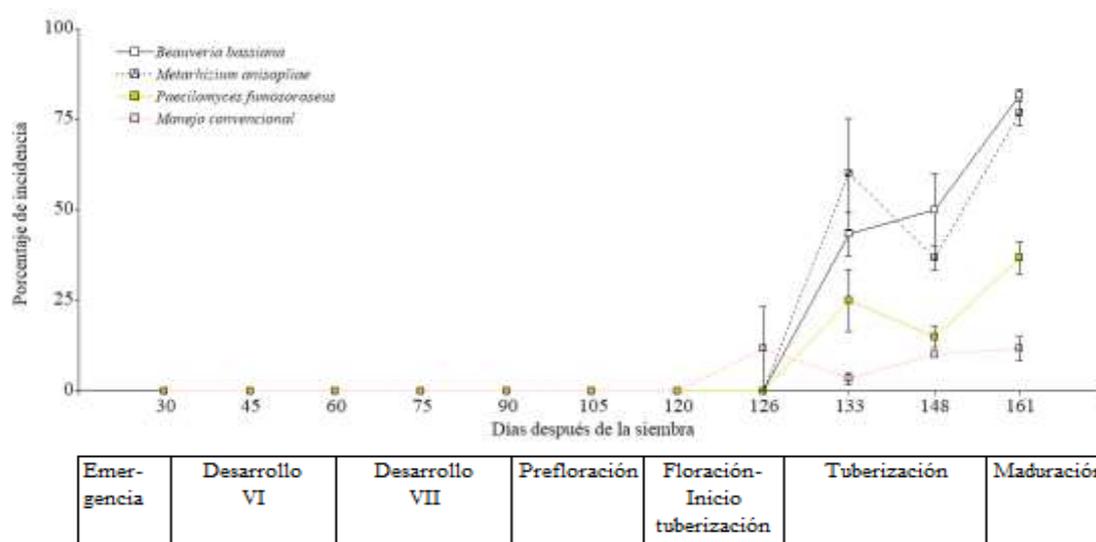
En cambio, Mejía et al. (2008) manifiestan en su bioensayo con 25 insectos de *B. cockerelli* por tratamiento, *B. bassiana* provoca el 80% de mortalidad en siete días, mientras que en ocho días *M. anisopliae* causó el 90% y *P. fumosoroseus* el 60%. De tal forma que en el presente estudio en campo al cabo de 15 días con 35 adultos tuvo una reducción del 20% en *B. bassiana*, 33% en *M. anisopliae* y el 55% *P. fumosoroseus*. De esta manera se infiere que el hongo *P. fumosoroseus* tiene un impacto similar en laboratorio como en campo.

#### **4.2. Porcentaje de incidencia de punta morada de la papa**

Por medio de la prueba de datos no paramétricos Friedman para el porcentaje de incidencia de punta morada se evidenció que existe interacción entre los días después de la siembra y el tipo de manejo ( $T^2=7.47$ ;  $p<0.0001$ ) (Figura 32).

**Figura 32**

*Incidencia de punta morada en papa con la aplicación de hongos entomopatógenos y manejo convencional*



En la figura 32, se observa que la planta a los 126 días presenta síntomas de punta morada (PMP). Para este día se evidencia que el manejo convencional alcanza alrededor del 11% a diferencia del control biológico que no registran síntomas, sin embargo, a los 133 días *M. anisopliae* incrementa 60%, siendo superior en 17% con *B. bassiana* y 18% más con respecto a *P. fumosoroseus*, mientras que convencional tiene diferencia del 57% con respecto a *M. anisopliae*. Para los 148 días *B. bassiana* incrementa 7%, mientras que *M. anisopliae* se reduce a 36% al igual que *P. fumosoroseus* que disminuye a 15%, además convencional incrementa a 10%. Finalmente, a los 161 días los hongos incrementan a 78% en *B. bassiana* y *M. anisopliae*, siendo superiores para *P. fumosoroseus* en 45% y manejo convencional con 25% más.

Por lo anteriormente expuesto según Melgoza et al. (2018) la presencia de PMP se hace más evidente en la etapa intermedia del desarrollo del cultivo, por ende, dificulta la detección en muestreos tempranos. En esta investigación se observa que los síntomas se evidencian en días intermedios (126 días), lo que afirma que en muestreos tempranos no se registró síntomas. De esta manera se infiere que la transmisión fue provocada por el insecto vector más no por semilla contaminada, así lo confirma Cuesta et al. (2021) ya que por semilla contaminada los tubérculos no brotan y si lo hacen son muy alargados, por lo que en el presente estudio en todos los manejos existió una brotación normal de los tubérculos.

En esta investigación se observa que los hongos *B. bassiana* y *M. anisopliae* alcanzaron el 70% de afectación de PMP. Esto comparte cierta similaridad con (Crizón, 2017) quien señala que esta enfermedad alcanza el 80% en variedad Superchola en la provincia del Carchi sin aplicación de un control, sin embargo, Paucar et al. (2021) indican que, si existe menor infestación, el grado de PMP será menor, que coincide con el presente

estudio ya que *P. fumosoroseus* registra el 36% de afectación con 20 adultos, por lo contrario que *B. bassiana* que presentó 35 psíldos y se obtuvo el 80% de PMP.

Según Espinoza (2020) indica que el control del insecto a partir de la floración es suficiente para postergar la aparición de síntomas, permitiendo el desarrollo y productividad de la planta, por ello en esta investigación en la etapa de floración- Inicio de tuberización se observó síntomas y presencia *B. cockerelli*, el control biológico que se aplicó dio como resultado que *P. fumosoroseus* tuvo la menor afectación con el 36%, mientras que el efecto de *B. bassiana* fue sumamente alto (81%), por lo que se afirma que existió control y producción en dicho manejo.

### **4.3. Porcentaje de patogenicidad de ninfas**

Para el porcentaje de patogenicidad de ninfas, durante el muestreo, se identificó un número inferior (figura 28), por ende, la patogenicidad no se visualizó, sin embargo, para observar la esporulación de los hongos entomopatógenos requieren alta humedad; con respecto a *B. bassiana* requiere al menos el 97%, aunque depende del método de aislamiento como el lugar de procedencia (Suarez, 2014), por lo que en esta investigación su desarrollo se afectó por las condiciones de la zona de estudio registradas durante el periodo de muestreo (Figura 29 y 30).

En la experimentación de Palem (2010) para *B. bassiana* a una temperatura de 30 °C y a 91% HR la esporulación se vio inhibida, en cambio en 60% HR alcanzó una adecuada esporulación, mientras que Godoy et al. (2007) evaluaron la esporulación del mismo hongo en rangos de 80 a 100% HR, existiendo baja esporulación en 80%, en cambio a 25 y 30 °C con humedad relativa de 100% presentó mayor esporulación, por lo que en esta investigación la humedad (75 a 90 %) y temperatura (4 a 21°C) tuvieron variabilidad en la zona de estudio lo cual afectó el desarrollo de este microorganismo, que se demostró por la escasa esporulación de los hongos entomopatógenos y las coloraciones distintivas de cada uno.

### **4.4. Entomofauna**

Con la prueba de Friedman en el análisis de datos no paramétricos demostró que, si existe interacción entre los días después de la siembra, el manejo y el orden de insectos ( $T^2=26.21$ ;  $p<0.0001$ ). Durante el conteo se evidenció insectos pertenecientes a ordenes Díptera, Hemiptera, Hymenoptera, Coleoptera, Arácnida, Lepidoptera y Thysanoptera; destacado al orden díptera el de mayor prevalencia.

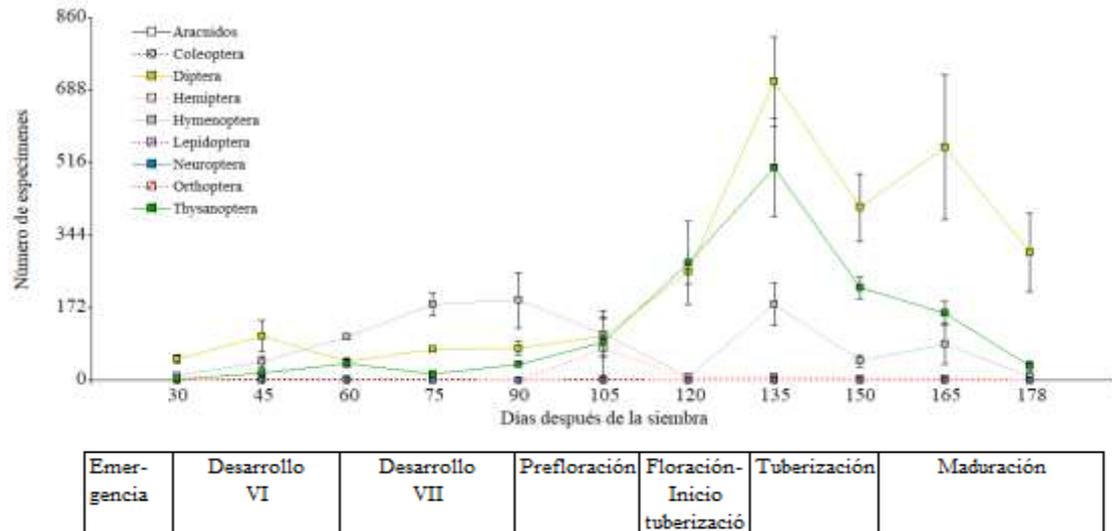
#### *a) Beauveria bassiana*

En la figura 33, se visualiza la dinámica poblacional de los diferentes especímenes encontrados, siendo el orden Díptera el mayor número. Para este orden a los 30 hasta los 105 días se encuentra un número menor a 170 individuos, mientras que a los 135 días

presenta un incremento del 85%, en cambio para los 150 días registra una disminución del 42%, sin embargo, para los 165 días vuelve a incrementar en un 26% y finalmente para los 178 días presenta un descenso del 45% alcanzando 305 insectos.

**Figura 33**

*Número de especímenes muestreados en el manejo de Beauveria Bassiana*



El orden Thysanoptera a partir de los 30 hasta los 105 días presenta un valor menor a 90 especímenes, en cambio a los 135 días tiene un incremento del 82%, con posterioridad se evidencia una disminución del 56% para los 150 días, seguido de ello se observa una constante reducción del 27%, alcanzando un total de 34 individuos para los 178 días.

Para el orden Hymenoptera presenta una tendencia móvil. Registrando un ascenso a los 75 días alcanzando 180 especímenes y permanece constante hasta los 90 días. Por lo contrario, para los 120 días presenta un descenso significativo del 95%, sin embargo, para los 135 días vuelve a incrementar con el mismo porcentaje anterior. En cambio, para los 150 días vuelve a descender un 74%, luego volvió a incrementar un 47% en los 165 días. Finalmente, para los 178 días alcanzo un total de nueve insectos/ trampa.

En cuanto el resto de ordenes como Arácnido, Coleoptera, Hemiptera y Lepidoptera, guardan similitud en el tiempo de evaluación. En cuando el orden Hemiptera para el día 135 se observaron 11 especímenes, y para el resto de días un promedio de dos a cinco. En el orden Lepidoptera y Arácnido a lo largo de la evaluación se registró solamente un individuo. Para el orden Coleoptera se identificó cinco insectos en el día 75 y para el resto de días un promedio de dos individuos.

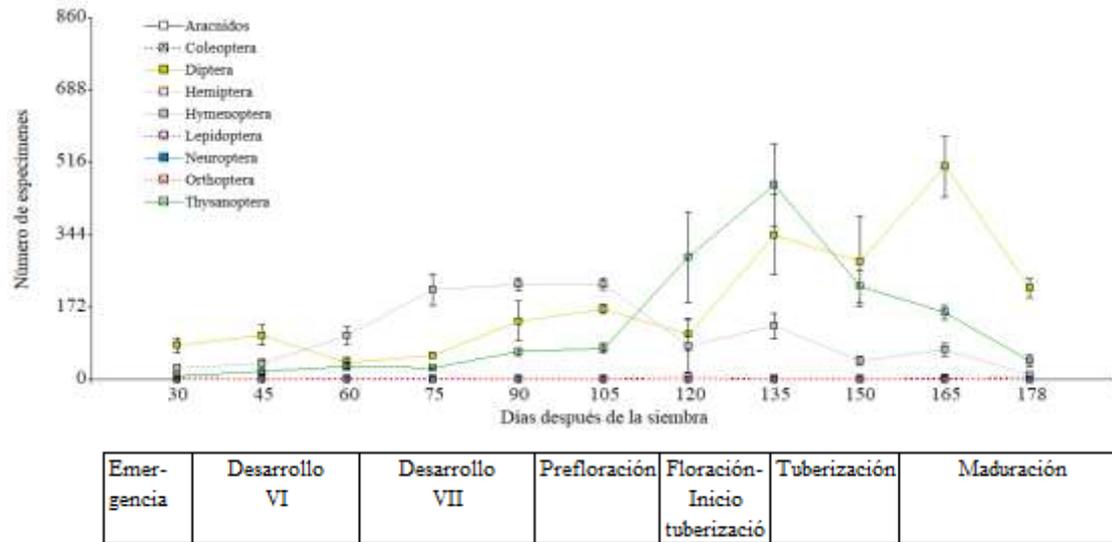
*b) Metarhizium anisopliae*

En cuanto al manejo con *M. anisopliae*, se registró al orden Díptera y Thysanoptera con la mayor cantidad de insectos. Con respecto al orden díptera hasta los 105 días se observó 167 adultos, sin embargo, se presenta un decrecimiento poblacional del 36% a los 120 días. Para los 135 días vuelve a incrementar a un total de 343 adultos, la cual desciende

un 18% a los 150 días, mientras que en los 165 asciende en un 44%, finalmente para los 178 días se contabilizó un total de 217 individuos por trampa.

**Figura 34**

*Número de especímenes muestreados en el manejo de Metarhizium anisopliae*



En el orden Thysanoptera, inicia con una baja cantidad de siete ejemplares a los 30 días, no obstante, a partir de ese día el incremento fue del 10% hasta los 105 días, sin embargo, presenta un crecimiento poblacional del 83% a los 135 días, mientras que para los 150 días se observa un decrecimiento constante del 65% hasta los 165 días, finalmente para los 178 días se registra un total de 44 individuos.

En el orden Hymenoptera inicia con 27 adultos a los 30 días, sin embargo, entre los 45 y 75 días se manifiesta un crecimiento poblacional del 82%. Para los 90 y 105 días existió una constante con 226 individuos, lo cual desciende en un 64% a los 120 días, mientras que a los 135 días incrementa a un 36%, no obstante, a los 150 días decrece a un 65%. Finalmente, para los 178 días se contabilizó un total de 11 adultos por trampa.

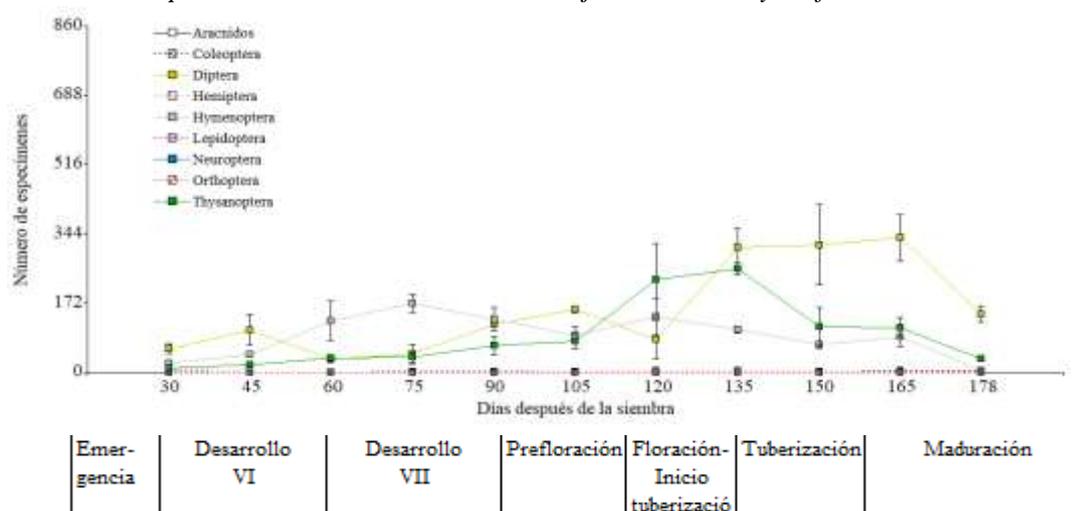
En cuanto al resto de ordenes como Arácnido y coleóptera con máximo de tres insectos; el orden Hemíptera con su conteo máximo de nueve individuos en el día 165 y el orden Lepidoptera con una media de tres individuos a lo largo del ciclo del cultivo.

c) *Paecilomyces fumosoroseus*

En el Manejo de *P. fumosoroseus* se identificó que los órdenes Díptera, Hymenoptera y Thysanoptera, presentan abundante población insectil. Para el orden díptera inicia a los 30 días con 58 insectos, sin embargo, en los 60 y 75 días se manifiesta un decrecimiento del 57%, en cambio para los 90 y 105 días asciende en un 71%, que posteriormente disminuye en un 48% en los 120 días con 81 ejemplares. Para los 135 días reporta un total de 308 individuos, que hasta los 165 días sufre un leve incremento del 7%, pero para los 178 días se registra una disminución, alcanzando un total de 145 adultos por trampa.

**Figura 35**

Número de especímenes muestreados en el manejo de *Paecilomyces fumosoroseus*



En el orden Thysanoptera a partir del día 30 al 105 la curva tiende a crecer iniciando con 11 individuos llegando a ascender en un 12%, por consiguiente, al día 120 y 135 existe un incremento del 66%, pero para los 150 días existe un descenso continuo del 56%, permaneciendo constante en 112 individuos, de igual manera para los 178 días disminuye alcanzando 33 insectos por trampa.

El orden Hymenoptera para los 75 días alcanza su máximo de 172 individuos, con respecto a los 105 días se registra un descenso continuo del 46%, aunque para los 120 días se manifiesta un leve incremento del 33%, mientras que para los 135 y 165 días se evidencia una disminución del 16%, de la misma manera disminuye en los 178 días, contabilizando alrededor de cuatro adultos por trampa.

En cuando los órdenes siguientes como Coleoptera, a lo largo de la evaluación se obtuvo un promedio de dos ejemplares; en el orden Hemiptera se contabilizó 13 ejemplares a los 30 días, mientras que en el orden Lepidoptera se obtuvo casi cinco ejemplares.

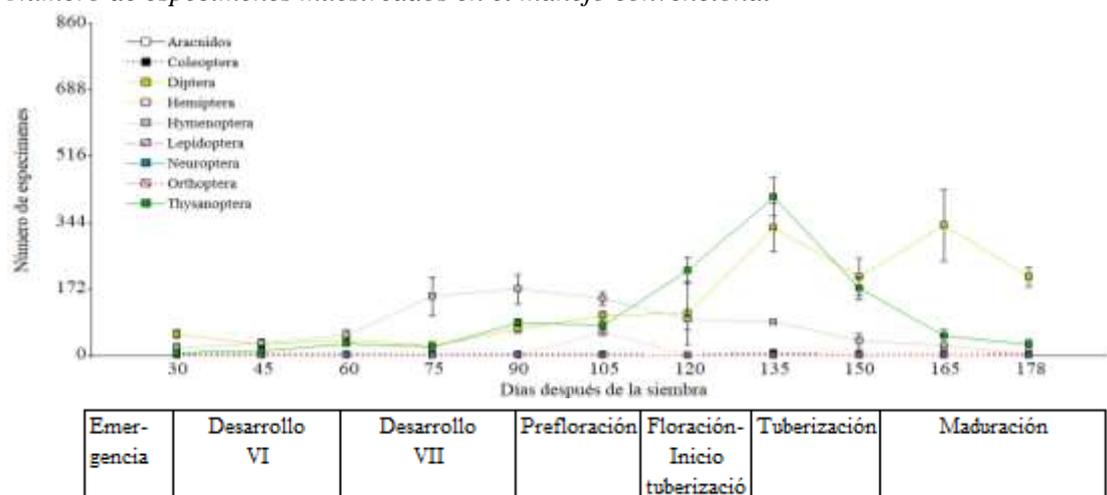
d) *Manejo convencional*

En el manejo convencional (figura 36) se evidenció que el orden díptera en los 30 hasta los 105 días alcanza un total 102 individuos, mientras que para los 135 días se manifestó un incremento del 69%, sin embargo, para los 150 días disminuye en un 38%. Para los 165 días se contabiliza un total de 337 individuos, existiendo una disminución del 39%.

En el orden Thysanoptera se visualiza que a partir de los 30 días hasta los 105 días alcanza un total de 84 individuos, manifestando que para los 135 días se observa un incremento el 81%, sin embargo, para los 150 a 178 días empieza a decrecer en un 84% alcanzando un total de 27 insectos por trampa.

**Figura 36**

Número de especímenes muestreados en el manejo convencional



Mencionando al orden Hymenoptera que indica una dinámica poblacional móvil que para los 30 días se observan 19 individuos, de tal manera que hasta los 90 días se incrementa en un 69% con 171 adultos, posteriormente se visualiza un descenso continuo del 40% hasta los 178 días, registrando en la última evaluación un total de dos individuos por trampa.

Para el resto de ordenes se obtuvo que los arácnidos únicamente se registró un solo ejemplar, en el orden Coleoptera se contabilizó para el día 35 un máximo de 10 ejemplares y a lo largo del ciclo un promedio de tres, en el orden Hemíptera la cantidad de especímenes representativa fue para el día 105 con un total de 178 especímenes y para los demás días se mantuvo con un promedio de tres especímenes, dentro del orden Lepidoptera tuvo su mayor registro con tres insectos.

Los resultados obtenidos en esta investigación coinciden con los reportados por Zalazar y Salvo (2007) quienes indican que la abundancia de órdenes de insectos aumentan con el uso de prácticas amigables con el ambiente, por lo que indica que el alto número de individuos del orden Hymenoptera es indicador de bajo disturbio, así el incremento de este orden coincide con lo propuesto por varios autores La Salle y Gauld (1993) ya que la disminución de agroquímicos, incrementa la población, esto podría ser una de las razones para encontrar alta población de este tipo de orden, encontrándose a los 135 días a *B. bassiana* con 179 insectos en comparación con manejo convencional que se registró solamente 85 individuos, infiriendo que la alta aplicación de químicos afecta a uno de los órdenes benéficos que intervienen en la polinización, predación y parasitismo.

El orden Thysanoptera fue el segundo más encontrado, representando a los trips (*Frankliniella* spp.) que dentro de esta investigación se encontró en la fase de floración-inicio de tuberización, puesto que autores (Vincini et al., 2014) manifiestan que se alojan mayoritariamente en las flores muestreando el 60% de la población, sin embargo, en este estudio se registró en *B. bassiana* a los 135 días con la mayor población de 506 insectos, mientras que en *M. anisopliae* con 462 y convencional con 411 menos y en *P. fumosoroseus* con 258.

#### 4.5. Rendimiento

En la variable rendimiento se realizó el análisis de varianza LSD Fisher, en donde se evidencia que existe interacción (tabla 15) entre el tipo de manejo y la categoría de clasificación de los tubérculos de primera, segunda y tercera ( $F=1.07$ ;  $gl=6, 22$ ;  $p=0.0401$ ).

**Tabla 15**

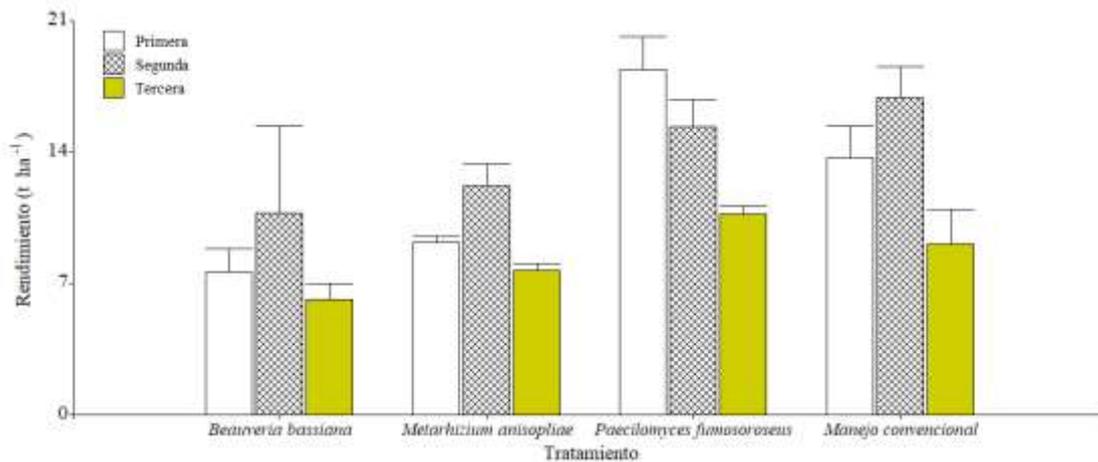
*ADEVA por categoría y manejo del rendimiento del cultivo de papa*

Fuentes de variación	Gl-FV	GL-Error	F-Value	p-value
Manejo	3	22	8.73	0.0005
Categoría	2	22	9.48	0.0011
Manejo:Categoría	6	22	1.07	0.0401

El rendimiento del cultivo (figura 37) en el manejo de *B. bassiana* alcanzó una media de 17.3 t/ha, de los cuales 31% fueron de primera, el 43% de segunda y el 25% de tercera, mientras que *M. anisopliae* alcanzó alrededor de 20.8 t/ha, indicado el 31% de primera, 41% de segunda y 26% de tercera.

**Figura 37**

*Rendimiento de tubérculos por medio de categorías (primera, segunda y tercera) con control biológico y manejo convencional*



En cambio, en el manejo de *P. fumosoroseus* se obtuvo un promedio de 33.5 t/ha, obteniendo de primera el 41%, de segunda 34% y de tercera el 24%, mientras que, para el manejo convencional se registró 27.8 t/ha obteniendo el segundo con mayor promedio de tubérculos cosechados, destacando el 34% de primera, el 42% de segunda y el 22% de tercera.

Munyanza (2012) menciona que, si las plantas se infectan antes de la etapa de formación del tubérculo, estas mueren rápidamente y tampoco producen tubérculo, por lo tanto, en esta investigación se afirma que la presencia del psílido se evidenció pasada esta etapa, ya que en todos los manejos se obtuvo tubérculos, sin embargo, las plantas con zebra chip mostraron una fuerte reducción en la producción indicado que la categoría de tercera se encuentra con casi el 25% de rendimiento.

En la provincia de Tungurahua en la localidad de Chiquicha a una altitud de 2600 m.s.n.m. la variedad Superchola alcanzó alrededor de 34 t/ha (INIAP, 2021), en esta investigación se puede observar que en condiciones similares como rendimiento más bajo se encontró *B. bassiana* con 17.3 t/ha, mientras que el mayor rendimiento se encuentra a *P. fumosoroseus* con 33.5 t/ha, este valor se debe a la presencia de ninfas y adultos monitoreados en etapas de floración y tuberización, de tal forma se corrobora con Rubio et al. (2006) quienes registraron en lotes de papas hasta el 100% PMP, siendo similar con *B. bassiana* que obtuvo el 81% de frituras infectadas con Zebra chip, justificando el bajo rendimiento.

Sin embargo, en el manejo de *P. fumosoroseus* al tener el 36% de índice de PMP las plantas se vieron vigorosas lo que concuerda con la investigación de Calderón (2022) que con un 18% de incidencia tuvieron esas mismas características, contrastando lo mencionado (Rubio et al., 2013; Cuesta et al., 2021; Monteros et al., 2017) quienes resaltan que las plantas afectadas con PMP reducen significativamente su tamaño en un 25%, presentan enanismo y disminución de vigor.

Según Paucar et al. (2021) se ha reportado rendimientos de 40.74 t/ha, lo que indica que a menor infestación del insecto debido a la aplicación de insecticidas se registra el menor grado de enfermedad de PMP, por ende, el rendimiento es mayor, por lo tanto, en este estudio el mejor control del insecto fue por parte de *P. fumosoroseus* con 33.5 t/ha menor que el mencionado anteriormente, infiriendo que, si existe un control oportuno, el rendimiento es mayor.

En el manejo de *P. fumosoroseus* existe un incremento en el rendimiento y es superior al convencional, esto es debido a que este hongo influye en la transformación del fósforo del suelo, haciendo más disponible para las plantas a través de la liberación de sustancias (ácidos orgánicos, enzimas hidrolíticas) las cuales movilizan al fósforo y lo hace más asimilable (Fernández y Rodríguez, 2005; Salazar, 2022).

#### **4.6. Calidad del tubérculo**

En la variable calidad del tubérculo se realizó el análisis de varianza LSD Fisher, en donde se evidencia que existe interacción (tabla 16) entre el tipo de manejo y el daño del tubérculo con pesaje mayor a 80 g ( $F=5.64$ ;  $gl=12, 578$ ;  $p=0.0001$ ).

**Tabla 16**

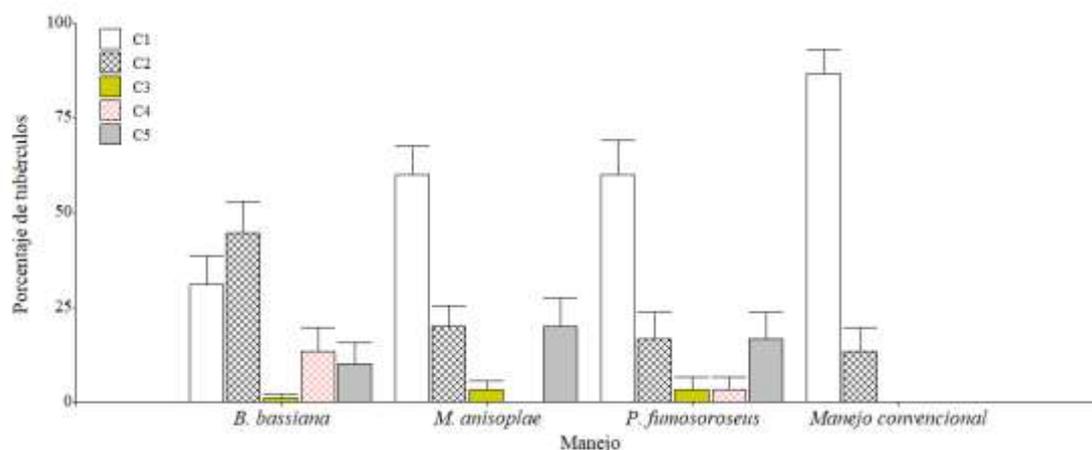
ADEVA sobre la calidad del tubérculo del cultivo de papa

Fuentes de variación	GL-FV	GL-FV Error	F-Value	p-value
Manejo	3	578	1.50	0.2122
Categoría	4	578	76.38	0.0001
Manejo:Categoría	12	578	5.64	0.0001

En el análisis de calidad de tubérculo (figura 38) se evidencia que, en los cuatro manejos, existe la presencia de tubérculos con fitoplasma o bacteria, siendo el manejo convencional el de mayor cantidad de tubérculos sanos con el 86%, seguido de *P. fumosoroseus* y *M. anisopliae* con el 60%, por lo contrario, en *B. bassiana* con el menor porcentaje de tubérculo sanos (31%).

**Figura 38**

Porcentaje de calidad de tubérculo en manejos con hongos entomopatógenos y manejo convencional



Mientras que para los tubérculos de mayor afección se evidenció que C4 y C5 (tabla 11) en el manejo de *B. bassiana* alcanza el 23%, seguido de *M. anisopliae* y *P. fumosoroseus* con el 20%, en cambio en el manejo convencional no se registró el daño en este rango de calificación.

Munyaneza et al. (2007) en su análisis indican que la gravedad de los síntomas es proporcional a la población del psílido, obteniendo 57% de zebra chip en tubérculos fritos, con 22 ninfas y 44 adultos por planta, por lo que esta investigación comparte cierta similitud con los autores alcanzando alrededor del 50% de afección, debido a que en las últimas etapas del cultivo la población del psílido aumento a 35 adultos por planta, por ende, el aumento del manchado incrementó.

En el estudio de Buchman et al. (2011) descubrieron que con tan solo un psílido adulto es capaz de inocular *Candidatus Liberibacter solanacearum* y causar la enfermedad de zebra chip después de un periodo de 72 horas y fue tan dañino como 25 psílido por planta, por lo que la respuesta a la enfermedad fue independiente de la densidad de psíldos (Munyaneza, 2012). En esta investigación se contabilizó entre uno y 35 psíldos, por lo

que se observa que en todos los manejos se registró el manchado, aunque en el manejo convencional fue el de menor afectación a comparación del control biológico que su afectación fue mayor.

Además, Henne et al. (2010) mencionan que los síntomas de zebra chip inducidos por *B. cockerelli* normalmente no aparecen hasta después de la floración, mientras que plantas enfermas por semilla aparecen poco después de la emergencia, por lo contrario, en este estudio se utilizó semilla certificada y libre de PMP, por lo cual la infección fue por la alimentación del insecto vector y transmisor de CLso, ya que los síntomas se observaron al final de la etapa de floración.

Dalgo (2020) indica que las pérdidas que ocasiona *Candidatus Liberibacter solanacearum* es del 58.54% en la variedad Superchola, este resultado en el presente fue menor con respecto a *P. fumosoroseus*, *M. anisopliae* y convencional, mientras que *B. bassiana* lo superó con 15% más de afectación, a pesar de la baja cantidad de ninfas encontradas Rubio et al. (2006) señala que de una a 25 ninfas por planta son capaces de transmitir la enfermedad, sin embargo, en esta investigación con la misma variedad de papa, se observa que al controlar la plaga con hongos, *P. fumosoroseus* presentó mayor control con solo el 40% de tubérculos infectados.

#### 4.7. Análisis económico

El costo de producción por hectárea del cultivo de papa bordea los 6 000 USD, siendo el manejo convencional el de mayores egresos y el de los hongos entomopatógenos el de menores egresos, aunque para la utilidad neta el de mayor beneficio fue *P. fumosoroseus*, debido a que fue el único de los manejos con el porcentaje más alto de categoría de primera (tabla 17), provocando que los ingresos sean superiores en comparación con los egresos, indicando un beneficio costo superior a uno en todos los manejos, indicando que existió ganancia, estos valores altos se deben a la temporada de mercado.

**Tabla 17**

*Análisis económico por hectárea en la producción de papa Superchola*

<b>Manejos</b>	<b>Ingresos USD</b>	<b>Rendimiento (t/ha)</b>	<b>Egresos (USD)</b>	<b>Utilidad neta (USD)</b>	<b>Beneficio Costo</b>
Convencional	9 779	27.8	6 423.78	3 355.21	1.52
<i>B. bassiana</i>	4 993	17.3	6 030.14	-1 037.14	0.83
<i>M. anisopliae</i>	6 111	20.8	6 049.04	61.96	1.01
<i>P. fumosoroseus</i>	12 020	33.5	6 144.38	5 875.62	1.96

En cuanto su comercialización el precio se estableció por medio del SIPA (Sistema de Información Pública Agropecuaria) que fue a 24.22 dólares el quintal en el mes de diciembre del año 2021, justificando los altos ingresos que comprenden desde los 5 963 hasta los 14 317 (tabla 17), sin embargo, por la calidad y la afectación de PMP los precios

variaron. El manejo de *P. fumosoroseus* fue el mayor costo/beneficio de \$1.96 que indica que por cada dólar invertido se gana \$0.96, en cambio para *B. bassiana* que tiene \$0.83 lo que significa que no existe ganancia.

Según INIAP (2021) el costo de producción bordea alrededor de 6 929 dólares, el incremento de este valor dependió de los altos costos de fertilizantes sintéticos (Tabla 18), de tal manera que esta investigación tiene cierta similitud, ya que para la fecha de adquisición de los fertilizantes fue alta lo que representó el 45% del costo de producción (Anexos A,B,C,D), por lo contrario que Basantes et al. (2020) que el costo de producción estaba en 3 563 por hectárea, donde la mano de obra fue el de mayor costo.

**Tabla 18**

*Porcentaje de costos de producción con hongos entomopatógenos y manejo convencional*

Actividad	Costo de producción (%)			
	Convencional	<i>B. bassiana</i>	<i>M. anisopliae</i>	<i>P. fumosoroseus</i>
Preparación del suelo	3	4	4	4
Mano de obra	16	17	17	17
Insumos	16	16	16	17
Fertilizantes	43	45	45	45
Insecticidas/ hongo entomopatógeno	5	3	3	3
Fungicidas	4	2	2	2
Coadyuvantes	1	1	1	1
Costos indirectos	13	13	13	13
<b>COSTO TOTAL (%)</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Por otra parte, los ingresos de *B. bassiana* son bajos, a causa de que el rendimiento fue de 17.3 t/ha en comparación al resto de manejos, esto debido a que el ataque de *B. cockerelli* según Castillo (2019) manifiesta que puede disminuir de 80% al 100% de rendimiento, por causa de la enfermedad de PMP que dentro de esta investigación alcanzó el 80% de incidencia, generando una producción relativamente baja.

# CAPÍTULO V

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- En la presente investigación se contabilizó la presencia de *Bactericera cockerelli* S. en los distintos estadios, a los 120 días entre la etapa de floración e inicio de tuberización hasta finalizar el cultivo.
- Se registró un máximo de tres huevos en todos los tratamientos de control biológico, además se cuantificó menos de una ninfa por planta y en adultos se muestreo 35 adultos siendo la mayor población registrada en *B. bassiana*, mientras que al finalizar las últimas etapas se evidenció que en todos los manejos tanto huevos como adultos se registran menos de uno debido a la afectación de estos microorganismos.
- Se identificó siete órdenes de los cuales se encuentran dípteros, hemípteros, himenoptera, lepidoptera, thysanoptera, arcnidos y coleoptera siendo el orden díptera el de mayor población insectil en los cuatro tratamientos.
- Al hongo entomopatógeno *Paecilomyces fumosoroseus* se presentó con la menor cantidad de individuos (354 dípteros), seguido de *M. anisopliae* con mayor población de los mismos (551 dípteros) y *B. bassiana* fue el de mayor cantidad con 702 individuos, deduciendo que existió mayor mortalidad de insectos con *P. fumosoroseus* durante el ciclo del cultivo, evidenciando la afectación de plagas y controladores biológicos.
- El manejo que obtuvo mayor rendimiento se obtuvo con aplicación de *P. fumosoroseus* con 33 t/ha, seguido del manejo convencional con 27 t/ha, en cambio el menor rendimiento presentado fue *M. anisopliae* con 20 t/ha y *B. bassiana* con 17 t/ha.
- En el análisis económico con la mayor retribución económica fue con *P. fumosoroseus* ya que arrojó una ganancia de 0.96 ctvs. por cada dólar invertido, lo que implicó una mayor utilidad para el productor.

### 5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar un plan para evaluar la compatibilidad de fungicidas sintéticos aplicados por el productor con respecto a los hongos entomopatógenos (*B. bassiana*, *M.*

*anisopliae* y *P. fumosoroseus*) con la finalidad de determinar la viabilidad de uso y aceptación por parte de los agricultores.

- Implementar el uso de márgenes multifuncionales y control biológico como estrategias dentro del manejo integrado de plagas en el cultivo de papa.
- Evaluar el uso de hongos entomopatógenos y dosis de aplicación para el control de plagas de otras especies de solanáceas de importancia en el sector agropecuario.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexopoulos, C., y Mims, C. (1985). *Introducción A La Micología*. Omega.  
[https://www.academia.edu/34371426/Introducci3n\\_A\\_La\\_Micolog3a\\_C\\_Alexopoulos\\_C\\_Mims\\_Omega\\_1985\\_pdf](https://www.academia.edu/34371426/Introducci3n_A_La_Micolog3a_C_Alexopoulos_C_Mims_Omega_1985_pdf)
- Alzate, C., Gutiérrez, A., y Saldarriaga, Y. (2008). Patogenicidad de *Lecanicillium lecanii* (Fungi) sobre la garrapata *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) en laboratorio. *Revista Colombiana de Entomología*, 34(1), 90-97.
- Araujo, M., Cartagena, Y., Castillo, C., Cuesta, H., Monteros, J., Paula, N., Racines, M., Rivadeneira, J., Velásquez, J., León, J., Panchi, N., y Andrade, J. (2021). *Manual del cultivo de papa para pequeños productores*. INIAP.  
<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5672>
- Aupas, L. (2020). *Evaluación de la población de insectos polinizadores en plantas arvenses en la Granja Experimental "La Pradera" Chaltura, Imbabura*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Digital.  
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10339>
- Bahena, F. (2018). Manejo Agroecológico de Plagas. *Enlace Revista de la Agricultura de Conservación*, IX(43).  
[https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/19701/56637\\_43.pdf](https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/19701/56637_43.pdf)
- Basantes, F., Aragón, J., Albuja, L. M., y Vásquez, L. (2020). Diagnóstico de la situación actual de la producción y comercialización de la papa (*Solanum tuberosum*) en la Zona 1 del Ecuador, año 2019. *e-Agronegocios*, 6(2), 103-120.  
<https://revistas.tec.ac.cr/index.php/eagronegocios/article/view/5103/5286>
- Bermúdez, J. (2006). *Evaluación de Beauveria bassiana Vuill y Metarhizium Anisopliae Sorok en el combate de Imatidium neivai Bondar en palma africana (Elaeis guineensis Jacq.)*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Manabí]. Archivo digital.  
[https://doi.org/https://books.google.com.ec/books?id=o4IzAQAAMAAJ&prints=ec=frontcover&dq=beauveria+bassiana&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiayrjEw8\\_vAhVxU98KHYLIC\\_sQ6AEwAXoECAAQAg#v=onepage&q=beauveria+bassiana&f=false](https://doi.org/https://books.google.com.ec/books?id=o4IzAQAAMAAJ&prints=ec=frontcover&dq=beauveria+bassiana&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiayrjEw8_vAhVxU98KHYLIC_sQ6AEwAXoECAAQAg#v=onepage&q=beauveria+bassiana&f=false)
- Berry, P., y D'Arcy, W. (2018). *Solanales*. Encyclopedia Britannica:  
<https://www.britannica.com/plant/Solanales>
- Blanco, Y. (2016). El rol de las arvenses como componente en la biodiversidad de los agroecosistemas. *Cultivos Tropicales*, 37(4), 34-56.  
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10964.19844>
- Briones, M. (2011). *Efectividad biológica de entomopatógenos para el control de pulgón saltador Bactericera cockerelli (Sulc) en el cultivo de chile*. [Tesis de

pregrado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Repositorio Digital. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4309/T18622%20BRIONES%20MONTES,%20ANDRES%20%20TESIS.pdf?sequence=1>

- Buchman, J., Heilman, B., y Munyaneza, J. (2011). Effects of *Liberibacter-Infected Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae) density on Zebra Chip potato disease incidence, potato yield, and tuber processing quality. *Journal of Economic Entomology*, 104(6), 1783-1792.
- Bustamante, R. (2019). *Evaluación de Beauveria bassiana en el control biológico de larvas de la polilla Oidaematophorus espeletiae*. [Tesis de pregrado, Universidad de la Salle]. Archivo Digital. <https://ciencia.lasalle.edu.co/biologia/62/>
- Butler, C. D., y Trumble, J. (2012). The potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae): life history, relationship to plant diseases, and management strategies. *Terrestrial Arthropod Reviews*, 5, 87-111. [https://faculty.ucr.edu/~john/2012/TAR\\_Butler&Trumble\\_2012.pdf](https://faculty.ucr.edu/~john/2012/TAR_Butler&Trumble_2012.pdf)
- Caicedo, J., Simbaña, L., Calderón, D., Lalangui, K., y Rivera-Vargas, L. (2020). First report of ‘Candidatus *Liberibacter solanacearum*’ in Ecuador and in South America. *Australasian Plant Disease Notes*, 15(1). <https://doi.org/10.1007/s13314-020-0375-0>
- Calderón, O. (2022). *Incidencia y severidad de Bactericera cockerelli S. en cinco variedades mejoradas de papa (Solanum tuberosum L.) en Bolívar, Carchi*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Digital UTN. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/12175/2/03%20AGP%20321%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Calvo, K. (2021). *Transformación de un sistema de producción de papa (Solanum tuberosum L) convencional a un modelo de producción agroecológico*. [Tesis de pregrado, Universidad EARTH]. Archivo digital. <https://repositorio.earth.ac.cr/handle/UEARTH/140>
- Carballo, M., Hidalgo, E., y Rodríguez, A. (2004). Control biológico de insectos mediante hongos entomopatógenos. En M. Carballo, y F. Guharay (Edits.), *Control biológico de plagas agrícolas* (págs. 33-58). CATIE. [https://www.ciaorganico.net/documypublic/525\\_CONTROL\\_BIOLOGICO\\_DE\\_PLAGAS\\_AGRICOLAS.pdf](https://www.ciaorganico.net/documypublic/525_CONTROL_BIOLOGICO_DE_PLAGAS_AGRICOLAS.pdf)
- Carrillo, M. T., y Blanco, A. (2009). Potencial y Algunos de los Mecanismos de Acción de los Hongos. Entomopatógenos para el Control de Insectos Plaga. *Acta Universitaria Dirección de Apoyo a la Investigación y al Posgrado*, 19(2), 40-49. <https://doi.org/https://doi.org/10.15174/au.2009.102>
- Castillo Carrillo, C., Paltrinieri, S., Buitrón, J., y Bertaccini, A. (2018). Detection and molecular characterization of a 16SrI-F phytoplasma in potato showing purple

- top disease in Ecuador. *Australasian Plant Pathol*, 47, 311-315.  
<https://doi.org/10.1007/s13313-018-0557-9>
- Castillo, C. (2019). Punta morada de papa en Ecuador, actualidad. En J. Rivadeneira, M. Racines, y X. Cuesta (Edits.), *Memorias del VIII Congreso ecuatoriano de la papa "Soberanía Alimentaria y Nutrición"* (págs. 21-22).  
<https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/107869>
- Castillo, C., y Llumiquinga, P. (2021). *Manual para reconocer e identificar al psílido de la papa (Bactericera cockerelli Sulc) en campo y laboratorio. Manual técnico No. 121*. Quito-Ecuador: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
- Castillo, J. (2002). *Destino del hongo entomopatógeno Paecilomyces fumosoroseus (Wize y Brown) (Deuteromycotina: Hyphomycetes) en suelos agrícolas*. [Tesis de posgrado, Universidad Autónoma de Nuevo León]. Archivo digital.  
<http://eprints.uanl.mx/6768/1/1080124409.PDF>
- Celis, A., Mendoza, C., y Pachón, M. (2009). Uso de extractos vegetales en el manejo integrado de plagas, enfermedades y arvenses. *Temas Agrarios*, 14(1), 5-16.  
<https://doi.org/10.21897/rta.v14i1.1205>
- Centre for Agricultural Bioscience International [CABI]. (2019). *Bactericera cockerelli (psílido de tomate / papa*. CABI Compendium.  
<https://www.cabi.org/isc/datasheet/45643#tosummaryOfInvasiveness>
- Centro Internacional de la Papa [CIP]. (2020). *Papa*. Cipotato:  
<https://cipotato.org/es/potato/>
- Chan, W., Ruiz, E., Cristóbal, J., Pérez, A., Munguía, R., y Lara, J. (2010). Desarrollo in vitro de cuatro cepas nativas de Paecilomyces Fumosoroseus y su patogenicidad en estados inmaduros de mosquita blanca. *Agrociencia*, 44(1).  
<http://www.scielo.org.mx>
- Chimbo, M. (2021). *Evaluación de métodos alternativos de control de Paratrioza (Bactericera cockerelli Sulc.) en cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) en San Luis, Riobamba, Chimborazo*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Dirección de Bibliotecas y Recursos para el Aprendizaje e Investigación. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/2646>
- Chiriboga, H., Gómez, G., y Garcés, K. (2015). Protocolos para formulación y aplicación del bioinsumo: Beauveria bassiana, hongo entomopatógeno para el control biológico de hormigas cortadoras (Ysaú). IICA.
- Chirinos, D., Castro, R., Cun, J., Castro, J., Peñarrieta, B., Solis, L., y Geraud, F. (2019). Los insecticidas y el control de plagas agrícolas: la magnitud de su uso en cultivos de algunas provincias de Ecuador. *Ciencia y Tecnología*

*Agropecuaria*, 21(1), 1-16.

<https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/1276>

- Cordova, V. A. (2019). *Control de la Bactericera cockerelli (paratrioza) en el cultivo de papa mediante el monitoreo en campo en el Cantón Montufar, Provincia del Carchi*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. Archivo digital. Universidad Técnica de Babahoyo:  
<http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6458/E-UTB-FACIAG-ING-AGRON-000169.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cortez, H. (2007). Production of *Lecanicillium* (= *Verticillium*) *lecanii* in different media and pathogenicity. *Agricultura Técnica En México*, 33(1), 83-87.  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0568-25172007000100009&script=sci\\_abstract&tlng=en](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0568-25172007000100009&script=sci_abstract&tlng=en)
- Crizón, M. (2017). *Identificación molecular del fitoplasma causante de la punta morada de la papa y ensayos de resistencia sistémica adquirida*. [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Archivo Digital.  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13057/1/T-UCE-0004-43-2017.pdf>
- Cruz, V. S. (2005). *Epidemiología de la Punta Morada de la Papa en la Región Sur de Coahuila y Nuevo León*. [Tesis de posgrado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Repositorio digital Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/3642>
- Cuesta, X. (2019). Desarrollo de estrategias de manejo integrado de la enfermedad denominada "Punta Morada" de la papa. En J. Rivadeneira, M. Racines, y X. Cuesta (Edits.), *En libro de memorias: VIII Congreso ecuatoriano de la papa* (págs. 63-64). Ambato, Ecuador.  
<https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5359>
- Cuesta, X., Peñaherrera, D., Velásquez, J., y Castillo, C. (2018). *Guía de Manejo de la Punta Morada de la papa*. INIAP.  
[https://doi.org/https://issuu.com/cotopaxinoticias/docs/gu\\_a\\_de\\_manejo\\_de\\_la\\_punta\\_morada\\_d](https://doi.org/https://issuu.com/cotopaxinoticias/docs/gu_a_de_manejo_de_la_punta_morada_d)
- Cuesta, X., Peñaherrera, D., Velásquez, J., Racines, M., y Castillo, C. (2021). *Guía de manejo de la punta morada de la papa. Segunda Edición. Manual técnico No.104*. Quito (Ecuador): Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.  
<https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5345>
- Dalgo, M. (2020). *Evaluación de un sistema de manejo integrado de Bactericera cockerelli y su relación con punta morada de la papa en Tumbaco, Pichincha*. [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Digital Universidad Central del Ecuador.  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/21455>

- Delgado, P. (2016). *Control microbiano de insectos plaga [Diapositivas de PowePoint]*. Departamento de Zoología Agrícola, Universidad Central del Venezuela.  
[http://www.ucv.ve/fileadmin/user\\_upload/facultad\\_agronomia/Zoologia\\_Agricola/Manejo\\_Integrado/Competencia3/Clase\\_de\\_Control\\_Microbiologico\\_2016.pdf](http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Zoologia_Agricola/Manejo_Integrado/Competencia3/Clase_de_Control_Microbiologico_2016.pdf)
- Devaux, A., Ordinola, M., Hibon, A., y Flores, R. (2010). *Diagnóstico y elementos para una visión estratégica (Bolivia, Ecuador y Perú)*. Centro Internacional de la Papa. <https://issuu.com/internationalpotatocenter/docs/005363>
- Escobedo, H., Baheria, F., y Alvarado, C. (2018). Plantas que favorecen la biodiversidad funcional en el agroecosistema. *La Revista de La Agricultura de Conservación*, 15-19. [www.cimmyt.org](http://www.cimmyt.org),
- Espinoza, J. (2020). *Evaluación de tres estrategias de manejo de punta morada de la papa en dos categorías de semilla en Tumbaco Pichincha*. [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Archivo Digital.  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/21456/1/T-UCE-0004-CAG-245.pdf>
- Evans, H., y Samson, R. (1982). Entomogenous fungi from the Galapagos Islands. *Canadian Journal of Botany*, 6(11), 2325–2333.
- Fernández, M., y Rodríguez, H. (2005). El papel de la solubilidad de fósforo en los biofertilizantes microbioanos. *Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA)*, XXXIX(3), 27-34.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223120688005>
- García, A., Garza, J., Rebollar, E., Rodríguez, M., y Reyes, F. (2011). Transmission of *Beauveria bassiana* from male to female *Aedes aegypti* mosquitoes. *Parasites y Vectors*, 4(24), 1-6.
- García, F. (2000). *Control biológico de plagas: manual ilustrado*. Corporación Colombiana de investigación agropecuaria-AGROSAVIA, PRONATTA.  
<https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/16273>
- Godoy, J., Valera, R., Guédez, C., Cañizalez, M., y Castillo, C. (2007). Determinación de temperatura y humedad óptima para la germinación y esporulación de cinco aislamientos de *Beauveria bassiana*. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 24, 415-425. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-78182007000300002&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182007000300002&lng=es&tlng=es).
- Góngora, C., Marín, P., y Benavides, P. (2009). *Claves para el éxito del hongo Beauveria bassiana como controlador biológico de la bronca del café*. Cenicafe.  
<https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0384.pdf>

- Gutiérrez, R. (2017). *Detección de “Candidatus Liberibacter solanacearum” en Poblaciones de Bactericera cockerelli y su Relación con la Temperatura*. [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Repositorio digital Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahila, México.  
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/42456>
- Henne, D., Workneh, F., Wen, A., Prince, J., Pasche, J., Gudmestad, N., y Rush, C. (2010). Characterization and epidemiological significance of potato plants grown from seed tubers affect by zebra chip disease. *The American Phytopathological society*, 94, 659-665.
- Horngren, C. (2000). *Introducción a la contabilidad financiera*. Pearson educación.  
[https://www.google.com.ec/books/edition/Introducci%C3%B3n\\_a\\_la\\_contabilidad\\_financie/-BJyun6IDP8C?hl=es&gbpv=1&dq=utilidad+neta+libro&printsec=frontcover](https://www.google.com.ec/books/edition/Introducci%C3%B3n_a_la_contabilidad_financie/-BJyun6IDP8C?hl=es&gbpv=1&dq=utilidad+neta+libro&printsec=frontcover)
- Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera [IFAPA]. (2019). *Márgenes multifuncionales para una mayor biodiversidad*. Consejería de Agricultura, Pesca, Agua y Desarrollo Rural:  
<https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/web/noticias/margenes-multifuncionales-para-una-mayor-biodiversidad>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2020). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) abril 2019*.  
[https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac-2019/Presentacion%20de%20los%20principales%20resultados%20ESPAC%202019.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2019/Presentacion%20de%20los%20principales%20resultados%20ESPAC%202019.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2022). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) abril 2022*.  
[https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac-2021/Bolet%C3%ADn%20t%C3%A9cnico.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2021/Bolet%C3%ADn%20t%C3%A9cnico.pdf)
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). (2016). *Costos de producción de papa variedad fripapa*.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP]. (2014). *Cultivo de papa (Solanum tuberosum)*. INIAP: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mraiz/rpapa>
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP]. (2021). *Ficha técnica de la variedad de papa INIAP-SuperFri*. INIAP:  
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5768/1/2.%20Ficha%20T%C3%A9cnica%20variedad%20INIAP%20SuperFri.pdf>

- Kuno, G., Mulett, J., y De Hernández, M. (1982). *Patología de insectos con énfasis en las enfermedades infecciosas y sus aplicaciones en el control biológico*. Universidad del Valle.  
<https://catalogosiidca.csuca.org/Record/UES.51625/Details>
- La Salle, J., y Gauld, I. (1993). Hymenoptera: Their diversity, and their impact on the diversity of other organisms. *Institute of Entomology Publications*, 1-26.  
<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19931171651>
- Lacey, L., De la Rosa, F., y Horton, D. (2009). Insecticidal activity of entomopathogenic fungi (Hypocreales) for potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae): Development of bioassay techniques, effect of fungal species and stage of the psyllid. *Biocontrol Science and Technology*, 19(9), 957-970. <https://doi.org/10.1080/09583150903243904>
- Lacey, L., Frutos, R., Kaya, H., y Vail, P. (2001). Insect pathogens as biological control agents: Do they have a future? *Biological Control*, 21(3), 230-248.  
<https://doi.org/10.1006/bcon.2001.0938>
- Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria [LORSA]. (s.f.). Capítulo IV: Sanidad e inocuidad alimentaria. En *Ley orgánica del régimen de la soberanía alimentaria*. <https://www.soberaniaalimentaria.gob.ec/pacha/wp-content/uploads/2011/04/LORSA.pdf>
- Liu, J. F., Zhang, Z. Q., Beggs, J., Paderes, E., y Wei, X. Y. (2019). Lethal and sublethal effects of entomopathogenic fungi on tomato/potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Šulc) (Hemiptera: Triozidae) in capsicum. *Crop Protection*, 1-20.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219419303692>
- López, L., y Hans, J. (2001). Biodiversidad del suelo : control biológico de nematodos fitopatógenos por hongos nematófagos. *Cuadernos de la Biodiversidad*, 12-15.  
<http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/1152>
- Macías, A., Díaz, M., Ramos, M., Navarro, S., Espinosa, G., y Ruiz, D. (2013). Estudio del hongo entomopatógeno *Isaria fumosorosea* como control microbiológico de la mosquita blanca *Bemisia tabaci*. *Interciencia*, 38(7), 523–527.  
<https://www.redalyc.org/pdf/339/33928556008.pdf>
- Marín-Jarrilo, A., Garzón-Tiznado, J. A., Becerra-Fiora, A., Majía-Avila, C., Bujanos-Miñíz, R., y Byerly-Murphy, K. F. (1995). Ciclo biológico y morfología del salerillo *Paratrioza cockerelli* (Sulc.) (Homoptera:Psyllidae) Vector de la enfermedad "Permanente del jitomate" en el Bajío. *Manejo Integrado de Plagas*(38), 25-32.  
[https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7237/Ciclo\\_biologico\\_y\\_morfologia\\_del\\_salerillo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7237/Ciclo_biologico_y_morfologia_del_salerillo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Martin, N. (2008). Host plants of the potato / tomato psyllid : a cautionary tale. *The Weta*, 35, 12-16.  
[https://www.researchgate.net/publication/268293038\\_Host\\_plants\\_of\\_the\\_potato\\_tomato\\_psyllid\\_a\\_cautionary\\_tale](https://www.researchgate.net/publication/268293038_Host_plants_of_the_potato_tomato_psyllid_a_cautionary_tale)
- Martin, N. A. (2018). *Tomato potato psyllid - Bactericera cockerelli*. .  
<https://doi.org/https://nzacfactsheets.landcareresearch.co.nz/factsheet/InterestingInsects/ Tomato-potato-psyllid---Bactericera-cockerelli.html>
- Martínez, M., Del Toro, M., Sánchez, A., Rodríguez, F., y Arevalo, J. (2017). Efecto de *Lecanicillium lecanii* (Zimm.) Zare y W. Gams cepa VL-01 sobre *Myzus persicae nicotianae* Blackman (Hemiptera: Aphididae) en condiciones de laboratorio. *Revista de Protección Vegetal*, 32(3), 1-5.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1010-27522017000300007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522017000300007)
- Mauchline, N. A., y Stannard, K. A. (2013). Evaluation of selected entomopathogenic fungi and bio-insecticides against *bactericera cockerelli* (Hemiptera). *New Zealand Plant Protection*, 66, 324-332.  
<https://doi.org/10.30843/nzpp.2013.66.5707>
- Mejía, G., Menjivar, A., y Nuñez, E. (2008). *Evaluación de hongos entomopatógenos como biocontroladores de Bactericera (Paratrioza) cockerelli (Homóptera: Psyllidae: Triozinae) en papa (Solanum tuberosum) a nivel de laboratorio*. [Tesis de pregrado, Universidad de el Salvador]. Archivo digital, Universidad de El Salvador. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/956/1/13100686.pdf>
- Melgoza, C. M., León, C. d., López, J., Hernández, L., Velarde, S., y Garzón, J. (2018). Presencia de *Candidatus Liberibacter solanacearum* en *Bactericera cockerelli* Sulc asociada con enfermedades en tomate, chile y papa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(3), 499-509.  
<https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v9n3/2007-0934-remexca-9-03-499.pdf>
- Miles, G. P., Samuel, M. A., Chen, J., Civerolo, E. L., y Munyaneza, J. E. (2010). Evidence that cell death is associated with zebra chip disease in potato tubers. *American Journal of Potato Research*, 87, 337-349.  
<https://doi.org/10.1007/s12230-010-9140-9>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG]. (2019). *Informe de rendimientos objetivos de papa 2019*. Quito: Sistema de Información Pública Agropecuaria [SIPA].
- Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG]. (2021). *Boletín situacional cultivo de papa*. Quito-Ecuador. MAG.  
[http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/situacionales/2021/boletin\\_situacional\\_pa\\_pa\\_2021.pdf](http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/situacionales/2021/boletin_situacional_pa_pa_2021.pdf)

- Ministerio de Agricultura y Ganadería MAG . (2018). *Boletín situacional de la papa*. Quito: Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA).
- Molina, J., Santos, B., y Aguilar, L. (2004). *Guía MIP en el Cultivo de la Papa*. INTA-Managua. <https://doi.org/10.1051/oivconf/20140500>
- Montaldo, A. (1984). *Botánica (Taxonomía y valor agronómico de las papas)*. IICA. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/6793>
- Montalva, C. (2008). *Evaluación de la virulencia de dos cepas de Lecanicillium lecanii (Zimm.) Zare y Gams para el control biológico de Cinara cupressi (Buckton)*. [Tesis de pregrado, Universidad Austral de Chile]. Archivo digital. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/fifm763e/doc/fifm763e>
- Monteros, C., Comina, P., Rivadeneira, J., Suquillo, J., Sevillano, C., Mallamas, A., y Cuesta, X. (2021). Evaluación del comportamiento agronómico y calidad industrial de variedad de papa con aptitud para procesamiento de bastones fritos. En P. Kromann, X. Cuesta, B. Montero, P. Cuasapaz, A. León, y A. Chulde, *Memorias del VII Congreso Ecuatoriano de la Papa* (págs. 61-62). <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4447>
- Moreno, E. (2020). *Evaluación de un bactericida para el manejo del complejo punta morada en dos categorías de semilla de papa variedad superchola*. [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio digital Universidad Central del Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/21983>
- Morocco, V. (2017). *Efecto de hongo nativos entomopatógenos sobre la hembra adulta de Orthezia olivivola Beingolea 1965 (Hemiptera: Ortheziidae) "Queresa móvil del Olivo"*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio digital UNSA, [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/284e5cca-72c3-46c5-ae96-07607af63136>
- Munyanza, J. (2012). Zebra chip disease of potato: Biology, epidemiology, and management. *American Journal of Potato Research*, 89, 329-350. <https://doi.org/10.1007/s12230-012-9262-3>
- Munyanza, J. E., Crosslin, J. M., y Upton, J. E. (2007). Association of *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) with "Zebra Chip" a New Potato Disease in Southwestern United States and Mexico. *Journal of Economic Entomology*, 100(3), 656-663. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17598522/>
- Naranjo, A. (2017). *La otra guerra: la situación de los plaguicidas en el Ecuador*. Quito: Agencia Ecologista de Información-Tegantai. [https://issuu.com/swissaidecuador/docs/plaguicidas\\_web](https://issuu.com/swissaidecuador/docs/plaguicidas_web)

- Nicholls, C. (2008). *Control Biológico de Insectos: Un enfoque agroecológico*. Editorial Universidad de Antioquia.  
<https://books.google.com.ec/books?id=LPwcidQx3TkC&printsec=frontcover&dq=manejo+agroecologico+de+plagas&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwi9m4ufotTvAhXNct8KHZULBigQ6AEwAXoECAIQAg#v=onepage&q=manejo+agroecologico+de+plagas&f=false>
- Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria [OIRSA]. (2015). *El psílido de la papa y tomate *Bactericera* (=Paratriozia) cockerelli (Sulc) (Hemiptera: Triozidae): ciclo biológico; la relación con las enfermedades de las plantas y la estrategia del manejo integrado de plagas en la región del OIRSA*. Tauro S.A.  
<https://www.oirsa.org/contenido/Manual%20Bactericera%20Cockerelli%20version%201.3.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2003). Resistencia a los antiparasitarios Estado actual con énfasis en América Latina. *Agriculture and Agricultural Science And Technology Informatio*, 157(51), 1-59. <https://agris.fao.org/agris>
- Organización para los Pueblos Indígenas y Campesinos [OPIC]. (2013). *Protección contra plagas y enfermedades. In Manual de Manejo Sustentable del Cultivo de Jitomate*.  
<https://books.google.com.ec/books?id=S52cpdbQcOgC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Ortiz, A., y Valdivia, R. (2011). Efecto de la temperatura y humedad relaiva sobre el desarrollo de los hongos entomopatógenos. *Revista Biociencias*, 1(2), 42-53.  
<https://revistabiociencias.uan.edu.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/14>
- Oyarzún, P., Chamorro, F., Córdova, J., Merino, F., Valverde, F., y Velázquez, J. (2002). Manejo agronómico. En M. Pumisacho, y S. Sherwood, *Manejo integrado de plagas y enfermedades en el cultivo de papa en Ecuador* (págs. 51-84). CIP E INIAP. <https://cipotato.org/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/Pumisacho%20y%20Sherwood%20Cultivo%20de%20Papa%20en%20Ecuador.pdf>
- Oyarzún, P., Gallegos, P., Asaquibay, C., Forbes, G., Ochoa, J., Paucar, B., Prado, M., Revelo, J., Sherwood, S., y Yumisaca, S. (2002). El cultivo de la papa en Ecuador. En M. Pumisacho, y S. Sherwood (Edits.), *Manejo integrado de plagas y enfermedades* (págs. 85-169). Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina/ CIP. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2806>
- Palacio, E. (2021). *Autodiseminación de hongos entomopatógenos endémicos de Aguascalientes para el control de *Bactericera cockerelli* en Jitomate (*Solanum lycopersicum*)*. [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Aguascalientes].

Archivo digital.

<http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/11317/2139/454398.pdf?sequence=1>

- Palem, P. (2010). Impact of different relative humidities on in vitro growth and sporulation of entomopathogenic fungal isolates of *Beauveria* species. *International Journal of Pharmaceutical and Biological Archive*, 1(4), 355-359. <https://www.semanticscholar.org/paper/Impact-of-Different-Relative-Humidities-on-In-vitro-Palem/11b32e232e7bda925e396c7515943b2b118d680e>
- Paspuezán, M. A. (2019). “Daños de *Bactericera cockerelli* en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*)”, en el barrio Eloy Alfaro, Parroquia La Libertad”. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. Repositorio digital Universidad Técnica de . <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/7190>
- Paucar, B., Guachamin, O., Peñaherrera, D., Caicedo, J., Jing, K., y Villavicencio, A. (2021). Evaluación de cuatro estrategias de rotación de insecticidas para control de *Bactericera cockerelli*. En M. Racines, X. Cuesta, J. Rivadeneira, y J. Pantoja, *Memorias del IX Congreso Ecuatoriano de la Papa* (págs. 67-68). <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5746/1/iniapsc407.pdf>
- Poprawski, T., Parker, P., y Tsai, J. (1999). Laboratory and field evaluation of hyphomycete insect pathogenic fungi for control of brown citrus aphid (Homoptera: Aphididae). *Environmental Entomology*, 28(2), 315-321. <https://academic.oup.com/ee/article/28/2/315/486446>
- Prager, S. M., y Trumble, J. T. (2018). Chapter 7 -Psyllids: Biology, Ecology, and Management. En W. Wakil, G. Brust, y T. Perring, *Sustainable Management of Arthropod Pests of Tomato* (págs. 163-181). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802441-6.00007-3>
- Puetate, L. (2019). *Alternativas de fertilización para el cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.) con el empleo de micorrizas, microorganismos solubilizadores de fósforo y biol de producción local en El Ejido, Montúfar, Carchi*. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Estatal del Carchi]. Repositorio digital UPEC. <http://repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/764>
- Racines, M., Jaramillo, P., Rivadeneira, J., Huashi, C., y Cuesta, X. (2021). Estimación del impacto de estrategias para el manejo y control químico de *Bactericera cockerelli*, vector de papa rayada en papa. En M. Racines, X. Cuesta, J. Rivadeneira, y J. Pantoja, *Memorias del IX Congreso Ecuatoriano de la Papa* (págs. 99-101). <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5746/1/iniapsc407.pdf>
- Ramos, R. (2018). *Fluctuación poblacional de Bactericera cockerelli Sulc. (Hemíptera: Trioizidae) e incidencia de punta morada (Candidatus Liberibacter, solanacearum) en lotes comerciales de papa (Solanum tuberosum L.)*. [Tesis de

- pregrado, Universidad Nacional Agraria]. Archivo digital.  
<https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf04r457b.pdf>
- Román, M., y Hurtado, G. (2002). *Guía Técnica: Cultivo de la Papa*. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal [CENTA].  
<http://istphuancane.pe.tripod.com/docs/agrop/papa.pdf>
- Rubio, O., Almeyda, I., Ireta, J., Sánchez, J., Fernández, R., Borbón, J., Díaz, C., Garzón, J., Rocha, R., y Cadena, M. (2006). Distribución de la punta morada y *Bactericera cockerelli* Sulc. en las principales zonas productoras de papa en México. *Agricultura Técnica en México*, 32(2), 201-211.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0568-25172006000200008&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172006000200008&lng=es&tlng=es).
- Rubio, O., Cadena Hinojosa, M., y Vázquez Carrillo, G. (2013). Manejo integrado de la punta morada de la papa en el Estado de México. Folleto técnico Núm 2. INIFAP-CIRCE Campo Experimental Valle de México. Sitio Experimental Metepec.  
[https://www.researchgate.net/publication/270219398\\_Manejo\\_integrado\\_de\\_la\\_punta\\_morada\\_de\\_la\\_papa\\_en\\_el\\_estado\\_de\\_Mexico](https://www.researchgate.net/publication/270219398_Manejo_integrado_de_la_punta_morada_de_la_papa_en_el_estado_de_Mexico)
- Salazar, K. (2022). *Evaluación de hongos entomopatógenos en el control de Bactericera cockerelli Sûlc en el cultivo de papa (Solanum tuberosum L.), Caranqui, Imbabura*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio digital UTN. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/12598>
- Sánchez-Peña, S., Casas-De-Hoyo, E., Hernandez-Zul, R., y Wall, K. (2007). A comparison of the activity of soil fungal isolates against three pests. *Journal of Agricultural and Urban Entomology*, 24(1), 43-48.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3954/1523-5475-24.1.43>
- Shannon, P. (1996). Hongos entomopatógeno. En L. Hilje, *Metodologías para el estudio y manejo de moscas blancas y germinivirus* (págs. 60-68). CATIE. Unidad de fitoprotección. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/3117>
- Shelton, A. (2011). *What is Biological Control?* Cornell University-College of Agriculture and Life Sciences:  
<https://biocontrol.entomology.cornell.edu/what.php>
- Sifuentes, E., Macías, J., Apodaca, M., y Cortez, E. (2008). *Predicción de la fenología de papa: Principios y aplicaciones prácticas*. Sinaloa.  
<https://www.fps.org.mx/portal/index.php/component/phocadownload/category/31-hortalizas?download=121:prediccion-de-la-fenologia-de-papa>
- Suárez, J. (2014). *Epidemias inducidas de Beauveria bassiana en poblaciones controladas de Bactericera cockerelli (Hemiptera: Psyllidae)*. [Tesis de posgrado, Instituto Politécnico Nacional]. Archivo digital.

<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/16802/SUAREZ%20NU%C3%91EZ%20JANETTE%20-%20B120989.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Suquillo, J., Sevillano, C., Bastidas, E., Reina, E., y Chulde, K. (2019). Diagnóstico de la situación actual de *Bactericera cockerelli* en cultivos de papa del cantón Bolívar y parte del cantón Montúfar, provincia del Carchi. En J. Rivadeneira, M. Racines, y X. Cuesta, *Memorias del VIII Congreso Ecuatoriano de la Papa* (págs. 49-50). <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5355>
- Téllez-Jurado, A., Cruz Ramírez, M. G., Mercado Flores, Y., Asaff Torres, A., y Arana-Cuenca, A. (2009). Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos. *Revista Mexicana de Micología*, 30, 73-80. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-31802009000200007](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802009000200007)
- Tocagón, S., Tocagón, S., Puma, B., Caibe, Y., Guacán, S., Prado, J., Aragón, J., Sánchez, I., Panchy, N., y Castillo, C. (2021). Dinámica poblacional de *Bactericera cockerelli* Šulc en papa (*Solanum tuberosum* L.) en Imbabura. En M. Racines, X. Cuesta, J. Rivadeneira, y J. Pantoja, *Memorias del IX Congreso Ecuatoriano de la Papa* (págs. 65-66). Ibarra. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5746/1/iniapsc407.pdf>
- Toledo, M. (2016). Manejo de la paratrioza (*Bactericera cockerelli*) en el cultivo de papa. Tegucigalpa -Honduras: Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria [DICTA], de la secretaría de Agricultura y Ganadería [SAG]. <http://repiica.iica.int/docs/B4174e/B4174e.pdf>
- Tschumi, M., Albrecht, M., Bartschi, C., Collatz, J., Entling, M., y Jacot, K. (2016). Perennial, species-rich wildflower strips enhance pest control and crop yield. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 220, 97-103. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.01.001>
- Valbuena, A., Galindo, A., y Boyacá, Y. (2021). Efecto del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (balsamo) Vuillemin en el control de la oveja ked (*Melophagus ovinus*). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(2). [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609-91172021000200021](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172021000200021)
- Villanueva, O. K. (2015). “*Caracterización Molecular del Receptor de la Vitelogenina en Bactericera cockerelli [Sulc, 1909] (Hemiptera: Triozidae)*.” [Tesis de pregrado, UniUniversidad Autónoma de Nuevo León]. Repositorio académico digital UANL. <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/9183>
- Villegas, F. (2011). *Hongos entomopatógenos para el control del psílido de la papa Bactericera cockerelli (Sulc) (Hemiptera: Triozidae) y su identificación molecular*. [Tesis de posgrado, Universidad Autónoma de San Luis Potosí].

Repositorio digital UASLP.

<https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/handle/i/3411?show=full>

- Vincini, A., Jacobsen, B., Tulli, M., Carmona, D., y López, R. (2014). Dinámica poblacional de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) y thrips tabaci Lindeman en cultivos de papa (*Solanum tuberosum*). *Entomotropica*, 29(1), 19-27.  
[http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_ento/article/view/6796](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_ento/article/view/6796)
- Wallis, R. L. (1995). *Ecological Studies on the Potato*. Ps. U.S.Department of Agriculture.  
[https://books.google.com.ec/books?id=s\\_fAFHpcG3oC&pg=PA9&dq=stages+of+potato+psyllid&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiF9JahovvrAhWkpFkKHxzCm0Q6AEwAHoECAAQA#v=onepage&q=stages+of+potato+psyllid&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=s_fAFHpcG3oC&pg=PA9&dq=stages+of+potato+psyllid&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiF9JahovvrAhWkpFkKHxzCm0Q6AEwAHoECAAQA#v=onepage&q=stages+of+potato+psyllid&f=false)
- Wenninger, E. J., y Rashed , A. (2022). Psyllids. En *Insect Pest of Potato: Global Perspectives on Biology and Management* (págs. 69-101).  
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85129347887&doi=10.1016%2fB978-0-12-821237-0.00004-4&partnerID=40&md5=492ad46e16f2713f82349112e5fbb547>
- Zalazar, L., y Salvo, A. (2007). Entomofauna asociada a cultivos hortícolas orgánicos y convencionales en Córdoba, Argentina. *Neotropical Entomology*, 36(5), 765-773.  
<https://www.scielo.br/j/ne/a/KhKVD4VFYRvGDKY69VkhXNS/abstract/?lang=es>
- Zarate, J. (1997). *Empleo de microorganismos entomopatógenos para el control biológico de la mosca doméstica (Musca domestica)*. [Tesis de posgrado, Universidad Autónoma de Nuevo León]. Archivo digital.  
<http://eprints.uanl.mx/7812/1/1020121315.PDF>
- Zúniga, C. (2011). *Texto básico de economía agrícola su importancia para el desarrollo local sostenible*. UNAN.

## ANEXOS

### Anexo A Costo de producción con manejo convencional en una hectárea

<b>COSTO DE PRODUCCIÓN DE PAPA (USD/ha)</b>						
	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	Porcentaje
<b>A. COSTOS DIRECTOS (CD)</b>						
<b>Preparación Suelo</b>	Análisis de suelo	Servicio de laboratorio	1	65	65	
	Arada, rastrada, cruza	horas/tractor	4	30	120	
	Surcado	horas/animal	5	7	35	3%
	<b>Sub total</b>				220	
<b>Mano de obra</b>	Siembra	jornal	10	12	120	
	Control fitosanitario	jornal	2	12	24	
	Deshierba y fertilización	jornal	15	12	180	
	Aporque	jornal	20	12	240	16%
	Corte follaje	jornal	3	12	36	
	Cosecha	jornal	35	12	420	
	<b>Subtotal</b>				1020	
<b>Insumos</b>	Semilla	qq	35	25	875	
	Costales	sacos	727	0,2	145,4	16%
	<b>Subtotal</b>				1020,4	
<b>Fertilizantes</b>	Diatomeas	kg	15	2,5	37,5	
	Sustancias húmicas	Kg	15	4	60	
	Eco-Abonaza	sacos	35	3	105	
	Yara vera amidas	sacos	35	37,8	1323	
	8-20-20	sacos	30	30,65	919,5	
	S- Zn	kg	5	2	10	
	B,-Cu- Fe- Mn- Mo- Zn	ml	5	6,5	32,5	
	K2O	ml	5	2,15	10,75	43%
	P2O5- K2O- Mg- B- Activadores metabólicos,-Algas marinas	kg	10	7,5	75	
	N-P- Aminoácidos	cc	6	4,5	27	
	P2O5- K2O- MgO- CaO- Fe- Mn- Zn-					
	Cu- Mo- B	g	6	8,5	51	
	P2O5- PO3- K2O- Zn- B	kg	7	8	56	
	P- K- B	ml	7	4,25	29,75	
		<b>Subtotal</b>				2737
<b>Insecticidas</b>	Acephate	g	4	3,1	12,4	
	Kenshi	g	4	8	32	
	Lambda-cyhalothrin	cc	4	8	32	
	Cyromazine	gr	4	5	20	
	Abamectin	cc	12	4,75	57	
	Methomyl	gr	4	2,5	10	
	Permethrin-Solvent naphta	cc	4	7,5	30	5%
	Diflubenzuron	cc	4	10	40	
	Amitraz-Nonylphenol ethoxylated	cc	4	9,5	38	
	Dimethoate-Xilene	cc	4	2,5	10	
	Profenofos	cc	8	7	56	
	Metakdehyde	gr	4	2,6	10,4	
	<b>Subtotal</b>				347,8	
<b>Fungicidas</b>	Cooper sulphate pentahydrate	ml	6	5,5	33	
	Mancozeb-Cymoxanyl	gr	8	4	32	
	Difenoconazole	cc	6	6,25	37,5	
	Mancozeb-Dimethomorph	gr	8	8	64	4%
	Propomocarb Hydrochloride	ml	6	5	30	
	Kasugamycin	cc	8	8	64	
	<b>Subtotal</b>				260,5	
<b>Coadyuvante</b>	Dodecil bencensulfonato de trietanolamina-					
	Alquil aril poliglicol éter	ml	4	9	36	1%
	<b>Subtotal</b>				36	
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>					<b>5641,7</b>	<b>88%</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS (CI)</b>						
	Interés de crédito (5% del CD)				282,085	
	Arriendo terreno (anual/ciclo)	ha	1	500	500	
	<b>SUBTOTAL CI</b>				<b>782,085</b>	<b>12%</b>
<b>TOTAL DE COSTOS CD+CI</b>					<b>6423,785</b>	<b>100%</b>
<b>INGRESOS</b>						
		kg	qq	cant.		
<b>Categoría</b>	Cantidad de primera		9371	206	24	4944
	Cantidad de segunda		12737	280	15	4200
	Cantidad de tercera		5775	127	5	635
<b>TOTAL INGRESOS</b>					<b>27883</b>	<b>613</b>
<b>UTILIDAD</b>					<b>3355,215</b>	
<b>RENTABILIDAD simple</b>					<b>52%</b>	
<b>RELACIÓN B/C</b>					<b>1,52</b>	

**Anexo B Costo de producción con manejo de *B. bassiana* en una hectárea**

<b>COSTO DE PRODUCCIÓN DE PAPA (USD/ha)</b>						
	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>A. COSTOS DIRECTOS (CD)</b>						
<b>Preparación Suelo</b>	Análisis de suelo	Servicio de laboratc	1	65	65	4%
	Arada, rastrada, cruza	horas/tractor	4	30	120	
	Surcado	horas/animal	5	7	35	
	<b>Sub total</b>				220	
<b>Mano de obra</b>	Siembra	jornal	10	12	120	17%
	Control fitosanitario	jornal	2	12	24	
	Deshierba y fertilización	jornal	15	12	180	
	Aporque	jornal	20	12	240	
	Corte follaje	jornal	3	12	36	
	Cosecha	jornal	35	12	420	
<b>Subtotal</b>					1020	
<b>Insumos</b>	Semilla	qq	35	25	875	16%
	Costales	sacos	454	0,2	90,8	
	<b>Subtotal</b>				965,8	
<b>Fertilizantes</b>	Diatomeas	kg	15	2,5	37,5	45%
	Sustancias húmicas	Kg	15	4	60	
	Eco-Abonaza	sacos	35	3	105	
	Yara vera amidas	sacos	35	37,8	1323	
	8-20-20	sacos	30	30,65	919,5	
	S- Zn	kg	5	2	10	
	B,-Cu- Fe- Mn- Mo- Zn	ml	5	6,5	32,5	
	K2O	ml	5	2,15	10,75	
	P2O5- K2O- Mg- B- Activadores metabólicos,-Algas marinas	kg	10	7,5	75	
	N-P- Aminoácidos	cc	6	4,5	27	
	P2O5- K2O- MgO- CaO- Fe- Mn- Zn- Cu- Mo- B	g	6	8,5	51	
	P2O5- PO3- K2O- Zn- B	kg	7	8	56	
	P- K- B	ml	7	4,25	29,75	
	<b>Subtotal</b>				2737	
<b>Hongo Entomopatógeno</b>	<i>Beauveria bassiana</i>	g	13	14,5	188,5	3%
<b>Subtotal</b>					188,5	
<b>Fungicidas</b>	Mancozeb-Cymoxanyl	gr	8	4	32	2%
	Difenoconazole	cc	6	6,25	37,5	
	Propomocarb Hydrochloride	ml	6	5	30	
	<b>Subtotal</b>				99,5	
<b>Coadyuvante</b>	Dodecil bencensulfonato de trietanolamina-					1%
	Alquil aril poliglicol éter	ml	4	9	36	
	<b>Subtotal</b>				36	
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>					<b>5266,8</b>	<b>87%</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS (CI)</b>						
Interés de crédito (5% del CD)					263,34	
Arriendo terreno (anual/ciclo)		ha	1	500	500	
<b>SUBTOTAL CI</b>					<b>763,34</b>	<b>13%</b>
<b>TOTAL DE COSTOS CD+CI</b>					<b>6030,14</b>	<b>100%</b>
<b>INGRESOS</b>						
		<b>kg</b>	<b>qq</b>	<b>cant.</b>		
<b>Cate goría</b>	Cantidad de primera	4628	101	20	2020	
	Cantidad de segunda	8109	178	15	2670	
	Cantidad de tercera	4628	101	3	303	
<b>TOTAL INGRESOS</b>					<b>4993</b>	
<b>UTILIDAD</b>					<b>-1037,14</b>	
<b>RENTABILIDAD simple</b>					<b>-17%</b>	
<b>RELACIÓN B/C</b>					<b>0,83</b>	

Anexo C Costo de producción con manejo de *M. anisopliae* en una hectárea

COSTO DE PRODUCCIÓN DE PAPA (USD/ha)						
	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	Porcentaje
<b>A. COSTOS DIRECTOS (CD)</b>						
<b>Preparación Suelo</b>	Análisis de suelo	Servicio de laboratc	1	65	65	
	Arada, rastrada, cruza	horas/tractor	4	30	120	
	Surcado	horas/animal	5	7	35	4%
	<b>Sub total</b>				220	
<b>Mano de obra</b>	Siembra	jornal	10	12	120	
	Control fitosanitario	jornal	2	12	24	
	Deshierba y fertilización	jornal	15	12	180	
	Aporque	jornal	20	12	240	17%
	Corte follaje	jornal	3	12	36	
	Cosecha	jornal	35	12	420	
	<b>Subtotal</b>				1020	
<b>Insumos</b>	Semilla	qq	35	25	875	
	Costales	sacos	544	0,2	108,8	16%
	<b>Subtotal</b>				983,8	
<b>Fertilizantes</b>	Diatomeas	kg	15	2,5	37,5	
	Sustancias húmicas	Kg	15	4	60	
	Eco-Abonaza	sacos	35	3	105	
	Yara vera amidas	sacos	35	37,8	1323	
	8-20-20	sacos	30	30,65	919,5	
	S- Zn	kg	5	2	10	
	B,-Cu- Fe- Mn- Mo- Zn	ml	5	6,5	32,5	
	K2O	ml	5	2,15	10,75	45%
	P2O5- K2O- Mg- B- Activadores metabólicos,-Algas marinas	kg	10	7,5	75	
	N-P- Aminoácidos	cc	6	4,5	27	
	P2O5- K2O- MgO- CaO- Fe- Mn- Zn- Cu- Mo- B	g	6	8,5	51	
	P2O5- PO3- K2O- Zn- B	kg	7	8	56	
	P- K- B	ml	7	4,25	29,75	
	<b>Subtotal</b>				2737	
	<b>Hongo Entomopatógeno</b>	<i>Metahizium anisopliae</i>	g	13	14,5	188,5
<b>Fungicidas</b>	Mancozeb-Cymoxanyl	gr	8	4	32	
	Difenoconazole	cc	6	6,25	37,5	2%
	Propomocarb Hydrochloride	ml	6	5	30	
	<b>Subtotal</b>				99,5	
<b>Coadyuvante</b>	Dodecil bencensulfonato de trietanolamina- Alquil aril poliglicol éter	ml	4	9	36	1%
	<b>Subtotal</b>				36	
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>					<b>5284,8</b>	<b>87%</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS (CI)</b>						
	Interés de crédito (5% del CD)				264,24	
	Arriendo terreno (anual/ciclo)	ha	1	500	500	
<b>SUBTOTAL CI</b>					<b>764,24</b>	<b>13%</b>
<b>TOTAL DE COSTOS CD+CI</b>					<b>6049,04</b>	<b>100%</b>
<b>INGRESOS</b>						
		kg	qq	cant.		
<b>Categoría</b>	Cantidad de primera	6999	153	20	3060	
	Cantidad de segunda	8109	178	15	2670	
	Cantidad de tercera	5775	127	3	381	
<b>TOTAL INGRESOS</b>					<b>20883</b>	<b>458</b>
<b>UTILIDAD</b>					<b>61,96</b>	
<b>RENTABILIDAD simple</b>					<b>1%</b>	
<b>RELACIÓN B/C</b>					<b>1,01</b>	

Anexo D Costo de producción con *P. fumosoroseus* en una hectárea

<b>COSTO DE PRODUCCIÓN DE PAPA (USD/ha)</b>						
	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>A. COSTOS DIRECTOS (CD)</b>						
<b>Preparación Suelo</b>	Análisis de suelo	Servicio de laborat	1	65	65	
	Arada, rastrada, cruza	horas/tractor	4	30	120	4%
	Surcado	horas/animal	5	7	35	
	<b>Sub total</b>				220	
<b>Mano de obra</b>	Siembra	jornal	12	12	144	
	Control fitosanitario	jornal	2	12	24	
	Deshierba y fertilización	jornal	15	12	180	
	Aporque	jornal	20	12	240	17%
	Corte follaje	jornal	3	12	36	
	Cosecha	jornal	35	12	420	
	<b>Subtotal</b>				1044	
<b>Insumos</b>	Semilla	qq	35	25	875	
	Costales	sacos	878	0,2	175,6	17%
	<b>Subtotal</b>				1050,6	
<b>Fertilizantes</b>	Diatomeas	kg	15	2,5	37,5	
	Sustancias húmicas	Kg	15	4	60	
	Eco-Abonaza	sacos	35	3	105	
	Yara vera amidas	sacos	35	37,8	1323	
	8-20-20	sacos	30	30,65	919,5	
	S- Zn	kg	5	2	10	
	B,-Cu- Fe- Mn- Mo- Zn	ml	5	6,5	32,5	
	K2O	ml	5	2,15	10,75	45%
	P2O5- K2O- Mg- B- Activadores metabólicos,-Algas marinas	kg	10	7,5	75	
	N-P- Aminoácidos	cc	6	4,5	27	
	P2O5- K2O- MgO- CaO- Fe- Mn- Zn- Cu- Mo- B	g	6	8,5	51	
	P2O5- PO3- K2O- Zn- B	kg	7	8	56	
	P- K- B	ml	7	4,25	29,75	
	<b>Subtotal</b>				2737	
	<b>Hongo Entomopatógeno</b>	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	g	13	14,5	
<b>Subtotal</b>				188,5		
<b>Fungicidas</b>	Mancozeb-Cymoxanyl	gr	8	4	32	
	Difenoconazole	cc	6	6,25	37,5	2%
	Propomocarb Hydrochloride	ml	6	5	30	
	<b>Subtotal</b>				99,5	
<b>Coadyuvante</b>	Dodecil bencensulfonato de trietanolamina-					
	Alquil aril poliglicol éter	ml	4	9	36	1%
	<b>Subtotal</b>				36	
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>					<b>5375,6</b>	<b>87%</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS (CI)</b>						
Interés de crédito (5% del CD)					268,78	
Arriendo terreno (anual/ciclo)		ha	1	500	500	
<b>SUBTOTAL CI</b>					<b>768,78</b>	<b>13%</b>
<b>TOTAL DE COSTOS CD+CI</b>					<b>6144,38</b>	<b>100%</b>
<b>INGRESOS</b>						
		<b>kg</b>	<b>qq</b>	<b>cant.</b>		
<b>Categoría</b>	Cantidad de primera	13884	305	24	7320	
	Cantidad de segunda	11589	254	15	3810	
	Cantidad de tercera	8109	178	5	890	
<b>TOTAL INGRESOS</b>		<b>33582</b>	<b>737</b>		<b>12020</b>	
<b>UTILIDAD</b>					<b>5875,62</b>	
<b>RENTABILIDAD simple</b>					<b>96%</b>	
<b>RELACIÓN B/C</b>					<b>1,96</b>	

Anexo E Formato de registro para implementación del cultivo

Plantilla para la toma de datos del monitoreo de *Bactericera cockerelli*

Datos generales del lote					
Provincia	La Paz	Bolivar		Parroquia	Bolivar
Localidad	Cusaca	Agricultor		Harold y Guillermo	
Latitud	004929 10	Longitud	-77.881458	Altitud	2668 m
Datos generales del lote					
Fecha de siembra	Cultivo anterior		Etapa fenológica	Variedad	
26/04/2021	Alveja			Superchola	
Riego	SI ( ) No ( )	Frecuencia cada 15 días	Precipitaciones seca	SI (X) No ( )	Frecuencia
Pendiente	Quebrada ( )		Ondulada ( )	Plano (X)	

Controles fitosanitarios			
Fecha de aplicación	Ingredientes activos	Dosis bomba 20 lt	Cantidad utilizadas
26/06 17/07	Prm Arizato y Kupper Kenshi + Arizato + Kupper	30cc + 30cc 15gr + 30 + 30	120cc - 120cc 60gr + 120 + 120

Cultivos alrededor del lote (Por favor realice un croquis del lote y señale los cultivos alrededor de este)

Alvejo

Alveja

Lote pupal

maíz

habas

Anexo F Formato de monitoreo de los distintos estadios de *B. cockerelli*

rP2

Monitoreo de <i>Bactericera cockerelli</i>							
Fecha de evaluación		06/11/2021		Días desde el inicio del monitoreo		133	
Planta Número	Número de Ninfas/planta						Número de huevos planta/5min
	Hoja 1	Hoja 2	Hoja 3	Hoja 4	Hoja 5	Hoja 6	
1	4	-	-	-	-	-	5
2	-	-	-	-	-	-	4
3	-	-	-	-	-	-	3
4	-	-	-	-	-	-	2
5	1	-	-	-	-	-	0
6	-	-	-	-	-	-	1
7	-	-	-	-	-	-	2
8	1	-	-	-	-	-	3
9	-	-	-	-	-	-	1
10	-	-	-	-	-	-	5
11	-	-	-	-	-	-	3
12	-	-	-	-	-	-	2
13	-	-	-	-	-	-	2
14	-	-	-	-	-	-	4
15	-	-	-	-	-	-	0
16	-	-	-	-	-	-	0
17	-	-	-	-	-	-	2
18	-	-	-	-	-	-	1
19	-	-	-	-	-	-	0
20	-	-	-	-	-	-	1

Observaciones:

---



---



---



---

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES CARRERA DE AGROPECUARIA



### TEMA:

**“EVALUACIÓN DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS EN EL CONTROL DE  
*Bactericera cockerelli* (Šulc) EN PAPA (*Solanum tuberosum* L.), CANTÓN  
BOLIVAR, CARCHI”**

**Trabajo de Grado previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria**

### AUTORA:

María Alejandra Calpa Vallejos

### DIRECTORA:

Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD.

Ibarra, 2023

## **AGRADECIMIENTO**

*En primera instancia, agradezco a mi Dios, por regalarme la oportunidad de culminar otra etapa más de mi vida, a mis padres y hermanos por darme el apoyo incondicional, por inculcarme valiosos valores como la humildad, la responsabilidad, el esfuerzo y satisfacción que conlleva cumplir un sueño.*

*Expreso mi más profundo agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte y a la Carrera de Agropecuaria, a mi directora Julia Prado PhD., por darme la mano en este camino de la investigación, así como también a mis asesores Doris Chalampunte, PhD y Marcelo Albuja, MSc. Por brindarme sus conocimientos, al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, al Centro Internacional de la Papa y a BIOSEB Organics, por su apoyo y orientación ¡Infinitas gracias!*

*Finalmente agradezco a todas aquellas personas que fueron participes de este proceso, a mis amigos por acompañarme y brindarme su mano y consejos en momentos difíciles ¡Infinitas gracias!*

**María Alejandra Calpa**

## **DEDICATORIA**

*Me complace dedicar con todo mi corazón el fruto de mi esfuerzo a mis padres, Guillermo y Socorro, que gracias a su apoyo incondicional logre cumplir un sueño más. A mis hermanos, Cristhian, Belén, Kathy, Melany y Camila, quienes con sus consejos me guiaron a ser una mejor persona.*

*De igual manera a mi tutora Julia Prado, quien con su apoyo en mi tema de investigación se hizo posible mi anhelo.*

***María Alejandra***

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

INDICE DE FIGURAS .....	iii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT .....	ix
<b>CAPITULO I .....</b>	<b>10</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>10</b>
1.1 ANTECEDENTES.....	10
1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	11
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	12
1.4 OBJETIVOS .....	13
1.4.1. <i>Objetivo General</i> .....	13
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	13
1.5 HIPÓTESIS.....	13
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>14</b>
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
2.1 Importancia del Cultivo de Papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) en el Ecuador.....	14
2.2 Taxonomía de la Papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.).....	14
2.2.1 <i>Requerimientos Edafoclimáticos</i> .....	14
2.2.2 <i>Fenología del Cultivo de Papa</i> .....	15
2.2.3 <i>Plagas del cultivo de papa</i> .....	16
2.3 Características de <i>Bactericera cockerelli</i> Šulc .....	16
2.3.1. <i>Taxonomía de Bactericera cockerelli Šulc.</i> .....	17
2.3.2. <i>Morfología y estadios de B. cockerelli Sulc</i> .....	17
2.3.4. <i>Hospederos de Bactericera cockerelli</i> .....	20
2.3.5. <i>Daños y síntomas en plantas de Solanáceas</i> .....	20
2.3.6. <i>Punta Morada en Papa (PMP)</i> .....	21
2.4. Manejo convencional de <i>B. cockerelli</i> en papa.....	22
2.4.1. <i>Control químico de B. cockerelli en cultivo de papa</i> .....	22
2.4.2. <i>Control cultural</i> .....	23
2.5. Manejo Integrado de Plagas en el cultivo de papa.....	23
2.5.1. <i>Control biológico</i> .....	23
2.5.2. <i>Hongos entomopatógenos</i> .....	24
2.5.3. <i>Márgenes funcionales</i> .....	30
2.6. Análisis económico del cultivo de papa en Ecuador.....	32
2.6.1. <i>Costos de producción del cultivo de papa</i> .....	32
2.6.2. <i>Productividad del cultivo de papa</i> .....	33
2.7. Marco legal .....	33

<b>CAPITULO III .....</b>	<b>35</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>35</b>
3.1. Caracterización del área de estudio.....	35
3.2. Materiales, equipos, insumos y herramientas .....	36
3.3 Métodos.....	36
3.3.1. <i>Factor en estudio</i> .....	36
3.3.2. <i>Diseño experimental</i> .....	37
3.3.3. <i>Análisis estadístico</i> .....	39
3.4. Variables evaluadas.....	39
3.4.1. <i>Número de huevos de B. cockerelli</i> .....	40
3.4.2. <i>Número de ninfas de B. cockerelli</i> .....	40
3.4.3. <i>Número de adulto de B. cockerelli</i> .....	41
3.4.4. <i>Porcentaje de incidencia de punta morada en papa</i> .....	41
3.4.5. <i>Entomofauna</i> .....	42
3.4.6. <i>Rendimiento</i> .....	43
3.4.7. <i>Calidad de tubérculo</i> .....	43
3.4.8. <i>Análisis económico</i> .....	44
3.5. Manejo Específico del Experimento .....	44
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>51</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>51</b>
4.1. Dinámica poblacional de <i>B. cockerelli</i> .....	51
4.1.1. <i>Número de oviposturas de B. cockerelli</i> .....	51
4.1.2. <i>Número de ninfas de B. cockerelli</i> .....	52
4.1.3. <i>Número de adultos de B. cockerelli</i> .....	54
4.2. Porcentaje de incidencia de punta morada de la papa.....	55
4.3. Porcentaje de patogenicidad de ninfas .....	57
4.4. Entomofauna .....	57
4.5. Rendimiento .....	62
4.6. Calidad del tubérculo .....	63
4.7. Análisis económico .....	65
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>67</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>67</b>
5.1. CONCLUSIONES .....	67
5.2. RECOMENDACIONES .....	67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	69
ANEXOS.....	83

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Planta de papa y sus partes más importantes</i> .....	15
<b>Figura 2</b> <i>Etapas fenológicas del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>)</i> .....	15
<b>Figura 3</b> <i>Etapas de vida del psílido del tomate y la papa, <i>Bactericera cockerelli</i> (Hemiptera: Triozidae); A: adulto, B: huevo, C: ninfas</i> .....	17
<b>Figura 4</b> <i>Ciclo Biológico de <i>Bactericera cockerelli</i></i> .....	19
<b>Figura 5</b> <i>La hembra (a) y macho de <i>B. cockerelli</i></i> .....	20
<b>Figura 6</b> <i>Esquema del desarrollo de un hongo entomopatógeno</i> .....	25
<b>Figura 7</b> <i>Proceso de infección de hongos entomopatógenos</i> .....	26
<b>Figura 8</b> <i>Observación micelio septado, conidióforos, esporas</i> .....	27
<b>Figura 9</b> <i>Ubicación geográfica del área de estudio</i> .....	35
<b>Figura 10</b> <i>Diseño en el ensayo experimental con los manejos <i>B. bassiana</i>, <i>M. anisopliae</i>, <i>P. fumosoroseus</i>, T. A. (Testigo Absoluto, contornos verdes son márgenes funcionales</i>	37
<b>Figura 11</b> <i>Modelo de las unidades experimentales y dimensiones para los diferentes tipos de manejos</i> .....	38
<b>Figura 12</b> <i>Diseño de muestreo en forma de “S” y muestreo en cada planta seleccionada</i> .....	39
<b>Figura 13</b> <i>Oviposturas encontradas en hojas de la parte media y envés de la planta</i> ..	40
<b>Figura 14</b> <i>Ninfa encontrada durante el monitoreo de la parte media y envés de la hoja</i> .....	40
<b>Figura 15</b> <i>Instalación y cambio de trampas amarillas en cada unidad experimental</i> ..	41
<b>Figura 16</b> <i>Sintomatología de Punta Morada en el cultivo de papa</i> .....	42
<b>Figura 17</b> <i>Barrido red entomológica y conteo de insectos para la evaluación de entomofauna</i> .....	43
<b>Figura 18</b> <i>Clasificación y pesaje de rendimiento del cultivo</i> .....	43
<b>Figura 19</b> <i>Descripción gráfica de la escala para la evaluación de la fritura de la hojuela</i> .....	44
<b>Figura 20</b> <i>Plantas sembradas en el margen funcional y asocio de cultivos</i> .....	45
<b>Figura 21</b> <i>Instalación de barreras vivas con maíz, asocio de haba y siembra de cosmos</i> .....	46
<b>Figura 22</b> <i>Preparación y manejo del cultivo de papa</i> .....	46
<b>Figura 23</b> <i>Preparación y aplicación de hongos entomopatógenos en el cultivo de papa</i> .....	48

<b>Figura 24</b> <i>Instalación de trampas amarillas e identificación de insectos</i> .....	48
<b>Figura 25</b> <i>Monitoreo directo, para muestrear oviposturas y ninfas de B. cockerelli</i> ...	49
<b>Figura 26</b> <i>Barrido con red entomológica</i> .....	49
<b>Figura 27</b> <i>Número de oviposturas de B. cockerelli S.</i> .....	51
<b>Figura 28</b> <i>Número de ninfas de B. cockerelli S.</i> .....	52
<b>Figura 29</b> <i>Temperatura máxima y mínima registrada durante el ciclo del cultivo</i> .....	53
<b>Figura 30</b> <i>Registro de humedad relativa durante el ciclo del cultivo</i> .....	53
<b>Figura 31</b> <i>Número de adultos en trampa de B. cockerelli S. en manejo convencional y control biológico</i> .....	54
<b>Figura 32</b> <i>Incidencia de punta morada en papa con la aplicación de hongos entomopatógenos y manejo convencional</i> .....	56
<b>Figura 33</b> <i>Número de especímenes muestreados en el manejo de Beauveria Bassiana</i>	58
<b>Figura 34</b> <i>Número de especímenes muestreados en el manejo de Metarhizium anisopliae</i> .....	59
<b>Figura 35</b> <i>Número de especímenes muestreados en el manejo de Paecilomyces fumosoroseus</i> .....	60
<b>Figura 36</b> <i>Número de especímenes muestreados en el manejo convencional</i> .....	61
<b>Figura 37</b> <i>Rendimiento de tubérculos por medio de categorías (primera, segunda y tercera) con control biológico y manejo convencional</i> .....	62
<b>Figura 38</b> <i>Porcentaje de calidad de tubérculo en manejos con hongos entomopatógenos y manejo convencional</i> .....	64

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Etapas fenológicas del cultivo de papa</i> .....	16
<b>Tabla 2</b> <i>Aplicación de insecticidas químicos para el control de B. cockerelli</i> .....	23
<b>Tabla 3</b> <i>Principales metabolitos secundarios de bajo peso molecular producidos por hongos entomopatógenos</i> .....	26
<b>Tabla 4</b> <i>Plantas arvenses con alto grado de biodiversidad</i> .....	30
<b>Tabla 5</b> <i>Costos de producción por hectárea de papa (súper chola) y tipo de productor en la provincia del Carchi</i> .....	33
<b>Tabla 6</b> <i>Caracterización del área de estudio</i> .....	35
<b>Tabla 7</b> <i>Materiales, insumos y equipos utilizados en el desarrollo de la investigación</i>	36
<b>Tabla 8</b> <i>Descripción de los niveles en estudio</i> .....	36
<b>Tabla 9</b> <i>Concentraciones y dosis de la unidad formada de colonias (UFC) de los hongos entomopatógenos</i> .....	37
<b>Tabla 10</b> <i>Características de la unidad experimental Características de la unidad experimental</i> .....	38
<b>Tabla 11</b> <i>Análisis de varianza (ADEVA), para Bloques Completos al Azar</i> .....	39
<b>Tabla 12</b> <i>Escala en la que se evaluó los síntomas de Zebra Chip</i> .....	44
<b>Tabla 13</b> <i>Control fitosanitario de enfermedades por hectárea en el cultivo de papa</i> ...	47
<b>Tabla 14</b> <i>Concentración y dosis de cada hongo entomopatógeno</i> .....	47
<b>Tabla 15</b> <i>ADEVA por categoría y manejo del rendimiento del cultivo de papa</i> .....	62
<b>Tabla 16</b> <i>ADEVA sobre la calidad del tubérculo del cultivo de papa</i> .....	64
<b>Tabla 17</b> <i>Análisis económico por hectárea en la producción de papa Superchola</i> .....	65
<b>Tabla 18</b> <i>Porcentaje de costos de producción con hongos entomopatógenos y manejo convencional</i> .....	66

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo A</b>	<i>Costo de producción con manejo convencional en una hectárea .....</i>	83
<b>Anexo B</b>	<i>Costo de producción con manejo de B. bassiana en una hectárea .....</i>	84
<b>Anexo C</b>	<i>Costo de producción con manejo de M. anisopliae en una hectárea .....</i>	85
<b>Anexo D</b>	<i>Costo de producción con P. fumosoroseus en una hectárea .....</i>	86
<b>Anexo E</b>	<i>Formato de registro para implementación del cultivo.....</i>	87
<b>Anexo F</b>	<i>Formato de monitoreo de los distintos estadios de B. cockerelli.....</i>	88

**“EVALUACIÓN DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS EN EL CONTROL DE  
*Bactericera cockerelli* (Šulc) EN PAPA (*Solanum tuberosum* L.), CANTÓN  
BOLIVAR, CARCHI”**

Autor: María Calpa<sup>1\*</sup>

Universidad Técnica del Norte

<sup>1</sup>Correo: [macalpav@utn.edu.ec](mailto:macalpav@utn.edu.ec)

**RESUMEN**

Una de las principales estrategias para controlar *Bactericera cockerelli* Šulc en papa, comprende el uso de agroquímicos, generando el 40% de la cosecha. Por lo que, la presente investigación evaluó el efecto de hongos entomopatógenos sobre *B. cockerelli*, como alternativa de control. El estudio se enfocó en las aplicaciones de *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces fumosoroseus*, en comparación con el manejo convencional con aplicaciones de insecticidas. Para evaluar las variables, se monitorearon tanto a las ninfas como oviposturas cada 15 días en 20 plantas seleccionadas al azar, también se instalaron trampas amarillas para el conteo de adultos cada 15 días. Los resultados muestran que la población de *B. cockerelli* se incrementa desde prefloración, sin embargo, la población de adultos se redujo en un 30% con aplicaciones de *P. fumosoroseus* en comparación con el manejo convencional. Por otro lado, los huevos y ninfas se redujeron en un 20% con la aplicación de hongos entomopatógenos. En cuanto a punta morada de la papa *P. fumosoroseus* alcanzó el 36% de afectación con comparación a *M. anisopliae* y *B. bassiana* más del 70% de sintomatología. Con respecto a rendimiento, se incrementó un 10% con el uso de *P. fumosoroseus*. En la calidad de tubérculo se registró que *P. fumosoroseus*, *M. anisopliae* y manejo convencional alcanzaron un total de 70, 80 y 100% de tubérculo sanos respectivamente. En conclusión, el uso de hongos entomopatógenos representa una alternativa de manejo integrado de plagas para el control sobre la población de *B. cockerelli* en *S. tuberosum*.

**Palabras clave:** *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces fumosoroseus*, *Bactericera cockerelli*, control biológico.

**"EVALUATION OF ENTOMOPATHOGENIC FUNGUSES IN THE CONTROL OF *Bactericera cockerelli* (Šulc) IN POTATO (*Solanum tuberosum* L.), CANTÓN BOLIVAR, CARCHI"**

Autor: María Calpa<sup>1\*</sup>

Universidad Técnica del Norte

<sup>1</sup>Correo: [macalpav@utn.edu.ec](mailto:macalpav@utn.edu.ec)

**ABSTRACT**

One of the main strategies to control *Bactericera cockerelli* Šulc in potato, involves the use of agrochemicals, generating 40% of the harvest. Therefore, the present research evaluated the effect of entomopathogenic fungi on *B. cockerelli* as a control alternative. The study focused on applications of *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Paecilomyces fumosoroseus*, compared to conventional management with insecticide applications. To evaluate the variables, both nymphs and oviposits were monitored every 15 days on 20 randomly selected plants, and yellow traps were also installed to count adults every 15 days. The results show that the population of *B. cockerelli* increased from pre-flowering, however, the adult population was reduced by 30% with applications of *P. fumosoroseus* compared to conventional management. Furthermore, eggs and nymphs were reduced by 20% with the application of entomopathogenic fungi. *P. fumosoroseus* reached 36% of affectation compared to *M. anisopliae* and *B. bassiana* with more than 70% of symptomatology. Yield increased by 10% with the use of *P. fumosoroseus*. In tuber quality, *P. fumosoroseus*, *M. anisopliae* and conventional management achieved a total of 70, 80 and 100% healthy tubers, respectively. In conclusion, the use of entomopathogenic fungi represents an integrated pest management alternative for the control of *B. cockerelli* population in *S. tuberosum*.

**Keywords:** *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces fumosoroseus*, *Bactericera cockerelli*, biological control.

# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES

La papa (*Solanum tuberosum*) representa el cuarto cultivo alimenticio más relevante a nivel mundial (Berry y D'Arcy, 2018), la mayor parte encontrada a lo largo de la cordillera de los Andes (Centro Internacional de la Papa [CIP], 2020). En Ecuador es el tercer cultivo transitorio y el octavo rubro de mayor producción con 421 000 toneladas anuales, con un consumo per cápita de 24 kg al año (Basantes et al., 2020). Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG] (2021) menciona que el 91% de Unidades Productivas Agropecuarias poseen una superficie menor a cinco hectáreas, concentrándose principalmente en la Región Sierra.

Para el periodo 2021 la producción anual fue de 0.24 millones de toneladas donde las provincias de Carchi, Bolívar y Chimborazo suman el 49.82%, la superficie total cosechada fue de 19 088 hectáreas, donde la provincia de mayor producción es Carchi con 0.10 millones de toneladas representado el 41.27% de participación y un rendimiento de 24.8 toneladas métricas por hectárea (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], 2022).

Sin embargo, en las provincias de mayor producción de papa en el Ecuador según Carrillo et al., (2018) se ha reportado la enfermedad de la punta morada, síntoma característico provocado por un fitoplasma 16SrI-F, que para el año 2015 la enfermedad alcanzo el 80% en la variedad de papa Superchola, con síntomas como amarillamiento, enrollamiento hacia arriba en las hojas, pardeamiento de los tejidos vasculares y estrías en la zona medular de los tubérculos, donde altas poblaciones de *Bactericera cockerelli* (Šulc) se asocia con esta sintomatología (Caicedo et al., 2020), lo cual se estiman pérdidas de hasta 100% causadas por esta enfermedad (Cuesta, 2019).

En los últimos años se ha ido acrecentado un enfoque agroecológico con el mínimo uso de insumos externos, conservación de suelos y la biodiversidad de agroecosistemas, el uso de márgenes multifuncionales, la aplicación de hongos entomopatógenos, la asociación de cultivos, la instalación de cercas vivas, entre otros (Tschumi et al., 2016; Calvo, 2021).

Dentro del manejo, se destaca el control biológico que es una estrategia de manejo integrado con antagonistas, que incluyen depredadores, parasitoides y patógenos (Shelton, 2011). A su vez, cabe señalar que, dentro de este grupo, los hongos entomopatógenos representan un control, que al invadir al huésped endurece su cuerpo, lo recubren con estructuras reproductivas que dan una coloración blanca al insecto muerto, tal es el caso de los hongos *Bauveria* y *Verticillium*, o coloración verde como *Metarrhizium* y *Nomuraea* (García, 2000).

Además, los hongos entomopatógenos podrían proporcionar una alternativa factible para el control de *B. cockerelli* ya que según Mauchline y Stannard (2013) en su experimento con la aplicación de *Beauveria bassiana* provocó una mortalidad promedio de ninfas del 82%, con *Metarrhizium anisopliae* de 91-100% de adultos y de 55-70% de ninfas en cultivos de solanáceas. Con la aplicación *Paecilomyces* sp. en campo se ha obtenido un control superior al 50 % sobre las ninfas de *B. cockerelli* (Briones, 2011).

Por otra parte, la implementación de márgenes funcionales como una estructura en bandas de plantas que rodean los cultivos (Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera [IFAPA], 2019), contribuyen a conservar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, por ejemplo, el número de huevos depositados por crisopas subió en un 48%, y se encontró una reducción de pulgones en un 75% lo cual ayuda a reducir el uso de insecticidas en la producción de papa (Tschumi et al., 2016).

## 1.2 PROBLEMA

*Bactericera cockerelli* Sûlc es un vector que transmite múltiples enfermedades, ya que al ser un insecto chupador, tanto adultos como ninfas inyectan toxinas que afecta a los conductos vasculares de la planta reduciendo el rendimiento y calidad de este tubérculo (Wenninger y Rashed , 2022), este psílido también transmite fitoplasmas como *Candidatus Phytoplasma aurantifolia* causante de la Punta Morada y *Candidatus Liberibacter solanaceraum* (CaLso) causante de la papa rayada (Cuesta et al., 2021). Estos agentes causales afectan a todas las variedades de papa y pueden causar pérdidas económicas que va desde el 50 al 100% (Araujo et al., 2021).

A causa de ello, se ha generado un problema fitosanitario de mayor importancia en el cultivo (Castillo y Llumiquinga, 2021) ya que no existe control químico para estos fitoplasmas (Araujo et al., 2021). Por ese motivo el agricultor durante el ciclo del cultivo aplica hasta 43 ingredientes activos y producen alrededor del 40% de la cosecha. (Devaux et al., 2010). Es así que el control se ha generado principalmente a *B. cockerelli* aplicando plaguicidas como: Thiametoxan, Abamectina, Spinosad, Spirotetramat que sin una adecuada rotación el vector adquiere fácilmente resistencia (Toledo, 2016), provocando un impacto ambiental negativo (Racines et al., 2021).

En consecuencia, del uso irracional de pesticidas según Naranjo (2017) menciona que a partir del 2002 la provincia del Carchi se catalogó como una de las provincias de mayor uso desmedido de plaguicidas (Oyarzún et al., 2002) de clasificación toxicológica III (129) altamente peligrosos en el cultivo de papa, propiciando efectos negativos en la productividad, el medio ambiente y salud humana con un índice de mortalidad alto (21 de cada 100 mil habitantes), además, el 70.1% de los agricultores deciden la dosis y productos que aplican en el cultivo.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

Esta investigación ha sido establecida en colaboración con el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y el Centro Internacional de la Papa (CIP), que, en base a investigaciones preliminares, se verificó la presencia de la plaga en diferentes zonas de la provincia del Carchi por medio de monitoreos (Suquillo, 2019). Por esta razón es necesario implementar alternativas agroecológicas como controladores biológicos y márgenes funcionales para mantener el equilibrio de los agroecosistemas, el efecto en la salud y el ambiente (Chirinos, 2019).

La utilización de hongos entomopatógenos constituye una alternativa en el manejo integrado de muchas plagas, es parte de una agricultura sostenible, que efectivamente se convierte en un componente de manejo agroecológico (Celis et al., 2009), presentando como beneficios la seguridad para los humanos, la reducción de residuos de pesticidas en los alimentos, la preservación de otros enemigos naturales y el aumento de la biodiversidad en los ecosistemas (Lacey et al., 2001).

Según Lacey et al., (2009) en sus bioensayos con cinco aislados de hongos entomopatógenos (*Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Isaria fumosorosea*), contra *B. cockerelli* sobre hojas de papa en condiciones ideales para los hongos utilizando  $10^7$  conidios/ml en una suspensión acuosa de dos mililitros indicaron que todos los aislamientos, excepto *B. bassiana*, produjeron una mortalidad del 95-99 %, en adultos de dos y tres días después de la aplicación, el 91-99% en ninfas cuatro días después de la aplicación y en *M. anisopliae* produjo un 96% de mortalidad en ninfas de primer y tercer estadio.

Otra de las alternativas es implementar márgenes funcionales los cuales son beneficiosos ya que promueven a la conservación de la biodiversidad de las tierras agrícolas como también a mantener el control biológico de plagas y al aumento de un 10% al rendimiento de los cultivos (Tschumi et al., 2016).

La finalidad que tiene la investigación es demostrar alternativas que permitan al agricultor mantener una producción sostenible y amigable con el ambiente, mediante mejoras en las prácticas de manejo del cultivo, por ello se evaluó la efectividad de controladores biológicos como son los hongos entomopatógenos (*B. bassiana*, *M. anisopliae* y *P. fumosorosea*) en el cultivo de papa y con la introducción de márgenes funcionales, en el control de insectos-plaga como *B. cockerelli* en la parroquia Cuesaca cantón Bolívar, siendo los productores los más beneficiados al aprovechar estas alternativas de manejo.

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1. *Objetivo General*

Evaluar el efecto de los hongos entomopatógenos en la población de *Bactericera cockerelli* (Šulc) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), cantón Bolívar, Carchi.

### 1.4.2. *Objetivos Específicos*

- Determinar la dinámica poblacional de los estadios de *Bactericera cockerelli* Šulc utilizando hongos entomopatógenos.
- Identificar el efecto de los hongos entomopatógenos (*Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces fumosoroseus*) en la entomofauna del cultivo de papa.
- Analizar los resultados económicos del uso de agentes de control biológico con respecto al manejo convencional para control de *Bactericera cockerelli* Šulc.

## 1.5 HIPÓTESIS

**Ho:** La aplicación de hongos entomopatógenos no influyen en la población de *B. cockerelli* en el cultivo de la papa.

**Ha:** La aplicación de al menos uno de los hongos entomopatógenos reduce la población *B. cockerelli* en el cultivo de la papa.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Importancia del Cultivo de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en el Ecuador

En Ecuador, la papa es uno de los principales cultivos transitorios de mayor producción a nivel nacional, por lo tanto, constituye una de las principales fuentes de trabajo e ingresos del sector rural andino (Devaux et al., 2010). En el año 2019 ocupó una superficie de 20 626 hectáreas, encontrándose a las provincias de mayor producción como: Carchi, Cotopaxi y Chimborazo. Carchi encabezando como la provincia con alta producción nacional con el 43.6% (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], 2019).

#### 2.2 Taxonomía de la Papa (*Solanum tuberosum* L.)

La papa (*Solanum tuberosum*) es una herbácea anual que alcanza una altura de un metro, produce abundante contenido de almidón. La papa pertenece a la familia de floríferas de las solanáceas (CIP y FAO, 2008).

La clasificación taxonómica de la papa según Montaldo (1984) es:

Reino: Plantae

Clase: Angiospermae

Subclase: Dicotiledónea

Orden: Tubiflorales

Familia: Solanaceae

Género: *Solanum*

Especie: *Solanum tuberosum* L

Subespecies: subsp. *phureja*

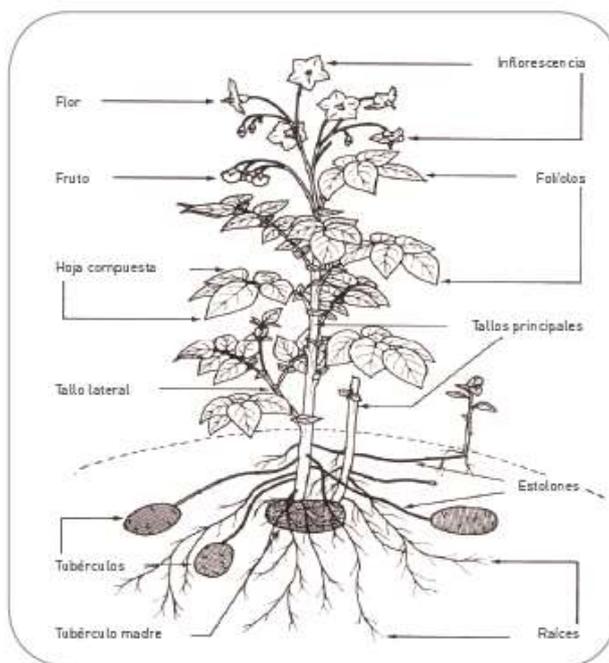
subsp. *Andigena*

##### 2.2.1 Requerimientos Edafoclimáticos

Según INIAP (2014) el cultivo de papa se desarrolla a una altitud de 2600 a 3600.; con una temperatura que comprende: desarrollo 15-20 °C, inicio de tuberización menores a 15 °C y tuberización de 14 -20 °C; requiere de 600 a 1500 mm de agua, se adapta muy bien en suelos francos, bien drenados, profundos (30-35 cm), con buen contenido de materia orgánica, requiere un pH de 5-6. En la figura 1 se observa las partes más importantes de la planta de papa.

## Figura 1

*Planta de papa y sus partes más importantes*



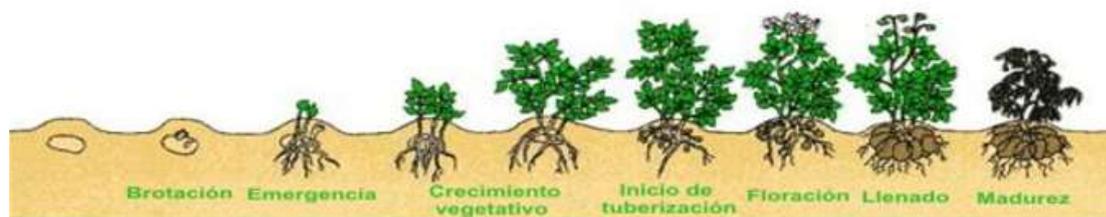
Fuente: Avilés y Piedra (2017)

### 2.2.2 Fenología del Cultivo de Papa

Las etapas fisiológicas del tubérculo dependen mucho de las condiciones climáticas del lugar, para lo cual, es importante uniformizar los criterios. Según investigaciones de Sifuentes et al. (2008), Román Cortez y Hurtado (2002) el desarrollo de la papa se divide en las siguientes etapas (Tabla 1 y Figura 2):

## Figura 2

*Etapas fenológicas del cultivo de papa (Solanum tuberosum)*



Fuente: Viani (2018)

**-Brotación:** emergen las yemas de los tubérculos, tiene una duración de 2 a 3 meses. La papa es apta para sembrarse; ideal que los tenga tres brotes cortos y fuertes (0.5 a 1 cm).

**-Dormancia:** tiene una duración de 2-3 meses y para la semilla sexual, 4 a 6 meses. Puede inducirse, rota o química por herida o alguna enfermedad, ocurriendo en menor tiempo.

**-Etapa de emergencia:** emergencia de brotes a los 10 a 12 días y de 8 a 10 días en semillas sexual, cuando se presentan condiciones adecuadas para su crecimiento.

**-Tuberización:** aparecimiento de los estolones (varía 10-14 días). Desarrollo de tallos: crecimiento simultaneo de follaje y raíces tiene una duración de 20 a 30 días. En variedades precoces ocurre 30 días después de la siembra, variedades intermedias (35-45 días), y tardías (50 a 60 días).

**-Desarrollo de tubérculos:** acumulación de carbohidratos (almidón), incremento de los tubérculos (60-90días) dependiendo del clima y sanidad. Alcance de madurez fisiológica a los 75 día en variedades precoces, 90 días para intermedias y 120 días para tardías.

**-Maduración:** Se observa la caída de follaje, se observa amarillamiento en las hojas más viejas (senescencia), que al madurar se tornan de color café. En esta etapa lo requerimientos hídricos son mínimos. Una señal fisiológica para saber si la planta maduró es un buen indicador si al presionar al tubérculo no pierde su cáscara.

**Tabla 1**

*Etapas fenológicas del cultivo de papa*

Fase Vegetativa			Fase Reproductiva		Maduración	
V0	V1	V2	V3	R4	R5	R6
Brotación	Emergencia	Desarrollo	Inicio floración- tuberización	Fin floración- tuberización	Engrose	Maduración
1-90 días	15-20 días	21-90 días	91 días	120 días	127-151 días	151-200 días

Fuente: Pumisacho y Velásquez (2009)

### 2.2.3 Plagas del cultivo de papa

En el cultivo de papa hay diversos insectos-plaga cuando las condiciones ambientales y estado de desarrollo del cultivo son favorables para ello, que causan daños económicos en el cultivo. Las principales plagas que se encuentran son: gusano alambre (Coleoptera: Elateridae), áfidos como el pulgón verde de la papa (*Macrosiphum euphorbiae*), mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius), polilla (*Phthorimaea operculella*, *Symmetrichema tangolias* y *Tecia solanivora*.) y el psílido de la papa (*Bactericera cockerelli* Šulc). Los cuales atacan tanto a la parte aérea como al tubérculo. Por ejemplo, las larvas atacan a los tubérculos recién sembrados causando serios daños (Molina, Santos y Aguilar, 2004; Sifuentes et al., 2008).

### 2.3 Características de *Bactericera cockerelli* Šulc

Fue descubierta por Karel Šulc en 1909 de individuos recolectados en pimiento (*Capsicum* sp.) en Boulder Estados Unidos. El primer informe de *B. cockerelli* como plaga apareció en 1915, en el Boletín Estatal de Horticultura de California (Estados Unidos) para ese entonces conocido como *Paratrioza cockerelli* Šulc, como una plaga

que daña la cereza falsa de Jerusalén (*Solanum capsicastrum* L.) planta ornamental cultivada en el norte de California. Posteriormente se extendió a Canadá y a varios países de Centroamérica. Para su control se basó exclusivamente por insecticidas (Butler y Trumble, 2012). *B. cockerelli* ha sido reconocido como una plaga que ataca especialmente al cultivo de solanáceas por casi un siglo, se considera una amenaza para el cultivo de papa (Prager y Trumble, 2018).

### 2.3.1. Taxonomía de *Bactericera cockerelli* Šulc

Según Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria [OIRSA] (2015), *B. cockerelli* tuvo su primera descripción proporcionada por el profesor Cockerell de la Universidad de Colorado en Estados Unidos, que a lo largo del tiempo sufrió cambios.

Clasificación taxonómica de *B. cockerelli* según CABI (2019) es:

Reino: Metazoa

Filo: Arthropoda

Subfilo: Uniramia

Clase: Insecta

Orden: Hemiptera

Familia: Triozidae

Género: *Bactericera*

Especie: *Bactericera cockerelli* ((Šulc)., 1909)

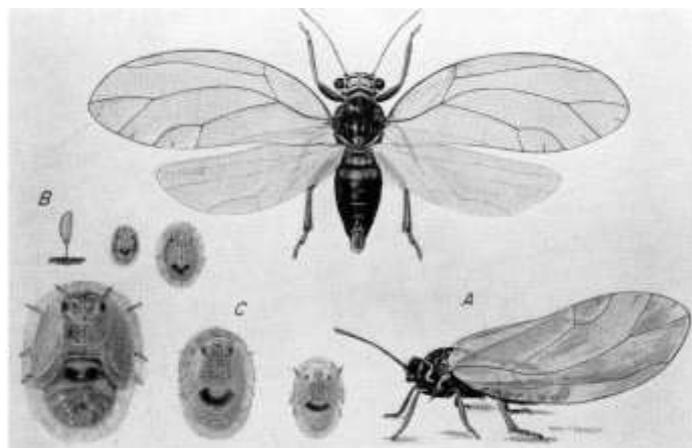
### 2.3.2. Morfología y estadios de *B. cockerelli* Sulc

Según Marín et al. (1995) en su estudio proporciona la descripción morfológica del *B. cockerelli* (Figura 3 y 4):

#### Figura 3

Etapas de vida del psílido del tomate y la papa, *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae);

A: adulto, B: huevo, C: ninfas



Fuente: Wallis (1995)

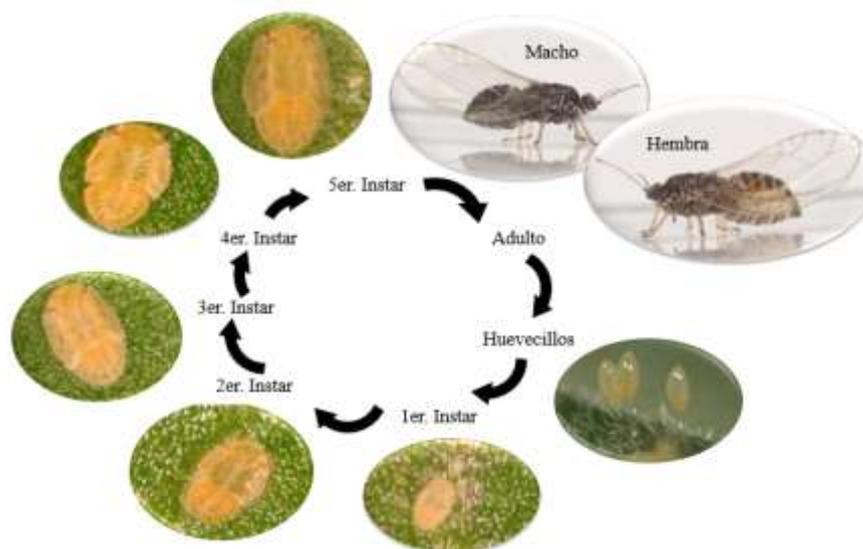
- **Huevecillos:** son elípticos, de tonalidad anaranjado-amarillento brillante, posee un filamento que se fija en las hojas, se encuentra distantes en el envés y cercano al borde de las hojas o sobre un tallo corto (0.2 mm) de largo en el borde y el lado abaxial de la hoja, aunque varía según las plantas hospedantes. Son pequeños con una longitud media de 0.3 mm y un ancho de aproximadamente 0.1 mm (Prager y Trumble, 2018).
- **Primer estadio:** Tiene una tonalidad naranja. Sus antenas son cortas y engrosas, al transcurso de su desarrollo se hacen más finas, hasta finalizar en un pequeño segmento con dos setas censoras, ojos vistosos, tórax con paquetes alares no vistosos, segmentación de las extremidades poco visibles. La división del cuerpo no definida (Cerna et al., 2018).
- **Segundo estadio:** visibilidad diferenciada entre cabeza, tórax y abdomen. Cabeza de tonalidad amarillenta, las antenas son gruesas en la base y finas en la parte apical presenta sus setas sensoras. Sus ojos de naranja oscuro, su tórax de color verde-amarillento, los paquetes alares cada vez más visibles. Segmentación en las patas más visibles. El abdomen de color amarillo se aprecia un par de espiráculos en cada uno de los cuatro segmentos (Villanueva , 2015).
- **Tercer estadio:** mayor visibilidad entre la cabeza, el tórax y abdomen. La cabeza de tonalidad amarilla, antes tienen las mismas características que él según estadio. Ojos de color rojizo. Tonalidad del tórax con las mismas características que el anterior estadio, sin embargo, sus paquetes son más visibles en mesotórax y metatórax. Abdomen de color amarillo (Castillo y Llumiquinga, 2021).
- **Cuarto estadio:** Las antenas tiene las mismas características que el estadio anterior. Torax de color verde-amarillento, segmentación de las patas definidas con la observación de las tibias posteriores en la parte terminal, los segmentos tarsales y un par de uñas; su observación es fácil en ninfas aclaradas y montadas. Los paquetes alares bien definidos. El abdomen de color amarillento y cada uno de los primeros cuatro segmentos abdominales presenta un par de espiráculos. Separación notoria entre el abdomen y el tórax (Raura, 2021).
- **Quinto estadio:** cabeza, tórax y abdomen totalmente definidos. El color de la cabeza y el abdomen de color verde claro, siendo el tórax un poco más oscuro. Las antenas están seccionadas en dos partes por una hendidura marca cerca de la parte media, la parte basal es gruesa y la apical filiforme presentado seis sencillas placoides notorias en ninfas aclaradas y montadas. Ojos de color guinda. Tres pares de patas con segmentación bien definida en el tórax al igual que la parte terminal de las tibias posteriores descritas en el anterior estadio. Paquetes alares completamente diferenciados. Finalmente, el abdomen en semielíptico y presenta

un par de espiráculos en cada uno de los cuatro primeros segmentos (Ramírez et al., 2008).

**Adulto:** su apariencia es semejante a la de un pulgón, presenta un color verde amarillento cuando emerge, se describe a menudo como una cigarra. Es inactivo el color de sus alas es blanco, sin embargo, al paso de cuatro horas se tornan transparentes (adulto teneral). Sus alas que miden 1.5 veces el largo del cuerpo. El color del cuerpo es color ámbar y posteriormente se torna café oscuro o negro, se observa transcurrido los primeros siete a diez días. Como todos los psílidos, *B. cockerelli* es un insecto chupador-perforados con piezas bucales especializadas para alimentarse del floema. Su tamaño varía de 2.5 a 3 mm (Cuesta et al. 2018; Prager y Trumble, 2018).

**Figura 4**

*Ciclo Biológico de Bactericera cockerelli*



Fuente: Martín (2018); OIRSA (2015); Wallis (1995)

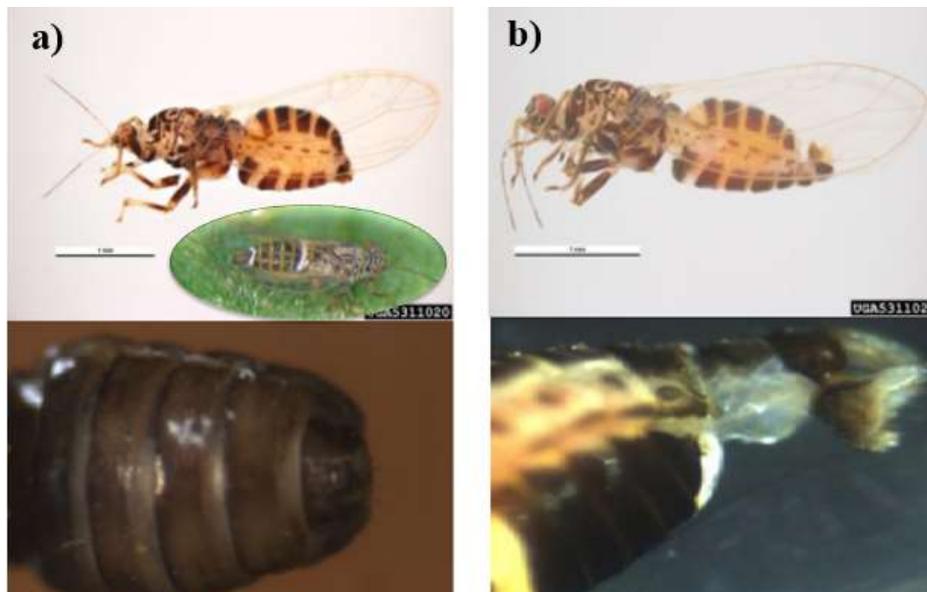
Para la diferenciación de hembra y macho según Gutiérrez (2017) nombra las siguientes características (Figura 5):

- **Hembra:** tienen una vida promedio de 60 días, llegan ovopositar aproximadamente 500 huevos durante su ciclo de vida. En el abdomen con cinco segmentos visibles y más el segmento genital, es de forma cónica en vista lateral y en la parte media dorsal se observa una mancha de color blanco en forma de “Y”.
- **Macho:** tiene una vida promedio de 20 días y presenta seis segmentos visibles más el genital, este último segmento se encuentra plegado sobre la parte media

dorsal del abdomen. Al observarlo dorsalmente se distinguen las valvas genitales, su forma es de pinza.

### Figura 5

La hembra (a) y macho de *B. cockerelli*



Nota: (a) La hembra presenta 5 segmentos abdominales, además del genital y mancha en forma de “Y” en la parte media dorsal. (b) El macho tiene seis segmentos abdominales y el genital externo.  
Fuente: Villanueva (2015)

#### 2.3.4. Hospederos de *Bactericera cockerelli*

Muchos investigadores firman que el psílido tiene plantas hospedadoras en 20 familias, sin embargo, su reproducción se da en plantas de tres familias: Solanaceae (37 especies), Convolvulaceae (tres especies) y Mentahaceae (una especie). La preferencia general es de la familia de las solanáceas (Prager y Trumble, 2018), como: papa (*Solanum tuberosum* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.), chile (*Capsicum annum* L.), tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*), tabaco (*Nicotiana tabacum*), berenjena (*Solanum melongena* L.), entre las silvestres se encuentran el toloache común (*Datura stramonium* L.), hierba mora (*Solanum nigrum* L.) (Martin, 2008).

#### 2.3.5. Daños y síntomas en plantas de Solanáceas

Se considera como amenaza económica principalmente porque los psílidos se alimentan del floema de las plantas, lo que produce tallos débiles, acumulación de melaza que da peso a las plantas, que en definitiva estresa a los tallos y provoca infecciones por hongos (Prager y Trumble, 2018). Existe gran diversidad de daños ocasionados por *B. cockerelli* y su posible transmisión de enfermedades, se menciona que se asocia a la Punta Morada en Papa, amarillamiento por psílidos, como también fitoplasmas, por lo cual muchos investigadores mencionan que causa dos tipos de daños (Cordova Villacreces, 2019; Organización para los Pueblos Indígenas y Campesinos [OPIC], 2013):

- **Daño directo**

La extracción de savia, la inyección de toxinas que causan clorosis provocada por las ninfas ya que introducen su estilete hasta el floema y la secreción de mielecilla, con aparición de fumagina, impidiendo el proceso de fotosíntesis, afectando el rendimiento y calidad de la papa.

- **Daños indirectos**

Por la transmisión de procariotes y fitoplasmas que aparecen a las cuatro semanas después de que ocurrió la infección. El psílido lo lleva en su cuerpo provocando enfermedades como: “permanente del tomate”, “zebra chip”, de la papa causada por la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum* y punta morada.

Entre las enfermedades provocadas por el psílido se encuentra "zebra chip" una enfermedad altamente destructiva en cultivo de papa, que se presenta en el suroeste de los Estados Unidos, México, América Central y Nueva Zelanda, se lo relaciona con la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum* y *B. cockerelli* como su principal insecto vector. Los síntomas en tubérculos es el oscurecimiento severo del tejido vascular con “pecas necróticas”, que pueden llegar a afectar totalmente al tubérculo. Al fritarse, en los tubérculos se observa un patrón característico de rayado disminuyendo su comercialización. Se lo asocia con la defunción de las células (Miles et al., 2010).

### **2.3.6. Punta Morada en Papa (PMP)**

Los síntomas característicos se observan en los brotes terminales, donde las hojas se enrollan y se torna de coloración púrpura, aunque primeramente se observa un color amarillo en la parte apical. Al progresivo desarrollo de la enfermedad se produce una brotación anormal de las yemas axilares, engrosamiento de nudos y formación de tubérculos aéreos. Finalmente, una planta totalmente enferma se marchita y adquiere una tonalidad amarilla o púrpura apagada y muere (Cruz, 2005).

En los tubérculos se observa un pardeamiento interno y por lo general no brotan, en caso de que lo hagan estos son delgados o ahilados. Al freírlos se observan estrías que se asocian a la enfermedad conocida como "Zebra Chip" en Estados Unidos. En tubérculos infectados se asocia con alto contenido de azúcares reductores y aminoácidos que al someterlos a altas temperaturas generan la apariencia de zonas quemadas semejantes a estrías, la coloración en tubérculos frescos se la asocia con elevado contenido de compuestos fenólicos y polifenol oxidasa que ocurre como defensa contra la enfermedad (Rubio et al., 2013).

## **2.4. Manejo convencional de *B. cockerelli* en papa**

Es una plaga que ha significado grandes pérdidas económicas, que el control químico es aplicado en su totalidad, sin embargo, existen medidas complementarias como control biológico que ha demostrado ser un apoyo para controlar esta plaga (OIRSA, 2015).

- **Monitoreo:** directo e indirecto

*B. cockerelli* en el cultivo de papa comienza su colonización en los bordes del terreno para lo cual se debe aplicar los siguientes tipos de monitoreo según Cuesta et al. (2018):

- **Trampas amarillas**

Se recomienda un mínimo de ocho trampas por lote de una hectárea a la siembra, colocándolas cuatro en los extremos y cuatro en el centro de la parcela. Con ello se puede monitorear la presencia de la plaga con la revisión de dos a tres veces por semana y al detectar se procede a su respectivo control.

- **Monitoreo de oviposturas y ninfas en el follaje**

Contribuye a estimar la presencia de huevos y ninfas en el cultivo, realizándolo una vez por semana, desde la emergencia hasta el aporque. Luego del aporque realizarlo dos veces por semana, en el borde y centro del terreno. Se lo realiza cada 10 pasos, con la búsqueda de oviposturas en los bordes terminales de las hojas apicales. Para las ninfas se debe observar las hojas bajas, del tercio inferior de la planta. Con la presencia se debe ejecutar el respectivo control.

### **2.4.1. Control químico de *B. cockerelli* en cultivo de papa**

Una alternativa rápida para el control de *B. cockerelli* es mediante el método químico, sin embargo, su uso se limita por un ineficiente manejo de la aplicación de los insecticidas (Paspuezán, 2019).

Según Toledo (2016) para el control de *B. cockerelli* se aplican rotación de insecticidas con diferente ingrediente activo (tabla 2), ya que adquiere fácilmente resistencia a la aplicación de un mismo insecticida, también hay que considerar que, para obtener una mayor efectividad, el pesticida debe cubrir la parte por debajo de las hojas, para ello se aplica con bombas de motor, alcanzando el lugar donde se aloja el insecto.

**Tabla 2***Aplicación de insecticidas químicos para el control de B. cockerelli*

<b>Ingrediente activo-nombre comercial</b>	<b>Dosis</b>
Thiametoxan (Actara, Engeo)	1 copa*
Abamectina (Vertimec, Nex Mectin, Verlaq)	½ copa
Bifentrina (Talstar)	1 copa
Spinosad (Spintor)	½ copa
Spirotetramat (Movento)	¾ copa

*Nota: \*Copa 25ml/bomba de 18 litros*

Fuente: Toledo (2016)

### **2.4.2. Control cultural**

En el control cultural se enfocan una serie de medidas para evitar el desarrollo de la enfermedad como: uso de semilla sana, fecha de siembra, selección del sitio de siembra, destrucción de plantas hospederas (Rubio et al., 2013), trasplante acorde al diseño de un patrón de cultivos que reduzca el problema y destrucción de rastrojos (OIRSA, 2015).

## **2.5. Manejo Integrado de Plagas en el cultivo de papa**

El Manejo Agroecológico de Plagas (MAP) es una estrategia que se sostiene en principios agroecológicos aplicando alternativas de manejo que no generan impactos indeseables para los productores, los consumidores y el ambiente, buscando restablecer el equilibrio entre las poblaciones de insectos plaga y benéficos, promoviendo el restablecimiento de la biodiversidad funcional (Bahena, 2018).

### **2.5.1. Control biológico**

Es un manejo basado en el uso de organismos benéficos (enemigos naturales), que su función es de reducir la densidad de daño provocada por los insectos plaga, para que no cause daños económicos, sin embargo, se debe considerar en no erradicarlos en su totalidad ya que traería problemas ecológicos, y escases de alimento para el agente controlador (Nicholls, 2008).

Con la utilización de insectos depredadores representan un control sobre el *B. cockerelli*, sin embargo, por el uso indiscriminado de insecticidas como carbamatos que afectaban a insectos benéficos provocó el aumento de la población de plaga.

Para ello se controla con insectos entomófagos: *Tamarixia triozae* (Hymenoptera: Eulophidae), que deposita sus huevos en las ninfas de *B. cockerelli*. *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae), *Chrysoperla spp.* (Neuroptera: Chrysopidae),

*Nabis spp.* (Hemiptera: Nabidae) que depredan a los huevecillos y ninfas de *B. cockerelli*. Por lo cual es conveniente el incrementó de estos insectos benéficos (Rubio et al, 2013).

### **2.5.2. Hongos entomopatógenos**

Los hongos entomopatógenos ofrecen una mejor opción para controlar insectos, debido a que infectan al insecto por medio de su cutícula por contacto e incorporación de los conidios a su cuerpo (Bustamante, 2019) provocando disturbios a nivel nervioso, respiratorio, digestivo, muscular; dependiendo de la dosis, la capacidad de dispersión del hongo y el estadio en el cual se encuentre la plaga (Bermúdez, 2006). Este mecanismo de infección se da de forma directa sobre el hospedero y, en grupo con la utilización de diversos mecanismos de acción, confiere una alta capacidad para impedir que el insecto desarrolle resistencia (Bustamante, 2019; Carrillo y Blanco, 2009).

El uso de los hongos entomopatógenos contra insectos plaga surgió en 1879 considerando a *Metarhizium anisopliae* y en 1888 a *Isaria destructor* para controlar el picudo de la remolacha (*Cleonis punctiventris*), desde entonces alrededor del mundo existen más de 700 especies de hongos entomopatógenos reunidos en 100 géneros con efectos insecticidas, sin embargo, solamente se han estudiado alrededor de 20 especies como agentes de control (Carballo et al., 2004), de los cuales los géneros más conocidos se encuentran: *Metarhizium*, *Beauveria*, *Aschersonia*, *Entomophthora*, *Zoophthora*, *Erynia*, *Eryniopsis*, *Akanthomyces*, *Fusarium*, *Hirsutella*, *Hymenostilbe*, *Paecilomyces* y *Verticillium* (López Llorca y Hans-Börje, 2001), mientras que para la FAO (2003), los géneros de importancia son *Metarhizium*, *Beauveria*, *Paecilomyces*, *Verticillium*, *Rhizopus* y *Fusarium*.

#### **2.5.2.1. Proceso de infección**

El proceso de infección de los hongos entomopatógenos consiste en tres fases que según Téllez et al. (2009) y Góngora et al. (2009) son: (1) adhesión y germinación de la espora en la cutícula del insecto, (2) penetración en el hemocele y (3) desarrollo del hongo, que generalmente resulta en la muerte del insecto. Según y Nájera (2018) describe el siguiente proceso observar figura 6 y 7:

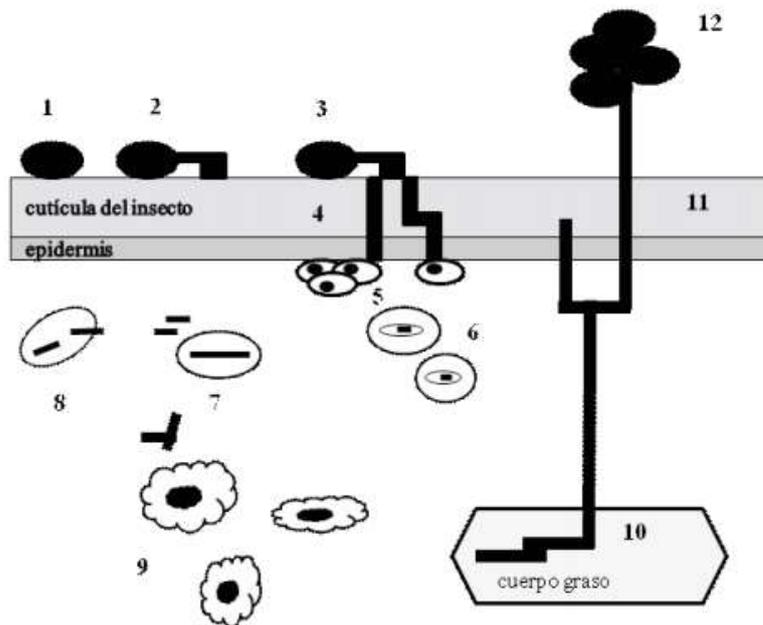
1. *Adhesión al tegumento*: los conidios del hongo se unen a la cutícula del insecto, en las regiones ubicadas entre los segmentos del cuerpo, las cuales presentan una composición y estructura más susceptibles.
2. *Germinación del conidio*: germina originando uno o varios tubos germinativos, en cuyo extremo se observa un apresorio, el cual podría tener la función de debilitar la cutícula en los puntos de contacto.
3. *Penetración al hemocele (cavidad general del cuerpo)*: este proceso se da como resultado de la degradación de la cutícula por la acción de enzimas y la presión mecánica ejercida por el tubo germinativo, depende de la etapa de desarrollo del

insecto, la presencia de sustancias antifúngicas, las reacciones de defensa y el sistema inmunológico del insecto.

4. *Multiplicación en el interior del insecto*: se efectúa mediante el desarrollo de blastosporas (células parecidas a las levaduras) y protoplastos (elementos sin pared celular y de forma irregular) que no son reconocidos por el sistema inmune del insecto, la producción de toxinas, la destrucción de los tejidos internos y la presencia de deficiencias nutricionales en el hospedero.
5. *Muerte del insecto*: después del crecimiento del hongo en el hemocele del insecto, se producen convulsiones, carencia de coordinación, supresión de la alimentación, reducción del movimiento, estado letárgico y, finalmente, la muerte. Durante esta fase, el hongo produce sustancias antibacterianas que pueden alterar la coloración del cadáver y evitan su descomposición y mal olor.
6. *Colonización*: con la muerte del insecto termina el desarrollo patogénico del hongo y empieza la fase saprofítica, es decir, el hongo crece en el interior del cuerpo del hospedero formando masas de micelio (filamentos) que salen del cuerpo, esporulan (forman esporas) sobre el cadáver y producen inóculo para infectar a otros insectos, diseminando la enfermedad.

**Figura 6**

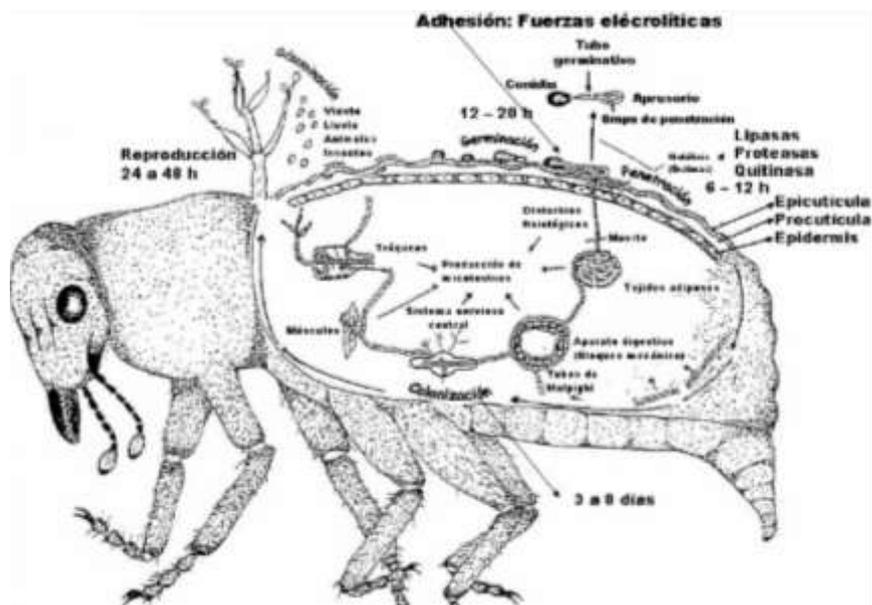
*Esquema del desarrollo de un hongo entomopatógeno*



Nota: 1) Adhesión de la espora a la cutícula del insecto. 2) Germinación y formación del apresorio. 3) Penetración de la cutícula. 4) Crecimiento lateral y penetración en la epidermis. 5) Agregación de los hemocitos en el lugar de penetración fúngica. 6) Fagocitosis de cuerpo hifales por células fagocitas del insecto. 7) Transformación a cuerpo levaduriformes. 8) Evasión del sistema inmune. 9) Propagación en el hemocele. 10) Transformación a cuerpo hifal. 11) Esporulación y germinación atravesando la cutícula del insecto. 12) Diseminación de las esporas.

**Figura 7**

*Proceso de infección de hongos entomopatógenos*



Fuente: Nereida (2016) ; Morocco (2017)

El estudio de los hongos entomopatógenos y de las toxinas que producen como: dextruxinas, demetildestruixina y protodextruxina es de gran importancia, porque se podrá sintetizar productos químicos de menor toxicidad y de alta acción insecticida, acaricida y nematocida (Carrillo y Blanco, 2009; Morocco, 2017). Existe un considerable número de metabolitos secundarios de bajo peso molecular que han sido aislados de patógenos de insectos (Tabla 3), muchos de los cuales han demostrado poseer actividad insecticida marginal (Téllez et al., 2009).

**Tabla 3**

*Principales metabolitos secundarios de bajo peso molecular producidos por hongos entomopatógenos*

Clasificación	Hongos que las producen
<b>No peptídicas</b>	
Oospereína	<i>Beauveria tenella, B. bassiana</i>
Bassianina	<i>B. bassiana</i>
Ácido oxálico	<i>Beauveria, Verticillium, Metarhizium</i>
Ácido dipicolínico	<i>Beauveria, Paecilomyces, Verticillium</i>
<b>Peptídicas lineales</b>	
Leucinostinas	<i>Paecilomyces</i>
<b>Péptidicas cíclicas</b>	
Beauvericina	<i>B. bassiana, Paecilomyces</i>
Beauverólidos	<i>B. bassiana, Paecilomyces</i>
Destruixinas	<i>Metarhizium</i>
Ciclosporinas	<i>Metarhizium</i>

Fuente: Téllez et al. (2009)

- *Beauveria bassiana*

Es el hongo entomopatógeno con amplio estudio, posee gran variedad de hospederos de más de 700 especies (Zarate, 1997), encontrados en muchos cuerpos de insectos del orden Coleóptera (escarabajos), Homóptera (moscas blancas y áfidos), Hymenóptera (hormigas) y Lepidóptera (mariposas) (Bermúdez, 2006), controla plagas como la bronca del café (*Hypothenemus hampei*) (Góngora et al., 2009).

Clasificación taxonómica de *B. bassiana* según Alexopoulos y Mims (1985) es:

Reino: Fungi

División: Ascomycota

Subdivisión: Deuteromycotina

Clase: Hyphomycetidae

Orden: Moniliales

Familia: Moniliaceae

Género: *Beauveria bassiana*. (Bals)

Vuillemin

### -Morfología

Es un hongo deuteromicete se desarrolla formando una estructura algodonosa y polvosa de color blanco conocida como muscardina blanca, cuando envejece se vuelve crema amarillenta; su estructura es de micelio septado, conidióforos de uno a dos micras de diámetro (figura 8), de donde nacen conidios o esporas hialinas redondas y ovaladas de dos a tres micras de diámetro, que se insertan en el raquis (Chiriboga et al., 2015).

### Figura 8

Observación micelio septado, conidióforos, esporas



Fuente: Chiriboga et al. (2015)

También se destaca porque produce toxinas como los ciclodepsipeptido donde se encuentra la beauvericine, beauveroline H e I, el isaroline A, B y C, donde Beauvericina es el más destacado ya que ha reportado ser el más tóxico a moscas y mosquitos en

condiciones de laboratorio, donde rompe el sistema inmunológico del hospedante (Carballo et al., 2004).

#### - **Modo de acción**

La propagación del hongo en el interior del hospedero conduce a la producción de hifas, blastosporas y toxinas que provocaran daño al insecto; donde el micelio invade los órganos y tejidos, empezando con el tejido adiposo, el desbalance de nutrientes y la acción insecticida de los metabolitos tóxicos como Beauvericina (Carballo et al., 2004).

#### - *Metarhizium anisopliae*

Ocupa el segundo lugar después de *B. bassiana* para control biológico, es agente causal de la muscardina verde, afecta a más de 300 especies de insectos (Carballo et al., 2004), caracterizándose por formar conidios encima del esterigma, el hongo produce enzimas como: quitinasa, proteasa y lipasa para posteriormente penetrarse en la cutícula de los insectos, estos mueren por acción de las toxinas Destruixinas y Citicalasinas (Bermúdez, 2006; Kuno et al., 1982). Este hongo parásito a 204 especies de insectos, dentro de los órdenes Orthópera, Dermáptera, Hemíptera, Lepidóptera, Díptera, Himenóptera y Coleóptera (Zarate, 1997).

Clasificación taxonómica de *M. anisopliae* según Morocco (2017) es:

Reino: Fungi

División: Ascomycota

Sub-Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Cordycipitaceae

Género: *Metarhizium*

Especie: *Metarhizium anisopliae*

(Metschnikoff) Sorokin

#### - **Morfología**

El hongo entomopatógeno *M. anisopliae* es un Deuteromycete, que produce conidios en masa, en conidióforos independientes. Los conidios son cilíndricos y miden de cinco a ocho micras de ancho y 10-14 de longitud (Zarate, 1997). Posee células conidiógenas de forma cilíndrica, con ápices cónicos, ordenando en densos himenios, los conidióforos se asemejan a un candelabro; conidios cilíndricos, ovoides, aseptados. Cuando el hongo esporula en un cadáver adquiere color verde (Carballo et al., 2004).

#### - **Modo de acción**

La infección del hongo comienza al adherirse el conidio, germinar y penetrar el tubo germinativo en la cutícula, el ingreso de la hifa, a través de la epicutícula, se realiza de

forma simultánea (enzimático-mecánico), luego de que germina el hongo, este ingresa al insecto por la zonas más frágiles de la cutícula, por medio de sus apresorios y la estaquilla de penetración, mediante la acción de las enzimas lipasas, proteasas y quitinasas degradadoras de la cutícula; la función del micelio producido por el hongo en el interior del insecto invade órgano y tejidos, para lo cual es primordial la acción de las destruxinas por su acción insecticida, que interrumpen las defensas del insecto permitiendo el paso de las blastosporas para invadir el hemocele, por otro lado, provocan la degradación progresiva de tejidos generando deshidratación de las células (Carballo et al., 2004).

- *Paecilomyces fumosoroseus*

Durante los últimos años se ha incrementado el interés en el hongo *Isaria fumosorosea* antes conocido como *Paecilomyces fumosoroseus* (Macías et al., 2013). El hongo *P. fumosoroseus* (Wize) Brown y Smith (Deuteromycotina: Hyphomycetes) es un patógeno con una amplia gama de hospedadores y una amplia distribución geográfica, que ha sido aislado del suelo y de diversos insectos como Homoptera, Coleoptera y Collembola (Chan et al., 2010). Al menos controla 41 especies de plagas pertenecientes a 25 familias de insectos, por ejemplo, se ha controlado a mariposa del fruto del durazno (*Carposina sasakii* Matsumura), termitas, escarabajo colorado de la papa (*Leptinotarsa decemlineata* Say), mariposa gypsy (*Lymantria dispar* y *Galleria mellonella*) (Castillo, 2002).

Clasificación taxonómica de *I. fumosorosea* según Morocco (2017) es:

Reino: Fungi

División: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Sub-Clase: Sordariomycetidae

Género: *Isaria*

Especie: *Isaria fumosorosea* (Wize)

Brown y Smith

- **Morfología**

Posee hifas hialinas o amarillentas, septada; Las estructuras conidiógenas son sinematosas o mononematosas, que tiene conidióforos verticiliados o irregulares, las conidias se encuentran en cadenas basopetales divergentes o enredadas, son hialinas o ligeramente pigmentadas con paredes suaves o eqyunuladas de varias formas (Castillo, 2002).

- **Modo de acción**

Causa la mortalidad a todos los estadios de mosca blanca entre 24 y 48 horas posteriores al contacto, transmisión y de barrido, que una espora es depositada sobre la cutícula del insecto seguido por el desarrollo de un tubo germinal (apresorio), que penetra el insecto y en 24 horas las hifas se forman en el hemocele del insecto, por último el micelio emerge del cuerpo en 48 horas y esporula a las 72 horas, el insecto muere ya que se genera la

destrucción de tejidos, por la liberación de toxinas y deficiencias nutricionales (Castillo, 2002).

### 2.5.3. Márgenes funcionales

Conocer la biología de las plantas permite decidir manejos, sin perturbar la biodiversidad, preservando las especies en caminos, perímetros de las unidades de producción e, incluso, intercalándolas dentro del cultivo en la siembra, de acuerdo con la región y las costumbres, dando alojamiento y alimento a los enemigos naturales, bajo un manejo planeado y sin interferir en el desarrollo del cultivo; para ello se deben identificar las especies adecuadas al ciclo del cultivo establecido, que no interfieran o compitan dentro de las etapas críticas o de diferenciación de la producción, sin erradicar especies vegetales (Escobedo et al., 2018).

#### -Plantas arvenses atrayentes de enemigos naturales

Los arvenses son una forma especial de vegetación que ha tenido mucho éxito en ambientes agrícolas porque son poblaciones de plantas que crecen en ambientes perturbados por humanos ya no requieren que los agricultores los cultiven (Blanco, 2016), están contruidos para proteger el suelo de la erosión y proteger los recursos hídricos, también pueden actuar como polinizadores atractivos para el control biológico de varios organismos nocivos presentes en los principales cultivos (Aupas, 2020). A continuación, se enlista las siguientes plantas arvenses con alto grado de biodiversidad:

**Tabla 4**

*Plantas arvenses con alto grado de biodiversidad*

Nombre Científico	Nombre Común	Ordenes de insectos	Fotografía
<i>Dalea coruella</i> (L.f.)	Iso	Coleóptera, Díptera, Hemíptera, Himenóptera Lepidóptera	
<i>Lupinus pubescens</i> L.	Chocho	Coleóptera, Díptera, Hemíptera, Himenóptera Neuróptera	

<i>Bacharis latifolia</i> (R&P) Pers	Chilca	Coleóptera, Díptera, Hemíptera, Himenóptera, Lepidóptera y Neuróptera	
<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	Granillo	Coleóptera, Díptera, Hemíptera, Himenóptera, Lepidóptera y Neuróptera	
<i>Fuertesimalva limensis</i> (L.) Fryxell	Malva	Coleóptera, Díptera, Hemíptera, Himenóptera, Lepidóptera y Neuróptera	
<i>Dysphania ambrosioides</i> L	Paico	Coleóptera, Díptera, Hemíptera, Himenóptera y Lepidóptera	
<i>Amaranthus quitensis</i> Kunth	Yuyo colorado	Coleóptera, Díptera, Hemíptera, Himenóptera y Neuróptera	

<i>Alternanthera porrigens</i> (Jacq.) Kunth	Moradilla	Coleópteros Dípteros Hemípteros Himenópteros Lepidópteros Neurópteros Ortópteros	
<i>Solanum nigrescens</i> M.Martens & Galeotti	Hierba mora	Coleóptera Díptera Hemíptera Himenóptera Lepidóptera Neuróptera	
<i>Salvia sagittata</i> Ruiz y Pav.	Matico	Coleópteros, Dípteros, Hemípteros, Himenópteros y Lepidópteros	

Fuente: Aupas (2020)

**2.6. Análisis económico del cultivo de papa en Ecuador**

A nivel nacional la producción de papa según MAG en el periodo 2021 fue de 316 501 toneladas donde las provincias de mayor producción se encuentra Carchi con 122 415 toneladas, el rendimiento promedio obtenido fue de 23.99 t/ha siendo el Carchi la de mayor valor (30.45 t/ha). Sin embargo, al existir un excedente de producción las retribuciones económicas del agricultor se ven afectadas por los bajos precios, por ello el considerar los costos de producción del cultivo de papa es de importancia (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), 2016).

**2.6.1. Costos de producción del cultivo de papa**

Los costos de producción de Carchi en promedio fueron de 5 062.21 USD/ha, coincidiendo con el MAG, en el 2018 que menciona que el cálculo fue de 5 000 USD/ha siendo las actividades de cosecha, fertilización, controles fitosanitarios y siembra las de mayor inversión debido a la necesidad de contratar varios jornales como mano de obra (Basantes et al., 2020). Por otro lado, los costos elevados de fertilización y control

fitosanitario, cubre un 23% de pérdidas ocasionadas por plagas y enfermedades (INEC, 2018).

**Tabla 5**

*Costos de producción por hectárea de papa (súper chola) y tipo de productor en la provincia del Carchi*

		<b>Carchi</b>		
<b>Tipo Costo</b>	<b>Actividades Culturales</b>	<b>Tipo de productor</b>		
		<b>Pequeños</b>	<b>Medianos</b>	<b>Grandes</b>
Costos Directos	Preparación del terreno	110.00	150.00	150.00
	Siembra	760.00	810.00	920.00
	Mantenimiento	1 488.60	1 547.10	2 966.15
	Cosecha	735.00	765.00	825.00
	Transporte	565.00	665.00	70.00
Costos indirectos		984.75	1 021.67	653.38
<b>TOTAL (USD/ha)</b>		<b>4 643.35</b>	<b>4 958.77</b>	<b>5 584.53</b>

Fuente: Basantes et al, (2020)

Para obtener los costos de producción se realiza la sumatoria entre los costos directos y costos indirectos así se obtiene el costo total, además para conocer el beneficio/costo se aplica la división del total de costos y el total de ingresos (Zúniga, 2011). Para conocer la utilidad neta se aplica la diferencia del valor de los ingresos menos los egresos (Horngren, 2000).

### **2.6.2. Productividad del cultivo de papa**

A nivel nacional, el rendimiento de papa para el año 2019 según Ministerio de Agricultura y Ganadería se ubicó en 23.41 t/ha de papa. La variedad mejorada “Superchola” fue la más utilizada por los agricultores y un rendimiento de 25.09 t/ha. El mayor rendimiento presentó las provincias del Carchi (32.01 t/ha), Cañar (27.10 t/ha), Pichincha (25.37 t/ha) y Chimborazo (24.50 t/ha).

### **2.7. Marco legal**

Esta investigación se alinea al Art. 13 y 14 de la Constitución del Ecuador donde se promueve el derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, donde se enfocara en la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad tomando en cuenta que la naturaleza tiene el derecho a que se respete íntegramente su existencia y mantenimiento, así se incentivará la protección y respeto a los elementos que forman un ecosistema como lo establece el Capítulo VII de los Derechos de la naturaleza para utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

En base al Capítulo II de la Ley Orgánica Sanitaria en el Art. 28 menciona que, para declarar un área libre y de baja prevalencia de plagas, la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario debe verificar de manera técnica, que una plaga no esté presente o se encuentra en niveles bajos, por ello esta investigación pretende conseguir zonas con baja incidencia de *B. cockerelli* como apoyo para acatar la presente normativa (Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria [LORSA], 2017).

## CAPITULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Caracterización del área de estudio

La presente investigación se realizó en la provincia del Carchi, en el cantón Bolívar, parroquia Bolívar, en el sector Cuesaca (Figura 9).

**Figura 9**

*Ubicación geográfica del área de estudio*



Las características climáticas del área de estudio se desglosan en la tabla 6, como la altitud, temperatura, precipitación y humedad relativa.

**Tabla 6**

*Caracterización del área de estudio*

Área de estudio	Descripción
Provincia	Carchi
Cantón	Bolívar
Parroquia	Bolívar
Sector	Cuesaca
Altitud	2 668 m s.n.m.
Temperatura	6 - 20 °C
Precipitación	700 -1 000 mm
Humedad relativa	85.31%

Fuente: Vega y Chamorro, (2018); Nasa power, (2021)

### 3.2. Materiales, equipos, insumos y herramientas

En la tabla 7 se indican los materiales que se utilizaron para el desarrollo de la investigación.

**Tabla 7**

*Materiales, insumos y equipos utilizados en el desarrollo de la investigación*

<b>Materiales de campo</b>	<b>Insumos</b>	<b>Equipos</b>	<b>Software</b>
Libreta de campo	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Estereoscopio	Excel
Trampas amarillas	<i>Beauveria bassiana</i>	Computadora	Word
Lupa	<i>Paecilomyces</i>	Lupa	InfoStat
Rolopac	<i>fumosoroseus.</i>	Celular	ArcMap
Red entomológica	Biol		10.8
Frascos	Semilla certificada		

### 3.3 Métodos

En la presente investigación de tipo experimental, para el manejo agroecológico de la dinámica poblacional de *B. cockerelli* Šulc en el cultivo de papa, se estableció un Diseño en Bloques Completos al Azar en Franjas y se evaluó por medio de monitoreos directos e indirectos semanales, el efecto que tiene la aplicación de los tres hongos entomopatógenos que se describen más adelante, para determinar algún efecto sobre los estadios de *B. cockerelli*, en el cantón Bolívar, Carchi.

#### 3.3.1. Factor en estudio

El factor en esta investigación fue el tipo de control de *B. cockerelli* en el cultivo de papa, presentándose cuatro niveles descritos en la tabla 8.

**Tabla 8**

*Descripción de los niveles en estudio*

<b>Nivel</b>	<b>Descripción</b>
N1	<i>Beauveria bassiana.</i>
N2	<i>Metarhizium anisopliae.</i>
N3	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>
N4	Testigo absoluto

A continuación, se describe la concentración y dosis aplicadas de los hongos entomopatógenos en cada uno de los niveles (Tabla 9).

**Tabla 9**

Concentraciones y dosis de la unidad formada de colonias (UFC) de los hongos entomopatógenos

Hongos entomopatógenos	Concentración	Dosis (g/330 m <sup>2</sup> )
<i>Metarhizium anisopliae</i>	1.0 x 10 <sup>11</sup> UFC	0.5
<i>Beauveria bassiana</i>	5.0 x 10 <sup>10</sup> UFC	2
<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	5.0 x 10 <sup>10</sup> UFC	1

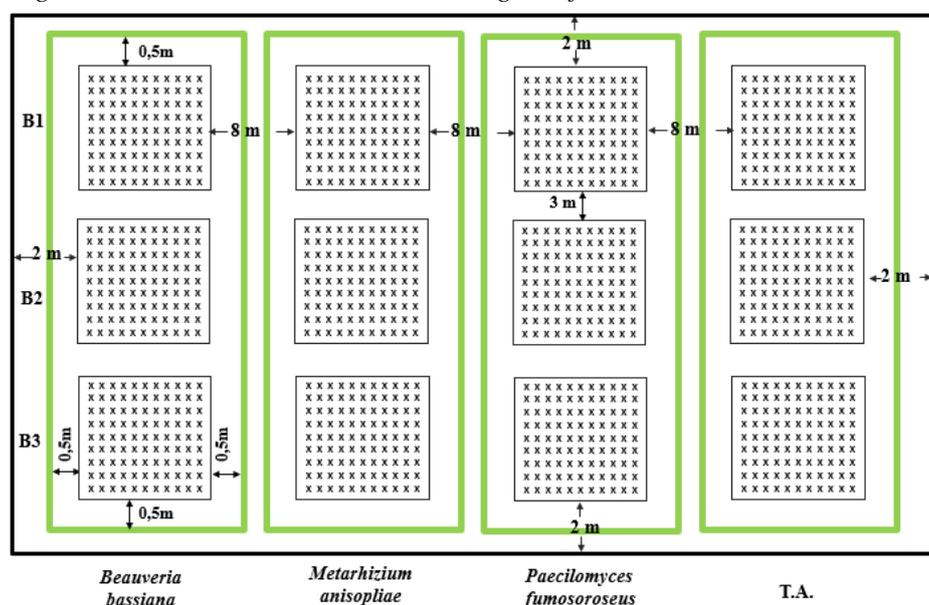
Se realizó aplicaciones foliares de cada uno de los hongos descritos anteriormente, que se disolvieron primeramente con 10 mililitros de agua, junto con una gota de dispersante hasta obtener una mezcla homogénea, posteriormente se mezcló con 20 litros de agua y 10 mililitros de dispersante para mejorar las propiedades humectantes y esparcidoras de cada hongo entomopatógeno, con una frecuencia de aplicación cada siete días a las tres unidades experimentales de cada nivel, que se lo realizó en las mañanas.

### 3.3.2. Diseño experimental

Se implementó un Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA) en Franjas con cuatro niveles (*B. bassiana*, *M. anisopliae*, *P. fumosoroseus*, Testigo absoluto (T.A.) (Figura 10).

**Figura 10**

Diseño en el ensayo experimental con los manejos *B. bassiana*, *M. anisopliae*, *P. fumosoroseus*, T. A. (Testigo Absoluto, contornos verdes son márgenes funcionales)



#### 3.3.2.1. Características del experimento

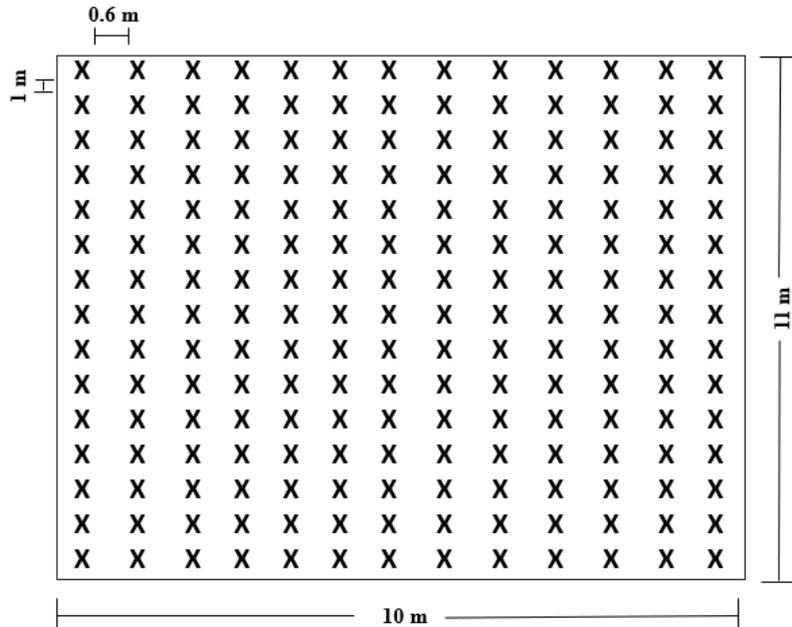
- Niveles: 4
- Bloques: 3
- Número de unidades experimentales: 12
- Área total del ensayo: 2 970 m<sup>2</sup>

### 3.3.2.2. Características de la unidad experimental

El área en estudio contó con un total de 12 unidades experimentales, se tuvo una separación entre surcos de un metro de distancia y entre plantas de 0.6 metros (figura 11).

**Figura 11**

*Modelo de las unidades experimentales y dimensiones para los diferentes tipos de manejos*



En la tabla 10 se describe de forma detalla las características de la unidad experimental y cantidad de plantas implementadas en el área del experimento.

**Tabla 10**

*Características de la unidad experimental*

Datos	Cantidad
Área de la unidad experimental	110 m <sup>2</sup>
Distancia entre plantas	0.6 m
Distancia entre hileras	1 m
Número de surcos	11
Número de plantas por surco	15
Número de plantas por unidad experimental	165
Largo de la unidad experimental	10 m
Ancho de la unidad experimental	11 m
Número de plantas por parcela neta	1980
Número de plantas por punto	2
Ancho de margen funcional	0.5 m

### 3.3.3. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se enfatizó en el análisis de varianza (Tabla 11) para un Diseño en Bloques Completos al Azar en Franjas, además se utilizó la prueba de media LSD Fisher ( $\alpha = 0.05$ ) para datos obtenidos de las variables que cumple con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza, caso contrario se utilizó análisis de datos no paramétricos Friedman.

**Tabla 11**

*Análisis de varianza (ADEVA), para Bloques Completos al Azar*

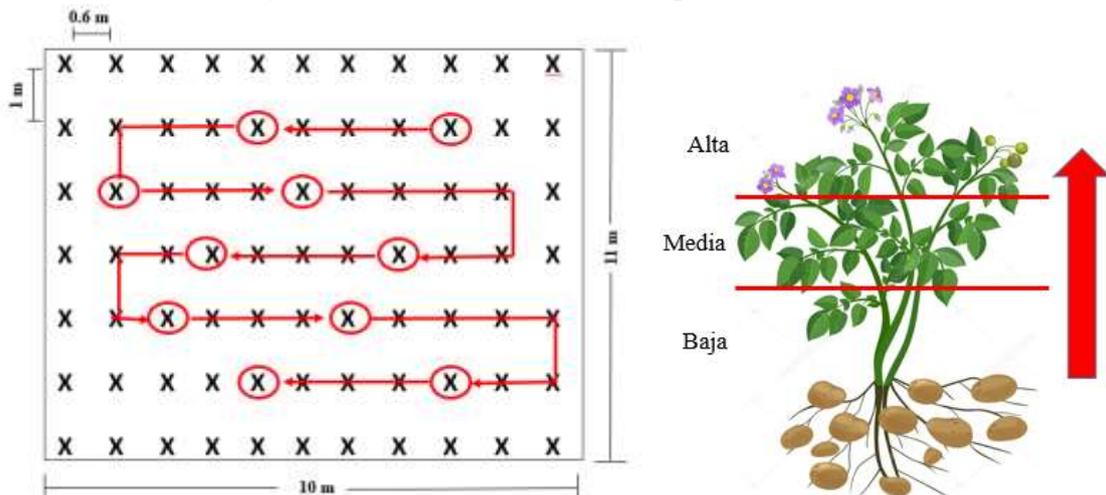
Fuentes de Variación	GL
Bloques	3-1=2
Tipo de control	4-1=3
Error Experimental	6
Total	12-1=11

### 3.4. Variables evaluadas

En esta sección se evaluó por medio de monitoreo directo el número de oviposaduras y ninfas de *B. cockerelli* y la sintomatología de punta morada que para llevarlo a cabo se implementó un diseño en forma de “S”, para ello se seleccionaron 20 plantas al azar, de las cuales se escogió de manera aleatoria tres hojas de las parte baja, media y alta (Figura 12); en cuanto el monitoreo indirecto se contabilizó la entomofauna y el número de adultos del psílido mediante el uso de trampas amarillas. Finalmente, variables como el rendimiento, la calidad del tubérculo y el análisis económico se evaluó al finalizar el ciclo del cultivo.

**Figura 12**

*Diseño de muestreo en forma de “S” y muestreo en cada planta seleccionada*



### 3.4.1. Número de huevos de *B. cockerelli*

El primer conteo de huevos se realizó el monitoreo directo a los 30 días después de la siembra (dds) hasta finalizar la floración, con una frecuencia semanal, se tomó un lapso de cinco minutos para cada planta, empezando con la parte apical hacia la basal en el haz y envés de las hojas con la ayuda de una lupa (Figura 13) (Cuesta et al., 2018).

#### Figura 13

*Oviposturas encontradas en hojas de la parte media y envés de la planta*



### 3.4.2. Número de ninfas de *B. cockerelli*

Con la aplicación de la misma metodología aplicada en el conteo de oviposturas se evaluó el número de ninfas en las mismas plantas previamente seleccionadas, tanto en el haz y envés de las hojas, sin tomar en cuenta en que instar se encuentren.

#### Figura 14

*Ninfa encontrada durante el monitoreo de la parte media y envés de la hoja*



### 3.4.3. Número de adulto de *B. cockerelli*

Con la ayuda de trampas amarillas se contabilizó el número de adultos, las cuales fueron distribuidas en cada unidad experimental, colocando una estaca de 1.25 metros y la trampa a cinco cm del ápice de la planta (Figura 15), posteriormente se colectó y se cambió las nuevas trampas cada 15 días envueltas en plástico rolopac.

#### Figura 15

*Instalación y cambio de trampas amarillas en cada unidad experimental*



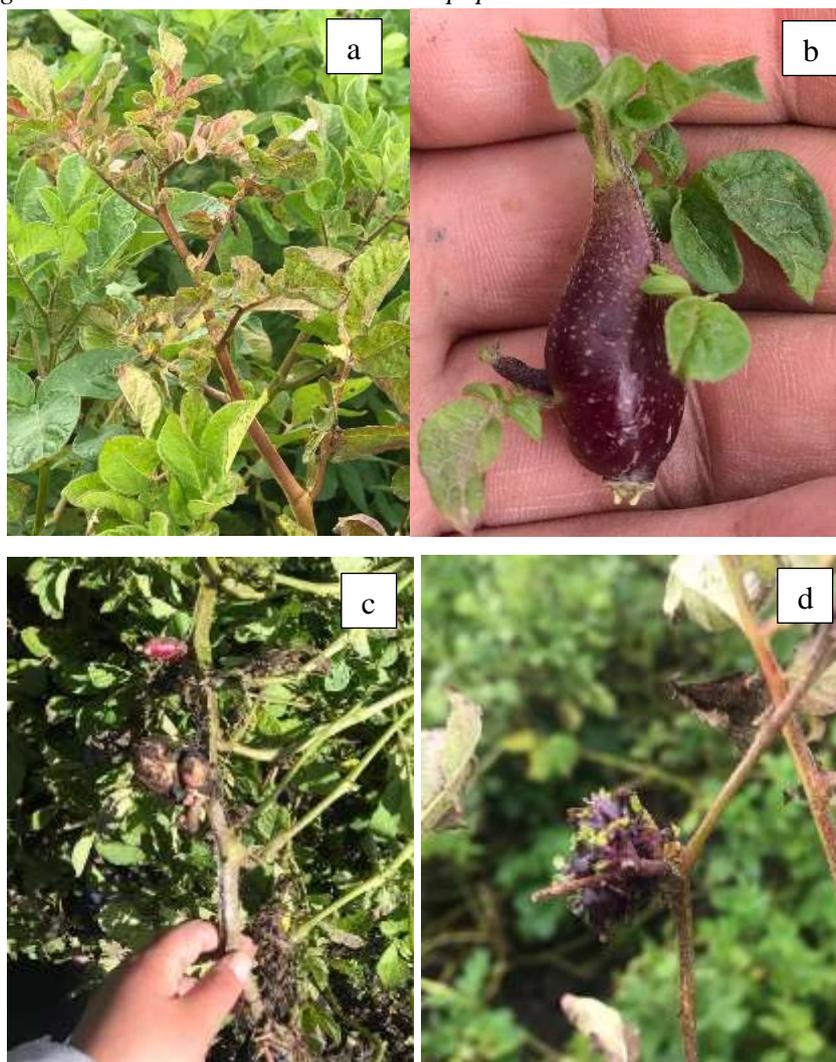
### 3.4.4. Porcentaje de incidencia de punta morada en papa

De las 20 plantas seleccionadas anteriormente se observó el número de plantas sin síntomas y con síntomas que presenta la PMP, tales como: enanismo, enrollamiento de las hojas hacia el haz, coloración morada en las hojas apicales, entrenudos engrosados, proliferación de yemas axilares, tubérculos aéreos y la muerte temprana de la planta, para el cálculo del porcentaje de incidencia de daño se utilizó la siguiente fórmula según Ramos (2018):

$$\text{Incidencia (\%)} = (\text{Total de plantas con síntoma} / \text{Total de plantas muestreadas}) \times 100$$

## Figura 16

*Sintomatología de Punta Morada en el cultivo de papa*



Nota: a. Coloración purpura y enrollamiento de hojas; b. Proliferación de yemas axilares; c. Tubérculos aéreos; d. Senescencia de la planta.

### 3.4.5. Entomofauna

Para la realización de esta variable se aplicó dos tipos de métodos descritos a continuación:

- a) *Trampas amarillas*: se procedió a contar los insectos presentes en las trampas amarillas cada 15 días y se clasificó por orden, con la ayuda de un estereoscopio (Figura 17).
- b) *Redes entomológicas*: con ayuda de una red entomológica se recolectó mediante un muestreo aleatorio sistemático siguiendo un barrido en forma “S”, posteriormente los insectos recolectados se colocaron en un frasco de vidrio para ser transportados a los laboratorios de entomología de la Granjas Experimental “La Pradera” de la Universidad Técnica del Norte (Figura 17).

**Figura 17**

*Barrido red entomológica y conteo de insectos para la evaluación de entomofauna*



### **3.4.6. Rendimiento**

Para la variable rendimiento se realizó un pesaje de los tubérculos previamente clasificados en las tres categorías (primera, segunda y tercera) de cada unidad experimental (Figura 18), además se realizó la reducción del 10% al cálculo del rendimiento final por cada manejo para ajustar a los rendimientos por hectárea.

**Figura 18**

*Clasificación y pesaje de rendimiento del cultivo*



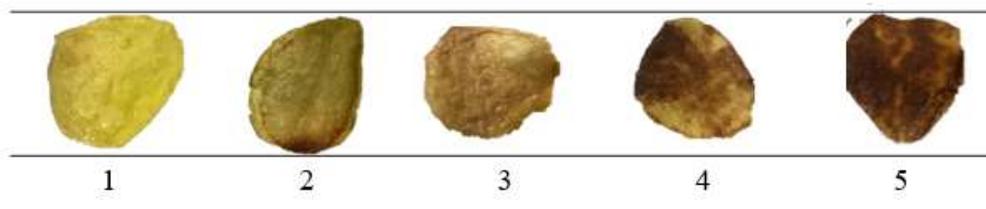
*Nota: a. Pesaje por categoría; b. Clasificación por categoría*

### **3.4.7. Calidad de tubérculo**

Los principales síntomas de Zebra Chip son las manchas pardas o claras distribuidas en el interior del tubérculo (Figura 19), y que son más notorias cuando se realizan pruebas de fritura, con esta la finalidad se determinó si estuvo presente la enfermedad, siendo como principal agente causal *Candidatus Liberibacter*, que su vector de transmisión es *B. cockerelli*.

**Figura 19**

*Descripción gráfica de la escala para la evaluación de la fritura de la hojuela*



Para esta variable se escogió 10 tubérculos de cada unidad experimental con un peso mayor a 80g, se formaron hojuelas y se seleccionaron las 10 mejor formadas para finalmente freírlas. Las hojuelas se clasificaron en hojuelas quemadas o material indeseable (niveles C3, C4 y C5) y hojuelas no quemadas o material deseable (niveles C1 y C2) de la Tabla 12 y Figura 19.

**Tabla 12**

*Escala en la que se evaluó los síntomas de Zebra Chip*

Niveles	Descripción
C1	Papa sin ninguna mancha
C2	Papa con ligero pardeamiento marrón en forma de pequeños puntos
C3	Papa con pardeamiento marrón empezando a formar un anillo
C4	Papa con manchas marrón oscuro distribuidos en todo el tubérculo
C5	Papa totalmente manchada

Fuente: Moreno (2020)

### **3.4.8. Análisis económico**

Para el análisis económico, se tomó en cuenta los costos de producción (sumatoria de costos directos e indirectos), la utilidad bruta (diferencia entre ingresos y egresos) y la relación beneficio/costo (ingresos/costos). Para este análisis se consideró un precio mínimo promedio que se encontró en el mercado en dólares por quintal (Puetate, 2019).

### **3.5. Manejo Específico del Experimento**

El monitoreo de *B. cockerelli* se realizó en las 12 unidades experimentales y en cada una de ellas se evaluó 20 plantas para el muestreo, la investigación se desarrolló en la parroquia Bolívar, cantón Bolívar sector Cuesaca. En los siguientes procesos se explica de forma detallada de cómo se realizó el experimento:

#### **a) Selección del Lote**

Para la selección del lote se realizó en conjunto con el INIAP, CIP y con un productor de la zona ubicado en el cantón Bolívar, provincia del Carchi, donde el agricultor se comprometió en mantener el cultivo durante la etapa de evaluación para lo cual se trabajó en un lote de 2 970 m<sup>2</sup>.

## b) Establecimiento del Cultivo

Para el establecimiento del cultivo se realizó las siguientes actividades:

### 1. Preparación del Suelo

Se realizó un respectivo análisis de suelo para aplicar los macronutrientes y micronutrientes necesarios para un óptimo desarrollo y luego se preparó el terreno con dos meses antes de la siembra, realizando la respectiva limpieza generada por el cultivo anterior, para lo cual se dio un paso de arado con tractor durante 30 minutos, finalmente se realizó una incorporación de tres cacos de cal agrícola.

### 2. Instalación de Márgenes Funcionales

Para la instalación de los márgenes funcionales se lo realizó de la siguiente manera (figura 20), cabe señalar que las plantas colocadas fueron: rábano silvestre (*Raphanus raphanistrum* L.), cosmos (*Cosmos bipinnatus*), caléndula (*Calendula officinalis*) como también una asociación de cultivo de haba (*Vicia faba*), quinoa (*Chenopodium quinoa*), cilantro (*Coriandrum sativum*) y maíz (*Zea mays*) (Figura 20).

#### Figura 20

*Plantas sembradas en el margen funcional y asocio de cultivos*



*Nota: a. Cosmos; b. haba; c. quinoa d. Caléndula*

El diseño que se implementó fue alternar plantas de cosmos, caléndula, quinoa y cilantro, que se lo realizó un mes antes de la siembra, alrededor del lote se implementó una barrera viva con plantas de maíz (Figura 21).

**Figura 21**

*Instalación de barreras vivas con maíz, asocio de haba y siembra de cosmos*



**3. Surcada**

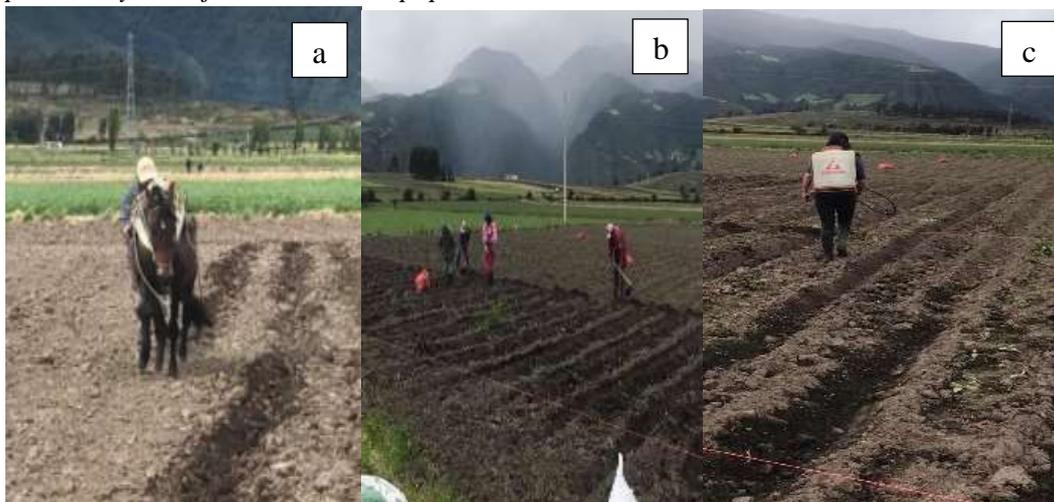
Para elaborar los surcos se utilizó una yunta de caballo y se formaron a una distancia de un metro entre hileras.

**4. Siembra**

En cuanto a la siembra con la ayuda del CIP se adquirió semilla certificada de papa Superchola, a una distancia de un metro entre hileras y 0.60 metros entre plantas, incorporando el primer abonamiento con compost y fertilizantes químicos.

**Figura 22**

*Preparación y manejo del cultivo de papa*



Nota: a. Elaboración de surcos; b. Siembra de semilla; c. Desinfección

### c. Labores Agronómicas

- **Deshierbe y medio aporque:** se los realizó a los 46 días después de la siembra, en conjunto con los agricultores usando azadones, para controlar manualmente las malezas y apilar tierra, así mismo se procedió a retirar tubérculos en mal estado, además se incorporó fertilizante complementario con la finalidad de mantener firme la planta durante su desarrollo.

-**El aporque:** a los 80 días después de la siembra se procedió a realizar un realce del surco con el objetivo de mejorar la tuberización del cultivo, disminuir el ataque de plagas y dar mayor facilidad en la cosecha (Oyarzún et al., 2002).

-**Riego:** En el sector Cuesaca contaban con canales de riego y por ende un reservorio, por lo que se dio riego por gravedad dos veces por mes, en los tres primeros meses después de la siembra, ya que a partir de finales de octubre dio comienzo con la época de invierno hasta la cosecha.

-**Control fitosanitario:** en cuanto el control de enfermedades se aplicó productos sintéticos (Tabla 13), para evitar enfermedades que afectan al cultivo.

**Tabla 13**

*Control fitosanitario de enfermedades por hectárea en el cultivo de papa*

<b>Ingrediente Activo</b>	<b>Dosis (ha)</b>	<b>Modo de acción</b>
Copper sulphate pentahydrate	1 l	Fungicida-Bactericida
Mancozeb+Cymoxanyl	1 kg	Fungicida para lancha
Difenoconazole	500 cc	Alternaria
Mancozen+Dimethomorph	1.5 kg	Fungicida para lancha
Propamocarb Hydrochloride	500 cc	Fungicida para lancha
Kasugamycin	1 l	Fungicida-Bactericida

### d. Manejo de hongos entomopatógenos

Para el manejo agroecológico se aplicó controladores biológicos como los hongos entomopatógenos de *B. bassiana*, *M. anisopliae*, *P. fumosoroseus* que en la tabla 14, describe la dosis, el modo de aplicación fue de forma foliar de abajo hacia arriba en toda la planta, se aplicó cada siete días a partir de los 30 días después de la siembra.

**Tabla 14**

*Concentración y dosis de cada hongo entomopatógeno*

<b>Hongos entomopatógenos</b>	<b>Concentración</b>	<b>Dosis (g/330 m<sup>2</sup>)</b>
<i>Metarhizium anisopliae</i> .	2.0 x 10 <sup>11</sup> UFC	0.5
<i>Beauveria bassiana</i> .	5.0 x 10 <sup>10</sup> UFC	2
<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	5.0 x 10 <sup>10</sup> UFC	1

Caber señalar que para cada unidad experimental se aplicó 60 litros de agua, considerando su aplicación en horas de la mañana, evitando los rayos fuertes del sol, además con el

asocio de haba como separación de cada unidad se evitó la mezcla de los microorganismos (Figura 23).

**Figura 23**

*Preparación y aplicación de hongos entomopatógenos en el cultivo de papa*



**e. Manejo de trampas**

Para *B. cockerelli* se procedió a colocar trampas amarillas de dimensiones 10x10 cm a los 30 días después de la siembra del cultivo hasta finalizar la floración, con monitoreos cada 15 días. Se colocó la trampa a cinco centímetros del brote apical de la planta, tomando en cuenta que la trampa subía conforme la planta se desarrollaba (Figura 24).

**Figura 24**

*Instalación de trampas amarillas e identificación de insectos*



**f. Monitoreo**

Para realizar el monitoreo directo se procedió a contabilizar de forma sistemática el número de huevos empezando a los 30 días después de la siembra, el conteo se lo realizó desde la parte apical hasta la basal, de igual manera para el conteo de ninfas se lo ejecutó

en tres hojas compuestas bajas y tres de la parte media de la planta, seleccionando 20 plantas por cada unidad experimental distribuidas en forma de “S”. Se observó a cada planta en un lapso de cinco minutos (Figura 25).

Para evaluar el número de adultos se utilizó el monitoreo indirecto con el uso de trampas amarillas, con un cambio cada 15 días envueltas en plástico rolopac, etiquetando de que unidad experimental se retiró para su posterior evaluación, en seguida se colocó una nueva trampa. Finalmente, los datos registrados se digitalizaron en Excel.

### **Figura 25**

*Monitoreo directo, para muestrear oviposturas y ninfas de *B. cockerelli**



### **g. Manejo de red entomológica**

Para la variable entomofauna se formó una red con alambre de acero de 45 cm de radio y una tela tul en forma coniforme, el cual estaba adherido a un palo de 50 cm de largo, este material se utilizó para identificar la entomofauna presente en el cultivo con el 25, 50 y 100% de floración, posteriormente se colocó en un frasco para su respectiva identificación.

### **Figura 26**

*Barrido con red entomológica*



#### **h. Cosecha**

Con la ayuda de los agricultores y sus materiales de cosecha se extrajo el tubérculo de los surcos, otro grupo de agricultores se dedicaron clasificar en categorías de primera, segunda y tercera, con posterioridad se pesó los quintales de cada unidad.

#### **i. Calidad del tubérculo**

Finalmente, se tomaron 10 muestras de tubérculos de cada unidad experimental, para evaluar la presencia de la enfermedad de Zebra chips, para lo cual se cortó rodajas de las cuales se escogió las 10 mejor formadas.

# CAPÍTULO IV

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Dinámica poblacional de *B. cockerelli*

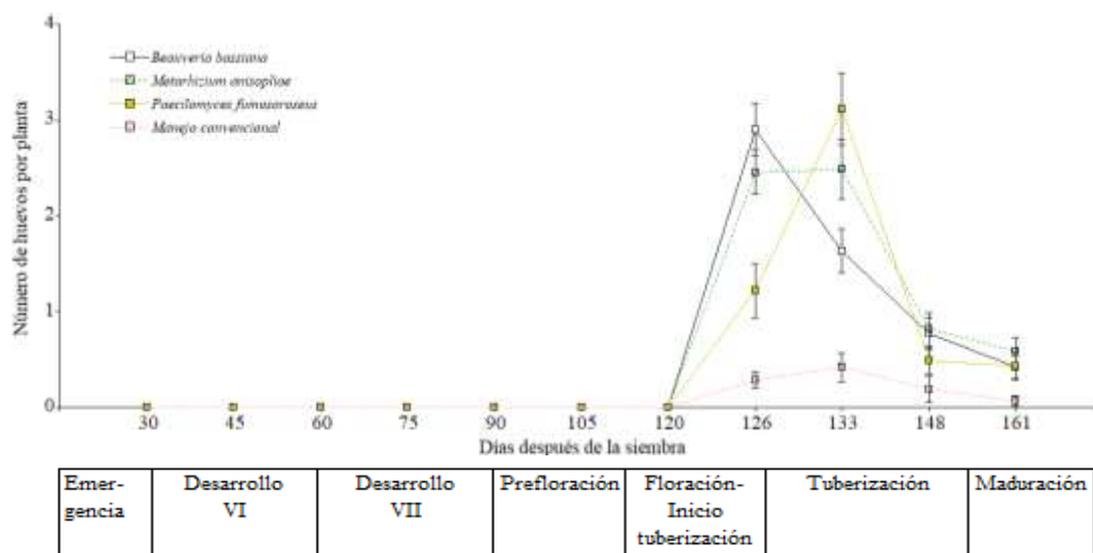
La dinámica poblacional de *B. cockerelli* S., se dividió en los tres estadios: oviposturas, ninfas y adultos.

#### 4.1.1. Número de oviposturas de *B. cockerelli*

Según el análisis de datos no paramétricos Friedman indica que si existe interacción entre los días después de la siembra y el tipo de manejo ( $T^2=66.17$ ;  $p<0.0001$ ) (Figura 27).

**Figura 27**

Número de oviposturas de *B. cockerelli* S.



En la figura 27, se visualiza que a los 126 días se presentan oviposturas; *B. bassiana* y *M. anisopliae* se asemejan alcanzando aproximadamente tres huevos por planta, siendo superiores con casi dos huevos con respecto a *P. fumosoroseus* y manejo convencional. Por el contrario, para el día 133, el número de oviposturas se incrementa para *P. fumosoroseus* en dos huevos, mientras que para *M. anisopliae* se mantiene el mismo número, siendo estos dos manejos superiores a *B. bassiana* y convencional con dos huevos por planta. Para los 148 y 161 días existe una reducción para todos los manejos, siendo el convencional el de menor número de oviposturas.

En el bioensayo de Palacio (2021) en jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) por medio de adultos de *B. cockerelli* infectados por *B. bassiana* generó una disminución del 75% de oviposturas. Por el contrario, en esta investigación se evidencia que en el manejo de *B. bassiana* a los 133 días se redujo la ovipostura un 43%, Palacio (2021) menciona que este

hongo afecta la ovoposición por el gasto de energía de las hembras en respuesta a la infección, aunque el mayor porcentaje se debe a las condiciones climáticas del estudio, además, García et al. (2011) mencionan que este microorganismo produce enzimas y toxinas que provocan cambios fisiológicos que afectan la supervivencia y fecundidad de lo psílidos.

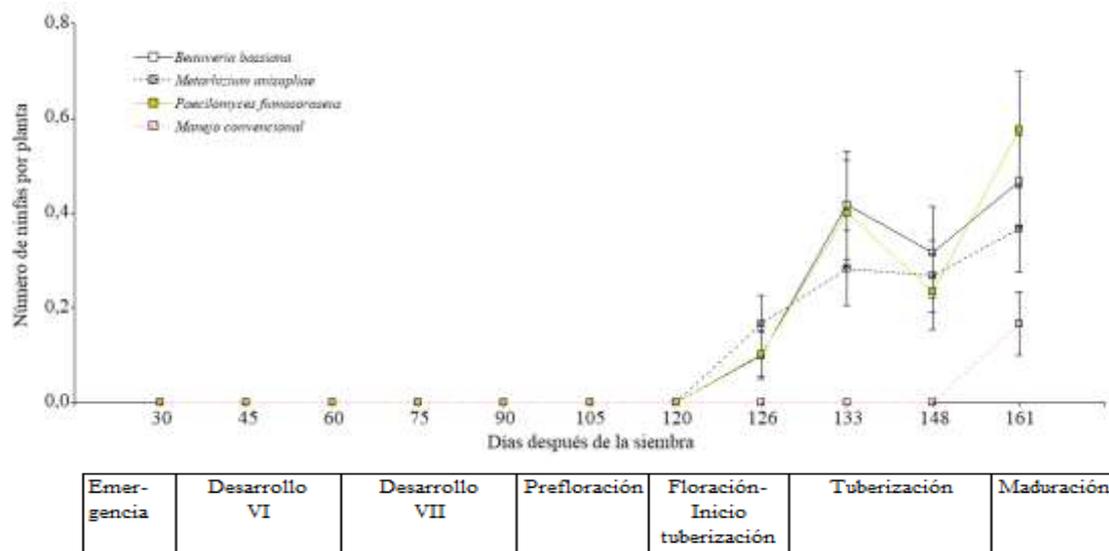
En la investigación de campo de Chimbo (2021) realizada en cultivo con una temperatura de 14 °C y humedad relativa del 80% con un total de seis aplicaciones de *M. anisopliae*, en la última aplicación presentó el 25% de eficacia y un 62% en convencional. En esta investigación se observó que a una temperatura de 15 °C y humedad del 85% con un total de 17 aplicaciones de los hongos, la eficacia se observó en la aplicación 15 (148 días), de tal manera que se determina que *M. anisopliae* presentó el 48% y convencional el 57% de eficacia, por lo tanto, se evidencia que este hongo actúa en las últimas aplicaciones y su eficacia no sobrepasa al manejo convencional.

#### 4.1.2. Número de ninfas de *B. cockerelli*

El análisis estadístico a través de las pruebas Friedman para datos no paramétricos, en cuanto el número de ninfas indica que existe interacción entre la etapa fenológica y el tipo de manejo ( $T^2=12.95$ ;  $p<0.0001$ ) (Figura 28).

**Figura 28**

Número de ninfas de *B. cockerelli* S.



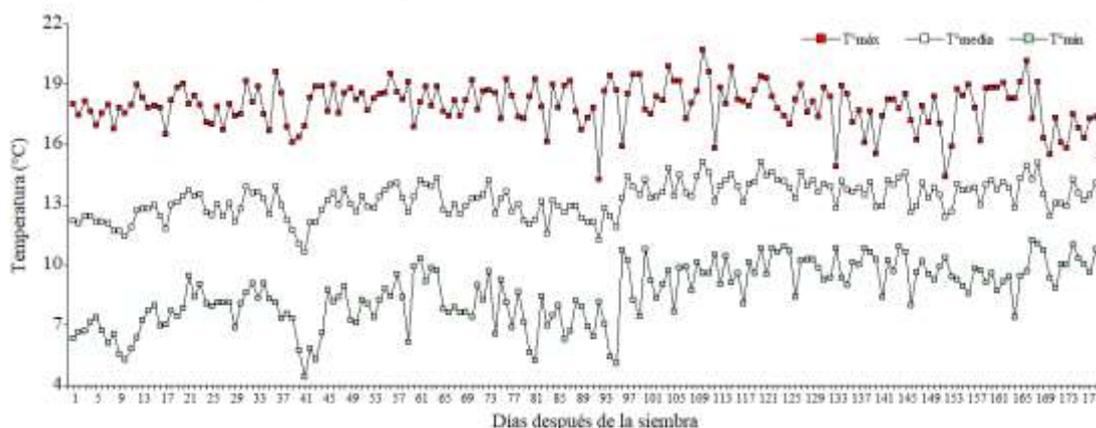
En la figura 28, indica que a los 126 días se identifica la presencia de ninfas, encontrando en este estudio menos de una ninfa, además se evidencia una diferencia entre el convencional y los hongos entomopatógenos durante los muestreos, siendo mayor el control biológico comparado con el control convencional.

En el bioensayo de Villegas (2011) en hojas de jitomate (*Solanum lycopersicum*) en condiciones constantes de 24 a 26 °C, con monitoreo de 10 ninfas de *B. cockerelli* resultó

que la cepa de *M. anisopliae* fue la menos virulenta ( $6.34 \times 10^5$  conodias/ml) que *B. bassiana* ( $2.99 \times 10^4$  conodias/ml) provocando una mortalidad de 90 a 100%, a diferencia de esta investigación, donde se encontró mayor presencia de ninfas en el control biológico, según Shannon (1996) y Godoy et al. (2007) indican que las temperaturas óptimas para el desarrollo de los hongos son de 20 a 30 °C, por lo que contrasta con las condiciones de la zona de estudio con temperatura máxima de 21 °C y mínima de 4 °C.

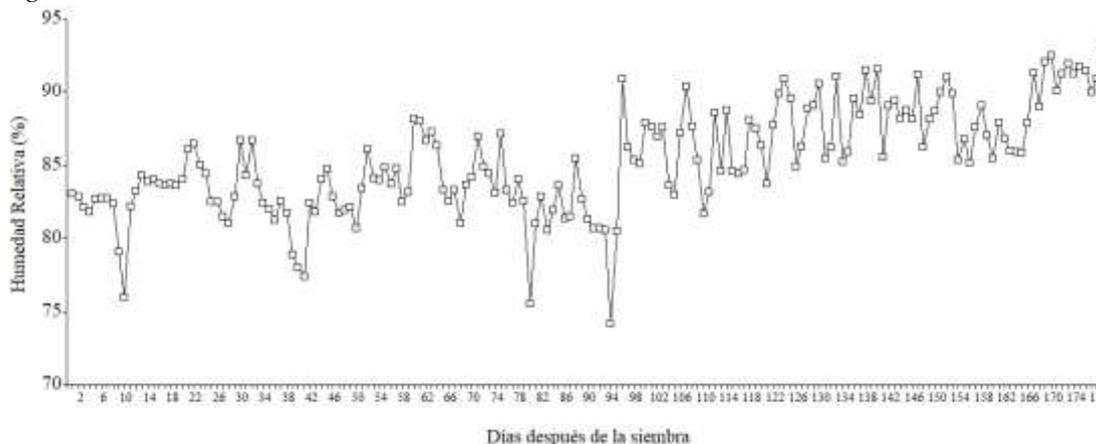
**Figura 29**

Temperatura máxima y mínima registrada durante el ciclo del cultivo



**Figura 30**

Registro de humedad relativa durante el ciclo del cultivo



Fuente: Nasa Power (2021)

Lacey et al. (2009) en cambio en su bioensayo con concentración de  $10^7$  conidios/ml, sobre 10 ninfas en hojas de papa a una temperatura de 21 a 26 °C y humedad relativa de 36 a 45% con *B. bassiana*, produjo una mortalidad de 81%, cuatro días después de la aplicación, mientras que *P. fumosorosea* produjo el 95% y *M. anisopliae* el 90 a 96%, a diferencia de esta investigación que se aplicó una concentración de  $10^{10}$  y  $10^{11}$  UFC, existió un incremento del 74%; *M. anisopliae* presentó la menor cantidad en comparación con *B. bassiana* y *P. fumosoroseus*, Lacey et al. (2009) mencionan que entre más alta la concentración el control de ninfas será mayor.

Ortiz y Valdivia, (2011) manifiestan que la limitación de condiciones del hongo imposibilita el desarrollo, afirmando el incremento de ninfas que durante la evaluación se presentó una temperatura promedio de 14 °C y una humedad de 85%.

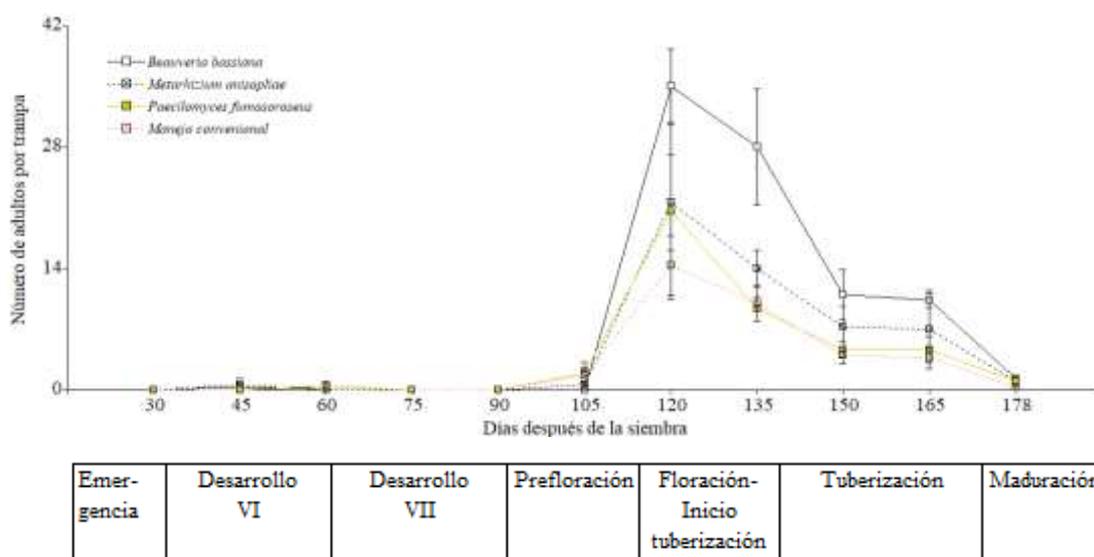
Con respecto al bioensayo de Sánchez et al., (2007) con cepas de *B. bassiana* y *M. anisopliae* a una concentración de  $1 \times 10^8$  conidios/ml en plantas de pimiento y tomate bajo invernadero (21-33 °C) durante 18 días, se reporta una mortalidad de ninfas de 83 a 89%, a diferencia de esta investigación que con menos de una ninfa, la aplicación de *M. anisopliae* ( $1 \times 10^{11}$ ) fue el que presentó la menor cantidad, mientras que *B. Bassiana* ( $5 \times 10^{10}$ ) fue mayor, según el autor la mortalidad alta se debe al poco tiempo de evaluación, en cambio en el estudio se realizó un total de 11 muestreos durante 161 días lo que influencia el porcentaje de mortalidad (Poprawski et al., 1999).

#### 4.1.3. Número de adultos de *B. cockerelli* Sulc

El resultado que generó la prueba de datos no paramétricos Friedman, establece que existe interacción entre el tipo de manejo y los días después de la siembra ( $T^2=17.30$ ;  $p<0.0001$ ) (Figura 31).

**Figura 31**

Número de adultos en trampa de *B. cockerelli* S. en manejo convencional y control biológico



En la figura 31, se puede observar que a partir de los 105 días se registra la presencia de adultos de *B. cockerelli*. Para los 120 días existe un incremento de 35 adultos en *B. bassiana*, para *P. fumosoroseus* y *M. anisopliae* 20 adultos, mientras para el manejo convencional se incrementan solo 14 adultos, sin embargo, a los 135 días existe una reducción del 20% en *B. Bassiana*, siendo superior con casi 25 individuos con respecto a *M. anisopliae*, *P. fumosoroseus* y convencional. Para los 150 días, se registra un descenso en todos los manejos con aproximadamente el 60%, mientras que para los 165 días en

todos los manejos se mantiene similar número de psílicos. Finalmente, para los 178 días se registra menos de un adulto/ trampa en todos los manejos.

En el bioensayo de Lacey et al. (2009) con concentraciones de  $10^7$  conidios/ml con *B. bassiana* produjo el 53% de mortalidad en adultos a los cuatro días después de la aplicación, en *P. fumosoroseus* se produjo una mortalidad de 97% tres días después de la aplicación, mientras que para *M. anisopliae* la mortalidad fue del 96 a 99% dos días después de la aplicación. Por lo contrario que en esta investigación que en 30 días (120 a 150 dds) *B. bassiana* y *P. fumosoroseus* (concentración  $10^{10}$ ) se obtuvo una reducción de adultos de 68 y 80% respectivamente, mientras que *M. anisopliae* (concentración  $10^{11}$ ) se obtuvo el 66%, visualizando que *B. bassiana* tiene un efecto similar en campo como en laboratorio, mientras que *M. anisopliae* y *P. fumosoroseus* tuvieron mayor porcentaje.

En el bioensayo de Palacio (2021) con adultos de *B. cockerelli* expuestos a *B. bassiana* se encontró una disminución del 75 a 95%, por lo que según el autor menciona que afecta la reproducción. Debido a ello en esta investigación se observó la reducción progresiva del insecto con el 68% (120 a 150 dds), en comparación al manejo convencional que fue 8% menos efectivo, esta reducción lo confirman varios autores (Téllez et al., 2009, Liu et al., 2019) que indican que la viabilidad de reproducción del adulto hembra se puede ver afectada por un elevado consumo de energía, ante la reacción de defensa de la infección por el hongo entomopatógeno.

Además en el estudio de Tocagón et al. (2021) en la etapa de prefloración, floración y tuberización el conteo de adultos del psílido incrementa un 78% llegando a registrar hasta 38 adultos por trampa, esta situación corrobora con esta investigación ya que se contabilizó un total de 35 adultos en la etapa de floración-inicio de tuberización, de igual manera lo reporta Espinoza (2020) y que en estas etapas existe mayor presencia de adultos, por el contrario en este estudio, con aplicaciones de microorganismos y control químico se redujo la población durante la etapa de floración, alcanzando menos de 11 adultos por trampa.

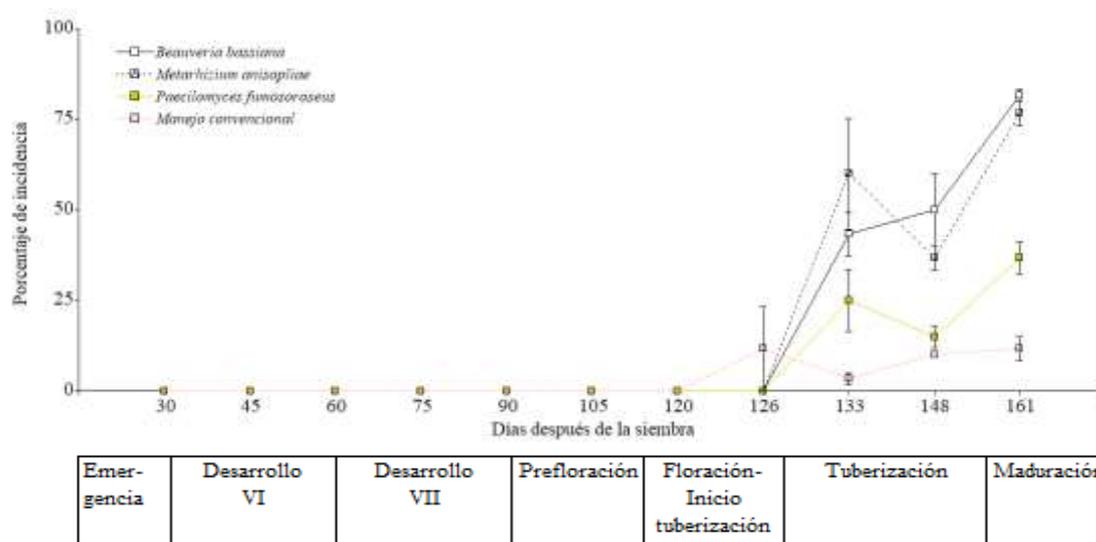
En cambio, Mejía et al. (2008) manifiestan en su bioensayo con 25 insectos de *B. cockerelli* por tratamiento, *B. bassiana* provoca el 80% de mortalidad en siete días, mientras que en ocho días *M. anisopliae* causó el 90% y *P. fumosoroseus* el 60%. De tal forma que en el presente estudio en campo al cabo de 15 días con 35 adultos tuvo una reducción del 20% en *B. bassiana*, 33% en *M. anisopliae* y el 55% *P. fumosoroseus*. De esta manera se infiere que el hongo *P. fumosoroseus* tiene un impacto similar en laboratorio como en campo.

#### **4.2. Porcentaje de incidencia de punta morada de la papa**

Por medio de la prueba de datos no paramétricos Friedman para el porcentaje de incidencia de punta morada se evidenció que existe interacción entre los días después de la siembra y el tipo de manejo ( $T^2=7.47$ ;  $p<0.0001$ ) (Figura 32).

**Figura 32**

*Incidencia de punta morada en papa con la aplicación de hongos entomopatógenos y manejo convencional*



En la figura 32, se observa que la planta a los 126 días presenta síntomas de punta morada (PMP). Para este día se evidencia que el manejo convencional alcanza alrededor del 11% a diferencia del control biológico que no registran síntomas, sin embargo, a los 133 días *M. anisopliae* incrementa 60%, siendo superior en 17% con *B. bassiana* y 18% más con respecto a *P. fumosoroseus*, mientras que convencional tiene diferencia del 57% con respecto a *M. anisopliae*. Para los 148 días *B. bassiana* incrementa 7%, mientras que *M. anisopliae* se reduce a 36% al igual que *P. fumosoroseus* que disminuye a 15%, además convencional incrementa a 10%. Finalmente, a los 161 días los hongos incrementan a 78% en *B. bassiana* y *M. anisopliae*, siendo superiores para *P. fumosoroseus* en 45% y manejo convencional con 25% más.

Por lo anteriormente expuesto según Melgoza et al. (2018) la presencia de PMP se hace más evidente en la etapa intermedia del desarrollo del cultivo, por ende, dificulta la detección en muestreos tempranos. En esta investigación se observa que los síntomas se evidencian en días intermedios (126 días), lo que afirma que en muestreos tempranos no se registró síntomas. De esta manera se infiere que la transmisión fue provocada por el insecto vector más no por semilla contaminada, así lo confirma Cuesta et al. (2021) ya que por semilla contaminada los tubérculos no brotan y si lo hacen son muy alargados, por lo que en el presente estudio en todos los manejos existió una brotación normal de los tubérculos.

En esta investigación se observa que los hongos *B. bassiana* y *M. anisopliae* alcanzaron el 70% de afectación de PMP. Esto comparte cierta similaridad con (Crizón, 2017) quien señala que esta enfermedad alcanza el 80% en variedad Superchola en la provincia del Carchi sin aplicación de un control, sin embargo, Paucar et al. (2021) indican que, si existe menor infestación, el grado de PMP será menor, que coincide con el presente

estudio ya que *P. fumosoroseus* registra el 36% de afectación con 20 adultos, por lo contrario que *B. bassiana* que presentó 35 psíldos y se obtuvo el 80% de PMP.

Según Espinoza (2020) indica que el control del insecto a partir de la floración es suficiente para postergar la aparición de síntomas, permitiendo el desarrollo y productividad de la planta, por ello en esta investigación en la etapa de floración- Inicio de tuberización se observó síntomas y presencia *B. cockerelli*, el control biológico que se aplicó dio como resultado que *P. fumosoroseus* tuvo la menor afectación con el 36%, mientras que el efecto de *B. bassiana* fue sumamente alto (81%), por lo que se afirma que existió control y producción en dicho manejo.

### **4.3. Porcentaje de patogenicidad de ninfas**

Para el porcentaje de patogenicidad de ninfas, durante el muestreo, se identificó un número inferior (figura 28), por ende, la patogenicidad no se visualizó, sin embargo, para observar la esporulación de los hongos entomopatógenos requieren alta humedad; con respecto a *B. bassiana* requiere al menos el 97%, aunque depende del método de aislamiento como el lugar de procedencia (Suarez, 2014), por lo que en esta investigación su desarrollo se afectó por las condiciones de la zona de estudio registradas durante el periodo de muestreo (Figura 29 y 30).

En la experimentación de Palem (2010) para *B. bassiana* a una temperatura de 30 °C y a 91% HR la esporulación se vio inhibida, en cambio en 60% HR alcanzó una adecuada esporulación, mientras que Godoy et al. (2007) evaluaron la esporulación del mismo hongo en rangos de 80 a 100% HR, existiendo baja esporulación en 80%, en cambio a 25 y 30 °C con humedad relativa de 100% presentó mayor esporulación, por lo que en esta investigación la humedad (75 a 90 %) y temperatura (4 a 21°C) tuvieron variabilidad en la zona de estudio lo cual afectó el desarrollo de este microorganismo, que se demostró por la escasa esporulación de los hongos entomopatógenos y las coloraciones distintivas de cada uno.

### **4.4. Entomofauna**

Con la prueba de Friedman en el análisis de datos no paramétricos demostró que, si existe interacción entre los días después de la siembra, el manejo y el orden de insectos ( $T^2=26.21$ ;  $p<0.0001$ ). Durante el conteo se evidenció insectos pertenecientes a ordenes Díptera, Hemiptera, Hymenoptera, Coleoptera, Arácnida, Lepidoptera y Thysanoptera; destacado al orden díptera el de mayor prevalencia.

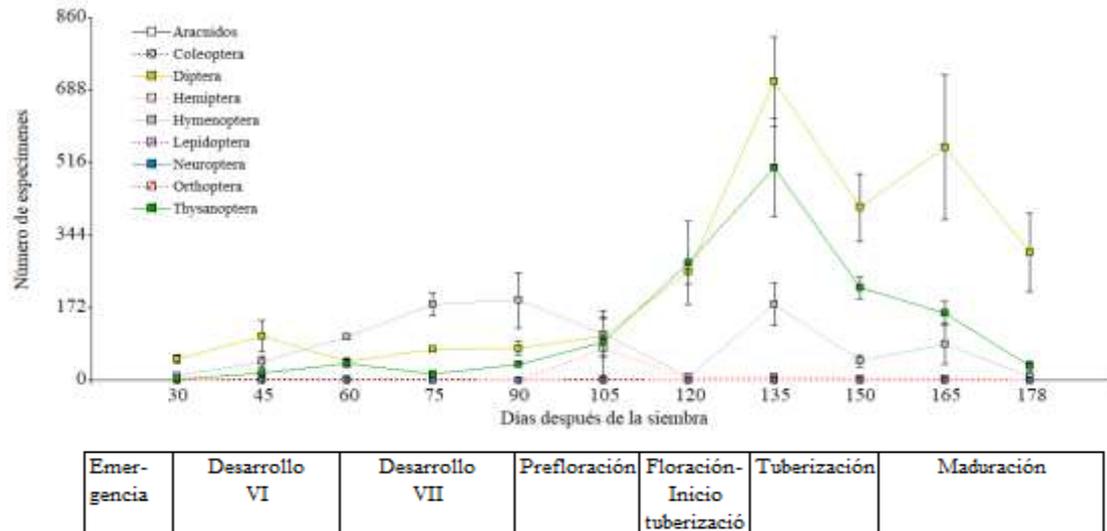
#### *a) Beauveria bassiana*

En la figura 33, se visualiza la dinámica poblacional de los diferentes especímenes encontrados, siendo el orden Díptera el mayor número. Para este orden a los 30 hasta los 105 días se encuentra un número menor a 170 individuos, mientras que a los 135 días

presenta un incremento del 85%, en cambio para los 150 días registra una disminución del 42%, sin embargo, para los 165 días vuelve a incrementar en un 26% y finalmente para los 178 días presenta un descenso del 45% alcanzando 305 insectos.

**Figura 33**

*Número de especímenes muestreados en el manejo de Beauveria Bassiana*



El orden Thysanoptera a partir de los 30 hasta los 105 días presenta un valor menor a 90 especímenes, en cambio a los 135 días tiene un incremento del 82%, con posterioridad se evidencia una disminución del 56% para los 150 días, seguido de ello se observa una constante reducción del 27%, alcanzando un total de 34 individuos para los 178 días.

Para el orden Hymenoptera presenta una tendencia móvil. Registrando un ascenso a los 75 días alcanzando 180 especímenes y permanece constante hasta los 90 días. Por lo contrario, para los 120 días presenta un descenso significativo del 95%, sin embargo, para los 135 días vuelve a incrementar con el mismo porcentaje anterior. En cambio, para los 150 días vuelve a descender un 74%, luego volvió a incrementar un 47% en los 165 días. Finalmente, para los 178 días alcanzo un total de nueve insectos/ trampa.

En cuanto el resto de ordenes como Arácnido, Coleoptera, Hemiptera y Lepidoptera, guardan similitud en el tiempo de evaluación. En cuando el orden Hemiptera para el día 135 se observaron 11 especímenes, y para el resto de días un promedio de dos a cinco. En el orden Lepidoptera y Arácnido a lo largo de la evaluación se registró solamente un individuo. Para el orden Coleoptera se identificó cinco insectos en el día 75 y para el resto de días un promedio de dos individuos.

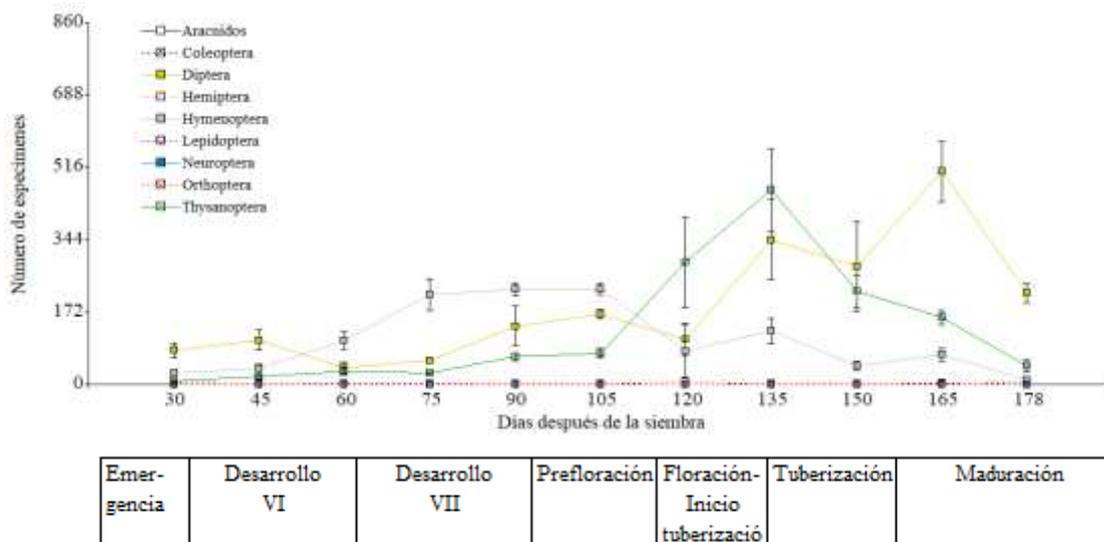
*b) Metarhizium anisopliae*

En cuanto al manejo con *M. anisopliae*, se registró al orden Díptera y Thysanoptera con la mayor cantidad de insectos. Con respecto al orden díptera hasta los 105 días se observó 167 adultos, sin embargo, se presenta un decrecimiento poblacional del 36% a los 120 días. Para los 135 días vuelve a incrementar a un total de 343 adultos, la cual desciende

un 18% a los 150 días, mientras que en los 165 asciende en un 44%, finalmente para los 178 días se contabilizó un total de 217 individuos por trampa.

**Figura 34**

*Número de especímenes muestreados en el manejo de Metarhizium anisopliae*



En el orden Thysanoptera, inicia con una baja cantidad de siete ejemplares a los 30 días, no obstante, a partir de ese día el incremento fue del 10% hasta los 105 días, sin embargo, presenta un crecimiento poblacional del 83% a los 135 días, mientras que para los 150 días se observa un decrecimiento constante del 65% hasta los 165 días, finalmente para los 178 días se registra un total de 44 individuos.

En el orden Hymenoptera inicia con 27 adultos a los 30 días, sin embargo, entre los 45 y 75 días se manifiesta un crecimiento poblacional del 82%. Para los 90 y 105 días existió una constante con 226 individuos, lo cual desciende en un 64% a los 120 días, mientras que a los 135 días incrementa a un 36%, no obstante, a los 150 días decrece a un 65%. Finalmente, para los 178 días se contabilizó un total de 11 adultos por trampa.

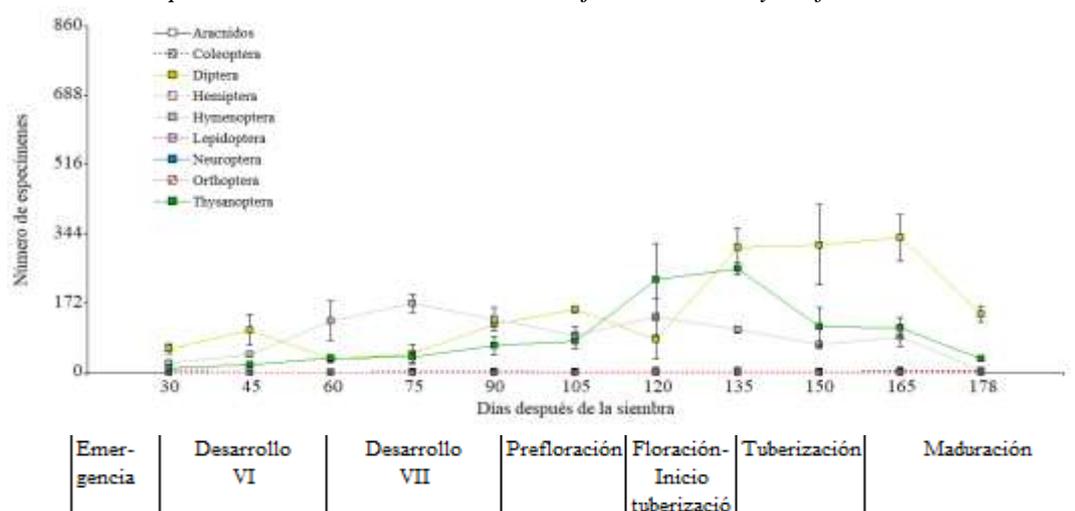
En cuanto al resto de ordenes como Arácnido y coleóptera con máximo de tres insectos; el orden Hemíptera con su conteo máximo de nueve individuos en el día 165 y el orden Lepidoptera con una media de tres individuos a lo largo del ciclo del cultivo.

c) *Paecilomyces fumosoroseus*

En el Manejo de *P. fumosoroseus* se identificó que los órdenes Díptera, Hymenoptera y Thysanoptera, presentan abundante población insectil (figura 35). Para el orden díptera inicia a los 30 días con 58 insectos, sin embargo, en los 60 y 75 días se manifiesta un decrecimiento del 57%, en cambio para los 90 y 105 días asciende en un 71%, que posteriormente disminuye en un 48% en los 120 días con 81 ejemplares. Para los 135 días reporta un total de 308 individuos, que hasta los 165 días sufre un leve incremento del 7%, pero para los 178 días se registra una disminución, alcanzando un total de 145 adultos por trampa.

**Figura 35**

Número de especímenes muestreados en el manejo de *Paecilomyces fumosoroseus*



En el orden Thysanoptera a partir del día 30 al 105 la curva tiende a crecer iniciando con 11 individuos llegando a ascender en un 12%, por consiguiente, al día 120 y 135 existe un incremento del 66%, pero para los 150 días existe un descenso continuo del 56%, permaneciendo constante en 112 individuos, de igual manera para los 178 días disminuye alcanzando 33 insectos por trampa.

El orden Hymenoptera para los 75 días alcanza su máximo de 172 individuos, con respecto a los 105 días se registra un descenso continuo del 46%, aunque para los 120 días se manifiesta un leve incremento del 33%, mientras que para los 135 y 165 días se evidencia una disminución del 16%, de la misma manera disminuye en los 178 días, contabilizando alrededor de cuatro adultos por trampa.

En cuando los órdenes siguientes como Coleoptera, a lo largo de la evaluación se obtuvo un promedio de dos ejemplares; en el orden Hemiptera se contabilizó 13 ejemplares a los 30 días, mientras que en el orden Lepidoptera se obtuvo casi cinco ejemplares.

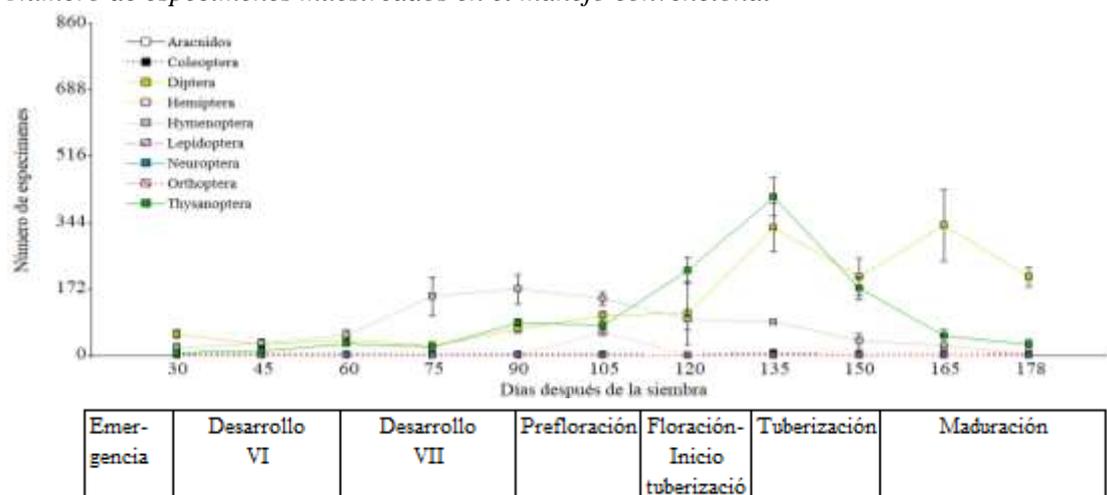
d) *Manejo convencional*

En el manejo convencional (figura 36) se evidenció que el orden díptera en los 30 hasta los 105 días alcanza un total 102 individuos, mientras que para los 135 días se manifestó un incremento del 69%, sin embargo, para los 150 días disminuye en un 38%. Para los 165 días se contabiliza un total de 337 individuos, existiendo una disminución del 39%.

En el orden Thysanoptera se visualiza que a partir de los 30 días hasta los 105 días alcanza un total de 84 individuos, manifestando que para los 135 días se observa un incremento el 81%, sin embargo, para los 150 a 178 días empieza a decrecer en un 84% alcanzando un total de 27 insectos por trampa.

**Figura 36**

Número de especímenes muestreados en el manejo convencional



Mencionando al orden Hymenoptera que indica una dinámica poblacional móvil que para los 30 días se observan 19 individuos, de tal manera que hasta los 90 días se incrementa en un 69% con 171 adultos, posteriormente se visualiza un descenso continuo del 40% hasta los 178 días, registrando en la última evaluación un total de dos individuos por trampa.

Para el resto de ordenes se obtuvo que los arácnidos únicamente se registró un solo ejemplar, en el orden Coleoptera se contabilizó para el día 35 un máximo de 10 ejemplares y a lo largo del ciclo un promedio de tres, en el orden Hemíptera la cantidad de especímenes representativa fue para el día 105 con un total de 178 especímenes y para los demás días se mantuvo con un promedio de tres especímenes, dentro del orden Lepidoptera tuvo su mayor registro con tres insectos.

Los resultados obtenidos en esta investigación coinciden con los reportados por Zalazar y Salvo (2007) quienes indican que la abundancia de órdenes de insectos aumentan con el uso de prácticas amigables con el ambiente, por lo que indica que el alto número de individuos del orden Hymenoptera es indicador de bajo disturbio, así el incremento de este orden coincide con lo propuesto por varios autores La Salle y Gauld (1993) ya que la disminución de agroquímicos, incrementa la población, esto podría ser una de las razones para encontrar alta población de este tipo de orden, encontrándose a los 135 días a *B. bassiana* con 179 insectos en comparación con manejo convencional que se registró solamente 85 individuos, infiriendo que la alta aplicación de químicos afecta a uno de los órdenes benéficos que intervienen en la polinización, predación y parasitismo.

El orden Thysanoptera fue el segundo más encontrado, representando a los trips (*Frankliniella* spp.) que dentro de esta investigación se encontró en la fase de floración-inicio de tuberización, puesto que autores (Vincini et al., 2014) manifiestan que se alojan mayoritariamente en las flores muestreando el 60% de la población, sin embargo, en este estudio se registró en *B. bassiana* a los 135 días con la mayor población de 506 insectos, mientras que en *M. anisopliae* con 462 y convencional con 411 menos y en *P. fumosoroseus* con 258.

#### 4.5. Rendimiento

En la variable rendimiento se realizó el análisis de varianza LSD Fisher, en donde se evidencia que existe interacción (tabla 15) entre el tipo de manejo y la categoría de clasificación de los tubérculos de primera, segunda y tercera ( $F=1.07$ ;  $gl=6, 22$ ;  $p=0.0401$ ).

**Tabla 15**

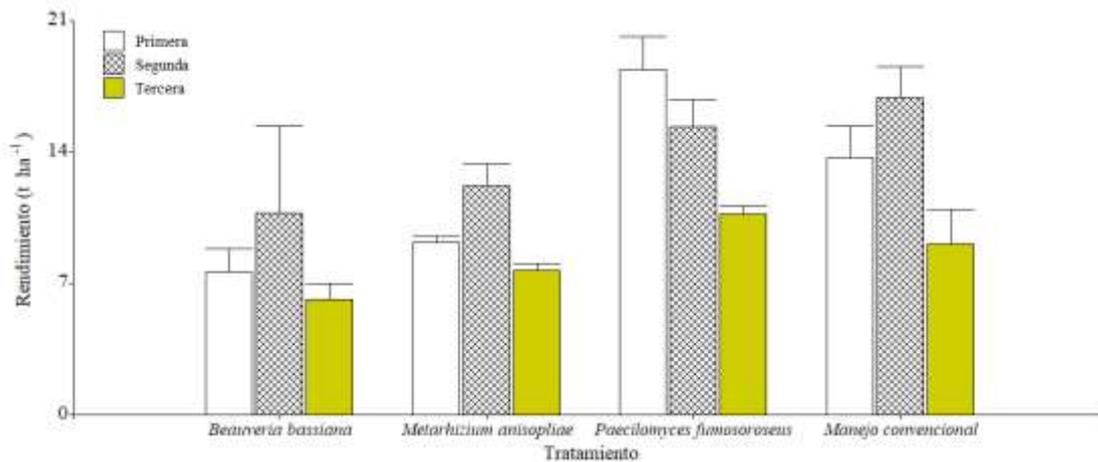
*ADEVA por categoría y manejo del rendimiento del cultivo de papa*

Fuentes de variación	Gl-FV	GL-Error	F-Value	p-value
Manejo	3	22	8.73	0.0005
Categoría	2	22	9.48	0.0011
Manejo:Categoría	6	22	1.07	0.0401

El rendimiento del cultivo (figura 37) en el manejo de *B. bassiana* alcanzó una media de 17.3 t/ha, de los cuales 31% fueron de primera, el 43% de segunda y el 25% de tercera, mientras que *M. anisopliae* alcanzó alrededor de 20.8 t/ha, indicado el 31% de primera, 41% de segunda y 26% de tercera.

**Figura 37**

*Rendimiento de tubérculos por medio de categorías (primera, segunda y tercera) con control biológico y manejo convencional*



En cambio, en el manejo de *P. fumosoroseus* se obtuvo un promedio de 33.5 t/ha, obteniendo de primera el 41%, de segunda 34% y de tercera el 24%, mientras que, para el manejo convencional se registró 27.8 t/ha obteniendo el segundo con mayor promedio de tubérculos cosechados, destacando el 34% de primera, el 42% de segunda y el 22% de tercera.

Munyaneza (2012) menciona que, si las plantas se infectan antes de la etapa de formación del tubérculo, estas mueren rápidamente y tampoco producen tubérculo, por lo tanto, en esta investigación se afirma que la presencia del psílido se evidenció pasada esta etapa, ya que en todos los manejos se obtuvo tubérculos, sin embargo, las plantas con zebra chip mostraron una fuerte reducción en la producción indicado que la categoría de tercera se encuentra con casi el 25% de rendimiento.

En la provincia de Tungurahua en la localidad de Chiquicha a una altitud de 2600 m.s.n.m. la variedad Superchola alcanzó alrededor de 34 t/ha (INIAP, 2021), en esta investigación se puede observar que en condiciones similares como rendimiento más bajo se encontró *B. bassiana* con 17.3 t/ha, mientras que el mayor rendimiento se encuentra a *P. fumosoroseus* con 33.5 t/ha, este valor se debe a la presencia de ninfas y adultos monitoreados en etapas de floración y tuberización, de tal forma se corrobora con Rubio et al. (2006) quienes registraron en lotes de papas hasta el 100% PMP, siendo similar con *B. bassiana* que obtuvo el 81% de frituras infectadas con Zebra chip, justificando el bajo rendimiento.

Sin embargo, en el manejo de *P. fumosoroseus* al tener el 36% de índice de PMP las plantas se vieron vigorosas lo que concuerda con la investigación de Calderón (2022) que con un 18% de incidencia tuvieron esas mismas características, contrastando lo mencionado (Rubio et al., 2013; Cuesta et al., 2021; Monteros et al., 2017) quienes resaltan que las plantas afectadas con PMP reducen significativamente su tamaño en un 25%, presentan enanismo y disminución de vigor.

Según Paucar et al. (2021) se ha reportado rendimientos de 40.74 t/ha, lo que indica que a menor infestación del insecto debido a la aplicación de insecticidas se registra el menor grado de enfermedad de PMP, por ende, el rendimiento es mayor, por lo tanto, en este estudio el mejor control del insecto fue por parte de *P. fumosoroseus* con 33.5 t/ha menor que el mencionado anteriormente, infiriendo que, si existe un control oportuno, el rendimiento es mayor.

En el manejo de *P. fumosoroseus* existe un incremento en el rendimiento y es superior al convencional, esto es debido a que este hongo influye en la transformación del fósforo del suelo, haciendo más disponible para las plantas a través de la liberación de sustancias (ácidos orgánicos, enzimas hidrolíticas) las cuales movilizan al fósforo y lo hace más asimilable (Fernández y Rodríguez, 2005; Salazar, 2022).

#### **4.6. Calidad del tubérculo**

En la variable calidad del tubérculo se realizó el análisis de varianza LSD Fisher, en donde se evidencia que existe interacción (tabla 16) entre el tipo de manejo y el daño del tubérculo con pesaje mayor a 80 g ( $F=5.64$ ;  $gl=12, 578$ ;  $p=0.0001$ ).

**Tabla 16**

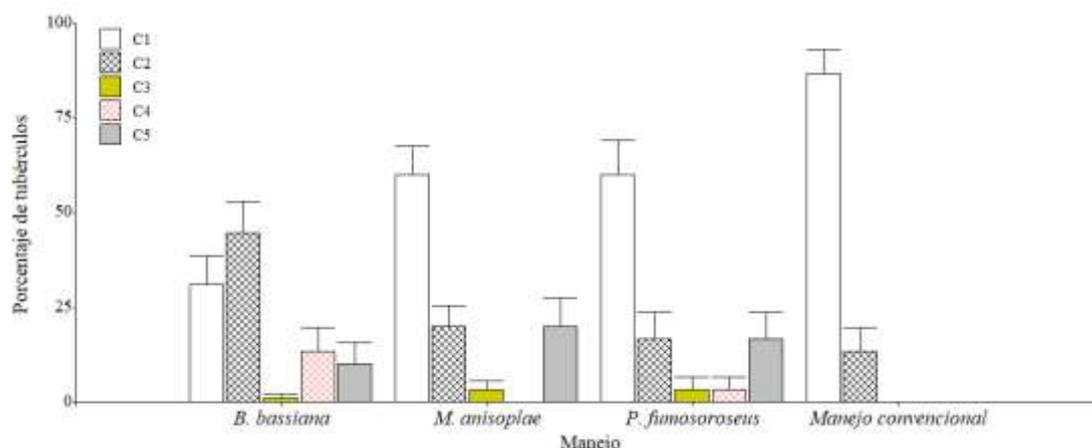
ADEVA sobre la calidad del tubérculo del cultivo de papa

Fuentes de variación	GL-FV	GL-FV Error	F-Value	p-value
Manejo	3	578	1.50	0.2122
Categoría	4	578	76.38	0.0001
Manejo:Categoría	12	578	5.64	0.0001

En el análisis de calidad de tubérculo (figura 38) se evidencia que, en los cuatro manejos, existe la presencia de tubérculos con fitoplasma o bacteria, siendo el manejo convencional el de mayor cantidad de tubérculos sanos con el 86%, seguido de *P. fumosoroseus* y *M. anisopliae* con el 60%, por lo contrario, en *B. bassiana* con el menor porcentaje de tubérculo sanos (31%).

**Figura 38**

Porcentaje de calidad de tubérculo en manejos con hongos entomopatógenos y manejo convencional



Mientras que para los tubérculos de mayor afección se evidenció que C4 y C5 (tabla 11) en el manejo de *B. bassiana* alcanza el 23%, seguido de *M. anisopliae* y *P. fumosoroseus* con el 20%, en cambio en el manejo convencional no se registró el daño en este rango de calificación.

Munyaneza et al. (2007) en su análisis indican que la gravedad de los síntomas es proporcional a la población del psílido, obteniendo 57% de zebra chip en tubérculos fritos, con 22 ninfas y 44 adultos por planta, por lo que esta investigación comparte cierta similitud con los autores alcanzando alrededor del 50% de afección, debido a que en las últimas etapas del cultivo la población del psílido aumento a 35 adultos por planta, por ende, el aumento del manchado incrementó.

En el estudio de Buchman et al. (2011) descubrieron que con tan solo un psílido adulto es capaz de inocular *Candidatus Liberibacter solanacearum* y causar la enfermedad de zebra chip después de un periodo de 72 horas y fue tan dañino como 25 psílido por planta, por lo que la respuesta a la enfermedad fue independiente de la densidad de psíldos (Munyaneza, 2012). En esta investigación se contabilizó entre uno y 35 psíldos, por lo

que se observa que en todos los manejos se registró el manchado, aunque en el manejo convencional fue el de menor afectación a comparación del control biológico que su afectación fue mayor.

Además, Henne et al. (2010) mencionan que los síntomas de zebra chip inducidos por *B. cockerelli* normalmente no aparecen hasta después de la floración, mientras que plantas enfermas por semilla aparecen poco después de la emergencia, por lo contrario, en este estudio se utilizó semilla certificada y libre de PMP, por lo cual la infección fue por la alimentación del insecto vector y transmisor de CLso, ya que los síntomas se observaron al final de la etapa de floración.

Dalgo (2020) indica que las pérdidas que ocasiona *Candidatus Liberibacter solanacearum* es del 58.54% en la variedad Superchola, este resultado en el presente fue menor con respecto a *P. fumosoroseus*, *M. anisopliae* y convencional, mientras que *B. bassiana* lo superó con 15% más de afectación, a pesar de la baja cantidad de ninfas encontradas Rubio et al. (2006) señala que de una a 25 ninfas por planta son capaces de transmitir la enfermedad, sin embargo, en esta investigación con la misma variedad de papa, se observa que al controlar la plaga con hongos, *P. fumosoroseus* presentó mayor control con solo el 40% de tubérculos infectados.

#### 4.7. Análisis económico

El costo de producción por hectárea del cultivo de papa bordea los 6 000 USD, siendo el manejo convencional el de mayores egresos y el de los hongos entomopatógenos el de menores egresos, aunque para la utilidad neta el de mayor beneficio fue *P. fumosoroseus*, debido a que fue el único de los manejos con el porcentaje más alto de categoría de primera (tabla 17), provocando que los ingresos sean superiores en comparación con los egresos, indicando un beneficio costo superior a uno en todos los manejos, indicando que existió ganancia, estos valores altos se deben a la temporada de mercado.

**Tabla 17**

*Análisis económico por hectárea en la producción de papa Superchola*

<b>Manejos</b>	<b>Ingresos USD</b>	<b>Rendimiento (t/ha)</b>	<b>Egresos (USD)</b>	<b>Utilidad neta (USD)</b>	<b>Beneficio Costo</b>
Convencional	9 779	27.8	6 423.78	3 355.21	1.52
<i>B. bassiana</i>	4 993	17.3	6 030.14	-1 037.14	0.83
<i>M. anisopliae</i>	6 111	20.8	6 049.04	61.96	1.01
<i>P. fumosoroseus</i>	12 020	33.5	6 144.38	5 875.62	1.96

En cuanto su comercialización el precio se estableció por medio del SIPA (Sistema de Información Pública Agropecuaria) que fue a 24.22 dólares el quintal en el mes de diciembre del año 2021, justificando los altos ingresos que comprenden desde los 5 963 hasta los 14 317 (tabla 17), sin embargo, por la calidad y la afectación de PMP los precios

variaron. El manejo de *P. fumosoroseus* fue el mayor costo/beneficio de \$1.96 que indica que por cada dólar invertido se gana \$0.96, en cambio para *B. bassiana* que tiene \$0.83 lo que significa que no existe ganancia.

Según INIAP (2021) el costo de producción bordea alrededor de 6 929 dólares, el incremento de este valor dependió de los altos costos de fertilizantes sintéticos (Tabla 18), de tal manera que esta investigación tiene cierta similitud, ya que para la fecha de adquisición de los fertilizantes fue alta lo que representó el 45% del costo de producción (Anexos A,B,C,D), por lo contrario que Basantes et al. (2020) que el costo de producción estaba en 3 563 por hectárea, donde la mano de obra fue el de mayor costo.

**Tabla 18**

*Porcentaje de costos de producción con hongos entomopatógenos y manejo convencional*

Actividad	Costo de producción (%)			
	Convencional	<i>B. bassiana</i>	<i>M. anisopliae</i>	<i>P. fumosoroseus</i>
Preparación del suelo	3	4	4	4
Mano de obra	16	17	17	17
Insumos	16	16	16	17
Fertilizantes	43	45	45	45
Insecticidas/ hongo entomopatógeno	5	3	3	3
Fungicidas	4	2	2	2
Coadyuvantes	1	1	1	1
Costos indirectos	13	13	13	13
<b>COSTO TOTAL (%)</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Por otra parte, los ingresos de *B. bassiana* son bajos, a causa de que el rendimiento fue de 17.3 t/ha en comparación al resto de manejos, esto debido a que el ataque de *B. cockerelli* según Castillo (2019) manifiesta que puede disminuir de 80% al 100% de rendimiento, por causa de la enfermedad de PMP que dentro de esta investigación alcanzó el 80% de incidencia, generando una producción relativamente baja.

# CAPÍTULO V

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- En la presente investigación se contabilizó la presencia de *Bactericera cockerelli* S. en los distintos estadíos, siendo las épocas de mayor incidencia a partir de los 120 días que corresponde a la etapa de floración e inicio de tuberización hasta finalizar el cultivo.
- Se registró un máximo de tres huevos en todos los tratamientos de control biológico, además se cuantificó menos de una ninfa por planta y en adultos se muestreo 35 adultos siendo la mayor población registrada en *B. bassiana*, mientras que al finalizar las últimas etapas se evidenció que en todos los manejos tanto huevos como adultos se registran menos de uno debido a la afectación de estos microorganismos.
- Se identificó siete órdenes de los cuales se encuentran dípteros, hemípteros, himenoptera, lepidoptera, thysanoptera, arácnidos y coleoptera siendo el orden díptera el de mayor población insectil en los cuatro tratamientos.
- Al hongo entomopatógeno *Paecilomyces fumosoroseus* se presentó con la menor cantidad de individuos (354 dípteros), seguido de *M. anisopliae* con mayor población de los mismos (551 dípteros) y *B. bassiana* fue el de mayor cantidad con 702 individuos, deduciendo que existió mayor mortalidad de insectos con *P. fumosoroseus* durante el ciclo del cultivo, evidenciando la afectación de plagas y controladores biológicos.
- El manejo que obtuvo mayor rendimiento se obtuvo con aplicación de *P. fumosoroseus* con 33 t/ha, seguido del manejo convencional con 27 t/ha, en cambio el menor rendimiento presentado fue *M. anisopliae* con 20 t/ha, y *B. bassiana* con 17 t/ha.
- En el análisis económico con la mayor retribución económica fue con *P. fumosoroseus* ya que arrojó una ganancia de 0.96 centavos. por cada dólar invertido, lo que implicó una mayor utilidad para el productor.

### 5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar un plan para evaluar la compatibilidad de fungicidas sintéticos aplicados por el productor con respecto a los hongos entomopatógenos (*B. bassiana*, *M.*

*anisopliae* y *P. fumosoroseus*) con la finalidad de determinar la viabilidad de uso y aceptación por parte de los agricultores.

- Implementar el uso de márgenes multifuncionales y control biológico como estrategias del manejo integrado de plagas en el cultivo de papa.
- Evaluar el uso de hongos entomopatógenos y dosis de aplicación para el control de plagas de otras especies de solanáceas de importancia en el sector agropecuario.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexopoulos, C., y Mims, C. (1985). *Introducción A La Micología*. Omega. [https://www.academia.edu/34371426/Introducción\\_A\\_La\\_Micología\\_C\\_Alexopoulos\\_C\\_Mims\\_Omega\\_1985\\_pdf](https://www.academia.edu/34371426/Introducción_A_La_Micología_C_Alexopoulos_C_Mims_Omega_1985_pdf)
- Alzate, C., Gutiérrez, A., y Saldarriaga, Y. (2008). Patogenicidad de *Lecanicillium lecanii* (Fungi) sobre la garrapata *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) en laboratorio. *Revista Colombiana de Entomología*, 34(1), 90-97.
- Araujo, M., Cartagena, Y., Castillo, C., Cuesta, H., Monteros, J., Paula, N., Racines, M., Rivadeneira, J., Velásquez, J., León, J., Panchi, N., y Andrade, J. (2021). *Manual del cultivo de papa para pequeños productores*. INIAP. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5672>
- Aupas, L. (2020). *Evaluación de la población de insectos polinizadores en plantas arvenses en la Granja Experimental "La Pradera" Chaltura, Imbabura*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Digital. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10339>
- Bahena, F. (2018). Manejo Agroecológico de Plagas. *Enlace Revista de la Agricultura de Conservación*, IX(43). [https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/19701/56637\\_43.pdf](https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/19701/56637_43.pdf)
- Basantes, F., Aragón, J., Albuja, L. M., y Vásquez, L. (2020). Diagnóstico de la situación actual de la producción y comercialización de la papa (*Solanum tuberosum*) en la Zona 1 del Ecuador, año 2019. *e-Agronegocios*, 6(2), 103-120. <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/eagronegocios/article/view/5103/5286>
- Bermúdez, J. (2006). *Evaluación de Beauveria bassiana Vuill y Metarhizium Anisopliae Sorok en el combate de Imatidium neivai Bondar en palma africana (Elaeis guineensis Jacq.)*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Manabí]. Archivo digital. [https://doi.org/https://books.google.com.ec/books?id=o4IzAQAAMAAJ&printsec=frontcover&dq=beauveria+bassiana&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiayrjEw8\\_vAhVxU98KHYLIC\\_sQ6AEwAXoECAAQAg#v=onepage&q=beauveria+bassiana&f=false](https://doi.org/https://books.google.com.ec/books?id=o4IzAQAAMAAJ&printsec=frontcover&dq=beauveria+bassiana&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiayrjEw8_vAhVxU98KHYLIC_sQ6AEwAXoECAAQAg#v=onepage&q=beauveria+bassiana&f=false)
- Berry, P., y D'Arcy, W. (2018). *Solanales*. Encyclopedia Britannica: <https://www.britannica.com/plant/Solanales>
- Blanco, Y. (2016). El rol de las arvenses como componente en la biodiversidad de los agroecosistemas. *Cultivos Tropicales*, 37(4), 34-56. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10964.19844>
- Briones, M. (2011). *Efectividad biológica de entomopatógenos para el control de pulgón saltador Bactericera cockerelli (Sulc) en el cultivo de chile*. [Tesis de pregrado,

- Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Repositorio Digital. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4309/T18622%20BRIONES%20MONTES,%20ANDRES%20%20TESIS.pdf?sequence=1>
- Buchman, J., Heilman, B., y Munyaneza, J. (2011). Effects of *Liberibacter-Infected Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae) density on Zebra Chip potato disease incidence, potato yield, and tuber processing quality. *Journal of Economic Entomology*, 104(6), 1783-1792.
- Bustamante, R. (2019). *Evaluación de Beauveria bassiana en el control biológico de larvas de la polilla Oidaematophorus espeletiae*. [Tesis de pregrado, Universidad de la Salle]. Archivo Digital. <https://ciencia.lasalle.edu.co/biologia/62/>
- Butler, C. D., y Trumble, J. (2012). The potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae): life history, relationship to plant diseases, and management strategies. *Terrestrial Arthropod Reviews*, 5, 87-111. [https://faculty.ucr.edu/~john/2012/TAR\\_Butler&Trumble\\_2012.pdf](https://faculty.ucr.edu/~john/2012/TAR_Butler&Trumble_2012.pdf)
- Caicedo, J., Simbaña, L., Calderón, D., Lalangui, K., y Rivera-Vargas, L. (2020). First report of ‘Candidatus *Liberibacter solanacearum*’ in Ecuador and in South America. *Australasian Plant Disease Notes*, 15(1). <https://doi.org/10.1007/s13314-020-0375-0>
- Calderón, O. (2022). *Incidencia y severidad de Bactericera cockerelli S. en cinco variedades mejoradas de papa (Solanum tuberosum L.) en Bolívar, Carchi*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Digital UTN. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/12175/2/03%20AGP%20321%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Calvo, K. (2021). *Transformación de un sistema de producción de papa (Solanum tuberosum L) convencional a un modelo de producción agroecológico*. [Tesis de pregrado, Universidad EARTH]. Archivo digital. <https://repositorio.earth.ac.cr/handle/UEARTH/140>
- Carballo, M., Hidalgo, E., y Rodríguez, A. (2004). Control biológico de insectos mediante hongos entomopatógeno. En M. Carballo, y F. Guharay (Edits.), *Control biológico de plagas agrícolas* (págs. 33-58). CATIE. [https://www.ciaorganico.net/documypublic/525\\_CONTROL\\_BIOLOGICO\\_DE\\_PLAGAS\\_AGRICOLAS.pdf](https://www.ciaorganico.net/documypublic/525_CONTROL_BIOLOGICO_DE_PLAGAS_AGRICOLAS.pdf)
- Carrillo, M. T., y Blanco, A. (2009). Potencial y Algunos de los Mecanismos de Acción de los Hongos. Entomopatógenos para el Control de Insectos Plaga. *Acta Universitaria Dirección de Apoyo a la Investigación y al Posgrado*, 19(2), 40-49. <https://doi.org/https://doi.org/10.15174/au.2009.102>
- Castillo Carrillo, C., Paltrinieri, S., Buitrón, J., y Bertaccini, A. (2018). Detection and molecular characterization of a 16SrI-F phytoplasma in potato showing purple top

- disease in Ecuador. *Australasian Plant Pathol*, 47, 311-315.  
<https://doi.org/10.1007/s13313-018-0557-9>
- Castillo, C. (2019). Punta morada de papa en Ecuador, actualidad. En J. Rivadeneira, M. Racines, y X. Cuesta (Edits.), *Memorias del VIII Congreso ecuatoriano de la papa "Soberanía Alimentaria y Nutrición"* (págs. 21-22).  
<https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/107869>
- Castillo, C., y Llumiquinga, P. (2021). *Manual para reconocer e identificar al psílido de la papa (Bactericera cockerelli Sulc) en campo y laboratorio. Manual técnico No. 121*. Quito-Ecuador: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
- Castillo, J. (2002). *Destino del hongo entomopatógeno Paecilomyces fumosoroseus (Wize y Brown) (Deuteromycotina: Hyphomycetes) en suelos agrícolas*. [Tesis de posgrado, Universidad Autónoma de Nuevo León]. Archivo digital.  
<http://eprints.uanl.mx/6768/1/1080124409.PDF>
- Celis, A., Mendoza, C., y Pachón, M. (2009). Uso de extractos vegetales en el manejo integrado de plagas, enfermedades y arvenses. *Temas Agrarios*, 14(1), 5-16.  
<https://doi.org/10.21897/rta.v14i1.1205>
- Centre for Agricultural Bioscience International [CABI]. (2019). *Bactericera cockerelli (psílido de tomate / papa*. CABI Compendium.  
<https://www.cabi.org/isc/datasheet/45643#tosummaryOfInvasiveness>
- Centro Internacional de la Papa [CIP]. (2020). *Papa*. Cipotato:  
<https://cipotato.org/es/potato/>
- Chan, W., Ruiz, E., Cristóbal, J., Pérez, A., Munguía, R., y Lara, J. (2010). Desarrollo in vitro de cuatro cepas nativas de Paecilomyces Fumosoroseus y su patogenicidad en estados inmaduros de mosquita blanca. *Agrociencia*, 44(1).  
<http://www.scielo.org.mx>
- Chimbo, M. (2021). *Evaluación de métodos alternativos de control de Paratrioza (Bactericera cockerelli Sulc.) en cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) en San Luis, Riobamba, Chimborazo*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Dirección de Bibliotecas y Recursos para el Aprendizaje e Investigación. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/2646>
- Chiriboga, H., Gómez, G., y Garcés, K. (2015). Protocolos para formulación y aplicación del bioinsumo: Beauveria bassiana, hongo entomopatógeno para el control biológico de hormigas cortadoras (Ysaú). IICA.
- Chirinos, D., Castro, R., Cun, J., Castro, J., Peñarrieta, B., Solis, L., y Geraud, F. (2019). Los insecticidas y el control de plagas agrícolas: la magnitud de su uso en cultivos de algunas provincias de Ecuador. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(1), 1-16. <https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/1276>

- Cordova, V. A. (2019). *Control de la Bactericera cockerelli (paratrioza) en el cultivo de papa mediante el monitoreo en campo en el Cantón Montufar, Provincia del Carchi*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. Archivo digital. Universidad Técnica de Babahoyo: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6458/E-UTB-FACIAG-ING-AGRON-000169.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cortez, H. (2007). Production of *Lecanicillium (= Verticillium) lecanii* in different media and pathogenicity. *Agricultura Técnica En México*, 33(1), 83-87. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0568-25172007000100009&script=sci\\_abstract&tlng=en](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0568-25172007000100009&script=sci_abstract&tlng=en)
- Crizón, M. (2017). *Identificación molecular del fitoplasma causante de la punta morada de la papa y ensayos de resistencia sistémica adquirida*. [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Archivo Digital. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13057/1/T-UCE-0004-43-2017.pdf>
- Cruz, V. S. (2005). *Epidemiología de la Punta Morada de la Papa en la Región Sur de Coahuila y Nuevo León*. [Tesis de posgrado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Repositorio digital Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/3642>
- Cuesta, X. (2019). Desarrollo de estrategias de manejo integrado de la enfermedad denominanda "Punta Morada" de la papa. En J. Rivadeneira, M. Racines, y X. Cuesta (Edits.), *En libro de memorias: VIII Congreso ecuatoriano de la papa* (págs. 63-64). Ambato, Ecuador. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5359>
- Cuesta, X., Peñaherrera, D., Velásquez, J., y Castillo, C. (2018). *Guía de Manejo de la Punta Morada de la papa*. INIAP. [https://doi.org/https://issuu.com/cotopaxinoticias/docs/gu\\_a\\_de\\_manejo\\_de\\_la\\_punta\\_morada\\_d](https://doi.org/https://issuu.com/cotopaxinoticias/docs/gu_a_de_manejo_de_la_punta_morada_d)
- Cuesta, X., Peñaherrera, D., Velásquez, J., Racines, M., y Castillo, C. (2021). *Guía de manejo de la punta morada de la papa. Segunda Edición. Manual técnico No.104*. Quito (Ecuador): Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5345>
- Dalgo, M. (2020). *Evaluación de un sistema de manejo integrado de Bactericera cockerelli y su relación con punta morada de la papa en Tumbaco, Pichincha*. [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Digital Universidad Central del Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/21455>
- Delgado, P. (2016). *Control microbiano de insectos plaga [Diapositivas de PowePoint]*. Departamento de Zoología Agrícola, Universidad Central del Venezuela.

[http://www.ucv.ve/fileadmin/user\\_upload/facultad\\_agronomia/Zoologia\\_Agricola/Manejo\\_Integrado/Competencia3/Clase\\_de\\_Control\\_Microbiologico\\_2016.pdf](http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Zoologia_Agricola/Manejo_Integrado/Competencia3/Clase_de_Control_Microbiologico_2016.pdf)

- Devaux, A., Ordinola, M., Hibon, A., y Flores, R. (2010). *Diagnóstico y elementos para una visión estratégica (Bolivia, Ecuador y Perú)*. Centro Internacional de la Papa. <https://issuu.com/internationalpotatocenter/docs/005363>
- Escobedo, H., Baheria, F., y Alvarado, C. (2018). Plantas que favorecen la biodiversidad funcional en el agroecosistema. *La Revista de La Agricultura de Conservación*, 15-19. [www.cimmyt.org](http://www.cimmyt.org),
- Espinoza, J. (2020). *Evaluación de tres estrategias de manejo de punta morada de la papa en dos categorías de semilla en Tumbaco Pichincha*. [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Archivo Digital. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/21456/1/T-UCE-0004-CAG-245.pdf>
- Evans, H., y Samson, R. (1982). Entomogenous fungi from the Galapagos Islands. *Canadian Journal of Botany*, 6(11), 2325–2333.
- Fernández, M., y Rodríguez, H. (2005). El papel de la solubilidad de fósforo en los biofertilizantes microbioanos. *Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA)*, XXXIX(3), 27-34. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223120688005>
- García, A., Garza, J., Rebollar, E., Rodríguez, M., y Reyes, F. (2011). Transmission of *Beauveria bassiana* from male to female *Aedes aegypti* mosquitoes. *Parasites y Vectors*, 4(24), 1-6.
- García, F. (2000). *Control biológico de plagas: manual ilustrado*. Corporación Colombiana de investigación agropecuaria-AGROSAVIA, PRONATTA. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/16273>
- Godoy, J., Valera, R., Guédez, C., Cañizalez, M., y Castillo, C. (2007). Determinación de temperatura y humedad óptima para la germinación y esporulación de cinco aislamientos de *Beauveria bassiana*. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 24, 415-425. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-78182007000300002&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182007000300002&lng=es&tlng=es).
- Góngora, C., Marín, P., y Benavides, P. (2009). *Claves para el éxito del hongo Beauveria bassiana como controlador biológico de la bronca del café*. Cenicafe. <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0384.pdf>
- Gutiérrez, R. (2017). *Detección de “Candidatus Liberibacter solanacearum” en Poblaciones de Bactericera cockerelli y su Relación con la Temperatura*. [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Repositorio digital

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahila, México.  
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/42456>

Henne, D., Workneh, F., Wen, A., Prince, J., Pasche, J., Gudmestad, N., y Rush, C. (2010). Characterization and epidemiological significance of potato plants grown from seed tubers affect by zebra chip disease. *The American Phytopathological society*, 94, 659-665.

Horngren, C. (2000). *Introducción a la contabilidad financiera*. Pearson educación.  
[https://www.google.com.ec/books/edition/Introducci%C3%B3n\\_a\\_la\\_contabilidad\\_financie/-BJyun6IDP8C?hl=es&gbpv=1&dq=utilidad+neta+libro&printsec=frontcover](https://www.google.com.ec/books/edition/Introducci%C3%B3n_a_la_contabilidad_financie/-BJyun6IDP8C?hl=es&gbpv=1&dq=utilidad+neta+libro&printsec=frontcover)

Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera [IFAPA]. (2019). *Márgenes multifuncionales para una mayor biodiversidad*. Consejería de Agricultura, Pesca, Agua y Desarrollo Rural:  
<https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/web/noticias/margenes-multifuncionales-para-una-mayor-biodiversidad>

Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2020). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) abril 2019*.  
[https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac-2019/Presentacion%20de%20los%20principales%20resultados%20ESPAC%202019.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2019/Presentacion%20de%20los%20principales%20resultados%20ESPAC%202019.pdf)

Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2022). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) abril 2022*.  
[https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac-2021/Bolet%C3%ADn%20t%C3%A9cnico.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2021/Bolet%C3%ADn%20t%C3%A9cnico.pdf)

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). (2016). *Costos de producción de papa variedad fripapa*.

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP]. (2014). *Cultivo de papa (Solanum tuberosum)*. INIAP: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mraiz/rpapa>

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP]. (2021). *Ficha técnica de la variedad de papa INIAP-SuperFri*. INIAP:  
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5768/1/2.%20Ficha%20T%C3%A9cnica%20variedad%20INIAP%20SuperFri.pdf>

Kuno, G., Mulett, J., y De Hernández, M. (1982). *Patología de insectos con énfasis en las enfermedades infecciosas y sus aplicaciones en el control biológico*.

- La Salle, J., y Gauld, I. (1993). Hymenoptera: Their diversity, and their impact on the diversity of other organisms. *Institute of Entomology Publications*, 1-26.  
<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19931171651>
- Lacey, L., De la Rosa, F., y Horton, D. (2009). Insecticidal activity of entomopathogenic fungi (Hypocreales) for potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae): Development of bioassay techniques, effect of fungal species and stage of the psyllid. *Biocontrol Science and Technology*, 19(9), 957-970.  
<https://doi.org/10.1080/09583150903243904>
- Lacey, L., Frutos, R., Kaya, H., y Vail, P. (2001). Insect pathogens as biological control agents: Do they have a future? *Biological Control*, 21(3), 230-248.  
<https://doi.org/10.1006/bcon.2001.0938>
- Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria [LORSA]. (s.f.). Capítulo IV: Sanidad e inocuidad alimentaria. En *Ley orgánica del régimen de la soberanía alimentaria*. <https://www.soberaniaalimentaria.gob.ec/pacha/wp-content/uploads/2011/04/LORSA.pdf>
- Liu, J. F., Zhang, Z. Q., Beggs, J., Paderes, E., y Wei, X. Y. (2019). Lethal and sublethal effects of entomopathogenic fungi on tomato/potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Šulc) (Hemiptera: Triozidae) in capsicum. *Crop Protection*, 1-20.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219419303692>
- López, L., y Hans, J. (2001). Biodiversidad del suelo : control biológico de nematodos fitopatógenos por hongos nematófagos. *Cuadernos de la Biodiversidad*, 12-15.  
<http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/1152>
- Macías, A., Díaz, M., Ramos, M., Navarro, S., Espinosa, G., y Ruiz, D. (2013). Estudio del hongo entomopatógeno *Isaria fumosorosea* como control microbiológico de la mosquita blanca *Bemisia tabaci*. *Interciencia*, 38(7), 523-527.  
<https://www.redalyc.org/pdf/339/33928556008.pdf>
- Marín-Jarrilo, A., Garzón-Tiznado, J. A., Becerra-Fiora, A., Majía-Avila, C., Bujanos-Miñíz, R., y Byerly-Murphy, K. F. (1995). Ciclo biológico y morfología del salerillo *Paratrioza cockerelli* (Sulc.) (Homoptera:Psyllidae) Vector de la enfermedad "Permanente del jitomate" en el Bajío. *Manejo Integrado de Plagas*(38), 25-32.  
[https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7237/Ciclo\\_biologico\\_y\\_morfologia\\_del\\_salerillo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7237/Ciclo_biologico_y_morfologia_del_salerillo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Martin, N. (2008). Host plants of the potato / tomato psyllid : a cautionary tale. *The Weta*, 35, 12-16.

[https://www.researchgate.net/publication/268293038\\_Host\\_plants\\_of\\_the\\_potato\\_tomato\\_psyllid\\_a\\_cautionary\\_tale](https://www.researchgate.net/publication/268293038_Host_plants_of_the_potato_tomato_psyllid_a_cautionary_tale)

- Martin, N. A. (2018). *Tomato potato psyllid - Bactericera cockerelli*. . <https://doi.org/https://nzacfactsheets.landcareresearch.co.nz/factsheet/InterestingInsects/Tomato-potato-psyllid---Bactericera-cockerelli.html>
- Martínez, M., Del Toro, M., Sánchez, A., Rodríguez, F., y Arevalo, J. (2017). Efecto de *Lecanicillium lecanii* (Zimm.) Zare y W. Gams cepa VL-01 sobre *Myzus persicae nicotianae* Blackman (Hemiptera: Aphididae) en condiciones de laboratorio. *Revista de Protección Vegetal*, 32(3), 1-5. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1010-27522017000300007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522017000300007)
- Mauchline, N. A., y Stannard, K. A. (2013). Evaluation of selected entomopathogenic fungi and bio-insecticides against *Bactericera cockerelli* (Hemiptera). *New Zealand Plant Protection*, 66, 324-332. <https://doi.org/10.30843/nzpp.2013.66.5707>
- Mejía, G., Menjivar, A., y Nuñez, E. (2008). *Evaluación de hongos entomopatógenos como biocontroladores de Bactericera (Paratrioza) cockerelli (Homóptera: Psyllidae: Triozinae) en papa (Solanum tuberosum) a nivel de laboratorio*. [Tesis de pregrado, Universidad de el Salvador]. Archivo digital, Universidad de El Salvador. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/956/1/13100686.pdf>
- Melgoza, C. M., León, C. d., López, J., Hernández, L., Velarde, S., y Garzón, J. (2018). Presencia de *Candidatus Liberibacter solanacearum* en *Bactericera cockerelli* Sulc asociada con enfermedades en tomate, chile y papa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(3), 499-509. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v9n3/2007-0934-remexca-9-03-499.pdf>
- Miles, G. P., Samuel, M. A., Chen, J., Civerolo, E. L., y Munyaneza, J. E. (2010). Evidence that cell death is associated with zebra chip disease in potato tubers. *American Journal of Potato Research*, 87, 337-349. <https://doi.org/10.1007/s12230-010-9140-9>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG]. (2019). *Informe de rendimientos objetivos de papa 2019*. Quito: Sistema de Información Pública Agropecuaria [SIPA].
- Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG]. (2021). *Boletín situacional cultivo de papa. Quito-Ecuador*. MAG. [http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/situacionales/2021/boletin\\_situacional\\_papa\\_2021.pdf](http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/situacionales/2021/boletin_situacional_papa_2021.pdf)
- Ministerio de Agricultura y Ganadería MAG . (2018). *Boletín situacional de la papa*. Quito: Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA).

- Molina, J., Santos, B., y Aguilar, L. (2004). *Guía MIP en el Cultivo de la Papa*. INTA-Managua. <https://doi.org/10.1051/oivconf/20140500>
- Montaldo, A. (1984). *Botánica (Taxonomía y valor agronómico de las papas)*. IICA. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/6793>
- Montalva, C. (2008). *Evaluación de la virulencia de dos cepas de Lecanicillium lecanii (Zimm.) Zare y Gams para el control biológico de Cinara cupressi (Buckton)*. [Tesis de pregrado, Universidad Austral de Chile]. Archivo digital. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/fifm763e/doc/fifm763e>
- Monteros, C., Comina, P., Rivadeneira, J., Suquillo, J., Sevillano, C., Mallamas, A., y Cuesta, X. (2021). Evaluación del comportamiento agronómico y calidad industrial de variedad de papa con aptitud para procesamiento de bastones fritos. En P. Kromann, X. Cuesta, B. Montero, P. Cuasapaz, A. León, y A. Chulde, *Memorias del VII Congreso Ecuatoriano de la Papa* (págs. 61-62). <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4447>
- Moreno, E. (2020). *Evaluación de un bactericida para el manejo del complejo punta morada en dos categorías de semilla de papa variedad superchola*. [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio digital Universidad Central del Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/21983>
- Morocco, V. (2017). *Efecto de hongos nativos entomopatógenos sobre la hembra adulta de Orthezia olivivola Beingolea 1965 (Hemiptera: Ortheziidae) "Querensa móvil del Olivo"*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio digital UNSA, [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/284e5cca-72c3-46c5-ae96-07607af63136>
- Munyanaza, J. (2012). Zebra chip disease of potato: Biology, epidemiology, and management. *American Journal of Potato Research*, 89, 329-350. <https://doi.org/10.1007/s12230-012-9262-3>
- Munyanaza, J. E., Crosslin, J. M., y Upton, J. E. (2007). Association of Bactericera cockerelli (Homoptera: Psyllidae) with "Zebra Chip" a New Potato Disease in Southwestern United States and Mexico. *Journal of Economic Entomology*, 100(3), 656-663. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17598522/>
- Naranjo, A. (2017). *La otra guerra: la situación de los plaguicidas en el Ecuador*. Quito: Agencia Ecologista de Información-Tegantai. [https://issuu.com/swissaidecuador/docs/plaguicidas\\_web](https://issuu.com/swissaidecuador/docs/plaguicidas_web)
- Nicholls, C. (2008). *Control Biológico de Insectos: Un enfoque agroecológico*. Editorial Universidad de Antioquia. <https://books.google.com.ec/books?id=LPwcidQx3TkC&printsec=frontcover&q=manejo+agroecologico+de+plagas&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwi9m4ufotT>

vAhXNct8KHZULBigQ6AEwAXoECAIQAg#v=onepage&q=manejo agroecologico de plagas&f=false

- Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria [OIRSA]. (2015). *El psílido de la papa y tomate Bactericera (=Paratrioza) cockerelli (Sulc) (Hemiptera: Triozidae): ciclo biológico; la relación con las enfermedades de las plantas y la estrategia del manejo integrado de plagas en la región del OIRSA*. Tauro S.A. <https://www.oirsa.org/contenido/Manual%20Bactericera%20Cockerelli%20version%201.3.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2003). Resistencia a los antiparasitarios Estado actual con énfasis en América Latina. *Agriculture and Agricultural Science And Technology Informatio*, 157(51), 1-59. <https://agris.fao.org/agris>
- Organización para los Pueblos Indígenas y Campesinos [OPIC]. (2013). *Protección contra plagas y enfermedades. In Manual de Manejo Sustentable del Cultivo de Jitomate*. <https://books.google.com.ec/books?id=S52cpdbQcOgC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Ortiz, A., y Valdivia, R. (2011). Efecto de la temperatura y humedad relativa sobre el desarrollo de los hongos entomopatógenos. *Revista Biociencias*, 1(2), 42-53. <https://revistabiociencias.uan.edu.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/14>
- Oyarzún, P., Chamorro, F., Córdova, J., Merino, F., Valverde, F., y Velázquez, J. (2002). Manejo agronómico. En M. Pumisacho, y S. Sherwood, *Manejo integrado de plagas y enfermedades en el cultivo de papa en Ecuador* (págs. 51-84). CIP E INIAP. <https://cipotato.org/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/Pumisacho%20y%20Sherwood%20Cultivo%20de%20Papa%20en%20Ecuador.pdf>
- Oyarzún, P., Gallegos, P., Asaquibay, C., Forbes, G., Ochoa, J., Paucar, B., Prado, M., Revelo, J., Sherwood, S., y Yumisaca, S. (2002). El cultivo de la papa en Ecuador. En M. Pumisacho, y S. Sherwood (Edits.), *Manejo integrado de plagas y enfermedades* (págs. 85-169). Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina/ CIP. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2806>
- Palacio, E. (2021). *Autodiseminación de hongos entomopatógenos endémicos de Aguascalientes para el control de Bactericera cockerelli en Jitomate (Solanum lycopersicum)*. [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Aguascalientes]. Archivo digital. <http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/11317/2139/454398.pdf?sequence=1>
- Palem, P. (2010). Impact of different relative humidities on in vitro growth and sporulation of entomopathogenic fungal isolates of Beauveria species.

- International Journal of Pharmaceutical and Biological Archive*, 1(4), 355-359.  
<https://www.semanticscholar.org/paper/Impact-of-Different-Relative-Humidities-on-In-vitro-Palem/11b32e232e7bda925e396c7515943b2b118d680e>
- Paspuezán, M. A. (2019). “*Daños de Bactericera cockerelli en el cultivo de papa (Solanum tuberosum)*”, en el barrio Eloy Alfaro, Parroquia La Libertad”. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. Repositorio digital Universidad Técnica de . <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/7190>
- Paucar, B., Guachamin, O., Peñaherrera, D., Caicedo, J., Jing, K., y Villavicencio, A. (2021). Evaluación de cuatro estrategias de rotación de insecticidas para control de *Bactericera cockerelli*. En M. Racines, X. Cuesta, J. Rivadeneira, y J. Pantoja, *Memorias del IX Congreso Ecuatoriano de la Papa* (págs. 67-68). <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5746/1/iniapsc407.pdf>
- Poprawski, T., Parker, P., y Tsai, J. (1999). Laboratory and field evaluation of hyphomycete insect pathogenic fungi for control of brown citrus aphid (Homoptera: Aphididae). *Environmental Entomology*, 28(2), 315-321. <https://academic.oup.com/ee/article/28/2/315/486446>
- Prager, S. M., y Trumble, J. T. (2018). Chapter 7 -Psyllids: Biology, Ecology, and Management. En W. Wakil, G. Brust, y T. Perring, *Sustainable Management of Arthropod Pests of Tomato* (págs. 163-181). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802441-6.00007-3>
- Puetate, L. (2019). *Alternativas de fertilización para el cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.) con el empleo de micorrizas, microorganismos solubilizadores de fósforo y biol de producción local en El Ejido, Montúfar, Carchi*. {Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Estatal del Carchi}. Repositorio digital UPEC. <http://repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/764>
- Racines, M., Jaramillo, P., Rivadeneira, J., Huashi, C., y Cuesta, X. (2021). Estimación del impacto de estrategias para el manejo y control químico de *Bactericera cockerelli*, vector de papa rayada en papa. En M. Racines, X. Cuesta, J. Rivadeneira, y J. Pantoja, *Memorias del IX Congreso Ecuatoriano de la Papa* (págs. 99-101). <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5746/1/iniapsc407.pdf>
- Ramos, R. (2018). *Fluctuación poblacional de Bactericera cockerelli Sulc. (Hemiptera: Trioziidae) e incidencia de punta morada (Candidatus Liberibacter, solanacearum) en lotes comerciales de papa (Solanum tuberosum L.)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. Archivo digital. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf04r457b.pdf>
- Román, M., y Hurtado, G. (2002). *Guía Técnica: Cultivo de la Papa*. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal [CENTA]. <http://istphuancane.pe.tripod.com/docs/agrop/papa.pdf>

- Rubio, O., Almeyda, I., Ireta, J., Sánchez, J., Fernández, R., Borbón, J., Díaz, C., Garzón, J., Rocha, R., y Cadena, M. (2006). Distribución de la punta morada y *Bactericera cockerelli* Sulc. en las principales zonas productoras de papa en México. *Agricultura Técnica en México*, 32(2), 201-211. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0568-25172006000200008&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172006000200008&lng=es&tlng=es).
- Rubio, O., Cadena Hinojosa, M., y Vázquez Carrillo, G. (2013). Manejo integrado de la punta morada de la papa en el Estado de México. Folleto técnico Núm 2. INIFAP-CIRCE Campo Experimental Valle de México. Sitio Experimental Metepec. [https://www.researchgate.net/publication/270219398\\_Manejo\\_integrado\\_de\\_la\\_punta\\_morada\\_de\\_la\\_papa\\_en\\_el\\_estado\\_de\\_Mexico](https://www.researchgate.net/publication/270219398_Manejo_integrado_de_la_punta_morada_de_la_papa_en_el_estado_de_Mexico)
- Salazar, K. (2022). *Evaluación de hongos entomopatógenos en el control de Bactericera cockerelli Sûlc en el cultivo de papa (Solanum tuberosum L.), Caranqui, Imbabura*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio digital UTN. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/12598>
- Sánchez-Peña, S., Casas-De-Hoyo, E., Hernandez-Zul, R., y Wall, K. (2007). A comparison of the activity of soil fungal isolates against three pests. *Journal of Agricultural and Urban Entomology*, 24(1), 43-48. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3954/1523-5475-24.1.43>
- Shannon, P. (1996). Hongos entomopatógeno. En L. Hilje, *Metodologías para el estudio y manejo de moscas blancas y germinivirus* (págs. 60-68). CATIE. Unidad de fitoprotección. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/3117>
- Shelton, A. (2011). *What is Biological Control?* Cornell University-Collegue of Agriculture and Life Sciences: <https://biocontrol.entomology.cornell.edu/what.php>
- Sifuentes, E., Macías , J., Apodaca, M., y Cortez, E. (2008). *Predicción de la fenología de papa: Principios y aplicaciones prácticas*. Sinaloa. <https://www.fps.org.mx/portal/index.php/component/phocadownload/category/31-hortalizas?download=121:prediccion-de-la-fenologia-de-papa>
- Suárez, J. (2014). *Epidemias inducidas de Beauveria bassiana en poblaciones controladas de Bactericera cockerelli (Hemiptera: Psyllidae)*. [Tesis de posgrado, Instituto Politécnico Nacional]. Archivo digital. <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/16802/SUAREZ%20NU%20C3%2091EZ%20JANETTE%20-%20B120989.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Suquillo, J., Sevillano, C., Bastidas , E., Reina, E., y Chulde, K. (2019). Diagnóstico de la situación actual de *Bactericera cockerelli* en cultivos de papa del cantón Bolívar y parte del cantón Montúfar, provincia del Carchi. En J. Rivadeneira , M. Racines, y X. Cuesta , *Memorias del VIII Congreso Ecuatoriano de la Papa* (págs. 49-50). <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5355>

- Télliez-Jurado, A., Cruz Ramírez, M. G., Mercado Flores, Y., Asaff Torres, A., y Arana-Cuenca, A. (2009). Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos. *Revista Mexicana de Micología*, 30, 73-80. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-31802009000200007](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802009000200007)
- Tocagón, S., Tocagón, S., Puma, B., Caibe, Y., Guacán, S., Prado, J., Aragón, J., Sánchez, I., Panchy, N., y Castillo, C. (2021). Dinámica poblacional de *Bactericera cockerelli* Šulc en papa (*Solanum tuberosum* L.) en Imbabura. En M. Racines, X. Cuesta, J. Rivadeneira, y J. Pantoja, *Memorias del IX Congreso Ecuatoriano de la Papa* (págs. 65-66). Ibarra. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5746/1/iniapsc407.pdf>
- Toledo, M. (2016). Manejo de la paratrioza (*Bactericera cockerelli*) en el cultivo de papa. Tegucigalpa -Honduras: Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria [DICTA], de la secretaría de Agricultura y Ganadería [SAG]. <http://repiica.iica.int/docs/B4174e/B4174e.pdf>
- Tschumi, M., Albrecht, M., Bartschi, C., Collatz, J., Entling, M., y Jacot, K. (2016). Perennial, species-rich wildflower strips enhance pest control and crop yield. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 220, 97-103. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.01.001>
- Valbuena, A., Galindo, A., y Boyacá, Y. (2021). Efecto del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (balsamo) Vuillemin en el control de la oveja ked (*Melophagus ovinus*). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(2). [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609-91172021000200021](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172021000200021)
- Villanueva, O. K. (2015). “*Caracterización Molecular del Receptor de la Vitelogenina en Bactericera cockerelli [Sulc, 1909] (Hemiptera: Triozidae)*.” [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma de Nuevo León]. Repositorio académico digital UANL. <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/9183>
- Villegas, F. (2011). *Hongos entomopatógenos para el control del psílido de la papa Bactericera cockerelli (Sulc) (Hemiptera: Triozidae) y su identificación molecular*. [Tesis de posgrado, Universidad Autónoma de San Luis Potosí]. Repositorio digital UASLP. <https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/handle/i/3411?show=full>
- Vincini, A., Jacobsen, B., Tulli, M., Carmona, D., y López, R. (2014). Dinámica poblacional de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) y thrips tabaci Lindeman en cultivos de papa (*Solanum tuberosum*). *Entomotropica*, 29(1), 19-27. [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_ento/article/view/6796](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_ento/article/view/6796)
- Wallis, R. L. (1995). *Ecological Studies on the Potato*. Ps. U.S. Department of Agriculture.

[https://books.google.com.ec/books?id=s\\_fAFHpcG3oC&pg=PA9&dq=stages+of+potato+psyllid&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiF9JahovvrAhWkpFkKHXzuCm0Q6AEwAHoECAAQAg#v=onepage&q=stages of potato psyllid&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=s_fAFHpcG3oC&pg=PA9&dq=stages+of+potato+psyllid&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiF9JahovvrAhWkpFkKHXzuCm0Q6AEwAHoECAAQAg#v=onepage&q=stages of potato psyllid&f=false)

- Wenninger, E. J., y Rashed , A. (2022). Psyllids. En *Insect Pest of Potato: Global Perspectives on Biology and Management* (págs. 69-101). <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85129347887&doi=10.1016%2fB978-0-12-821237-0.00004-4&partnerID=40&md5=492ad46e16f2713f82349112e5fbb547>
- Zalazar, L., y Salvo, A. (2007). Entomofauna asociada a cultivos hortícolas orgánicos y convencionales en Córdoba, Argentina. *Neotropical Entomology*, 36(5), 765-773. <https://www.scielo.br/j/ne/a/KhKVD4VfYRvGDKY69VkhXNS/abstract/?lang=es>
- Zarate, J. (1997). *Empleo de microorganismos entomopatógenos para el control biológico de la mosca doméstica (Musca domestica)*. [Tesis de posgrado, Universidad Autónoma de Nuevo León]. Archivo digital. <http://eprints.uanl.mx/7812/1/1020121315.PDF>
- Zúniga, C. (2011). *Texto básico de economía agrícola su importancia para el desarrollo local sostenible*. UNAN.

## ANEXOS

### Anexo A Costo de producción con manejo convencional en una hectárea

<b>COSTO DE PRODUCCIÓN DE PAPA (USD/ha)</b>						
	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	Porcentaje
<b>A. COSTOS DIRECTOS (CD)</b>						
<b>Preparación Suelo</b>	Análisis de suelo	Servicio de laboratorio	1	65	65	
	Arada, rastrada, cruza	horas/tractor	4	30	120	
	Surcado	horas/animal	5	7	35	3%
	<b>Sub total</b>				<b>220</b>	
<b>Mano de obra</b>	Siembra	jornal	10	12	120	
	Control fitosanitario	jornal	2	12	24	
	Deshierba y fertilización	jornal	15	12	180	
	Aporque	jornal	20	12	240	16%
	Corte follaje	jornal	3	12	36	
	Cosecha	jornal	35	12	420	
	<b>Subtotal</b>				<b>1020</b>	
<b>Insumos</b>	Semilla	qq	35	25	875	
	Costales	sacos	727	0,2	145,4	16%
	<b>Subtotal</b>				<b>1020,4</b>	
<b>Fertilizantes</b>	Diatomeas	kg	15	2,5	37,5	
	Sustancias húmicas	Kg	15	4	60	
	Eco-Abonaza	sacos	35	3	105	
	Yara vera amidas	sacos	35	37,8	1323	
	8-20-20	sacos	30	30,65	919,5	
	S- Zn	kg	5	2	10	
	B,-Cu- Fe- Mn- Mo- Zn	ml	5	6,5	32,5	
	K2O	ml	5	2,15	10,75	43%
	P2O5- K2O- Mg- B- Activadores metabólicos,-Algas marinas	kg	10	7,5	75	
	N-P- Aminoácidos	cc	6	4,5	27	
	P2O5- K2O- MgO- CaO- Fe- Mn- Zn-					
	Cu- Mo- B	g	6	8,5	51	
	P2O5- PO3- K2O- Zn- B	kg	7	8	56	
	P- K- B	ml	7	4,25	29,75	
		<b>Subtotal</b>				<b>2737</b>
<b>Insecticidas</b>	Acephate	g	4	3,1	12,4	
	Kenshi	g	4	8	32	
	Lambda-cyhalothrin	cc	4	8	32	
	Cyromazine	gr	4	5	20	
	Abamectin	cc	12	4,75	57	
	Methomyl	gr	4	2,5	10	
	Permethrin-Solvent naphta	cc	4	7,5	30	5%
	Diflubenzuron	cc	4	10	40	
	Amitraz-Nonylphenol ethoxylated	cc	4	9,5	38	
	Dimethoate-Xilene	cc	4	2,5	10	
	Profenofos	cc	8	7	56	
	Metakdehyde	gr	4	2,6	10,4	
	<b>Subtotal</b>				<b>347,8</b>	
<b>Fungicidas</b>	Cooper sulphate pentahydrate	ml	6	5,5	33	
	Mancozeb-Cymoxanyl	gr	8	4	32	
	Difenoconazole	cc	6	6,25	37,5	
	Mancozeb-Dimethomorph	gr	8	8	64	4%
	Propomocarb Hydrochloride	ml	6	5	30	
	Kasugamycin	cc	8	8	64	
	<b>Subtotal</b>				<b>260,5</b>	
<b>Coadyuvante</b>	Dodecil bencensulfonato de trietanolamina-					
	Alquil aril poliglicol éter	ml	4	9	36	1%
	<b>Subtotal</b>				<b>36</b>	
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>					<b>5641,7</b>	<b>88%</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS (CI)</b>						
Interés de crédito (5% del CD)					282,085	
Arriendo terreno (anual/ciclo)			1	500	500	
<b>SUBTOTAL CI</b>					<b>782,085</b>	<b>12%</b>
<b>TOTAL DE COSTOS CD+CI</b>					<b>6423,785</b>	<b>100%</b>
<b>INGRESOS</b>						
		kg	qq	cant.		
<b>Categoría</b>	Cantidad de primera		9371	206	24	4944
	Cantidad de segunda		12737	280	15	4200
	Cantidad de tercera		5775	127	5	635
<b>TOTAL INGRESOS</b>					<b>27883</b>	<b>613</b>
<b>UTILIDAD</b>					<b>3355,215</b>	
<b>RENTABILIDAD simple</b>					<b>52%</b>	
<b>RELACIÓN B/C</b>					<b>1,52</b>	

**Anexo B Costo de producción con manejo de *B. bassiana* en una hectárea**

<b>COSTO DE PRODUCCIÓN DE PAPA (USD/ha)</b>						
	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>A. COSTOS DIRECTOS (CD)</b>						
<b>Preparación Suelo</b>	Análisis de suelo	Servicio de laboratc	1	65	65	4%
	Arada, rastrada, cruza	horas/tractor	4	30	120	
	Surcado	horas/animal	5	7	35	
	<b>Sub total</b>				220	
<b>Mano de obra</b>	Siembra	jornal	10	12	120	17%
	Control fitosanitario	jornal	2	12	24	
	Deshierba y fertilización	jornal	15	12	180	
	Aporque	jornal	20	12	240	
	Corte follaje	jornal	3	12	36	
	Cosecha	jornal	35	12	420	
<b>Subtotal</b>					1020	
<b>Insumos</b>	Semilla	qq	35	25	875	16%
	Costales	sacos	454	0,2	90,8	
	<b>Subtotal</b>				965,8	
<b>Fertilizantes</b>	Diatomeas	kg	15	2,5	37,5	45%
	Sustancias húmicas	Kg	15	4	60	
	Eco-Abonaza	sacos	35	3	105	
	Yara vera amidas	sacos	35	37,8	1323	
	8-20-20	sacos	30	30,65	919,5	
	S- Zn	kg	5	2	10	
	B,-Cu- Fe- Mn- Mo- Zn	ml	5	6,5	32,5	
	K2O	ml	5	2,15	10,75	
	P2O5- K2O- Mg- B- Activadores metabólicos,-Algas marinas	kg	10	7,5	75	
	N-P- Aminoácidos	cc	6	4,5	27	
	P2O5- K2O- MgO- CaO- Fe- Mn- Zn- Cu- Mo- B	g	6	8,5	51	
	P2O5- PO3- K2O- Zn- B	kg	7	8	56	
	P- K- B	ml	7	4,25	29,75	
	<b>Subtotal</b>				2737	
<b>Hongo Entomopatógeno</b>	<i>Beauveria bassiana</i>	g	13	14,5	188,5	3%
<b>Subtotal</b>					188,5	
<b>Fungicidas</b>	Mancozeb-Cymoxanyl	gr	8	4	32	2%
	Difenoconazole	cc	6	6,25	37,5	
	Propomocarb Hydrochloride	ml	6	5	30	
	<b>Subtotal</b>				99,5	
<b>Coadyuvante</b>	Dodecil bencensulfonato de trietanolamina-					1%
	Alquil aril poliglicol éter	ml	4	9	36	
	<b>Subtotal</b>				36	
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>					<b>5266,8</b>	<b>87%</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS (CI)</b>						
Interés de crédito (5% del CD)					263,34	
Arriendo terreno (anual/ciclo)		ha	1	500	500	
<b>SUBTOTAL CI</b>					<b>763,34</b>	<b>13%</b>
<b>TOTAL DE COSTOS CD+CI</b>					<b>6030,14</b>	<b>100%</b>
<b>INGRESOS</b>						
		<b>kg</b>	<b>qq</b>	<b>cant.</b>		
<b>Cate goría</b>	Cantidad de primera	4628	101	20	2020	
	Cantidad de segunda	8109	178	15	2670	
	Cantidad de tercera	4628	101	3	303	
<b>TOTAL INGRESOS</b>					<b>17365</b>	<b>380</b>
<b>UTILIDAD</b>					<b>-1037,14</b>	
<b>RENTABILIDAD simple</b>					<b>-17%</b>	
<b>RELACIÓN B/C</b>					<b>0,83</b>	

Anexo C Costo de producción con manejo de *M. anisopliae* en una hectárea

COSTO DE PRODUCCIÓN DE PAPA (USD/ha)						
	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	Porcentaje
<b>A. COSTOS DIRECTOS (CD)</b>						
<b>Preparación Suelo</b>	Análisis de suelo	Servicio de laboratc	1	65	65	
	Arada, rastrada, cruza	horas/tractor	4	30	120	4%
	Surcado	horas/animal	5	7	35	
	<b>Sub total</b>				220	
<b>Mano de obra</b>	Siembra	jornal	10	12	120	17%
	Control fitosanitario	jornal	2	12	24	
	Deshierba y fertilización	jornal	15	12	180	
	Aporque	jornal	20	12	240	
	Corte follaje	jornal	3	12	36	
	Cosecha	jornal	35	12	420	
	<b>Subtotal</b>				1020	
<b>Insumos</b>	Semilla	qq	35	25	875	16%
	Costales	sacos	544	0,2	108,8	
	<b>Subtotal</b>				983,8	
<b>Fertilizantes</b>	Diatomeas	kg	15	2,5	37,5	45%
	Sustancias húmicas	Kg	15	4	60	
	Eco-Abonaza	sacos	35	3	105	
	Yara vera amidas	sacos	35	37,8	1323	
	8-20-20	sacos	30	30,65	919,5	
	S- Zn	kg	5	2	10	
	B,-Cu- Fe- Mn- Mo- Zn	ml	5	6,5	32,5	
	K2O	ml	5	2,15	10,75	
	P2O5- K2O- Mg- B- Activadores metabólicos,-Algas marinas	kg	10	7,5	75	
	N-P- Aminoácidos	cc	6	4,5	27	
	P2O5- K2O- MgO- CaO- Fe- Mn- Zn- Cu- Mo- B	g	6	8,5	51	
	P2O5- PO3- K2O- Zn- B	kg	7	8	56	
	P- K- B	ml	7	4,25	29,75	
	<b>Subtotal</b>				2737	
	<b>Hongo Entomopatógeno</b>	<i>Metahizium anisopliae</i>	g	13	14,5	
<b>Subtotal</b>				188,5		
<b>Fungicidas</b>	Mancozeb-Cymoxanyl	gr	8	4	32	2%
	Difenoconazole	cc	6	6,25	37,5	
	Propomocarb Hydrochloride	ml	6	5	30	
	<b>Subtotal</b>				99,5	
<b>Coadyuvante</b>	Dodecil bencensulfonato de trietanolamina-					1%
	Alquil aril poliglicol éter	ml	4	9	36	
	<b>Subtotal</b>				36	
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>					<b>5284,8</b>	<b>87%</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS (CI)</b>						
Interés de crédito (5% del CD)					264,24	
Arriendo terreno (anual/ciclo)		ha	1	500	500	
<b>SUBTOTAL CI</b>					<b>764,24</b>	<b>13%</b>
<b>TOTAL DE COSTOS CD+CI</b>					<b>6049,04</b>	<b>100%</b>
<b>INGRESOS</b>						
		kg	qq	cant.		
<b>Categoría</b>	Cantidad de primera	6999	153	20	3060	
	Cantidad de segunda	8109	178	15	2670	
	Cantidad de tercera	5775	127	3	381	
<b>TOTAL INGRESOS</b>					<b>20883</b>	<b>458</b>
<b>UTILIDAD</b>					<b>61,96</b>	
<b>RENTABILIDAD simple</b>					<b>1%</b>	
<b>RELACIÓN B/C</b>					<b>1,01</b>	

Anexo D Costo de producción con *P. fumosoroseus* en una hectárea

<b>COSTO DE PRODUCCIÓN DE PAPA (USD/ha)</b>						
	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>A. COSTOS DIRECTOS (CD)</b>						
<b>Preparación Suelo</b>	Análisis de suelo	Servicio de laborat	1	65	65	
	Arada, rastrada, cruza	horas/tractor	4	30	120	4%
	Surcado	horas/animal	5	7	35	
<b>Sub total</b>					220	
<b>Mano de obra</b>	Siembra	jornal	12	12	144	
	Control fitosanitario	jornal	2	12	24	
	Deshierba y fertilización	jornal	15	12	180	
	Aporque	jornal	20	12	240	17%
	Corte follaje	jornal	3	12	36	
	Cosecha	jornal	35	12	420	
<b>Subtotal</b>					1044	
<b>Insumos</b>	Semilla	qq	35	25	875	
	Costales	sacos	878	0,2	175,6	17%
<b>Subtotal</b>					1050,6	
<b>Fertilizantes</b>	Diatomeas	kg	15	2,5	37,5	
	Sustancias húmicas	Kg	15	4	60	
	Eco-Abonaza	sacos	35	3	105	
	Yara vera amidas	sacos	35	37,8	1323	
	8-20-20	sacos	30	30,65	919,5	
	S- Zn	kg	5	2	10	
	B,-Cu- Fe- Mn- Mo- Zn	ml	5	6,5	32,5	
	K2O	ml	5	2,15	10,75	45%
	P2O5- K2O- Mg- B- Activadores metabólicos,-Algas marinas	kg	10	7,5	75	
	N-P- Aminoácidos	cc	6	4,5	27	
	P2O5- K2O- MgO- CaO- Fe- Mn- Zn- Cu- Mo- B	g	6	8,5	51	
	P2O5- PO3- K2O- Zn- B	kg	7	8	56	
	P- K- B	ml	7	4,25	29,75	
	<b>Subtotal</b>					2737
<b>Hongo Entomopatógeno</b>	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	g	13	14,5	188,5	3%
<b>Subtotal</b>					188,5	
<b>Fungicidas</b>	Mancozeb-Cymoxanyl	gr	8	4	32	
	Difenoconazole	cc	6	6,25	37,5	2%
	Propomocarb Hydrochloride	ml	6	5	30	
<b>Subtotal</b>					99,5	
<b>Coadyuvante</b>	Dodecil bencensulfonato de trietanolamina-					
	Alquil aril poliglicol éter	ml	4	9	36	1%
<b>Subtotal</b>					36	
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>					<b>5375,6</b>	<b>87%</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS (CI)</b>						
Interés de crédito (5% del CD)					268,78	
Arriendo terreno (anual/ciclo)		ha	1	500	500	
<b>SUBTOTAL CI</b>					<b>768,78</b>	<b>13%</b>
<b>TOTAL DE COSTOS CD+CI</b>					<b>6144,38</b>	<b>100%</b>
<b>INGRESOS</b>						
		<b>kg</b>	<b>qq</b>	<b>cant.</b>		
<b>Categoría</b>	Cantidad de primera	13884	305	24	7320	
	Cantidad de segunda	11589	254	15	3810	
	Cantidad de tercera	8109	178	5	890	
<b>TOTAL INGRESOS</b>		<b>33582</b>	<b>737</b>		<b>12020</b>	
<b>UTILIDAD</b>					<b>5875,62</b>	
<b>RENTABILIDAD simple</b>					<b>96%</b>	
<b>RELACIÓN B/C</b>					<b>1,96</b>	

Anexo E Formato de registro para implementación del cultivo

Plantilla para la toma de datos del monitoreo de *Bactericera cockerelli*

Datos generales del lote					
Provincia	La Paz	Bolivar		Parroquia	Bolivar
Localidad	Cusaca	Agricultor		Harold y Guillermo	
Latitud	004929 10	Longitud	-77.881458	Altitud	2668 m
Datos generales del lote					
Fecha de siembra	Cultivo anterior		Etapa fenológica	Variedad	
26/04/2021	Alveja			Superchola	
Riego	SI ( ) No ( )	Frecuencia cada 15 días	Precipitaciones seca	SI (X) No ( )	Frecuencia
Pendiente	Quebrada ( )		Ondulada ( )	Plano (X)	

Controles fitosanitarios			
Fecha de aplicación	Ingredientes activos	Dosis bomba 20 lt	Cantidad utilizadas
26/06 17/07	Prm Arizato y Kupper Kenshi + Arizato + Kupper	30cc + 30cc 15gr + 30 + 30	120cc - 120cc 60gr + 120 + 120

Cultivos alrededor del lote (Por favor realice un croquis del lote y señale los cultivos alrededor de este)

Alvejo

Alveja

Lote pupal

maíz

habas

Anexo F Formato de monitoreo de los distintos estadios de *B. cockerelli*

rP2

Monitoreo de <i>Bactericera cockerelli</i>							
Fecha de evaluación		06/11/2021		Días desde el inicio del monitoreo		133	
Planta Número	Número de Ninfas/planta						Número de huevos planta/5min
	Hoja 1	Hoja 2	Hoja 3	Hoja 4	Hoja 5	Hoja 6	
1	4	-	-	-	-	-	5
2	-	-	-	-	-	-	4
3	-	-	-	-	-	-	3
4	-	-	-	-	-	-	2
5	1	-	-	-	-	-	0
6	-	-	-	-	-	-	1
7	-	-	-	-	-	-	2
8	1	-	-	-	-	-	3
9	-	-	-	-	-	-	1
10	-	-	-	-	-	-	5
11	-	-	-	-	-	-	3
12	-	-	-	-	-	-	2
13	-	-	-	-	-	-	2
14	-	-	-	-	-	-	4
15	-	-	-	-	-	-	0
16	-	-	-	-	-	-	0
17	-	-	-	-	-	-	2
18	-	-	-	-	-	-	1
19	-	-	-	-	-	-	0
20	-	-	-	-	-	-	1

Observaciones:

---



---



---



---