



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

**“EVALUACIÓN DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS EN EL CONTROL DE  
*Bactericera cockerelli* Sûlc EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.),  
CARANQUI, IMBABURA”**

**Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario**

**AUTORA:**

**Karina Lizbeth Salazar Gudiño**

**DIRECTORA:**

**PhD. Julia Karina Prado Beltrán**

**Ibarra, junio 2022**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

**“EVALUACIÓN DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS EN EL CONTROL DE  
*Bactericera cockerelli* Sûlc EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.),  
CARANQUI, IMBABURA”**

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:

Dra. Julia Karina Prado Beltrán, PhD.

**DIRECTOR**



FIRMA

Dra. Doris Chalampunte Flores, PhD.

**MIEMBRO TRIBUNAL**



FIRMA

Ing. Marcelo Albuja Illescas, 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 Orgánica de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte de manera digital para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA:</b>	1004630511		
<b>NOMBRES Y APELLIDOS:</b>	Karina Lizbeth Salazar Gudiño		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Hernán González de Saa 27-85 Ibarra-Imbabura		
<b>EMAIL:</b>	klsalazarg@utn.edu.ec		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	06251444	<b>TELÉFONO MÓVIL</b>	0997424625

DATOS DE LA OBRA		
<b>TÍTULO:</b>	EVALUACIÓN DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS EN EL CONTROL DE <i>Bactericera cockerelli</i> Súlç EN EL CULTIVO DE PAPA ( <i>Solanum tuberosum</i> L.), CARANQUI, IMBABURA.	
<b>AUTOR:</b>	Karina Lizbeth Salazar Gudiño	
<b>FECHA:</b>	29 de junio del 2022	
SOLO PARA TRABAJO DE TITULACIÓN		
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO	<input type="checkbox"/> POSGRADO
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniera Agropecuaria	
<b>DIRECTOR:</b>	Dra. Julia Karina Prado Beltrán	

## 2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo, sin los derechos de autores terceros, por lo tanto, la obra es original y 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 29 días del mes de junio del 2022

### EL AUTOR:



Karina Lizbeth Salazar Gudiño

C.I.: 100463051-1

## CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Salazar Gudiño Karina Lizbeth, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 29 días del mes de junio de 2022

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'J. PRADO', is written above a horizontal line.

Dra. Julia Karina Prado Beltrán, PhD.

DIRECTOR DE TESIS

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

**Guía:** FICAYA-UTN

**Fecha:** Ibarra, a los 04 días del mes de julio del 2022

**Salazar Gudiño Karina Lizbeth:** “EVALUACIÓN DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS EN EL CONTROL DE *Bactericera cockerelli* Sûlc EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.), CARANQUI, IMBABURA” /Trabajo de titulación. Ingeniera Agropecuaria.

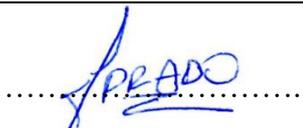
Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 29 días del mes de junio del 2022, 104 páginas.

**DIRECTORA:** Dra. Julia Karina Prado Beltrán, PhD.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar hongos entomopatógenos en el control de *Bactericera cockerelli* Sûlc en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.).

Entre los objetivos específicos se encuentran:

- Determinar la dinámica poblacional de los estadios de *Bactericera cockerelli* Sûlc con los hongos entomopatógenos.
- Identificar el efecto de los hongos entomopatógenos (*Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces lilacinus*) en la entomofauna del cultivo de papa.
- Analizar los resultados económicos del cultivo de papa bajo los tratamientos en estudio.



Dra. Julia Karina Prado Beltrán, PhD.

**Directora de Trabajo de Grado**



Salazar Gudiño Karina Lizbeth

**Autor**

## AGRADECIMIENTO

*En primer lugar, agradezco infinitamente a Dios, a mis padres y hermanos porque me han dado las fuerzas necesarias y el apoyo incondicional que me han brindado para culminar una etapa más en mi vida.*

*Infinitas gracias a mi directora Julia Prado, PhD. por el apoyo y guía que ha sido brindada a lo largo de este camino, así como también a mis asesores Doris Chalampunte, PhD. y Marcelo Albuja, MSc. por compartir sus conocimientos conmigo.*

*Además, a los colaboradores de esta investigación a Carmen Castillo, PhD. (INIAP), Nancy Panchy, PhD. (CIP) y a Francisco Noboa, PhD. (BIOSEB Organics) por su apoyo, colaboración y oportunidad que tuve de desarrollar esta investigación. ¡Gracias!*

*Para finalizar a mi mejor amigo Luis Flores que siempre estuvo apoyándome, siendo parte de mi diario vivir y por la amistad sincera, duradera de todos estos años. ¡Gracias! Estoy inmensamente agradecida con cada uno de mis amigos que aportaron para culminar esta meta.*

*Karina S.*

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE ANEXOS .....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES .....	1
1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	3
1.4 OBJETIVOS .....	4
1.4.1 Objetivo general .....	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
1.5 HIPÓTESIS.....	4
CAPITULO II.....	5
2.1 Generalidades del cultivo de la papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) en el Ecuador .....	5
2.1.1 Importancia económica de la papa en Ecuador .....	5
2.1.2 Taxonomía de la papa.....	5
2.1.3 Morfología del cultivo de papa.....	5
2.1.4 Fases fenológicas del cultivo de papa.....	6
2.1.5 Plagas del cultivo de la papa en la región Sierra en Ecuador .....	7
2.2 Características del psílido <i>Bactericera cockerelli</i> Sûlc. ....	7
2.2.1 Taxonomía de <i>Bactericera cockerelli</i> Sûlc. ....	8
2.2.2 Ciclo biológico de <i>Bactericera cockerelli</i> Sûlc.....	8
2.3 Daños por <i>Bactericera cockerelli</i> Sûlc .....	12
2.3.1 Daños directos .....	12
2.3.2 Daños Indirectos .....	13
2.3.3 Detención y monitoreo de <i>Bactericera cockerelli</i> Sûlc .....	13
2.4 Manejo Agroecológico de plagas.....	14
2.4.1 Control cultural.....	14
2.4.2 Hongos entomopatógenos.....	15
2.4.3 Control cultural.....	18
2.4.4 Márgenes funcionales .....	19

Tabla 3 Plantas arvenses con insectos benéficos y plagas capturadas .....	21
2.4.5 Control Químico .....	21
2.5 Análisis económico del cultivo de papa en Ecuador .....	23
2.5.1 Costos de producción del cultivo de papa en Ecuador .....	23
2.5.2 Productividad del cultivo de papa en la región Sierra en Ecuador .....	23
2.6 Marco legal .....	24
CAPÍTULO III .....	26
3.1 Características agroclimáticas y localización del área de estudio .....	26
3.2 Materiales, insumos y equipos en el proceso del experimento .....	27
3.3 Métodos.....	27
3.3.1 Factor en Estudio .....	27
3.3.2 Diseño Experimental .....	28
3.3.3 Análisis estadístico .....	30
3.4 Variables evaluadas .....	30
3.4.1 Variables de Dinámica poblacional de <i>Bactericera cockerelli</i> S.....	30
3.4.2 Variables de Entomofauna por trampa y por red entomológica.....	34
3.4.3 Variables de rendimiento y análisis económico en el cultivo de papa. ....	35
3.5 Manejo específico del experimento .....	35
3.5.1 Selección del terreno .....	35
3.5.2 Manejo del cultivo .....	36
3.5.4 Manejo de hongos entomopatógenos .....	38
3.5.5 Monitoreo .....	39
3.5.6 Manejo de trampas amarillas .....	39
3.5.7 Conteo, clasificación e identificación de insectos en trampas.....	39
3.5.9 Identificación de los síntomas de punta morada.....	40
3.5.10 Cosecha.....	40
3.5.11 Toma de muestras Zebra chips .....	40
CAPÍTULO IV .....	41
4.1 Número de Oviposturas, ninfas y adultos .....	41
4.2 Temperatura .....	41
4.3 Sintomatología de Punta Morada en el cultivo de papa.....	42
4.4 Daño en hoja por insectos .....	44
4.5 Fritura del Tubérculo .....	47
4.6 Entomofauna presente en el cultivo .....	48

4.7	Entomofauna muestreada con Red entomológica.....	56
4.8	Insectos infestados .....	58
4.9	Rendimiento por categoría y manejo .....	59
4.10	Análisis económico del cultivo de papa en el lote el Naranjito, Imbabura.....	60
CAPÍTULO V.....		64
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		64
5.1	CONCLUSIONES .....	64
5.2	RECOMENDACIONES.....	65
REFERENCIAS .....		66
ANEXOS .....		79

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	<i>Fases fenológicas del cultivo de la papa en Caranqui, Imbabura.</i>	7
<b>Figura 2</b>	<i>Huevo de B. cockerelli Sûlc</i>	8
<b>Figura 3</b>	<i>Primer estadio de B. cockerelli Sûlc</i>	9
<b>Figura 4</b>	<i>Segundo estadio de B. cockerelli Sûlc</i>	9
<b>Figura 5</b>	<i>Tercer estadio de B. cockerelli Sûlc</i>	10
<b>Figura 6</b>	<i>Cuarto estadio de B. cockerelli Sûlc</i>	10
<b>Figura 7</b>	<i>Quinto estadio de B. cockerelli Sûlc</i>	11
<b>Figura 8</b>	<i>Insecto Adulto de B. cockerelli Sûlc</i>	11
<b>Figura 9</b>	<i>Insecto Hembra adulto de B. cockerelli Sûlc</i>	12
<b>Figura 10</b>	<i>Insecto Macho adulto de B. cockerelli Sûlc</i>	12
<b>Figura 11</b>	<i>Controlador biológico de B. cockerelli Sûlc</i>	14
<b>Figura 12</b>	<i>Controlador biológico Tamarixia triozae</i>	15
<b>Figura 13</b>	<i>Conidios de Beauveria bassiana</i>	15
<b>Figura 14</b>	<i>Conidios de Metarhizium anisopliae</i>	16
<b>Figura 15</b>	<i>Conidios de Paecilomyces lilacinus</i>	17
<b>Figura 16</b>	<i>Mapa base de San Miguel de Ibarra</i>	26
<b>Figura 17</b>	<i>Diseño en bloques completos al azar en franjas (DBCAF) con 4 tipos de manejo, B. bassiana, M. anisopliae, P. lilacinus y manejo convencional.</i>	29
<b>Figura 18</b>	<i>Forma de muestreo de oviposturas, ninfas, entomofauna, sintomatología, daño en hoja por insectos en la unidad experimental.</i>	30
<b>Figura 19</b>	<i>Monitoreo directo de oviposturas de B. cockerelli S.</i>	31
<b>Figura 20</b>	<i>Monitoreo directo para la detección de ninfas de B. cockerelli en el cultivo de papa.</i>	31
<b>Figura 21</b>	<i>Colocación de trampas amarillas adhesivas en el cultivo de papa.</i>	32
<b>Figura 22</b>	<i>Síntomas de Punta Morada en el cultivo de papa en el lote Naranjito, Caranqui, Imbabura.</i>	32
<b>Figura 23</b>	<i>Daños en hojas ocasionadas por plagas en el cultivo</i>	33
<b>Figura 24</b>	<i>Evaluación de Mancha rayada (Zebra chips) en fritura.</i>	33
<b>Figura 25</b>	<i>Recolección de la entomofauna en el cultivo de papa y clasificación.</i>	34
<b>Figura 26</b>	<i>Insectos infestados de B. bassiana.</i>	34
<b>Figura 27</b>	<i>Clasificación y pesaje del rendimiento del cultivo de papa.</i>	35
<b>Figura 28</b>	<i>Manejo del cultivo de papa realizado en la localidad del Naranjito, Caranqui, Imbabura.</i>	36
<b>Figura 29</b>	<i>Preparación y aplicación de hongos entomopatógenos en el cultivo de papa.</i>	39
<b>Figura 30</b>	<i>Clasificación de muestras según orden taxonómico.</i>	40
<b>Figura 31</b>	<i>Variación diaria de temperatura en la comunidad de El Naranjito.</i>	42
<b>Figura 32</b>	<i>Porcentaje de incidencia de los síntomas de Punta Morada con respecto a los días después de la siembra en el cultivo de papa en Caranqui, Imbabura.</i>	43
<b>Figura 33</b>	<i>Incidencia de daño en hoja del cultivo de papa por Epitrix sp.</i>	45
<b>Figura 34</b>	<i>Porcentaje de incidencia en daño de hoja por Frankliniella tuberosi en el cultivo de papa.</i>	46
<b>Figura 35</b>	<i>Porcentaje de daño en tubérculo por zebra chips frente a las estrategias de aplicación.</i>	48

<b>Figura 36</b> <i>Número de especímenes en relación a los días después de la siembra en el manejo de Beauveria. Bassiana.....</i>	49
<b>Figura 37</b> <i>Número de especímenes en relación a los días después de la siembra en el manejo de Metarhizium anisopliae.....</i>	51
<b>Figura 38</b> <i>Número de especímenes con respecto a días después de la siembra en el manejo de Paecilomyces lilacinus.....</i>	53
<b>Figura 39</b> <i>Número de especímenes con respecto a días después de la siembra en el Manejo Convencional.....</i>	55
<b>Figura 40</b> <i>Número de insectos identificados por orden taxonómico en relación a los días después de la siembra presentes en el margen funcional.....</i>	57
<b>Figura 41</b> <i>Número de insectos identificados por orden taxonómico en relación a los días después de la siembra presentes en el cultivo de papa. ....</i>	58
<b>Figura 42</b> <i>Peso de tubérculos con respecto a las estrategias de aplicación en la localidad de El Naranjito .....</i>	59

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	<i>Principales plagas insectiles en el cultivo de papa</i> .....	7
<b>Tabla 2</b>	<i>Plantas arvenses de la comunidad El Naranjito, Caranqui, Imbabura.</i> .....	20
<b>Tabla 3</b>	<i>Plantas arvenses con insectos benéficos y plagas capturadas</i> .....	21
<b>Tabla 4</b>	<i>Ingredientes activos para el control químico de <i>B. cockerelli</i></i> .....	22
<b>Tabla 5</b>	<i>Costos de producción por hectárea de papa y tipo de productor en Imbabura</i> ...	23
<b>Tabla 6</b>	<i>Características del área del experimento en el Naranjito.</i> .....	26
<b>Tabla 7</b>	<i>Manejo químico de fertilizantes, fungicidas, insecticidas y coadyuvantes en papa de la comunidad Naranjito, Caranqui, Imbabura.</i> .....	28
<b>Tabla 8</b>	<i>Medidas de siembra del cultivo de papa.</i> .....	29
<b>Tabla 9</b>	<i>Esquema del ADEVA de un diseño en bloques completos al azar en franjas (DBCAF).</i> .....	30
<b>Tabla 10</b>	<i>Control fitosanitario aplicado en el manejo convencional durante el ciclo de la papa</i> .....	37
<b>Tabla 11</b>	<i>Manejo de hongos entomopatógenos en el Naranjito, Caranqui, Imbabura.</i> .....	38
<b>Tabla 12</b>	<i>Esquema ADEVA de la incidencia de los síntomas de Punta Morada en el cultivo de papa en el Naranjito, Imbabura.</i> .....	42
<b>Tabla 13</b>	<i>Esquema de ADEVA con respecto al daño de hoja por pulguilla en el cultivo de papa en Naranjito, Imbabura</i> .....	44
<b>Tabla 14</b>	<i>Esquema de ADEVA del daño en la hoja por <i>Frankliniella tuberosi</i> (trips) en el cultivo de papa de la comunidad El Naranjito, Imbabura.</i> .....	45
<b>Tabla 15</b>	<i>Esquema de ADEVA del daño en la hoja por <i>Liriomyza sp.</i> (mosca minadora) en el cultivo de papa de la comunidad El Naranjito, Imbabura.</i> .....	47
<b>Tabla 16</b>	<i>Insectos infestados por hongos entomopatógenos.</i> .....	58
<b>Tabla 17</b>	<i>Esquema de ADEVA de rendimiento por categoría y manejo en el cultivo de papa de la comunidad El Naranjito, Imbabura.</i> .....	59
<b>Tabla 18</b>	<i>Porcentaje de costos de producción bajo manejo convencional y hongos entomopatógenos en el lote del Naranjito.</i> .....	61
<b>Tabla 19</b>	<i>Costos de producción del cultivo de papa USD/ha en el año 2021.</i> .....	62

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO A.</b> <i>Formato para registrar la sintomatología de Punta Morada en el cultivo de papa.</i> .....	79
<b>ANEXO B.</b> <i>Formato para contabilizar el daño en hoja por plagas como pulguilla, minador y trips.</i> .....	80
<b>ANEXO C.</b> <i>Costo de producción con un manejo convencional.</i> .....	81
<b>ANEXO D.</b> <i>Costo de producción con un manejo de Beauveria bassiana.</i> .....	82
<b>ANEXO E.</b> <i>Costo de producción con un manejo de Metarhizium anisopliae.</i> .....	83
<b>ANEXO F.</b> <i>Costos de producción con un manejo Paecilomyces lilacinus.</i> .....	84

**“EVALUACIÓN DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS EN EL CONTROL DE  
*Bactericera cockerelli* Sûlc EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.),  
CARANQUI, IMBABURA”**

Salazar Gudiño Karina Lizbeth<sup>1</sup>

Universidad Técnica del Norte

klsalazarg@utn.edu.ec

**RESUMEN**

El psílido de la papa *Bactericera cockerelli* Sûlc es el insecto vector causante de la enfermedad Punta morada, por lo cual existen pérdidas económicas en la producción de papa; la utilización de agentes de control biológico son una alternativa para la reducción de agroquímicos en el cultivo. Por ende, el objetivo fue evaluar hongos entomopatógenos en el control de *B. cockerelli* y su efecto en la entomofauna del cultivo de papa en la comunidad Naranjito. Se realizó un diseño en bloques completos al azar en franjas con tres hongos entomopatógenos: *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces lilacinus* y un manejo convencional, se muestreó 20 plantas al azar, se monitoreó de forma directa ninfas, oviposturas de *B. cockerelli*, sintomatología de punta morada, daño en hojas y de forma indirecta adultos del psílido, entomofauna, fritura del tubérculo y análisis económico. Los resultados indican que las aplicaciones de *P. lilacinus* reducen la incidencia de síntomas de punta morada; respecto a la entomofauna identificada con trampas adhesivas permitió conocer que en el cultivo de papa fue el orden Diptera, el más abundante, seguido de los órdenes Hemiptero, Himenoptero, Thysanopteros y Coleopteros. Con el uso de *B. bassiana* se evidenció el mayor porcentaje de mortalidad del orden diptera. Por otra parte, el manejo que obtuvo mayor rendimiento fue *P. lilacinus* con 27 t/ha, después *M. anisopliae* 21 t/ha, manejo convencional 19 t/ha y finalmente *B. bassiana* 18 t/ha. Por lo tanto, el manejo con hongos entomopatógenos resultó más rentable económicamente en comparación con el manejo convencional.

**Palabras claves:** *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces lilacinus*, psílido, paratrioza.

**“EVALUATION OF ENTOMOPATHOGENIC FUNGI IN THE CONTROL OF  
*Bactericera cockerelli* Sûlc IN POTATO CROPS (*Solanum tuberosum* L.),  
CARANQUI, IMBABURA”**

Salazar Gudiño Karina Lizbeth<sup>1</sup>  
Universidad Técnica del Norte  
klsalazarg@utn.edu.ec

**ABSTRACT**

The potato psyllid *Bactericera cockerelli* Sûlc is the vector insect that causes the disease Punta morada, for which there are economic losses in potato production; the use of biological control agents are an alternative for the reduction of agrochemicals in the crop. Therefore, the objective was to evaluate entomopathogenic fungi in the control of *B. cockerelli* and their effect on the entomofauna of the potato crop in the Naranjito community. A randomized complete block design was carried out in strips with three entomopathogenic fungi: *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces lilacinus* and conventional management, 20 plants were randomly sampled, nymphs, *B. cockerelli* ovipositions, symptomatology were directly monitored. of purple tip, damage to leaves and indirectly adults of the psyllid, entomofauna, frying of the tuber and economic analysis. The results indicate that the applications of *P. lilacinus* reduce the incidence of purple tip symptoms; Regarding the entomofauna identified with sticky traps, it was possible to know that in potato cultivation the order Diptera was the most abundant, followed by the orders Hemiptero, Hymenoptero, Thysanoptera and Coleoptera. With the use of *B. bassiana*, the highest percentage of mortality of the order diptera was evidenced. On the other hand, the management that obtained the highest yield was *P. lilacinus* with 27 t/ha, then *M. anisopliae* 21 t/ha, conventional management 19 t/ha and finally *B. bassiana* 18 t/ha. Therefore, management with entomopathogenic fungi was more economically profitable compared to conventional management.

**Keywords:** *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces lilacinus*, psyllid, paratrioza

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES

La papa es uno de los cultivos más importantes y tradicionales de la región interandina, constituyendo una fuente vegetal nutritiva siendo parte de la canasta básica en Ecuador, es uno de los principales cultivos tradicionales donde se vincula alrededor de 82 mil productores en 90 cantones del país (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] y Centro Internacional de la Papa [CIP], 2008). En el año 2019 se contó con 20 626 hectáreas dedicadas al cultivo de papa con una producción de 408 313 toneladas métricas donde las provincias que mantienen mayor producción son Carchi, El Oro, Tungurahua, Chimborazo, Cotopaxi, Pichincha, Azuay, Cañar e Imbabura con una producción de 133 toneladas métricas (Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua [ESPAC], 2020).

En la mayoría de estas zonas de producción se ha mantenido un monocultivo, por lo cual a través del tiempo se ha visto afectado por plagas, enfermedades y a partir del año 2014 las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha y Cotopaxi se vieron afectadas con pérdidas de su producción de hasta el 80% a causa de *Bactericera cockerelli* Sûlc (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias [INIAP], 2020). *B. cockerelli* también es conocido como el psílido de la papa y el psílido del tomate, que presenta tres etapas de su vida que son huevos, cinco estadíos ninfales y adultos (Dalgo, 2020). *B. cockerelli* se alimenta por succión de savia del floema en estadio ninfal causando daño directo al cultivo, siendo así el insecto vector de la enfermedad punta morada (Velázquez, 2019), provocando síntomas en la planta como enanismo, floración temprana, tubérculos aéreos, hojas moradas, senescencia de hojas, así también el abultamiento de yemas axiales (Castillo *et al.*, 2018), por lo que se realizaba aplicaciones de insecticidas a base de carbamatos, organofosforados, fenil pirazoles, neonicotinoide, sulfoxinas, butenolides, spinosin, avermectina, piriproxifen, con la rotación de estos y hasta 8 aplicaciones a lo largo del cultivo (INIAP, 2018).

En la actualidad, existe una alternativa como es el manejo agroecológico que consiste en mantener el equilibrio entre las poblaciones de insectos benéficos e insectos plaga, promoviendo la productividad y la conservación de los recursos naturales para así no generar impactos negativos para los productores, consumidores y el ambiente (Lattuca *et al.*, 2019).

Uno de los componentes de manejo agroecológico, es el control biológico a través de la utilización de entomopatógenos tales como *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces lilacinus*, lo cual estas alternativas contribuyen a la reducción de insecticidas químicos que son perjudiciales para la salud y el medio ambiente (Pucheta *et al.*, 2006).

Varios estudios han sugerido que cepas de *M. anisopliae* y *B. bassiana* esporulan sobre los cadáveres de las ninfas o adultos de *B. cockerelli* debido a los mecanismos de infestación que atraviesan de manera directa sobre la cutícula o a su vez en la pared del tracto digestivo

de los insectos por ende tendrán una mortalidad que llega a variar entre 90 a 100% (Villegas *et al.*, 2017). Cuando se utiliza *P. lilacinus* tiene un efecto de mortalidad del 55.91% y parasitismo del 35.2% a partir de su aplicación sobre ninfas del orden hemípteras, se considera que la capacidad patogénica está directamente asociada con la velocidad de crecimiento y germinación del hongo (Pec, 2017).

La manipulación de hábitats es parte del manejo agroecológico de plagas para minimizar la presión de plagas dentro del cultivo, por medio de la mejora de la aptitud de enemigos naturales mediante márgenes funcionales (González *et al.*, 2019). La introducción de márgenes funcionales es parte del control biológico conservativo, fuente de alimento, refugio de los enemigos naturales y control de parásitos al construir sus nidos en los cultivos adyacentes de los márgenes funcionales, tal es el caso de *Brassica rapa* L., *Bacharis latifolia* (R&P) Pers., *Anethum graveolens*, entre otras (Elisante *et al.*, 2019).

Por otro lado, los abonos orgánicos o biofertilizantes son capaces de regular procesos relacionados a la productividad agrícola, utilizados como sustratos, medios de cultivo, cobertura entre otros, manteniendo los niveles de materia orgánica del suelo, complementando o reemplazando fertilizantes sintéticos, debido al resultado de la descomposición natural de la materia orgánica por acción de microorganismos, los cuales llegan a presentar altos contenidos de nitrógeno mineral y carbono, mostrando un balance positivo en la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y potasio como compost, bioles, enmiendas, entre otros (Ramos y Terry, 2014).

## **1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

El primer reporte que se ha realizado sobre la presencia de la Punta Morada en Ecuador oscila en el año 1986 siendo un brote leve y esporádico (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 1986). Esta plaga volvió aparecer en los años 2012 – 2013 en la provincia de Carchi y para los años 2015 al 2019 la producción de papa resultó más afectada por punta morada, para el año 2019 en las provincias de Imbabura y Cotopaxi estuvieron infestadas con un 81% y 67% respectivamente del psílido de la papa (Navarrete *et al.*, 2020).

La presencia de enfermedades conocidas como punta morada y el manchado interno del tubérculo denominado zebra chip, son transmitidas por el psílido de la papa (Pérez *et al.*, 2020). *B. cockerelli*, es una plaga de amplio rango en plantas hospederas y especialmente por su capacidad para transmitir patógenos como *Candidatus Liberibacter solanacearum* (Lso) en estadio ninfal al cultivo y transmisor del fitoplasma debido a que esta plaga extrae la sabia del floema y aparecen síntomas como el amarillamiento, muerte de la planta ocasionando pérdidas significativas en el rendimiento del cultivo, alrededor de un 80% o hasta un 100% (Castillo, 2019).

Para evitar estas pérdidas los productores optan por grandes aplicaciones de insecticidas en ocasiones sin tener algún tipo de recomendación técnica o sin conocer el umbral económico de esta plaga (CIP e INIAP, 2002). Cerca del 80% de hectáreas que han sido dedicadas a la agricultura son establecidas por una producción en monocultivo, por su baja diversidad ecológica, este tipo de producción es vulnerable a infestaciones de insectos plaga y enfermedades, por lo cual para tratar de controlar estas infestaciones se llega aplicar 21.69%

de insecticidas, 33.63% de fungicidas, 38.14% herbicidas y el 6.55% de otros productos (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], 2014), donde solo el 1% cumple con su objetivo en lo que respecta a nivel nacional y anual el resto llega a causar daños al ambiente y ser humano (INIAP, 2020).

Dentro del sistema de producción convencional, en la aplicación de agroquímicos destacan thiametaxan, abamectina, bifentrina, spinosad, spirotetramat, que se encuentran dentro de una categoría II que se considera moderadamente peligroso al ser nocivo y a la larga adquiere una fácil resistencia a los insecticidas con los ingredientes mencionados (Programa Regional de Investigación e Innovación por Cadenas de Valor Agrícola [PRIICA], 2016).

Es importante tener presente las condiciones agroclimáticas tanto para el desarrollo de *B. cockerelli* S. como de los hongos entomopatógenos debido a los umbrales de desarrollo ya que si estos no se encuentran dentro de los rangos se puede presentar sesgo dentro del experimento ya sea por la ausencia del psílido o por la baja proliferación de *B. bassiana*, *M. anisopliae* y *P. lilacinus*.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

La presente investigación ha sido establecida en colaboración con el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y el Centro Internacional de la Papa (CIP), los cuales, basados en estudios preliminares, se verificó la presencia de la plaga en diferentes zonas de Imbabura a través de sistemas de monitoreo directo e indirecto (Guacán, 2021). Y de manera conjunta se buscó implementar diferentes alternativas agroecológicas como el uso de hongos entomopatógenos (*B. bassiana*, *M. anisopliae* y *P. lilacinus*) y márgenes funcionales para el control de *B. cockerelli* S. en el cultivo de papa en la parroquia de Caranqui, comunidad El Naranjito.

Debido al uso excesivo de insecticidas que va desde 8 hasta 15 aplicaciones para controlar la infestación de *B. cockerelli* S. se ha visto una gran degradación de la biodiversidad del entorno (Jiménez, 2009). Por esta razón se desarrolló alternativas para salvaguardar los cultivos, una de ellas es el manejo agroecológico en el cual se encuentran controladores biológicos de plagas, así como el uso de hongos entomopatógenos, por otro lado, el uso de plantas nativas para el incremento de enemigos naturales (Altieri y Micholls, 2018).

Por lo tanto, como alternativa en el control de *B. cockerelli* se encuentran los agentes de control como *B. bassiana*, *M. anisopliae* y *P. lilacinus*; los cuales poseen mecanismos de invasión únicos que les permiten atravesar de forma directa la cutícula o la pared del tracto digestivo de los insectos (Villegas, 2011). Donde *B. bassiana* es capaz de infectar significativamente poblaciones de *B. cockerelli* después de liberar al menos un individuo infectado en estas poblaciones de insectos (Suárez y Cortez, 2014). Las cepas de *M. anisopliae* y *P. lilacinus* son altamente virulentas en huevos y larvas de *B. cockerelli*, con una mortalidad de 94 y 55,9% (Pacheco *et al.*, 2019).

Así también, otra alternativa es el aumento de enemigos naturales mediante el uso de márgenes funcionales, por lo que estos insectos las utilizan como fuente de alimentación, por medio de la polinización y depredación ya que estas plantas pueden albergar varios tipos

de especies como *Tamarixia triozae* y *Crysoperla* spp. estos son ectoparasitoides que se alimentan de otros insectos plaga como es el psílido de la papa por lo que es considerado como los principales controladores de *B. cockerelli* S.

Por lo tanto, el uso de estas nuevas alternativas permitirá al agricultor tener sistemas de producción más sostenibles y sustentables mejorando las prácticas de manejo en cultivo, los cuales buscarán la introducción de controladores biológicos. Por lo cual la finalidad de esta investigación fue demostrar la efectividad de los microorganismos *B. bassiana*, *M. anisopliae* y *P. lilacinus* en el cultivo de papa mediante el manejo integrado de plagas y la introducción de márgenes funcionales con el propósito de controlar a *B. cockerelli* S. y a su vez obtener una mayor productividad al emplear estos manejos en el cantón de Imbabura donde los productores serán los mayores beneficiados al aprovechar estos microorganismos por la utilidad que se puede llegar a presentar.

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 Objetivo general

- Evaluar hongos entomopatógenos en el control de *Bactericera cockerelli* Sûlc en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.).

### 1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar la dinámica poblacional de los estadios de *Bactericera cockerelli* Sûlc con los hongos entomopatógenos.
- Identificar el efecto de los hongos entomopatógenos (*Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces lilacinus*) en la entomofauna del cultivo de papa.
- Analizar los resultados económicos del cultivo de papa bajo los tratamientos en estudio.

## 1.5 HIPÓTESIS

- **Ho:** El uso de hongos entomopatógenos no influye en el control de *Bactericera cockerelli* Sûlc.
- **Ha:** Al menos uno de los hongos entomopatógenos influye en el control de *Bactericera cockerelli* Sûlc.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### **2.1 Generalidades del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en el Ecuador**

El origen de la papa (*Solanum tuberosum* L.) fue hace 8 000 años y se ha logrado crear más de 5 500 variedades gracias a los campesinos en las montañas de los Andes (FAO, 2008). La producción de papa en Ecuador está distribuida en la región Sierra (norte, centro y sur), por lo cual se desarrolla en terrenos irregulares con pendientes pronunciadas de hasta 45% y dentro de una altitud de 2 400 a 3 800 m s.n.m. en los pisos interandinos y subandinos (INIAP y CIP, 2002). La papa contiene aminoácidos que son esenciales en el consumo diario, así también, vitamina C y proteína de una calidad alta (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal [CENTA], 2002).

##### **2.1.1 Importancia económica de la papa en Ecuador**

La papa es un producto milenario que está asociado con una gran importancia agro-económica por la gran diversidad genética que posee al ser cultivada, adicional de constituir una fuente de alimentación para todas las familias (Mora *et al.*, 2018). Es el cuarto cultivo alimenticio de importancia a nivel mundial por lo cual se encuentra entre los diez alimentos más importantes producidos en los diferentes países desarrollados (Roberqui y Jeréz, 2015). Para el año 2018 la agricultura aportó con el 9% del PIB nacional y para el año 2020 se obtuvo 374 009 toneladas métricas en ventas que se ha realizado en Ecuador, para la provincia de Imbabura se obtuvo 20 041 toneladas métricas en ventas de papa (tubérculo fresco) (ESPAC, 2021). En la producción de variedades es más solicitada la variedad super chola que son comercializadas directamente a empresas procesadoras, supermercados para elaborar snack's por lo cual resulta más rentable (Basantes *et al.*, 2020).

##### **2.1.2 Taxonomía de la papa**

Según Castro (2009), menciona que la clasificación taxonómica de la papa es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: *Solanum*

Especie: *Tuberosum* L.

Nombre científico: *Solanum tuberosum* L.

##### **2.1.3 Morfología del cultivo de papa**

La papa es una planta dicotiledónea herbácea que su crecimiento puede ser rastrero o erecto, tallos gruesos y leñosos con entrenudos cortos. Puede llegar a existir diferencias

morfológicas porque se ven afectadas por factores ambientales como es la temperatura, humedad, fertilidad del suelo entre otras (INIAP y CIP, 2002).

La descripción de la morfología consta de raíz axonomorfa con ramificaciones laterales en el caso de una semilla y para el caso de un tubérculo-semilla son raíces adventicias que va en la base de cada brote, los tallos que posee la papa procedente de semilla es uno principal en cambio el tallo que procede de tubérculo-semilla pueden ser varios los cuales constan de estolones; por lo cual los tubérculos de la papa son tallos modificados que constituyen los principales órganos de almacenamiento de la planta y serán carnosos que se encontrarán en el extremo del estolón con presencia de yemas y ojos (Inostroza *et al.*, 2009).

Según el INIAP y CIP (2002) las hojas del cultivo de papa son compuestas y pigmentadas, el follaje puede alcanzar alturas entre 0.60 a 1.50 metros y al madurarse sus hojas serán compuestas en par y alternadas, se puede mencionar que las flores son pentámeras, esto quiere decir que posee cinco pétalos y sépalos, el color de estas dependerá de la variedad de cada papa, pero va desde blanco, amarillo, rojo y purpura. El fruto de papa es una baya formada por el desarrollo del ovario y dependiendo de cada variedad varían en la forma ovoide o cónica que puede llegar hasta 400 semillas por fruto (Egúsquiza, 2000).

#### **2.1.4 Fases fenológicas del cultivo de papa**

La producción del cultivo de papa depende de factores ambientales, asociado con la presencia de plagas y enfermedades, eficiencia nutrimental y la demanda de agua, la fenología describirá las etapas y fases que se desarrollará el cultivo en función del tiempo, siempre y cuando no se presente un factor externo que puedan alterar este transcurso (Sifuentes, 2015). A continuación, se detallan las fases fenológicas (Figura 1) presentes en el cultivo de papa:

**2.1.4.1 Fase de emergencia o brotación.** Se empieza con esta fase después de la previa preparación del suelo y cuando se haya colocado la semilla de papa en los surcos, el tiempo de duración dependerá de las condiciones que ha sido almacenada, variedad y el estado de brotación de la semilla (Vignola *et al.*, 2017).

**2.1.4.2 Fase de crecimiento de brotes laterales.** Después de la emergencia de la plántula, se empieza a formar hojas, ramas y tallos debido al proceso de fotosíntesis en cuando la parte subterránea comienza con la expansión de estolones (Vignola *et al.*, 2017).

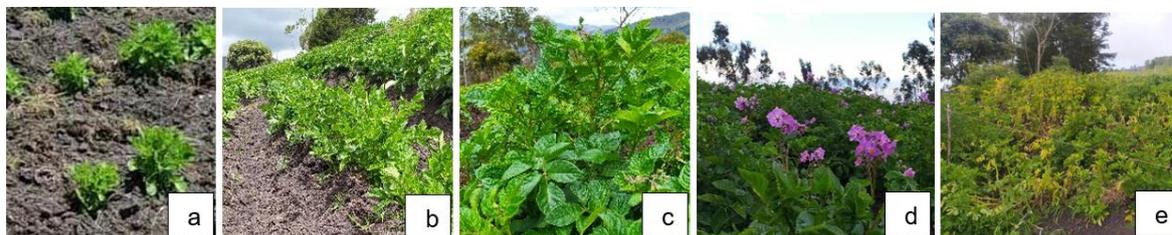
**2.1.4.3 Fase de inicio de la tuberización.** En esta tercera fase continua con el crecimiento vegetativo de la parte aérea y por consecuente en la parte subterránea se forman los tubérculos en la punta de los estolones (Vignola *et al.*, 2017).

**2.1.4.4 Fase de llenado de tubérculos.** En ciertas ocasiones y dependiendo de la variedad esta fase coincide con el inicio de la floración y las células de los tubérculos empiezan a expandirse debido a la acumulación de nutrientes, carbohidratos y agua por ende absorberá mayor cantidad de nutrientes y carbohidratos (Vignola *et al.*, 2017).

**2.1.4.5 Fase de maduración.** Por último, el crecimiento y la tasa fotosintética de la planta disminuirá y el follaje se tornará de un color amarillento hasta la senescencia de la planta y el tubérculo llega a formar una piel externa alcanzando el máximo contenido de materia seca, apto para la cosecha (Vignola *et al.*, 2017).

**Figura 1**

*Fases fenológicas del cultivo de la papa en Caranqui, Imbabura.*



*Nota:* a. Fase de emergencia y brotación; b. Fase de crecimiento de brotes laterales; c. Fase de inicio de la tuberización; d. Fase de llenado de tubérculo; e. Fase de maduración.

### **2.1.5 Plagas del cultivo de la papa en la región Sierra en Ecuador**

Las plagas insectiles causan pérdidas considerables en rendimiento, calidad de papa, debido al daño que ocasionan; en la tabla 1 se detallan las plagas más comunes en el cultivo de papa que pueden encontrarse en tubérculos o en el follaje (INIAP y CIP, 2002).

**Tabla 1**

*Principales plagas insectiles en el cultivo de papa*

<b>PLAGA</b>	<b>Nombre Científico</b>
Pulgón saltador	<i>Bactericera cockerelli</i> Sulc
Gusano blanco de la papa, gorgojo de los Andes	<i>Premnotrypes vorax</i>
Polilla de la papa	<i>Tecia solanivora</i> (Povolny)
Pulgón	<i>Myzus persicae</i> y <i>Macrosiphun euphorbiae</i>
Pulguilla	<i>Epitrix</i> spp.
Trips	<i>Frankliniella tuberosi</i>
Mosca minadora	<i>Liriomyza huidobrensis</i>
Gusano tungurahua	<i>Copitarcia</i> sp.

### **2.2 Características del psílido *Bactericera cockerelli* Sûlc.**

*B. cockerelli* se le conoce como el psílido de la papa, pulgón saltador, salerillo, paratrioza o psílido de las solanáceas, es un insecto plaga que ha dañado los cultivos causando pérdidas en la producción al causar desordenes fisiológicos y enfermedades fitoplásmicas y bacterianas (Jirón *et al.*, 2016). El origen a nivel mundial se da en el sudoeste de Estados Unidos en el año de 1907 y el norte de México en 1947, en la actualidad se encuentra distribuida en Norte América (Estados Unidos, México y Canadá), Centro América (Guatemala, Honduras, Nicaragua, El Salvador) y Nueva Zelanda, sin embargo, a Ecuador

se pudo haber introducido junto con productos agrícolas debido al comercio entre países del norte de Sudamérica (Manobanda, 2020).

### 2.2.1 *Taxonomía de Bactericera cockerelli* Sûlc.

Según Espinoza (2020) menciona que el sistema taxonómico de *Bactericera cockerelli* es la siguiente:

Reino: Animalia

Phylum: Arthropoda

Subphylum: Hexápoda

Clase: Insecta

Orden: Hemiptera

Suborden: Sternorrhyncha

Familia: Triozidae

Género: *Bactericera*

Especie: *Cockerelli*

Nombre científico: *Bactericera cockerelli* (Sulc)

### 2.2.2 *Ciclo biológico de Bactericera cockerelli* Sûlc

El ciclo biológico de los artrópodos fitófagos puede variar por la presencia de factores bióticos, como la especie de la planta hospedera y factores abióticos como temperatura, humedad relativa y fotoperiodo, el ciclo de vida como tal de la *B. cockerelli*, puede tener un periodo de incubación de 3 a 15 días y desde el estado ninfal de 14 a 17 días, después de la eclosión (Moreau *et al.*, 2017). La hembra de *B. cockerelli*, deposita huevecillos amarillo naranja, estos estarán sujetos a la hoja por pedicelo. Las ninfas pasarán por 5 estadios que transcurrirán en el envés de las hojas pueden ser de color verde – amarillo (Córdova, 2019). Según Gutiérrez (2017), el ciclo biológico de *B. cockerelli* comprende desde:

#### a) **Huevo**

Tiene una forma ovoidal, se encuentran en un pequeño pedicelo, el color puede variar de amarillo al anaranjado, miden de 0.42 mm de largo y 0.21 mm de ancho y estos son depositados en el envés de las hojas (Figura 2) del cultivo de papa (Bujanos y Ramos, 2015).

#### **Figura 2**

*Huevo de B. cockerelli* Sûlc



Fuente: Bujanos y Ramos, (2015)

### **b) Estados Ninfales**

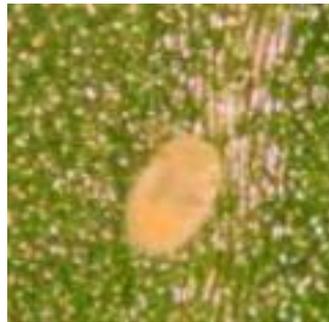
Presentan cinco estadios ninfales, este mantiene una forma oval, con la parte plana dorso – ventral, con sus ojos bien definidos (Bujanos y Ramos, 2015).

#### **- Primer estadio**

Son anaranjados, la cabeza y tórax se encuentran fusionados, tienen ojos de color rojo, antenas cortas, paquetes alares poco notables (Figura 3), patas con una sola uña y tiene poco movimiento (Gutiérrez, 2017).

#### **Figura 3**

*Primer estadio de B. cockerelli* Sûlc



Fuente: Bujanos y Ramos, (2015)

#### **- Segundo estadio**

Se logra visualizar las divisiones entre cabeza, tórax y abdomen (incrementan de tamaño). La cabeza tiene un matiz amarillento, antenas gruesas, los ojos presentaran un color anaranjado oscuro (Figura 4). Tórax será de color verde- amarillento y los paquetes alares se hacen visibles, notoria la segmentación de patas (Bujanos y Ramos, 2015).

#### **Figura 4**

*Segundo estadio de B. cockerelli* Sûlc



Fuente: Bujanos y Ramos, (2015)

#### **- Tercer estadio**

La segmentación entre cabeza, tórax y abdomen es notoria. Su cabeza es de color amarillo, antenas gruesas (mismo tamaño que segundo instar), ojos de coloración rojiza, tórax en tono

verde- amarillento (Figura 5). Se podrá observar los paquetes alares en el mesotórax y metatórax y el abdomen de color amarillo (Bujanos y Ramos, 2015).

**Figura 5**

*Tercer estadio de B. cockerelli* Sûlc



Fuente: Bujanos y Ramos, (2015)

- **Cuarto estadio**

La cabeza, antenas presentan las mismas características que el anterior instar. Tórax de color verde- amarillento, segmentación de las patas bien definidas apreciándose en la parte terminal de las tibias posteriores, paquetes alares bien definidos (Figura6). El color del abdomen es amarillo y cada uno de los cuatro primeros segmentos abdominales presentan un par de espiráculos. Separación entre tórax y abdomen muy notoria (Bujanos y Ramos, 2015).

**Figura 6**

*Cuarto estadio de B. cockerelli* Sûlc



Fuente: Bujanos y Ramos, (2015)

- **Quinto estadio**

La segmentación entre cabeza, tórax y abdomen estará definida. Cabeza, abdomen tendrán un color verde claro y el tórax más oscuro (Figura7). Se presenta los tres pares de patas con su segmentación definida en el tórax. Paquetes alares claramente diferenciados, su abdomen es semicircular y tendrá un par de espiráculos en cada uno de los cuatro primeros segmentos (Bujanos y Ramos, 2015).

### **Figura 7**

*Quinto estadio de B. cockerelli* Sûlc



Fuente: Bujanos y Ramos, (2015).

### **c) Adulto**

El adulto presentará una coloración verde- amarillento; será inactivo y sus alas de color blanco que después de 3 o 4 horas se tornaran transparentes. La coloración del cuerpo cambiará de un color ámbar a un café oscuro o negro esto sucederá en los primeros 7 a 10 días de alcanzar dicha etapa (Figura 8). El periodo de desarrollo total es de 25 a 33 días, un promedio de 28 días en condiciones ambientales de 26 – 27 °C y 60 a 70% de humedad (Masapanta, 2020).

### **Figura 8**

*Insecto Adulto de B. cockerelli* Sûlc



Fuente: Bujanos y Ramos, (2015).

### **- Adulto Hembra**

En estado adulto en la hembra se observará el abdomen con cinco segmentos visibles más el segmento genital, este será de una forma cónica en vista lateral y en la parte media dorsal se presenta una mancha en forma de “Y” (Figura 9) con los brazos hacia la parte terminal del abdomen (Masapanta, 2020).

### Figura 9

*Insecto Hembra adulto de B. cockerelli* Sûlc



Fuente: Bujanos y Ramos, (2015).

#### - **Adulto Macho**

El macho al llegar a ser adulto contará con seis segmentos visibles más el genital, el último segmento se encuentra plegado sobre la parte media dorsal del abdomen (Figura 10), este insecto al verle dorsalmente se distinguen los genitales con estructuras en forma de pinza que caracteriza a este sexo (Masapanta, 2020).

### Figura 10

*Insecto Macho adulto de B. cockerelli* Sûlc



Fuente: Bujanos y Ramos, (2015).

### 2.3 Daños por *Bactericera cockerelli* Sûlc

*Bactericera cockerelli* se asocia al patógeno que adquiere después de 15 minutos de alimentarse de plantas infectadas y llega a transmitir con mayor efectividad después de dos horas de adquirirlo y la enfermedad se puede presentar en cualquier etapa de desarrollo del cultivo cuando existe fuente de inóculo y adultos de *B. cockerelli* (Gutiérrez, 2017).

#### 2.3.1 *Daños directos*

Este tipo de daño es causado por ninfas, debido a la inyección de toxinas y se verá reflejado en las hojas del cultivo de papa por su amarillamiento y la planta como tal se observa raquítica, con merma del rendimiento y tubérculos pequeños, pueden existir densidades altas de adultos de *B. cockerelli* por planta y estos no producen el síntoma de amarillamiento y el cultivo de papa puede reanudar una apariencia normal y saludable si las ninfas son eliminadas dentro de los 5 – 10 días después de la aparición de los primeros síntomas (Bujanos y Ramos, 2015).

### 2.3.2 *Daños Indirectos*

Los daños indirectos se asocian a *B. cockerelli* cuando inyecta fitoplasmas que se asocian a la enfermedad conocida como Punta Morada de la Papa que presentan síntomas de achaparramiento de la planta, abultamiento del tallo, formación de tubérculos aéreos y las hojas superiores tienden a adquirir una coloración morada dependiendo de la variedad, se puede decir que de una a 25 ninfas por planta son suficientes para causar síntomas de toxicidad por transmitir fitoplasmas que causan los síntomas mencionados (Rubio *et al.*, 2006).

La enfermedad denominada Zebra chip se denomina cuando el insecto de *B. cockerelli* se alimenta de plantas enfermas, adquiere el agente causal que es la bacteria *Candidatus liberibacter solanaceum* que ha sido identificado por el fitoplasma y se puede reconocer los síntomas cuando se formará tubérculos aéreos, se enchanchan los tallos, amarillamiento foliar, acortamiento de entrenudos, coloración purpura en los puntos de crecimiento, marchitamiento y muerte de la planta y adicional los tubérculos que se lleguen a producir, experimentan cambios en la concentración de almidón y azúcares y se observa en el centro de la hojuela como una halo necrótico con un rallado oscuro hacia el centro (Padilla *et al.*, 2012).

### 2.3.3 *Detención y monitoreo de *Bactericera cockerelli* Sûlc*

Esta práctica, sirve para determinar la presencia del psílido en base a información que es llevada por el técnico o agricultor, el psílido de la papa coloniza primero los bordes del campo, por lo cual el monitoreo se empezará a realizarse desde las orillas de la parcela hacia el centro (INIAP, 2018).

#### **a. Trampas amarillas**

En el lote donde se encuentra la siembra es recomendable colocar mínimo 8 trampas amarillas por hectárea para monitorear la presencia de adultos de los psílicos, las trampas se colocan en los cuatro extremos exteriores y cuatro en el centro de la parcela, ya sean éstas de forma cilíndrica o plana hecha de plástico fijada con una estaca, sobre ésta se impregna el agente pegante, el cual puede ser aceite comestible usado o un producto comercial y serán revisadas entre 2 a 3 veces por semana también se debe llevar un registro de capturas de insectos por semana cuando se detectado la presencia de psílicos en las trampas (INIAP, 2018).

#### **b. Monitoreo de Oviposturas y Ninfas en el Follaje**

Realizar el monitoreo de oviposturas y ninfas que se encuentran en el follaje permite estimar su cantidad la cual se debe realizarse por lo menos una vez por semana desde la emergencia hasta el aporque, después del aporque se recomienda realizar dos veces por semana el monitoreo, se debe observar en una planta las oviposturas en los brotes terminales de las hojas apicales, revisar minuciosamente por ambos lados, en el caso de las ninfas se debe examinar las hojas bajas, del tercio inferior de la planta cuando se ha detectado la presencia de oviposturas y ninfas en el cultivo se debe iniciar con el control de esta plaga (INIAP, 2018).

## 2.4 Manejo Agroecológico de plagas

Desarrolla agroecosistemas con una mínima dependencia de la utilización de agroquímicos que permiten mantener los niveles de productividad, fertilidad del suelo, proteger los cultivos, mejorar la calidad de los alimentos, generando una aceptación en nuevos lugares de mercado (Muñoz, Toro, y Cleves, 2020). Se emplea técnicas agroecológicas en donde se evita la utilización de productos sintéticos como fertilizantes o plaguicidas, al realizar estas prácticas han tomado mucha importancia que los productores han concientizado sobre el uso de estos productos y están enfocados en la conservación de recursos, garantizando la producción eficiente y sostenible, económica, social y ambientalmente (Alulima, 2012).

### 2.4.1 Control cultural

Consiste en la potenciación o utilización de los enemigos naturales de una plaga para reducir su población, se puede llevar a cabo introduciendo en una determinada zona a los enemigos naturales de la plaga, también se le conoce como la introducción artificial de microorganismos antagonistas en un ecosistema determinado para controlar a un patógeno o una plaga (Rubio y Fereres, 2018). Los principales depredadores naturales de *B. cockerelli* son:

- *Crysoperla* spp.

Muestran condiciones de adaptabilidad a diferentes ambientes y amplia distribución en distintos ecosistemas, las larvas pueden alimentarse de áfidos, cóccidos y otros artrópodos plagas (Figura 11), se pueden usar en sistemas de manejo integrado como en la liberación periódica de individuos criados en masa y en la manipulación de hábitat (Giffoni *et al.*, 2007).

#### Figura 11

Controlador biológico de *B. cockerelli* Sâlc.



Fuente: Giffoni *et al.*, (2007). Nota: a. Larva de *Crysoperla* spp. y b. Adulto de *Crysoperla* spp.

- *Tamarixia triozae*

Es un ectoparasitoide sinovigénico que se alimenta sobre su huésped *B. cockerelli* por lo cual se le confiere como agente de control biológico (Figura 12), porque elimina a las ninfas del psílido por oviposición y depredación (Cerón *et al.*, 2018).

## Figura 12

*Controlador biológico Tamarixia triozae*



Fuente: Cerón *et al.*, (2018)

### 2.4.2 Hongos entomopatógenos

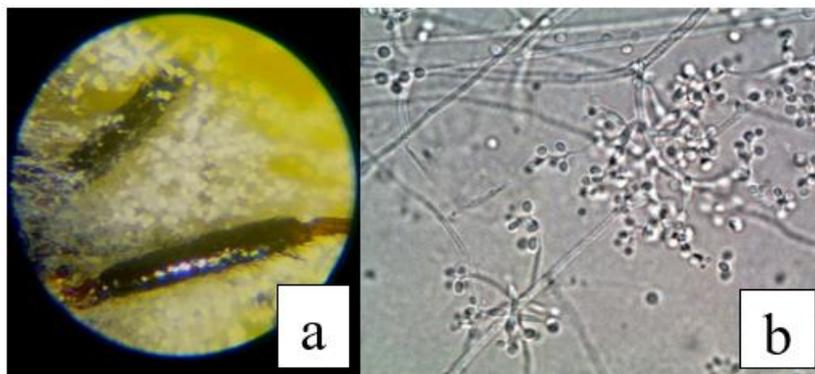
Los hongos entomopatógenos actúan por contacto en los diferentes estadios de los insectos plaga, los conidios, son las unidades infectivas, estas penetran al cuerpo del insecto, produciéndole disturbios a nivel digestivo, nervioso, muscular, respiratorio, excretorio, por lo que el insecto deja de alimentarse y posteriormente muere (Rivas, 2020).

Los hongos entomopatógenos que pueden llegar a controlar *Bactericera cockerelli* S. son:

**2.4.2.1 *Beauveria bassiana*.** Es un patógeno natural de insectos, sus esporas reconocen la cubierta del insecto plaga y este penetra en su interior, cuando se tiene condiciones ambientales para la proliferación del hongo (Figura 13), puede llegar a producir en el exterior del insecto muerto, su efectividad se podrá observar a partir del cuarto día de su aplicación (Rivas, 2020).

## Figura 13

*Conidios de Beauveria bassiana*



Fuente: Vázquez, (2018). Nota: a. Proliferación de *B. bassiana* en insecto muerto y b. Conidios de *B. bassiana*.

### - Modo de acción

Actúa por contacto en los diferentes estadios de insectos plaga, los conidios, son las unidades infectivas, penetran al cuerpo del insecto, produciendo disturbios a nivel digestivo, nervioso,

muscular, respiratorio, excretorio, el insecto dejará de alimentarse y morirá, la muerte del insecto puede ocurrir a los tres o cinco días, va a depender de la virulencia del hongo y el estadio en el que se encuentre el insecto (Rivas, 2020).

- **Taxonomía de *Beauveria bassiana***

Según Fernández (2020), menciona que la taxonomía de *B. bassiana* es la siguiente:

Reino: Fungi

División: Amastigomicotina

Sub-división: Deuteromycotina

Clase: Hyphomycete

Orden: Moniliaceae

Género: *Beauveria*

Especie: *bassiana*

Nombre científico: *Beauveria bassiana*

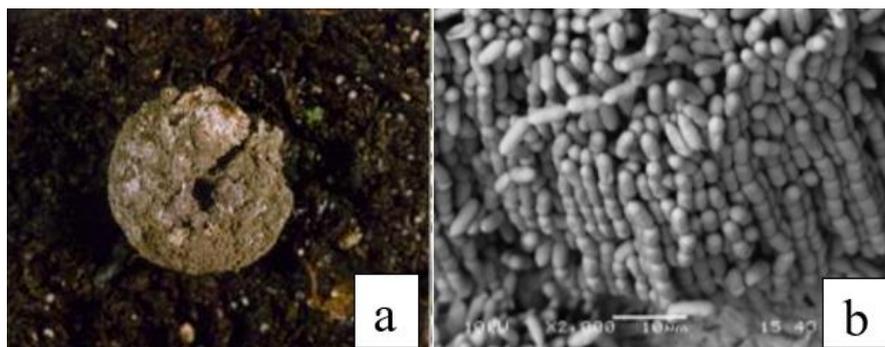
- **Morfología**

Es un hongo imperfecto que posee hifas septadas que contienen las estructuras reproductivas denominadas como conidióforos, sobre los cuales se desarrollan los conidios, al principio va a crecer como un algodón blando y después toma aspecto amarillento o rosa pálido, con el transcurso de los días se volverá de aspecto polvoriento y de color crema esto se debe a las esporas (Rivas, 2020).

**2.4.2.2 *Metarhizium anisopliae*.** Es calificado como un entomopatógeno cosmopolita por el amplio espectro de acción hacia los hospedantes y la capacidad que tiene de adaptación a las diversas condiciones climáticas (Pattemore *et al.*, 2014). El hábitat natural de *M. anisopliae* es el suelo, donde crece saprofíticamente y existen los conidios en dormancia que infectan desde allí a los hospedantes susceptibles (Figura 14) al ponerse en contacto (Merino, 2017).

**Figura 14**

*Conidios de Metarhizium anisopliae*



Fuente: Salazar *et al.*, (2012). Nota: a. Proliferación de *M. anisopliae* en insecto muerto y b. Conidios de *M. anisopliae*.

- **Modo de acción**

Inicia con la adhesión del conidio en la cutícula del insecto hospedante, después por la germinación y la hifa que emerge y penetra a través de la cutícula, invade la hemolinfa, el hongo se desarrolla dentro del cuerpo del insecto y lo mata después de unos días, aproximadamente de 2 a 15 días después de la manifestación de la mismo (Merino, 2017).

- **Taxonomía**

La clasificación taxonómica de *M. anisopliae* según Merino (2017) es la siguiente:

Reino: Fungi

Phylum: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hipocreales

Familia: Clacicipitaceae

Género: *Metarhizium*

Especie: *anisopliae*

Nombre científico: *Metarhizium anisopliae*

- **Morfología**

Cuando las colonias son jóvenes son de color blanco, pero al madurar se tornan de un color verde, el micelio de este hongo es septado de donde se desprenden los conidióforos, agrupados sobre un extremo globoso, las fiálides se observan en empalizada de forma cilíndrica y aplastada en su base (Merino, 2017).

**2.4.2.3 *Paecilomyces lilacinus*.** Su cepa ha demostrado ser un importante productor de proteasas y lipasas por lo que confiere alto potencial para actuar como agente activo en productos bioinsecticida, estos inhiben nematodos e insectos como se observa en la figura 15 (Gómez *et al.*, 2017).

**Figura 15**

*Conidios de Paecilomyces lilacinus*



Fuente: Neethling, (2002). Nota: a. Proliferación de *Paecilomyces lilacinus* en insecto muerto y b. Conidios de *Paecilomyces lilacinus*

- **Modo de acción**

La penetración del hongo se efectúa por vías tegumentarias y no por el tubo digestivo, la muerte del insecto dependerá de la virulencia de la cepa, la dosis de inóculo y las condiciones abióticas como temperatura y humedad (Frye y García, 2012).

- **Taxonomía**

La taxonomía de *P. lilacinus* es la siguiente según Inglis y Tigano (2006).

Reino: Fungi

División: Ascomycota

Clase: Eurotiomycetes

Orden: Eurotiales

Género: Paecilomyces

Especie: *Paecilomyces lilacinus*

- **Morfología**

Este hongo tiene hifas amarillentas y septadas de paredes suaves, sus estructuras conidiógenas son sinetosas o monomematosas, consiste en ramales de conidióforos verticales o irregulares. *P. lilacinus* produce dos tipos de propágulos: blastoesporas en un medio líquido y conídias en un medio sólido (Elías, 2002).

### **2.4.3 Control cultural**

Se puede realizar con el manejo y eliminación de focos de infestación cuando se realiza la cosecha para reducir la migración de psílidos adultos a nuevas plantaciones de papa que puede ser con el paso de la rastra o realizar un barbecho para su incorporación total (INIAP, 2018). Se debe eliminar plantas que pueden llegar a ser hospedantes del patógeno, por eso se recomienda realizar el deshierbe de malezas, practicar una rotación de cultivos para evitar siembras de papa en un mismo lote por lo que la rotación de cultivos se recomienda (Espinoza, 2020). La rotación de cultivos busca maximizar la productividad por unidad de superficie, optimizando el uso de los recursos que consiste en la sucesión de diferentes cultivos en el mismo suelo a través de tiempo siendo más efectivo en el control de enfermedades y plagas (Silva *et al.*, 2015).

Como parte de una fertilización al realizar el control cultural de un manejo complejo agroecológico se puede utilizar biofertilizantes.

**2.4.3.1 Biofertilizantes.** Proveen de nutrientes que son necesarios para el desarrollo de cultivos y a su vez ayuda a mejorar la calidad del suelo para así conseguir un entorno microbiológico, por ende, el rendimiento en cosecha será mayor y protege al ambiente (Almentero, 2008).

- **Biol**

Es un efluente líquido que promueve el crecimiento en la zona trofógena de los vegetales por un crecimiento apreciable del área foliar efectiva, se propone que se puede utilizar en cultivos como hortalizas, pastos, frutales, plantas ornamentales, cultivos anuales que actúa como encapsulador: en relación 1:1 con el plaguicida al mezclar, al mezclar con fertilizantes

se debe utilizar 3 o 4 L de biol por hectárea en mezcla con la solución madre de fertilización, el biol se obtiene del proceso de descomposición anaeróbica de los desechos orgánicos, los biodigestores se desarrollan con el propósito de producir energía y abono para las plantas utilizando estiércol de los animales (Guanopatín, 2012).

#### - **Materia orgánica**

Es la descomposición natural por microorganismos, los cuales digieren los materiales para transformarlos en nutrientes que ayudan al suelo, plantas, contienen nitrógeno, elementos esenciales como fósforo, magnesio, calcio, azufre y micronutrientes debido a que se tiene diferentes residuos orgánicos ya sea vegetal o animal que es incorporado al suelo y es parte de la materia orgánica como son los estiércoles, plumas, huesos, restos de cultivos, podas de árboles, arbustos, malezas, aserrín, hojas, ramas, cenizas, entre otras (Ramos y Terry, 2014). La aplicación de enmiendas orgánicas, pueden llegar a aumentar la degradación y disminuir la volatilización de plaguicidas (Julca *et al.*, 2006).

#### **2.4.4 Márgenes funcionales**

Contienen gran cantidad de hierbas silvestres, flora arvense, así como suelo y roca menos alterados que el campo colindante, el papel de las malas hierbas ofrece beneficios como proporcionar alimento en forma de polen y néctar a los polinizadores naturales, proporcionan refugio a polinizadores, controladores biológicos, también sirven de señuelo y plantas trampa para plagas y enfermedades de los cultivos (Mascaró, 2016). La manipulación dentro del hábitat del cultivo como la siembra de franjas de flores o el uso de cultivos de cobertura, llegan a mejorar el control natural de plagas (Elisante *et al.*, 2020).

**2.4.4.1 Plantas arvenses.** Están presentes en los cultivos, sin ser cultivadas por el agricultor, son constituidas para la protección de suelos contra la erosión y la conservación de los recursos hídricos, también como atrayentes polinizadores para tener controladores biológicos de las diferentes plagas presentes en el cultivo principal (Aguirre *et al.*, 2019). Tienen un gran impacto sobre la entomofauna a tal punto que los insectos predadores y parasitoides sean más efectivos en estos hábitats, los insectos benéficos tienen mayores posibilidades de obtener alimento, abrigo, sitios de reproducción (Blanco, 2016). Cuando se tiene una pequeña población de especies arvenses se garantiza el desarrollo de insectos depredadores (Blanco y Leyva, 2007).

Se puede mencionar que, en la comunidad del Naranjito, Caranqui de la provincia Imbabura se encontró plantas arvenses comunes de la localidad, donde se logró identificar la biodiversidad de insectos debido a la inflorescencia que estas presentan en la localidad (Tabla 2).

**Tabla 2***Plantas arvenses de la comunidad El Naranjito, Caranqui, Imbabura.*

Planta Arvenses (Nombre científico)	Nombre común	Foto
<i>Coriaria ruscifolia</i> L.	Shanshi	
<i>Anethum graveolens</i> L.	Eneldo	
<i>Bacharis latifolia</i> (R&P) Pers.	Chilca	
<i>Brassica rapa</i> L.	Nabo silvestre	
<i>Monnina salicifolia</i> Ruiz & Pav.	Muchuy	

*Nota:* La identificación se realizó en base al tipo y forma de la inflorescencia.

La vegetación o plantas arvenses que no han sido cultivadas alrededor del cultivo principal llega a ver un hábitat valioso para mejorar los servicios del ecosistema como es el brindar refugio, alimento y anidación a insectos depredadores y polinizadores por medio de los márgenes funcionales en campo (Mkenda *et al.*, 2019). Las plantas arvenses pueden llegar albergar insectos hospedantes que son considerados controladores biológicos y polinizadores, esto contribuye la regulación de las plagas presentes en el cultivo principal manteniendo un equilibrio biológico para alcanzar la sostenibilidad económica y ambiental (Amaro *et al.*, 2019). En base a la investigación realizada en Cuba, se llega a determinar que existen insectos benéficos que pueden regular a insectos plaga presente en las arvenses (Tabla 3).

**Tabla 3***Plantas arvenses con insectos benéficos y plagas capturadas*

Arvense hospedante / Nombre común	Insecto benéfico asociado (Orden-Familia)	Plaga capturada que regula (Orden-Familia)	Foto
<i>Parthenium hysterophorus</i> / Escoba amarga	Coleoptera - Coccinellidae	Hemiptera - Psyllidae	
	Hymenoptera - Braconidae		
	Hymenoptera - Halictidae	Lepidoptera - Pieridae	
	Hymenoptera - Scoliidae		
	Hymenoptera - Sphecidae	Lepidoptera - Pyralidae	
<i>Bidens pilosa</i> / Amor seco	Hymenoptera - Vespidae		
	Hemiptera - Anthocoridae	Thysanoptera - Thripidae	
		Thysanoptera - Phlaeothripidae	

Fuente: Amaro *et al.*, (2019)

#### 2.4.5 Control Químico

Una de las alternativas para el control de insectos se basa en el uso de insecticidas, estos actúan de manera inmediata para matar a los psílido, existen productos que se obtiene buenos resultados para el control, pero estos con el tiempo van adquirir una resistencia a estas alternativas de solución, se recomienda para el control del psílido en el cultivo de papa los siguientes productos químicos; Tyociclám Hoxalato en dosis de 429 g/ha, Imidacloprid + Cyflutrinm en dosis de 286 ml/ha (Castro, 2009).

En el manual del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (Iniap), se menciona los ingredientes activos que se utilizan en la aplicación para el cultivo de papa desde la brotación o siembra y a su vez en el control químico de *B. cockerelli* son:

**Tabla 4**

*Ingredientes activos para el control químico de B. cockerelli*

Productos para control químico de <i>Bactericera cockerelli</i> S.							
Etapa fenológica	Brotación	Emergencia	Crecimiento y Desarrollo	Floración	Tuberización	Engrose	Maduración
Labores de cultivo	Siembra	Rascadillo	Medio aporque	Aporque			Cosecha
Aplica sobre semilla y fondo del surco	Inidacloprid Tiametozam						Cortar Follaje
Exclusivo como repelente		Azadiractina					
Aplica al follaje, base de la planta y suelo. No en floración			Inidacloprid. Tiametozam. Acetamiprid				
Rotar con Insecticidas diferentes. Rotar acorde con el estado biológico de la plaga: huevos (h), ninfas (n) o adultos (a).			Diafentiuron (h,n). Tetradifon (h). Triflumuron (h).				
			Clorantraniliprole (n,a). Spirotetramat+Tiacloprid (n,a).				
			Abamectina (n,a)	Flupyradifurone (n,a)	Pyriproxifen (h)		
			Fipronil+Tiametoxam (n,a)		Lambdacialotrina+Tiametoxam (n,a)		
Insecticidas que se puede utilizar para rotación	Spinosad (n,a)						
	Sulfozador (n,a). Triocyclam hidrogenoxalato. Ciantraniliprole (n,a). Acefato (a,n).						
	Carbosulfan	Profenofos	Diazinon	Pirimifos-metil		Novaluron	
	Bifenthrin+Imidacloprid+Lambdacialotrina						

Fuente: INIAP, (2008)

## 2.5 Análisis económico del cultivo de papa en Ecuador

En el año 2018 la producción de papa en el mundo presentó 388 millones de toneladas, en el Ecuador para el mismo año se contó con una producción de 3 651.76 toneladas el cual aporta el 9% del Producto Interno Bruto nacional según el Banco Mundial (2019) donde se ha convertido en uno de los sectores principales de la economía nacional. Se debe considerar el mercado y la necesidad de un país en relación con la producción. Cuando suben los precios de los quintales de papa, el agricultor se motivará a producir más, obteniendo una mayor retribución económica. Pero así también cuando existe un excedente de producción los precios bajaran y para el agricultor ya no será rentable por lo cual se debe considerar costos de producción y productividad del cultivo de papa (INIAP, 2016).

### 2.5.1 Costos de producción del cultivo de papa en Ecuador

Los costos de producción en el cultivo de papa están relacionados a costos directos e indirectos; dentro de los costos directos está relacionado la preparación del terreno, la siembra, el mantenimiento, cosecha y transporte, mientras que los costos indirectos cuando se presenta el valor del arriendo del terreno, asistencia técnica o interés por crédito, el rubro económico aproximadamente va desde 3 562.68 dólares para pequeños productores, 3 812.22 dólares para medianos productores en una hectárea (Tabla 5) de la provincia de Imbabura (Basantes *et al.*, 2020).

**Tabla 5**

*Costos de producción por hectárea de papa y tipo de productor en Imbabura.*

Tipo Costo	Actividades Culturales	Tipo de productor	
		Pequeños	Medianos
Costos Directos	Preparación de terreno	130.00	130.00
	Siembra	730.00	705.00
	Mantenimiento	875.95	997.05
	Cosecha	730.00	759.25
	Transporte	415.00	510.00
Costos Indirectos		681.73	710.92
	<b>TOTAL (USD/ha)</b>	<b>3 562.68</b>	<b>3 812.22</b>

Fuente: Basantes *et al.*, (2020)

Espinosa *et al.* (1996) mencionan que para obtener el costo de la producción se debe aplicar la fórmula que consiste en la suma de Costos Directos y Costos Indirectos para tener como resultado, el costo total, por otro lado, para obtener el beneficio neto o utilidad neta es la resta del valor de los ingresos menos los egresos, para conocer la relación beneficio costo se realiza la división del total de costos sobre el total de los ingresos.

### 2.5.2 Productividad del cultivo de papa en la región Sierra en Ecuador

En Ecuador a nivel nacional indican que la productividad exhibe un rendimiento promedio de 16.28 toneladas por hectárea (t/ha) de la variedad super chola, con una densidad de siembra de 19 687 plantas por hectárea, pero así también se tiene productividades en Pichincha de 21.2 t/ha, Carchi con 18.8 t/ha, Bolívar con 17.9 t/ha y Tungurahua con 17.8

t/ha, la productividad se ve afectada por factores como tipo de suelo y nivel de precipitaciones durante el año con un manejo convencional de agroquímicos (Coordinación General del Sistema de Información Nacional [CGSIN], 2019).

## **2.6 Marco legal**

Con base a la Constitución de la República del Ecuador, en mención al art. 13 donde las personas tienen el derecho al acceso seguro y permanente de alimentos sanos, suficientes y nutritivos que han sido producidos en nivel local, a su vez en el capítulo segundo de los derechos del buen vivir, hace referencia a un ambiente sano en la sección segunda art. 15 que se encuentra prohibido el desarrollo, producción de contaminantes agroquímicos que hayan sido prohibidos internacionalmente u organismos genéticamente modificados y que sean perjudiciales para la salud humana, además en el capítulo séptimo de los derechos de la naturaleza los arts. 71, 72, 73 y 74 hacen mención a que la naturaleza tiene el derecho a que sea respetada su existencia, mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, también el Estado estará encargado de aplicar medidas de precaución y restricción en actividades que puedan conducir a una extinción de especies y las personas, comunidades, pueblos podrán beneficiarse del ambiente y todo lo que puede ofrecer la naturaleza que permitan el buen vivir (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

En la Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria (LORSA), Capítulo III: Investigación, Asistencia Técnica y Diálogo de Saberes. Art. 9 se menciona al Estado el cual asegurará y se desarrollará investigaciones científicas y tecnológicas para mejorar la calidad nutricional de los alimentos mediante la productividad, sanidad alimentaria para proteger y enriquecer la agrobiodiversidad. Así también en el Capítulo IV: Sanidad e Inocuidad Alimentaria, Art. 24 se detalla sobre la sanidad e inocuidad de los alimentos promoviendo una adecuada nutrición y protección a la salud de las personas; previniendo la incidencia de enfermedades que puede causar el consumo de alimentos contaminados (Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria [LORSA], 2010).

La normativa general para promover y regular la producción orgánica – ecológica – biológica del Ecuador, capítulo uno, art. 3 de los objetivos de la producción orgánica la cual se aseguran de un sistema viable donde se respete los sistemas, ciclos naturales y preserve el suelo, agua, plantas, animales y asegurar el equilibrio entre ellos haciendo uso responsable de los mismo y cumpliendo normas de bienestar además el art. 5 los principios de la producción orgánica se basa que al utilizar procesos biológicos que han sido basados en sistemas ecológicos que utilicen recursos naturales lo deben realizar mediante métodos que se utilice organismos vivos y métodos de producción mecánicos, el capítulo tres, art. 18 la fertilidad del suelo y nutrición de plantas se deberá mantener e incrementar por medio de prácticas de labranza, preparados biodinámicos, preparaciones adecuadas de microorganismos, compost a tal punto de evitar una contaminación de suelo, ambiente y de la producción, también al realizar una rotación de cultivos, contribuirá a minimizar la incidencia de plagas y enfermedades en cosechas anuales o perennes y para controlar éstas se da el caso de utilizar productos fitosanitarios, trampas, dispersión de feromonas,

controladores biológicos a fin de mantener la producción sana, estable y apta para el consumo (Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario [Agrocalidad], 2013).

# CAPÍTULO III

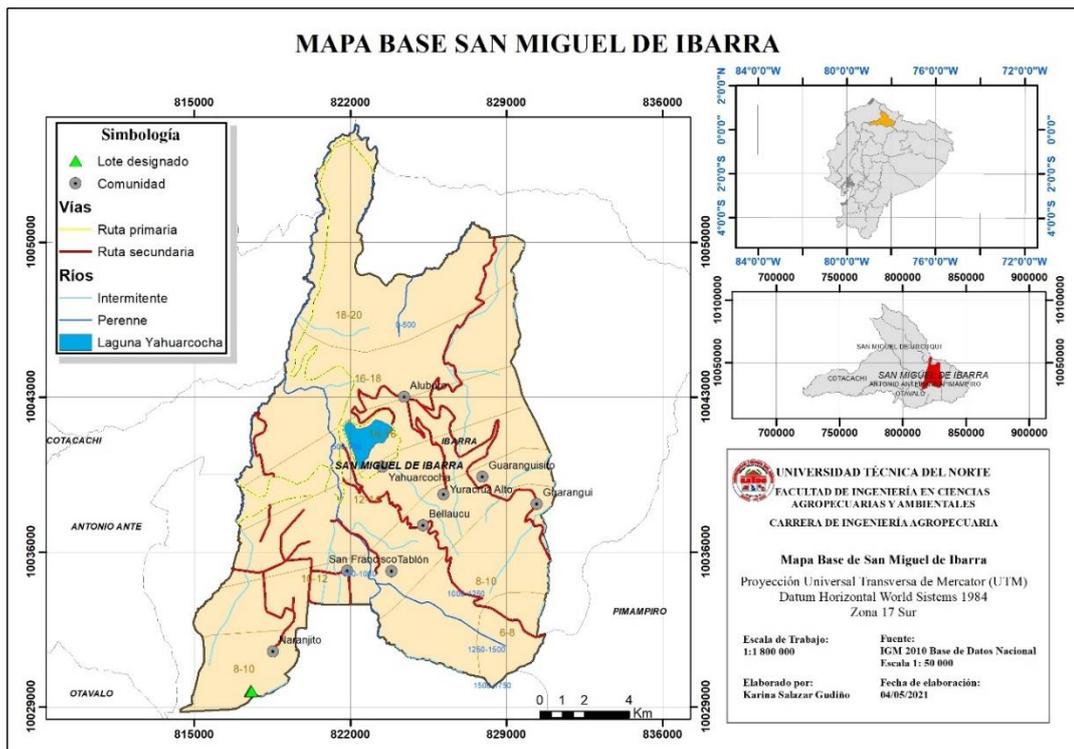
## MARCO METODOLÓGICO

### 3.1 Características agroclimáticas y localización del área de estudio

El presente estudio se realizó en la provincia de Imbabura, en el cantón Ibarra, parroquia Caranqui de la comunidad Naranjito (Figura 16).

**Figura 16**

*Mapa base de San Miguel de Ibarra*



Las características del área de estudio se detallan en la tabla 6, así como la localización, altitud, temperatura máxima-mínima, precipitación y humedad relativa.

**Tabla 6**

*Características del área del experimento en el Naranjito.*

Ubicación del área de estudio	Descripción
Provincia	Imbabura
Cantón	Ibarra
Parroquia	Caranqui
Comunidad	Naranjito
Altitud	3250 - 3320 m s.n.m.
Temperatura max	13 – 20 °C
Temperatura min	4 – 11 °C
Precipitación	0.1 – 22 mm
Humedad relativa	84.21%

*Fuente: Nasa power*

### 3.2 Materiales, insumos y equipos en el proceso del experimento

Los materiales que se utilizó durante el proceso del experimento son:

#### *Materiales de campo*

- Cuaderno de campo
- Registros
- Trampas amarillas
- Rolopac
- Estacas de madera
- Lupa
- Red entomológica
- Frascos de vidrio
- Semilla
- Insumos productivos
- Hongos entomopatógenos

#### *Materiales de laboratorio*

- Estereoscopio
- Computador
- Pinzas
- Alcohol
- Frasco entomológico letal

#### *Paquetes software*

- Microsoft Excel
- InfoStat

### 3.3 Métodos

En el presente estudio de tipo experimental, se estableció un Diseño en Bloques Completos al Azar en Franjas y se evaluó el efecto de la aplicación de hongos entomopatógenos en la dinámica poblacional de *B. cockerelli* Sûlc en el cultivo de papa, por medio de monitoreos directos e indirectos, en la parroquia Caranqui, Imbabura.

#### 3.3.1 Factor en Estudio

El factor en estudio comprende los manejos como se describe a continuación.

- N1: *B. bassiana*
  - N2: *M. anisopliae*
  - N3: *P. lilacinus*
  - N4: Convencional
- *B. bassiana*

Se realizó aplicaciones foliares de *Beauveria bassiana* con una concentración de  $1.0 \times 10^{10}$  Unidad Formada de Colonias (UFC) que se disolvía 1 gramo de este microorganismo en 60 litros de agua junto con 30 mililitros de dispersante para así mejorar las propiedades humectantes y esparcidoras de *B. bassiana*, aplicaciones semanales.

- *M. anisopliae*

Se llevó a cabo aplicaciones foliares cada 7 días en horas de la mañana de *M. anisopliae* con la concentración de  $1.1 \times 10^{10}$  UFC disuelto 1 gramo de este hongo entomopatógeno en 60 litros de agua así también con 30 mililitros de dispersante, que se utilizaba en las 3 unidades experimentales de cada manejo.

- *P. lilacinus*

Se realizó aplicaciones foliares de 1 gramo del control biológico *P. lilacinus* en una concentración de  $1.0 \times 10^{11}$  UFC disueltas en 60 litros de agua junto con 30 mililitros de dispersante, con una frecuencia de cada 7 días.

A su vez también en los manejos de *B. bassiana*, *M. anisopliae* y *P. lilacinus* se realizó aplicaciones foliares de biol, complementación de materia orgánica al suelo en su fertilización, complementando los nutrientes que necesita el cultivo durante el ciclo.

- **Manejo convencional**

Las aplicaciones que se realizó en este manejo tuvieron asesoría técnica por parte del Iniap y los productos utilizados fueron insecticidas químicos, fertilizantes sintéticos, también el manejo dependió de las condiciones climáticas, los ingredientes activos que se presentan a continuación en la tabla 7, se llevó a cabo para controlar plagas, enfermedades y la fertilización.

**Tabla 7**

*Manejo químico de fertilizantes, fungicidas, insecticidas y coadyuvantes en papa de la comunidad Naranjito, Caranqui, Imbabura.*

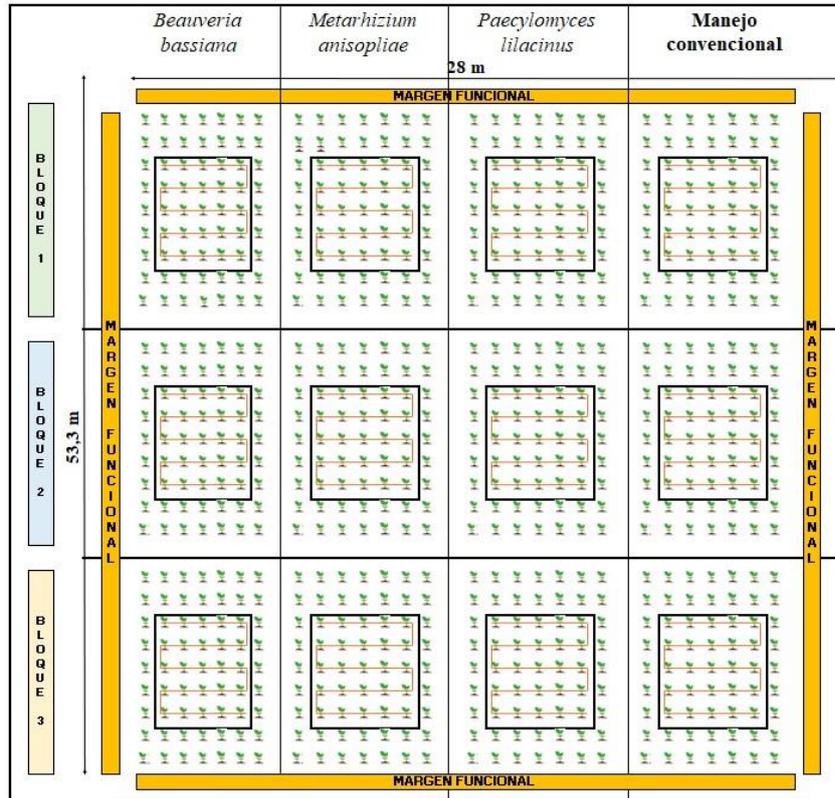
<b>Fertilizantes</b>		
<b>Ingrediente activo</b>	<b>Dosis (200 L)</b>	<b>Unidad</b>
10-30-10	5	qq
18-46-0	5	qq
Yara complex	2	qq
Yara rafas	2	qq
Sulpomag	1	qq
N-S-Ca-Mg-Na-Fe	100	cc/bomba
N-P-K-Ca-B	500	cc
Bioinicio	1000	cc
SiO <sub>2</sub> -K <sub>2</sub> O	500	cc
Bioflavonoides y fitoalexinas	1000	ml
N-P-K	12	kg
K <sub>2</sub> O-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	500	ml
N-P-K-Micronutrientes-algas-vitaminas y ácidos húmicos	500	ml
Micronutrientes	100	gr
<b>Fungicida</b>		
Azoxystrobin	250	ml
Propineb-cymoxanil	5	g/ bomba
<b>Insecticidas</b>		
Acetamiprid-Piriproxifen-solvente naphtha	200	ml
Thimethoxam	125	cc
Spinosad	120	ml
Thiamethoxan, lambda, cyhabthrin	250	cm
Acephate	100	g
Azadiractina	200	cc
<b>Coadyuvantes</b>		
Alquil aril poliglicol éter	100	ml
Trisiloxane ethoxilate	250	ml

**3.3.2 Diseño Experimental**

Se realizó un diseño en bloques completamente al azar en franjas, con un manejo de *B. bassiana*, *M. anisopliae*, *P. lilacinus* y manejo convencional (Figura 17).

**Figura 17**

Diseño en bloques completos al azar en franjas (DBCAF) con 4 tipos de manejo, *B. bassiana*, *M. anisopliae*, *P. lilacinus* y manejo convencional.



### 3.3.2.1 Características del Experimento

- Niveles: 4
- Bloques: 3
- Número de unidades experimentales: 12
- Área total del ensayo: 1 492 m<sup>2</sup>

**3.3.2.2 Características de la Unidad Experimental.** El área total contó con 12 unidades experimentales, se tuvo una separación entre planta de 0.6 metros y entre hileras 1 metro de distancia, en la tabla 8 se detalla el número de plantas que se tuvo por unidad experimental y a su vez el ancho que tuvieron los márgenes funcionales.

**Tabla 8**

Medidas de siembra del cultivo de papa.

Datos	Medidas
Área de la unidad experimental	93 m <sup>2</sup>
Distancia entre planta	0.3 m
Distancia entre hileras	1.00 m
Número de plantas por unidad experimental	180 plantas
Número de plantas por parcela neta	126 plantas
Número de plantas por punto	2 al menos
Ancho de márgenes funcionales	1 m

### 3.3.3 Análisis estadístico

El análisis estadístico se enfocó en el análisis de varianza (Tabla 9) a través de modelos lineales generales y mixtos y la prueba de medias de Fisher; (LSD Fisher  $\alpha=0.05$ ), si se cumplen los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza. De lo contrario se utilizará análisis de datos no paramétricos Friedman en el programa InfoStat versión 2020.

**Tabla 9**

*Esquema del ADEVA de un diseño en bloques completos al azar en franjas (DBCAF).*

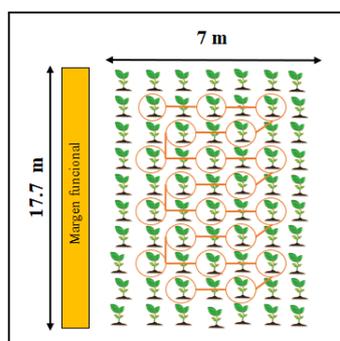
Fuentes de Variación	GL
Bloques	3-1=2
Tipo de manejo	4-1=3
Error experimental	6
<b>Total</b>	<b>12-1=11</b>

### 3.4 Variables evaluadas

En la evaluación de las variables se realizó dos tipos de monitoreo: monitoreo directo para contabilizar el número de huevos y ninfas de *B. cockerelli*, daño de insectos en las hojas de papa, también por medio de un registro la sintomatología de Punta Morada, para lo cual se implementó un diseño en forma de S (Figura 18), en donde se seleccionó 20 plantas al azar y un monitoreo indirecto para contabilizar el número de adultos del psílido, entomofauna que se encontró en el cultivo por medio de trampas amarillas. Para la evaluación de las siguientes variables como el rendimiento, número de insectos que han sido infectados por los hongos entomopatógenos y el respectivo análisis económico se realizó al finalizar el ciclo de producción de papa.

**Figura 18**

*Forma de muestreo de oviposturas, ninfas, entomofauna, sintomatología, daño en hoja por insectos en la unidad experimental.*



#### 3.4.1 Variables de Dinámica poblacional de *Bactericera cockerelli* S.

##### a. Número de oviposturas

El conteo de las oviposturas se evaluó a los 62 días después de la siembra (dds) del cultivo hasta 132 dds en las 20 plantas seleccionadas al azar en forma de S en cada una de las

unidades experimentales, observando por 5 minutos con ayuda de una lupa desde el ápice hacia la base, en el haz y envés de las hojas del cultivo (Figura 19) este conteo se realizó cada semana a partir de la primera evaluación, pero no se encontró presencia de oviposturas.

**Figura 19**

*Monitoreo directo de oviposturas de B. cockerelli S.*



**b. Número de ninfas**

El conteo de las ninfas en el cultivo se evaluó a partir de los 62 dds hasta los 132 dds mencionados anteriormente se escogió tres hojas compuestas de la parte alta, media y baja de la planta (Figura 20), pero no se obtuvo presencia de ninfas en ningún estadio durante el tiempo de evaluación.

**Figura 20**

*Monitoreo directo para la detección de ninfas de B. cockerelli en el cultivo de papa.*



*Nota: a. Monitoreo de ninfas B. cockerelli S.; b. División de la planta de papa.*

### c. Número de adultos

Se implementó estacas de 1.2 metros de alto en el centro de cada unidad experimental para colocar una trampa amarilla adhesiva a una altura de 5 cm del ápice de la planta (Figura 21) y realizando su cambio cada semana, de la misma manera, no se obtuvo presencia del psílido adulto de *B. cockerelli* S. durante el monitoreo del mismo desde los 62 dds hasta la cosecha.

#### Figura 21

*Colocación de trampas amarillas adhesivas en el cultivo de papa.*



*Nota:* a. Colocación de trampa en el lote.; b. Trampa colocada en el lote.

### d. Sintomatología de Punta Morada en el cultivo de papa

En la evaluación de los síntomas de Punta Morada (PM) que presentó el cultivo de papa, se procedió a evaluar las 20 plantas que fueron seleccionadas para las variables número de huevos y ninfas, donde se observó si cada una de las plantas presentaba síntomas (Figura 22) característicos como enanismo, enrollamiento de hojas, hojas moradas, ensanchamiento de yemas, tubérculos aéreos, senescencia temprana de hojas, tallos alargados y floración temprana, dado el caso de que presentaba algún síntoma se registró en un formato establecido (Anexo A), en éste se colocó la presencia o ausencia de los síntomas y si los síntomas presentados en que rango de porcentaje se encontrada dado así que 2 era el 25% de incidencia de los síntomas, 3 el 50%; 4 el 75% y 5 el 100% respectivamente.

#### Figura 22

*Síntomas de Punta Morada en el cultivo de papa en el lote Naranjito, Caranqui, Imbabura.*



*Nota:* a. Enanismo; b. Enrollamiento de hojas; c. Senescencia de hojas y d. Floración temprana.

### e. Daño en hojas por insectos

En esta variable se seleccionó las mismas 20 plantas para la evaluación de las anteriores variables de sintomatología de PM, número de oviposturas y ninfas de las cuales se seleccionaba nueve hojas para evaluar el daño que presentaba en cada una de las hojas y que plaga causaba dicho daño (Figura 23) se evaluó esta variable desde los 104 hasta los 132 días después de la siembra y se procedía a registrar en el formato establecido (Anexo B).

#### Figura 23

*Daños en hojas ocasionadas por plagas en el cultivo*



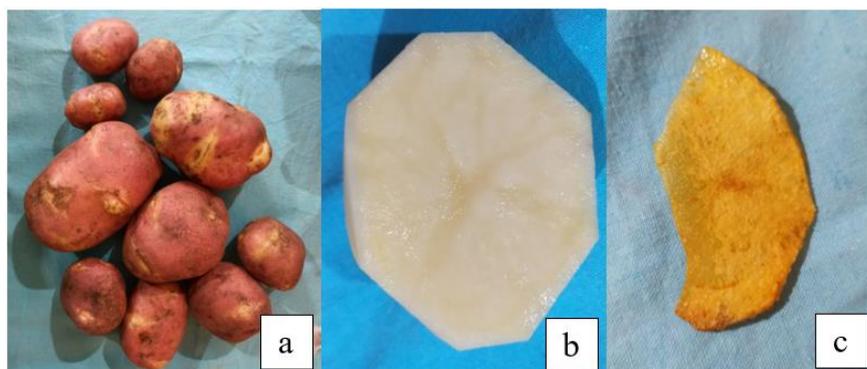
*Nota: a. Daño por Epitrix spp. y b. Daño Frankliniella spp.*

### f. Fritura del tubérculo

La evaluación de esta variable se consideró que de cada unidad experimental se tomó como muestra 10 tubérculos al azar, de las diferentes categorías para así poder realizar frituras de las mismas (Figura 26) y determinar si estuvo presente la enfermedad mancha rayada (Zebra chips) en la producción, al momento de freír estas se notó la presencia o ausencia, el agente causal de zebra chips puede ser *Candidatus Liberibacter*, que es transmitido por el psílido de *B. cockerelli* S.

#### Figura 24

*Evaluación de Mancha rayada (Zebra chips) en fritura.*



*Nota: a. Papas tomadas para muestra.; b. Tubérculo crudo y c. Tubérculo frito.*

### 3.4.2 Variables de Entomofauna por trampa y por red entomológica

#### a. Entomofauna presente en el cultivo

Por medio de las trampas amarillas adhesivas que se colocó a los 66 días después de la siembra y el cambio semanal hasta finalizar el ciclo del cultivo junto con el uso de la red entomológica (Figura 25) se pudo evaluar esta variable.

Se realizó pases por el cultivo con la red entomológica, cuando se encontraba el cultivo en 25, 50 y 100% de floración, así también, realizando un pase cerca de los márgenes funcionales, capturando los insectos en frascos letales para proceder a la clasificación por orden de los insectos atrapados, así también con el conteo de los insectos en las trampas amarillas adhesivas en el laboratorio de entomología de la Granja Experimental “La Pradera” de la Universidad Técnica del Norte (Figura 25).

#### Figura 25

Recolección de la entomofauna en el cultivo de papa y clasificación.



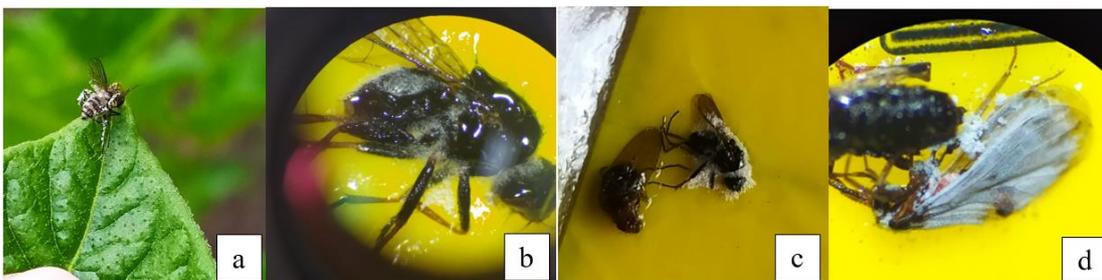
Nota: a. Trampa amarilla adhesiva.; b. Recolección de insectos con red entomológica y c. Clasificación de entomofauna en laboratorio.

#### b. Insectos infectados

Para la evaluación de esta variable, se realizó un monitoreo directo e indirecto después de la aplicación de los microorganismos respectivos en cada unidad experimental se empezó a visualizar los insectos que han sido infestados por *B. bassiana* en el cultivo y en las trampas amarillas adhesivas (Figura 26).

#### Figura 26

Insectos infestados de *B. bassiana*.



Nota: a. Diptero infestado en el cultivo.; b y c. Diptero en trampa con *B. bassiana* y d. Lepidoptero en trampa con presencia de *B. bassiana*.

#### 4.4.3 Variables de rendimiento y análisis económico en el cultivo de papa.

##### a. Productividad Agrícola

En la evaluación de la productividad agrícola (rendimiento) se procedió a pesar los tubérculos de cada unidad experimental, después de haber clasificado por categoría de primera, segunda y tercera (Figura 27).

##### b. Análisis económico

Para el análisis económico se consideró las variables: costos de producción, utilidad bruta y la relación beneficio/costo. Para ello, con ayuda del Sistema de Información Pública Agropecuaria se determinó el precio reportado del cultivo de papa, variedad super chola. Para posterior realizar el respectivo análisis económico que consistió en determinar el costo total (costos directos más costos indirectos), utilidad neta (ingresos menos egresos) y la relación costo/beneficio (total ingreso dividido para el costo) fórmulas utilizadas por Aguilera (2017) para realizar análisis económico en el cultivo de papa.

#### Figura 27

Clasificación y pesaje del rendimiento del cultivo de papa.



Nota: a. Clasificación por categorías de primera, segunda y tercera. y b. Pesaje por categorías en la producción de papa

### 3.5 Manejo específico del experimento

El monitoreo de *Bactericera cockerelli* se realizó en 12 unidades experimentales y en cada una de ellas se tomó en cuenta 20 plantas para el muestreo, se lo realizó en la parroquia Caranqui en la comunidad El Naranjito, para esto se realizó actividades como:

#### 3.5.1 Selección del terreno

Para la selección de lotes se realizó un acercamiento con el INIAP y CIP, realizando un recorrido de la localidad de la parroquia Caranqui, comunidad El Naranjito. El lote fue arrendado por parte de un familiar directo de un productor a los pequeños productores de papa que venían trabajando con el INIAP, el lote contaba con un área de 1 860 m<sup>2</sup>, con una pendiente semi pronunciada y no había cultivos de solanáceas aledañas al lote.

### 3.5.2 Manejo del cultivo

El terreno estuvo por un período largo en descanso, no había sido utilizado por más de un año para cultivar, a continuación, se detallan las actividades que han sido realizadas por los agricultores (Figura 28).

#### a. Preparación del terreno

Se utilizó maquinaria como arado y rastra para eliminar malezas y se trató de uniformizar el lote para proceder a la siembra, se incorporó al terreno compost a base de cascarilla de arroz, estiércol de ganado y cuy, melaza, afrechillo, microorganismos de montaña y hierba fresca de la zona para mejorar la textura del suelo y la nutrición del mismo.

#### b. Surcada

Para la elaboración de los surcos se utilizó animales como bueyes y azadones, entre los agricultores se fue formando los surcos a distancias de 1 metro entre los mismos.

#### Figura 28

*Manejo del cultivo de papa realizado en la localidad del Naranjito, Caranqui, Imbabura.*



*Nota:* a. Elaboración de surcos con bueyes.; b. Siembra de la semilla y c. Aplicaciones foliares en el cultivo de papa.

#### c. Siembra

En la siembra se colocó de 2 a 3 semillas por punto de siembra con una distancia de 0.3 m entre planta y 1 m entre surco, la semilla utilizada fue donada por el INIAP para los productores de la variedad Superchola para el ensayo y Freepapa para el resto del lote.

#### d. Riego

En la comunidad el Naranjito, el lote no contaba con un sistema de riego, por lo tanto, los productores dependieron de la precipitación.

#### e. Labores culturales

El deshierbe y el aporque se realizó con los agricultores utilizando herramientas como el azadón para evitar el daño al cultivo y la competencia de nutrientes con la maleza.

#### f. Fertilización

Para la fertilización en las diferentes etapas fenológicas del cultivo se realizó abonos orgánicos como compost y bioles, con la asesoría por parte del INIAP, se aplicó fertilizantes sintéticos como 18-46-0, 10-30-10, sulfato doble de potasio, magnesio y micronutrientes, aplicaciones realizadas en la siembra y en el tapado de semilla.

### g. Controles fitosanitarios

En el control fitosanitario, se tuvo dos manejos en base al experimento. En el manejo convencional con ayuda del técnico del INIAP realizaban aplicaciones de insecticidas, fungicidas y fertilizantes foliares, mientras en el manejo de los microorganismos se realizaba aplicaciones de los mismos y fertilizantes foliares con excepción de los insecticidas (Tabla 10).

**Tabla 10**

*Control fitosanitario aplicado en el manejo convencional durante el ciclo de la papa*

<b>Fertilizantes</b>			
<b>Ingrediente activo</b>	<b>Modo de aplicación</b>	<b>Dosis (20L)</b>	<b>Unidad</b>
10-30-10			
18-46-0			
Yara complex	Suelo	20 gr/cada planta	kg
Yara rafas			
Sulpomag			
N-S-Ca-Mg-Na-Fe		100	cc
N-P-K-Ca-B		500	cc
Bioinicio		1000	cc
SiO <sub>2</sub> -K <sub>2</sub> O		500	cc
Bioflavonoides y fitoalexinas		100	ml
N-P-K	Foliar	12	kg
K <sub>2</sub> O-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		500	ml
N-P-K-Micronutrientes-algas- vitaminas y ácidos húmicos		500	ml
Micronutrientes		100	gr
<b>Fungicida</b>			
Azoxystrobin	Foliar	250	ml
Propineb-cymoxanil		5	g
<b>Insecticidas</b>			
Acetamiprid-Piriproxifen-solvente naphtha		200	ml
Thimethoxam		125	cc
Spinosad		120	ml
Thiamethoxan, lambda, cyhabthrin	Foliar	250	cm
Acephate		100	g
Azadiractina		200	cc
Espirotetramato		150	cc
Thiocyclam		100	g
<b>Coadyuvantes</b>			
Alquil aril poliglicol éter	Foliar	100	ml
Trisiloxane ethoxilate		250	ml

### h. Datos climáticos

En base al programa NASA Prediction of Worldwide Energy Resources (NASA POWER Project), se obtuvo los datos de temperatura máxima y mínima en grados centígrados (°C), precipitación en milímetros (mm), estos datos se obtuvieron desde el primer día de la siembra

hasta la cosecha. Los datos obtenidos mostraron una temperatura promedio de 13.16 °C y una precipitación de 4.3 mm.

### 3.5.3 Establecimiento de plantas arvenses como margen funcional

Los márgenes funcionales que se utilizó fueron los que estaban en el lote como cercas vivas y entre ellas se encontraban plantas de:

- Iso (*Dalea coerulea*)
- Chilca (*Baccharis latifolia*)
- Chocho silvestre (*Lupinus pubescens* L.)
- Shanshi (*Coriaria ruscifolia* L.)
- Eneldo (*Anethum graveolens* L.)
- Nabo silvestre (*Brassica rapa* L.)

Los cuales estuvieron ubicados alrededor del cultivo y el ancho del margen funcional fue de aproximadamente 1 m.

### 3.5.4 Manejo de hongos entomopatógenos

Los hongos entomopatógenos que se utilizó fueron *B. bassiana*, *M. anisopliae*, *P. lilacinus* en dosis, modo de aplicación y frecuencia como se describe en la tabla 11, independientemente, en ningún momento se realizó mezcla de los microorganismos. Para su aplicación en 60 L de agua en cada unidad experimental, con una frecuencia de aplicación de 7 días, fue muy necesario mantener la humedad del lugar para la proliferación de cada hongo entomopatógeno.

Se puede mencionar que era necesario evitar las aplicaciones en días con fuerte sol, procurando realizar el manejo en tempranas horas de la mañana o a su vez en el atardecer, el modo de aplicación era foliar, en el envés de la hoja procurando también cubrir toda la planta de los microorganismos (Figura 29), se añadió un plástico en la división de cada unidad experimental para la aplicación, evitando el paso de unos microorganismos con los otros, se utilizó como función de barrera.

**Tabla 11**

*Manejo de hongos entomopatógenos en el Naranjito, Caranqui, Imbabura.*

Hongos entomopatógenos	Dosis (g/60L)	Modo de aplicación	Frecuencia
<i>B. bassiana</i>		Foliar de abajo hacia arriba en toda la planta	Cada 7 días
<i>M. anisopliae</i>	1		
<i>P. lilacinus</i>			

## Figura 29

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



*Nota:* a. Preparación de los microorganismos.; b. Aplicación de los microorganismos en el cultivo de papa.

### **3.5.5 Monitoreo**

El monitoreo que se realizó fue en base a las variables que han sido mencionadas anteriormente, siguiendo el diseño de evaluación en forma de S con la selección de 20 plantas al azar, 3 hojas de la parte alta, media y baja, cada planta se evaluaba detenidamente desde el brote apical hacia la parte basal de la planta, monitoreo directo se realizaba en horas de la mañana de 08:00 am hasta 12:00 pm y todos los datos se registraban en el formato establecido (Anexo A y B).

### **3.5.6 Manejo de trampas amarillas**

El tamaño de las trampas amarillas que se utilizaba para el monitoreo eran de 10 x 10 cm, por lo cual se colocaban en la mitad de cada unidad experimental, las trampas estaban sujetas a la estaca de 1.2 m de altura y estas eran cambiadas cada semana a partir de los 66 hasta los 150 días después de la siembra, se envolvía en plástico rolopac, se identificaba de que unidad experimental fue obtenida y se colocaba una nueva trampa para seguir con la evaluación.

### **3.5.7 conteo, clasificación e identificación de insectos en trampas**

Después de cada cambio las trampas eran llevadas al laboratorio para así con ayuda del estereoscopio se logre contabilizar, clasificar e identificar a los insectos según su orden taxonómico y los datos obtenidos se registraban en el cuaderno de campo para posterior pasar a una tabla de Excel.

### **3.5.8 Manejo de red entomológica**

La etapa de floración fue aproximadamente a los 77 días después de la siembra, desde ese entonces se realizó pases con la red entomológica cuando estaban en su 25%, 50% y 100% de floración en todos los manejos, el recorrido fue en forma de S, cada surco, evitando maltratar las plantas, cuando se terminó este proceso, los insectos que se encontraban en la red entomológica fueron recolectados en los frascos letales, posterior a esto, se procedió a

clasificarlos según su orden taxonómico con ayuda de pinzas y pinceles se colocó en frascos entomológicos con 5 ml de alcohol al 70% (Figura 30).

**Figura 30**

*Clasificación de muestras según orden taxonómico.*



**3.5.9 Identificación de los síntomas de punta morada**

Cuando se iba a realizar el monitoreo de *B. cockerelli* S. se evaluaba los síntomas que cada planta presentaba mediante una inspección visual, donde se identificaba si existía presencia o ausencia de síntomas para así registrar en el formato establecido (Anexo A) con una frecuencia semanal.

**3.5.10 Cosecha**

Se realizó la extracción de los tubérculos del suelo con ayuda de los agricultores mediante herramientas agrícolas como azadones, mientras unos agricultores cosechaban, otras clasificaban los tubérculos en categorías de primera, segunda y tercera. Cuando ya estaba clasificado, se procedió a pesar para armar cada quintal y que así todos cuenten con el mismo peso.

**3.5.11 Toma de muestras Zebra chips**

De las muestras que fueron tomadas de cada unidad experimental se realizó frituras para determinar si presentaban la enfermedad conocida como Zebra chips, se cortaba en rodajas para freír y determinar la presencia o ausencia en cada una de las frituras, mediante la coloración oscura que estas presentaron en forma de cruz o asterisco.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se muestran los resultados de las variables que se obtuvo durante la experimentación llevada en campo y laboratorio a partir del 04 de mayo al 13 de septiembre del año 2021.

#### 4.1 Número de Oviposturas, ninfas y adultos

Durante el tiempo de experimentación y toma de datos de cada variable, no se encontró oviposturas, ninfas y adultos de *B. cockerelli* S. en el cultivo, esto sucedió porque uno de los factores ambientales que podrían influir en el desarrollo, reproducción y presencia de *B. cockerelli* S. es la temperatura y altitud en la que se encuentra la comunidad El Naranjito ( $t_{\min}$  4 °C,  $t_{\max}$  20 °C - 3 320 m s.n.m.) en consecuencia Rubio *et al.* (2011) mencionan que *B. cockerelli* S. disminuye con la altitud, así por ejemplo a partir de los 3 200 m s.n.m. no presentan problemas significativos, a mayor altura menor será la presencia del psílido.

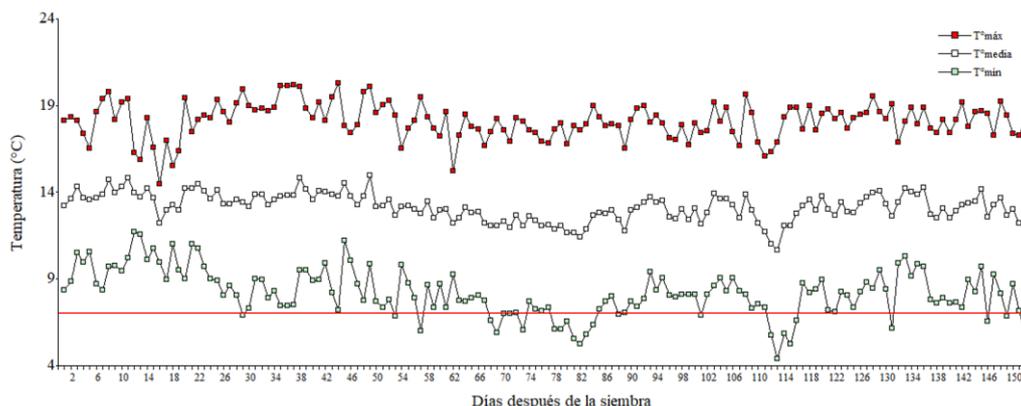
Así también, en alturas mayores de 3200 la presencia del psílido será menor, así se comprobó en la investigación de Guacán (2021) en la ciudad de Ibarra, en la parroquia de La Esperanza específicamente en las comunidades de Chirihuasi que cuentan con una altitud de 3 100 m s.n.m. y La Magdalena de 2 365 m s.n.m. respectivamente. En los lotes de la comunidad de Chirihuasi se encontró 3 insectos/trampa mientras que en comunidad La Magdalena se obtuvo 8 insectos/trampa, por lo que muestra una tendencia entre mayor altura, menor la población del psílido.

#### 4.2 Temperatura

En la comunidad El Naranjito se registró la temperatura máxima, mínima y media durante todo el ciclo del cultivo donde la temperatura máxima diaria fue de 20 °C que se presentó en los días 35, 36, 37, 38, 44 y 49 después de la siembra, mientras que la temperatura mínima fue de 4 °C que se registró únicamente en el día 113 después de su siembra (Figura 31) a diferencia de la temperatura media que oscila entre los 10 y 15 °C en los días 113 y 49 después de la siembra respectivamente.

**Figura 31**

Variación diaria de temperatura en la comunidad de El Naranjito



Con base a la información contribuida por Munyaneza (2010) menciona que *B. cockerelli* S. necesita un rango óptimo de temperatura que oscila entre los 21 a 27 °C, así también cuando la temperatura es mayor que 32 °C resulta ser perjudicial para *B. cockerelli* S. debido a que llega a reducir la puesta de ovipositorios y la eclosión de los mismos. Como también se tiene la temperatura umbral de 7 °C la es la temperatura mínima para su desarrollo (Bujanos y Ramos 2015). Por lo que al no encontrar la presencia de *B. cockerelli* S. se podría deber a que en el lote se presentaron temperaturas por debajo del umbral de desarrollo de esta plaga.

### 4.3 Sintomatología de Punta Morada en el cultivo de papa

Los resultados del análisis de varianza para la variable incidencia de punta morada en el cultivo de papa, indica que existe interacción entre días después de la siembra (dds) y el manejo (F=4.96; gl= 30, 86; p= 0.0001) de los hongos entomopatógenos (Tabla 12).

**Tabla 12**

Esquema ADEVA de la incidencia de los síntomas de Punta Morada en el cultivo de papa en el Naranjito, Imbabura.

Fuentes de variación	Gl Fv	Gl Eex	F – valor	P – valor
Dds	10	36	71.49	<0.0001
Manejo	3	36	6.50	0.0005
Dds:Manejo	12	36	4.96	<0.0001

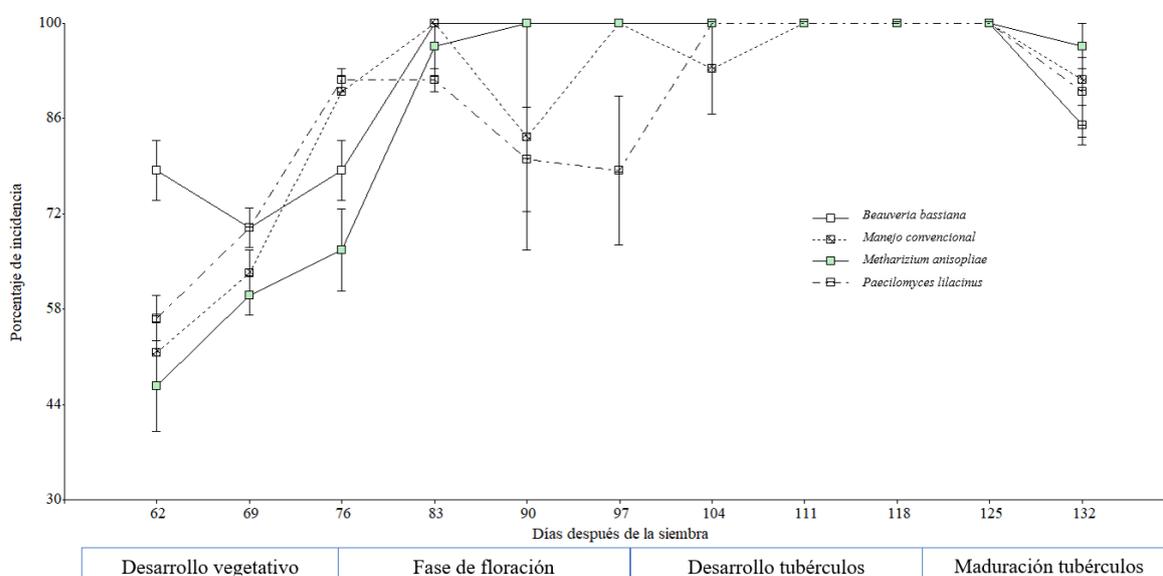
El manejo de *B. bassiana* comienza con la incidencia del 78% durante el desarrollo vegetativo y en el día 69 reduce al 70%, pero en la fase de floración (día 83) incrementó al 100% la incidencia y esta se mantiene hasta la fase de maduración de tubérculos (día 125), en la fase de maduración de tubérculos (día 132) se reduce al 85% la incidencia de la sintomatología de punta morada. Con el uso de *P. lilacinus* la incidencia de empezó con el 56% durante la fase vegetativa del cultivo, al día 76 subió al 91% la sintomatología manteniéndose hasta el día 83, al iniciar el desarrollo de tubérculos (día 97) se reduce al 78% y en esta misma fase al finalizar (día 111) se incrementa al 100% la incidencia hasta el día

125, en la maduración de tubérculos se disminuye al 90% la incidencia de punta morada (Figura 32).

Mientras tanto el manejo con *M. anisopliae* en el día 62 cuenta con un 46% de la incidencia de la sintomatología, pero con pasar el tiempo, este manejo cuenta con pequeños incrementos que llegan hasta el 100% al día 90 parte de la fase de floración, se mantiene constante este porcentaje hasta el día 125, para finalizar (día 132) con un 96% de la incidencia de síntomas de punta morada. Y por último se tiene el manejo convencional en el día 62 presentó un 51% de la incidencia, incrementándose hasta el 90% (día 76) y manteniendo este porcentaje al día 83 pero también al día 90 se reduce al 83% para nuevamente volver a incrementarse llegando al 100% en el día 97, no obstante, se cuenta con una pequeña reducción hasta el 93% en día 104 y volver a incrementar al 100% desde el día 111 hasta el día 125 y terminar con una reducción llegando al 91% en el día 132 (Figura 32).

**Figura 32**

Porcentaje de incidencia de los síntomas de Punta Morada con respecto a los días después de la siembra en el cultivo de papa en Caranqui, Imbabura.



A pesar de que no existió la presencia del insecto, en esta investigación se mostraron los síntomas de punta morada, esto podría deberse a que la semilla tenía el fitoplasma que *B. cockerelli* S. transmite (*Candidatus liberibacter*), así como en la investigación realizada por Gutiérrez *et al.* (2013) mencionan que el 47% de plantas de papa cuentan con síntomas de punta morada mientras que 53% restante se puede relacionar a otros patógenos, a diferencia del estudio de Berdúo *et al.* (2020) mencionan que la incidencia del fitoplasma *C. liberibacter* va en un 27% pero se puede evitar la diseminación de esta enfermedad al observar los brotes de papa.

Ahora bien, los microorganismos *B. bassiana*, *P. lilacinus*, *M. anisopliae* y el manejo convencional, a partir de su aplicación foliar se tuvo una tendencia móvil y constante a través del tiempo, independientemente cada manejo, aconteciendo esta variación a la efectividad y

virulencia de los microorganismos en el cultivo. Por lo cual Ruiz *et al.* (2009) mencionan que *B. bassiana* posterior a su primera aplicación varía entre un 40 a 60% de virulencia y su efectividad dependerá de las condiciones climáticas para su proliferación, sin embargo, Molina y Espinal (2000) mencionan que al aumentar la dosis de conidios puede aumentar desde 70 a 80% de virulencia con insectos plaga. A diferencia de *P. lilacinus* tiende a ser más infeccioso cerca del 85% puesto que invade los cadáveres de insectos en el menor tiempo para mantener una constancia en relación al tiempo de aplicación e incidencia enfermedades causadas por plagas Gutiérrez *et al.* (2005).

Por otro lado, en la investigación de Ríos *et al.* (2014) el hongo *M. anisopliae* cuenta con 90% de viabilidad de virulencia llegando a ser constante para así mantenerse después de las aplicaciones. Comparado con el manejo convencional al mantener la tendencia móvil y constante posiblemente se debe a los ingredientes activos de los insecticidas por lo tanto Tsvetkov *et al.* (2017) mencionan que cuentan con un efecto residual prolongado y que después de cada aplicación tendrán la tendencia móvil.

#### 4.4 Daño en hoja por insectos

Se logró visualizar y determinar el daño en las hojas de papa a causa de insectos como *Epitrix* sp. (pulguilla), *Frankliniella tuberosi* (trips) y *Liriomyza* sp. (mosca minadora) a partir de los 104 dds hasta los 132 dds.

##### a. *Epitrix* sp. (pulguilla)

Los resultados de análisis de varianza en el daño de hoja por pulguilla en el cultivo de papa indican que no existe interacción entre días después de la siembra y el manejo ( $F=1.12$ ;  $gl=12, 38$ ;  $p=0.3720$ ) de hongos entomopatógenos y convencional (Tabla 13).

**Tabla 13**

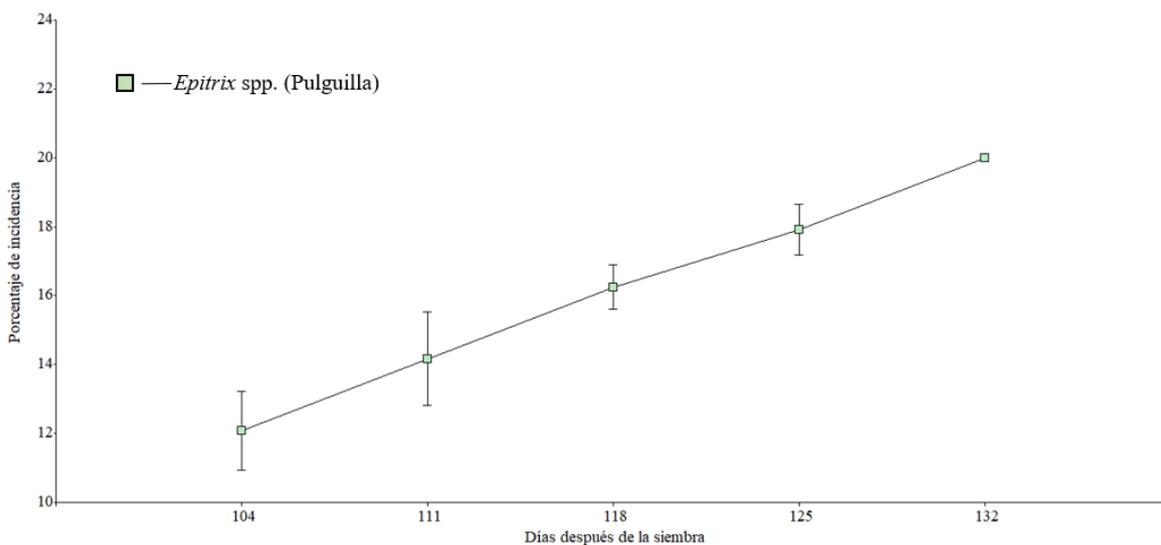
*Esquema de ADEVA con respecto al daño de hoja por pulguilla en el cultivo de papa en Naranjito, Imbabura*

Fuentes de variación	Gl Fv	Gl Eex	F – valor	P – valor
Dds	4	38	12.66	<0.0001
Manejo	3	38	2.00	0.1305
Dds:Manejo	12	38	1.12	0.3720

La incidencia del daño en hoja a causa de *Epitrix* sp. se evidenció a partir del día 104 después de la siembra contando así con el 12% para posterior ir incrementando hasta tener el 20% de incidencia para el día 132 que se evaluó el daño en hoja (Figura 33). A partir del día 132 después de la siembra ya no se tuvo presencia de *Epitrix* sp. debido a que se cortó el follaje y esta plaga ya no tuvo manera de alimentarse.

**Figura 33**

*Incidencia de daño en hoja del cultivo de papa por Epitrix sp.*



La presencia de *Epitrix* sp. en el cultivo se evidenció de 1 a 2 hoyos en hoja muestreada en el cultivo por lo que podría mencionar que el daño era mínimo para esto Ormeño y Rosales (2008) mencionan que al tener más de 5 hoyos por cm<sup>2</sup> o tener dos pulguitas en una misma hoja es considerada una población elevada dentro del cultivo, entonces el lote en El Naranjito se considera que la dinámica poblacional de *Epitrix* spp. fue baja, se atribuye que debido al manejo de los hongos entomopatógenos y convencional controló esta plaga sin presentar daños en el cultivo o pérdidas en la productividad.

**b. *Frankliniella tuberosi* (trips)**

Por otro lado, también se tuvo la presencia de *Frankliniella tuberosi* (trips) en el cultivo y los resultados de análisis de varianza en daño de hoja por trips indican que existe interacción (F=3.30; gl= 12, 38; p= 0.0024) entre días después de la siembra y el manejo (Tabla 14).

**Tabla 14**

*Esquema de ADEVA del daño en la hoja por Frankliniella tuberosi (trips) en el cultivo de papa de la comunidad El Naranjito, Imbabura.*

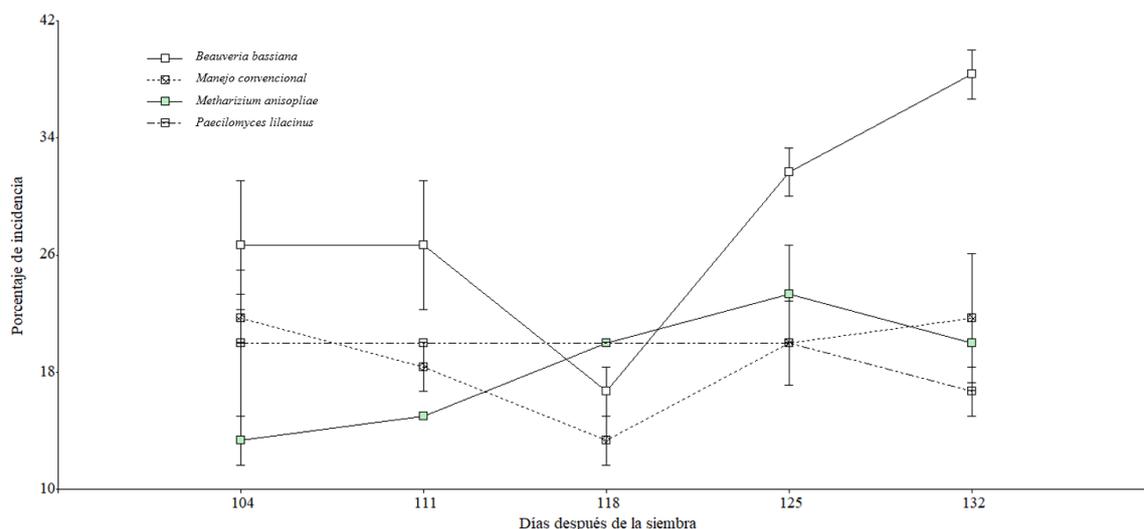
Fuentes de variación	Gl Fv	Gl Eex	F – valor	P – valor
Dds	4	38	4.89	0.0028
Manejo	3	38	16.47	<0.0001
Dds:Manejo	12	38	3.30	0.0024

Los manejos con *B. bassiana*, *M. anisopliae*, *P. lilacinus* y Convencional actuaron de diferente forma frente a la presencia de *Frankliniella tuberosi* en el cultivo de papa. Por lo cual el caso de *B. bassiana* en el día 104 presentó el 26% de la incidencia del daño y esta se mantiene constante hasta el día 111, pero a partir del día 118 reduce al 16% y vuelve a incrementar al 38% hasta el día 132. Por el contrario *M. anisopliae* inició con el 13% del daño en hoja en el día 104 y este incrementa en los días 111, 118 hasta el día 125 llegando

al 23% y para finalizar con una pequeña reducción al 20% en el día 132. A diferencia de *P. lilacinus* desde el día 104 inició con el 20% de incidencia y se mantuvo constante hasta el día 125, pero a partir del día 132 para ya terminar con la evaluación se tiene una pequeña reducción a 16% del daño en la hoja. Ahora bien, en el manejo convencional inició con el 21% de la incidencia de daño en hoja en el día 104 y a partir de los días 111 y 118 reduce al 13% pero en el día 125 se incrementa a 20% y para finalizar en el día 132 vuelve a incrementarse hasta 21% aproximadamente (Figura 34).

### Figura 34

Porcentaje de incidencia en daño de hoja por *Frankliniella tuberosi* en el cultivo de papa.



La incidencia del daño en hoja por *F. tuberosi* es causado por la presencia de larvas y adultos de esta plaga, en el manejo de *B. bassiana* se lograba apreciar de 4 a 6 trips/planta, por ende, en este manejo fue mayor el daño, pero así también contó con una reducción del 10% para esto en la investigación de Mendoza y Toledo (2019) mencionan que a partir de una constante aplicación *B. bassiana* logra reducir hasta el 63% de la población inicial de trips con un promedio de 6.4 trips/planta a diferencia de Bustillo (2009) indica que en su experimento presenta solo el 24% de reducción de esta plaga. Esta variación de la reducción de trips en el cultivo se puede deber al número de veces que se realizaron las aplicaciones de este microorganismo y la concentración de conidios que fueron utilizadas en los estudios.

Por otro lado, el manejo de *M. anisopliae* inició con una baja incidencia del 13% y la incidencia máxima fue del 23% en el lote del Naranjito mientras que en el estudio de Guagalango (2020) menciona que con las aplicaciones de *M. anisopliae* obtienen una reducción de 47% de esta plaga con una mortalidad de hasta el 76%. La diferencia de reducciones de la incidencia de trips en el cultivo se debe a la concentración de UFC del microorganismo. Mientras tanto el manejo *P. lilacinus* se mostró constante con el 20% de la incidencia del daño por trips por lo que se puede mencionar en la investigación de Trujillo *et al.* (2003) *P. lilacinus* cuenta con el 25% de efectividad, pero en condiciones de campo se logró observar efectividades de hasta el 91% en poblaciones de larvas de trips por esta razón se puede mencionar que se mantuvo constante por el porcentaje de efectividad en campo que cuenta este microorganismo. Así también García y González (2010) mencionan que los

hongos *B. bassiana*, *M. anisopliae*, *P. lilacinus* cuentan con el 82% hasta el 90% de mortalidad en trips a partir de 72 a 96 horas después de su aplicación.

En cambio, en el manejo convencional se aplicó productos como spinosad e imidacloprid entre otros, durante la etapa de floración se observó aproximadamente 5 trips/planta por lo que presentó una incidencia máxima del 21% y una mínima del 13% por lo cual en el estudio de Duran *et al.* (2017) al utilizar esos insecticidas tuvieron aproximadamente 11 trips/planta con una incidencia de daños del 49% en el cultivo, así también posterior a las aplicaciones tuvieron reducciones de 4 trips/planta. Entonces al realizar las aplicaciones en la etapa de floración se obtuvo la reducción del 13% de la incidencia en el lote del Naranjito.

#### c. *Liriomyza* sp. (mosca minadora)

La presencia de *Liriomyza* sp. (mosca minadora) en el cultivo y los resultados de análisis de varianza en daño de hoja por mosca minadora indican que no existe interacción ( $F=0.87$ ;  $gl=12, 38$ ;  $p=0.5806$ ) entre días después de la siembra y el manejo (Tabla 15).

**Tabla 15**

*Esquema de ADEVA del daño en la hoja por Liriomyza sp. (mosca minadora) en el cultivo de papa de la comunidad El Naranjito, Imbabura.*

Fuentes de variación	Gl Fv	Gl Eex	F – valor	P – valor
Dds	4	38	1.38	0.2580
Manejo	3	38	0.12	0.9464
Dds:Manejo	12	38	0.87	0.5806

Como resultado del monitoreo de 10 800 hojas solo el 0.62% de las mismas, se evidenció la presencia del daño por mosca minadora en el follaje del cultivo, en base a investigaciones realizadas por el INIAP (2002), menciona que las ninfas pueden afectar en el rendimiento del cultivo con pérdidas de hasta 30-40% debido a la presencia del 60% de minas en las hojas, para el caso del lote en el Naranjito, existió la presencia de mosca minadora pero el daño en hojas fue irrelevante, sin producir pérdidas en rendimiento.

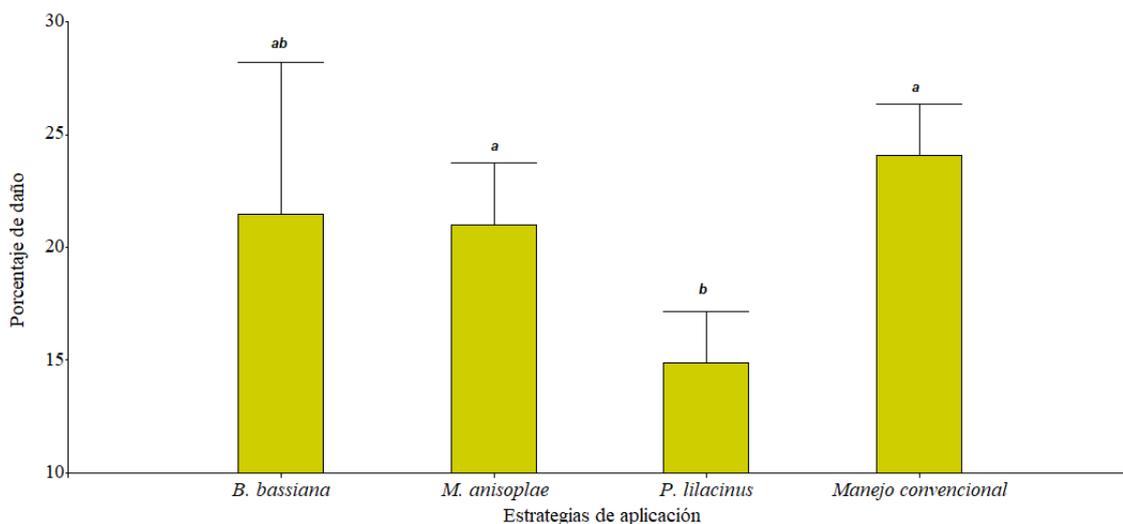
#### 4.5 Fritura del Tubérculo

El análisis de datos no paramétricos con la prueba de Friedman indica que si existe interacción (Figura 35) entre las estrategias de aplicación y el porcentaje de daño en el tubérculo conocido como zebra chips ( $T=7.19$ ;  $p=0.0002$ ), a causa de *Candidatus liberibacter solanacearum*.

El daño en tubérculo a causa de zebra chips se presentó en todas las estrategias de manejo en diferentes porcentajes (Figura 35) para lo cual el manejo convencional fue el que presentó el mayor porcentaje de 24%, seguido el manejo con *B. bassiana* con el 21% de la misma manera que el manejo de *M. anisopliae* con 21% y el manejo que presentó el menor daño en el tubérculo fue el de *P. lilacinus* con 14%.

**Figura 35**

Porcentaje de daño en tubérculo por zebra chips frente a las estrategias de aplicación.



Ahora bien, la presencia del manchado de la papa o zebra chips se puede presentar desde 13% de las muestras al presentar o no sintomatología de punta morada (Contreras *et al.*, 2016); al no contar con la presencia de *B. cockerelli* S. no se evidenció daños que superen al 50% por lo que los manejos de *B. bassiana*, *M. anisopliae* y convencional actuaron como controladores de plagas de forma independiente a diferencia de *P. lilacinus* que al ser un bioestimulante y solubilizador de fósforo pudo haber actuado de forma correctiva en los tubérculos y presentando un daño menor (14%), así también Contreras *et al.* (2016) mencionan que la incidencia de la enfermedad Zebra chips oscila entre 30 a 25% a causa de *B. cockerelli* S., siendo los resultados (24%) similares a lo que se obtuvo en la experimentación, donde plantas aparentemente sanas pueden contar con la presencia de *Candidatus liberibacter solanaceatum*.

#### 4.6 Entomofauna presente en el cultivo

El análisis de datos no paramétricos con la prueba de Friedman indica que si existe interacción entre días después de la siembra, manejo y orden de insectos ( $T=29.07$ ;  $p=0.0001$ ). Durante la evaluación de la entomofauna del cultivo se logró evidenciar la presencia de insectos que pertenecen a los órdenes como: Dípteros, Hemípteros, Himenoptera, Lepidoptera, Neuroptera, Orthoptera, Thysanoptera, Aracnidos y Coleoptera. De todos los manejos, el orden diptera fue el que estuvo presente en mayor número de insectos, dentro de estos estaban moscas comunes, moscas minadoras, entre otras.

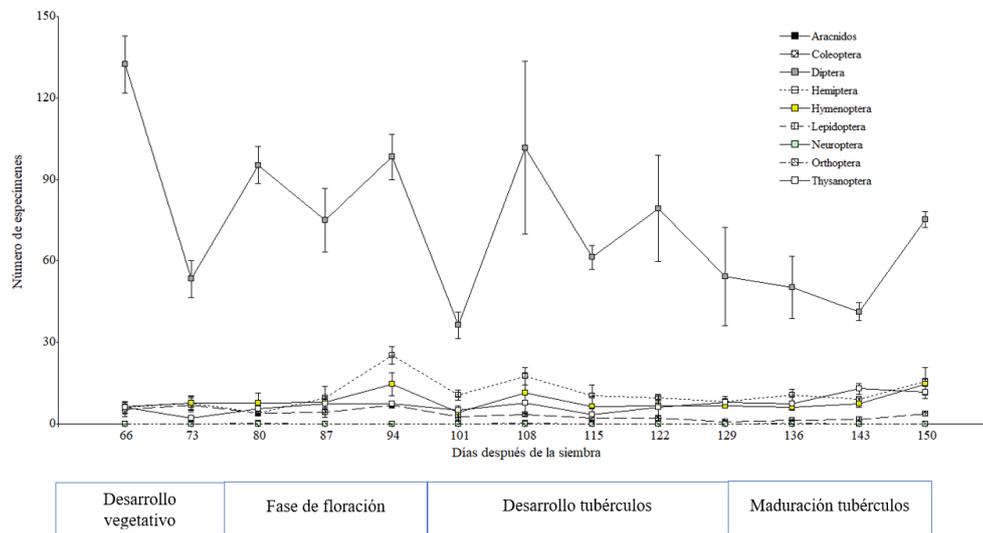
##### a. *Beauveria bassiana*

El orden Diptera presenta una tendencia móvil en referencia al número de especímenes en relación a los días después de la siembra, en donde al día 66 alcanzó 132 especímenes, pero al día 73 decrece a 53 dípteros, sin embargo al día 80 presenta un crecimiento poblacional de 95 insectos de la misma forma el día 87 cuenta con una disminución a 75 especímenes y un incremento a 98 dípteros en el día 94. A partir de la fase de desarrollo de tubérculos en el día 101 tiene una reducción considerable a 36 especímenes, nuevamente al día 108 contar

con 101 insectos, para el día 115 se contó con 61 dípteros que a la semana siguiente el día 122 presentó un ligero aumento a 79 especies de moscas. Para finalizar la etapa de desarrollo de tubérculos e iniciar la maduración del mismo desde el día 129, 136 y 143 reduce a 54, 50 y 41 especímenes respectivamente, que por último en el día 150 presentó un incremento de 75 insectos en la evaluación (Figura 36).

**Figura 36**

*Número de especímenes en relación a los días después de la siembra en el manejo de Beauveria Bassiana.*



En el resto de órdenes como Hemiptera, Hymenoptera, Thysanoptera y Coleoptera existe una similitud entre estos órdenes en algunas semanas de evaluación. A diferencia de los órdenes Neuroptera, Arácnidos, Lepidoptera y Orthoptera solo se presentaron 1 espécimen de cada orden durante el tiempo de evaluación. En cuanto al orden Coleoptera en los días 73 y 94 presentó 7 insectos, mientras que en el resto de los días de evaluación se presentó un promedio de 2 a 4 especímenes (Figura 36).

El orden Hymenoptera, que durante el desarrollo vegetativo contó con aproximadamente 8 insectos, pero en la fase de floración en el día 94 cuenta con un incremento a 14 especímenes, por el contrario, en el desarrollo de tubérculos disminuye el número a 11 himenópteros y continúa decreciendo hasta 6 insectos para finalizar en el día 150 incrementa a 14 individuos (Figura 36).

Por lo tanto, el orden Hemiptera en los días 66, 73 y 80 cuenta con 6, 7 y 4 insectos que a partir de los días 87 y 94 presentó un incremento de 9 y 25 especímenes respectivamente siendo en la fase de floración que se encontró el mayor número de hemípteros en el cultivo, sin embargo, este orden en los días 101, 122, 129 presentó el menor número de insectos por lo que se tuvo de 10, 9 y 8 hemípteros y al finalizar la evaluación en el día 150 se incrementó a 15 especímenes en el cultivo (Figura 36).

Por otro lado, se tiene el orden Thysanoptera que inició con una población de 6 individuos en el día 66 pero al día 73 reduce significativamente a 2 insectos, no obstante, vuelve con un

incremento a 7 especímenes para así mantenerse constante por los días 87 y 94, sin embargo, en el desarrollo de tubérculos existió una similitud de la fluctuación poblacional de 5 a 7 insectos y para finalizar en los días 143 y 150 se contó con 13 y 11 especímenes (Figura 36).

El manejo de *B. bassiana* inició con el número más alto de especímenes de 132, pero posterior a las aplicaciones reduce a 36 moscas, esto quiere decir que cuenta con un efecto de mortalidad de aproximadamente el 85%, en cambio en el estudio de Porras y Lecuona (2008) mencionan que logran el 90% de mortalidad de dípteros, esta variación del porcentaje de mortalidad se debe a que en condiciones de laboratorio se tiene controlado los factores ambientales para la proliferación de *B. bassiana*.

Para el caso del orden Hymenoptera en su mayoría fueron insectos polinizadores o parasitoides, ninguno fue considerado como insecto plaga; por lo cual *B. bassiana* actuó con una mortalidad del 57% aproximadamente, similar a la investigación de Santamaría *et al.* (1998) que provoca una mortalidad del 55% a diferencia de Castillo *et al.* (2009) menciona que en su estudio *B. bassiana* presentó la disminución de la longevidad de adultos, llegando al 100% de la mortalidad de insectos parasitoides del orden Hymenoptera. Por lo que se puede mencionar que *B. bassiana* es un microorganismo no selectivo e infecta a todos los insectos.

Así también, los insectos del orden Hemiptera se tuvo una mortalidad de más o menos el 68% durante el monitoreo, a diferencia de Grández (2010) que durante su evaluación tiene una mortalidad del 50% a los 16 días de la primera aplicación, en cambio Góngora *et al.* (2020) mencionan que *B. bassiana* causa mortalidad del 80 y 90% en insectos del orden Hemiptera.

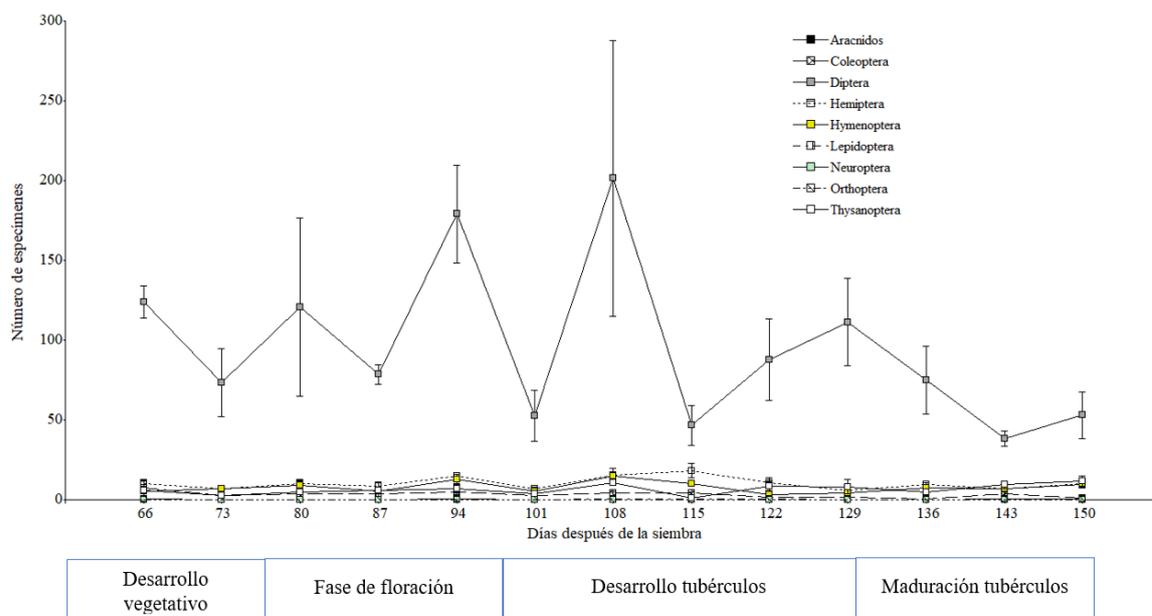
En la presente investigación se cuenta con una mortalidad de aproximadamente 84% del orden Thysanoptera a diferencia del estudio realizado por Mendoza y Toledo (2019) que cuentan con el 63% de mortalidad de trips, esto se debe a la dosis de conidios de cada experimento.

#### b. *Metarhizium anisopliae*

El orden Diptera en el día 66 alcanzó 124 especímenes, pero al día 73 decrece a 73, sin embargo al día 80 presenta un crecimiento poblacional a 120 insectos de la misma forma el día 87 cuenta con una disminución a 78 especímenes y un incremento a 179 dípteros en el día 94. A partir de la fase de desarrollo de tubérculos en el día 101 tiene una reducción a 52 especímenes, nuevamente al día 108 aumenta a 201 insectos considerando este valor como el más alto durante la evaluación por lo tanto para el día 115 se contó con 46 dípteros que a la semana siguiente los días 122 y 129 presentó un aumento de 87 y 111 especies de moscas respectivamente. Para finalizar la etapa de desarrollo de tubérculos e iniciar la maduración del mismo, desde el día 136 y 143 reduce a 75 y 38 especímenes respectivamente, que por último en el día 150 presentó un incremento de 53 insectos en la evaluación (Figura 37).

**Figura 37**

*Número de especímenes en relación a los días después de la siembra en el manejo de *Metarhizium anisopliae**



Así también en este manejo los órdenes como Hemiptera, Hymenoptera, Thysanoptera y Coleoptera existe una similitud entre estos órdenes en algunas semanas de evaluación. A diferencia de los órdenes Neuroptera, Aracnidos, Lepidoptera y Orthoptera solo se presentaron de 1 a 2 especímenes de cada orden durante el tiempo de evaluación. En cuanto al orden Coleoptera en el día 66 presentó 7 insectos, mientras que en el resto de los días de evaluación se presentó un promedio de 3 a 4 especímenes (Figura 37).

Por otro lado, el orden Hemiptera en el día 66 presentó 10 especímenes y para el día 73 tiene una reducción a 6 insectos, pero vuelve nuevamente a incrementar a 10 individuos por lo cual al día 94 aumenta a 14 hemípteros contando también con una pequeña disminución a 7 insectos en el día 101, no obstante, durante la fase desarrollo de tubérculos tiene un incremento hasta el día 115 con 18 especímenes, así también, presenta una reducción de 10 y 6 hemípteros en los días 122 y 129 y para finalizar la evaluación en el día 150 aumentó a 10 especímenes (Figura 37).

El orden Hymenoptera durante el desarrollo vegetativo contó con un promedio de 6 insectos, pero en la fase de floración en el día 94 cuenta con un incremento a 13 especímenes, y a su vez en el día 101 se reduce a 5 himenópteros pero así también vuelve a aumentar a 15 insectos en el día 108 siendo este el mayor número de especímenes que se encontró, por el contrario, cuando se estaba por finalizar la etapa de desarrollo de tubérculos se redujo en los días 115 y 122 a 10 y 3 insectos respectivamente, pero al terminar con la evaluación en el día 150 se elevó a 9 especímenes (Figura 37).

Y, por último, el orden Thysanoptera inició con una población de 5 individuos en el día 66 pero al día 73 reduce significativamente a 2 insectos, no obstante, vuelve con un incremento de un promedio de 5 especímenes en los días 80, 87 y 94. Sin embargo, presentó una

reducción a 3 insectos en el día 101 pero al día 108 incrementa a 10 individuos y la dinámica poblacional de este insecto disminuye en el día 115 a 1 trip. Para finalizar en los días 143 y 150 se contó con el aumento de 9 a 11 especímenes (Figura 37).

El control de dípteros con *M. anisopliae* llegó a causar una mortalidad de aproximadamente 70% en el manejo a diferencia de Osorio y Canal (2011) llegó a presentar el 66% de mortalidad con una concentración de  $1 \times 10^7$  UFC, a diferencia de Álvarez y Gutiérrez (2020) presentaron el 80% de mortalidad y eficiencia para control de dípteros con una concentración de  $2.1 \times 10^4$  conidios/ml. La variación de mortalidad se podría deber a la concentración de conidios que se presentaron en los estudios.

Así también, el efecto de *M. anisopliae* en el orden Hemiptera llegó a causar el 66% de la reducción de insectos de este orden por lo que se puede mencionar que tuvo un efecto de mortalidad en estos especímenes entonces, Matabanchoy *et al.* (2012) en su estudio tuvo mortalidad de hasta el 72%, por otro lado, Obando *et al.* (2013) contó con el 75% de eficiencia con respecto a la mortalidad de plagas por lo que se puede mencionar que la evaluación en el Naranjito tuvo un efecto similar con respecto a los estudios mencionados.

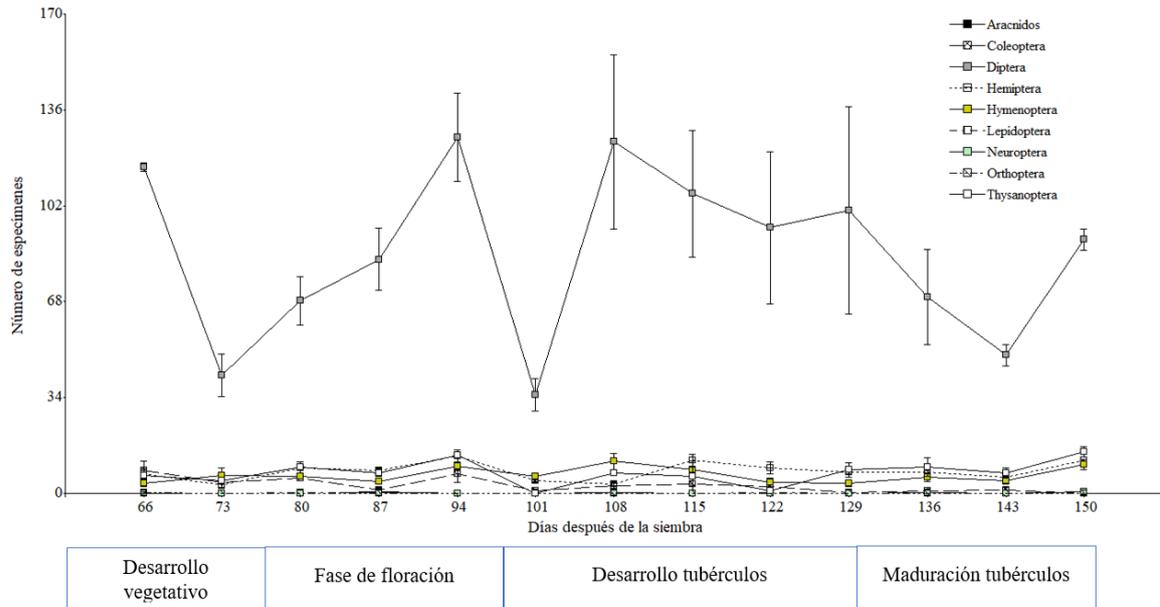
En cambio, este manejo en relación al orden Hymenoptera logró reducir hasta un 80% de insectos a lo cual se da un efecto de mortalidad, similar a la investigación de López y Orduz (2002) mencionan que *M. anisopliae* la mortalidad es superior al 80% y también se evidenció la ausencia de este orden en el cultivo. Por otro lado, el orden Thysanoptera presentó reducciones del 90% de su población mientras que Guagalongo (2020) evidenció reducciones del 76% al realizar aplicaciones de este microorganismo.

#### c. *Paecilomyces lilacinus*

El orden Diptera comenzó con 115 especímenes en el día 66, pero al día 73 decrece a 42 dípteros, sin embargo, desde el día 80 hasta el 94 presentó un crecimiento poblacional llegando a 126 insectos, pero al día 101 reduce significativamente a 35 especímenes, sin embargo, al día 108 aumenta a 124 dípteros. En los días 115 y 122 reduce a 94 insectos, en el día 129 presentó un ligero aumento a 100 especímenes. Para culminar con la evaluación en la fase de maduración de tubérculos se tiene que en los días 136 y 143 reduce 69 y 49 dípteros respectivamente y finaliza con un incremento de 90 especímenes en el día 150 (Figura 38).

**Figura 38**

*Número de especímenes con respecto a días después de la siembra en el manejo de Paecilomyces lilacinus*



En este manejo también se tiene los órdenes Hemiptera, Hymenoptera, Thysanoptera y Coleoptera existe una similitud entre estos órdenes en algunas semanas de evaluación. A diferencia de los órdenes Neuroptera, Aracnidos, Lepidoptera y Orthoptera solo se presentaron de 1 a 2 especímenes de cada orden durante el tiempo de evaluación. En cuanto al orden Coleoptera en los días 66 y 94 presentaron 8 y 7 insectos respectivamente, mientras que en el resto de los días de evaluación se presentó un promedio de 3 especímenes (Figura 38).

Por otro lado, el orden Hemiptera en el día 66 presentó 7 especímenes y para el día 73 tiene una reducción a 3 insectos, pero vuelve nuevamente a incrementar a 9 individuos por lo cual al día 94 aumenta a 13 hemípteros contando también con una disminución a 4 y 3 insectos en los días 101 y 108, no obstante, durante la fase desarrollo de tubérculos tiene un incremento hasta el día 115 con 11 especímenes, así también, presenta una reducción a 9 y 7 hemípteros en los días 122 y 129 y para finalizar la evaluación en el día 150 aumentó a 11 especímenes (Figura 38).

El orden Hymenoptera durante el desarrollo vegetativo contó con un promedio de 4 insectos, pero en la fase de floración en el día 94 cuenta con un incremento a 9 especímenes, y a su vez en el día 101 se reduce a 6 himenópteros pero así también vuelve a aumentar a 11 insectos en el día 108 siendo el mayor número de insectos encontrados en este manejo, por el contrario, cuando se estaba por finalizar la etapa de desarrollo de tubérculos se redujo en los días 122 y 129 a 4 y 3 insectos respectivamente, pero al terminar con la evaluación en el día 150 se elevó a 10 especímenes (Figura 38).

Para finalizar este manejo en el orden Thysanoptera inició con una población de 6 individuos en el día 66 pero al día 73 reduce a 4 insectos, no obstante, vuelve con un incremento de un promedio de 8 especímenes en los días 80 y 87. Sin embargo, en el día 94 incrementa a 13 trips, en el día 101 no se tuvo ningún trip pero al día 108 ya se contó con 7 individuos. Así también presentó una reducción a 1 insecto en el día 122 pero a los días 129 y 136 incrementa a 8 y 9 trips. Para finalizar en el día 150 se incrementó 14 especímenes (Figura 38).

Se tiene el orden Diptera con una reducción aproximada del 80% considerándose un efecto de mortalidad mediante aplicaciones de *P. lilacinus*, a diferencia de la investigación de Araujo y Henrique (2009) no sobrepasan el 47% de mortalidad, esto se podría ver afectado por la temperatura y humedad que se mantuvo en campo. Por otro lado, el orden Hemiptera contó cerca del 76% de reducción de su población para lo que Asipuela *et al.* (2015) mencionan que en su investigación obtuvieron desde el 83 hasta 92% de la reducción de su población en el cultivo. En cambio, Hymenoptera redujo un 72% de su población en cambio Reza (2013) menciona que reduce solamente el 33%, esto se debe al número de aplicaciones que se realizó en la fase de experimentación. Y para finalizar el orden Thysanoptera redujo hasta el 90% de manera casi similar García y González (2010) especifican que cuentan con el 82 hasta el 90% de mortalidad o reducción de su población.

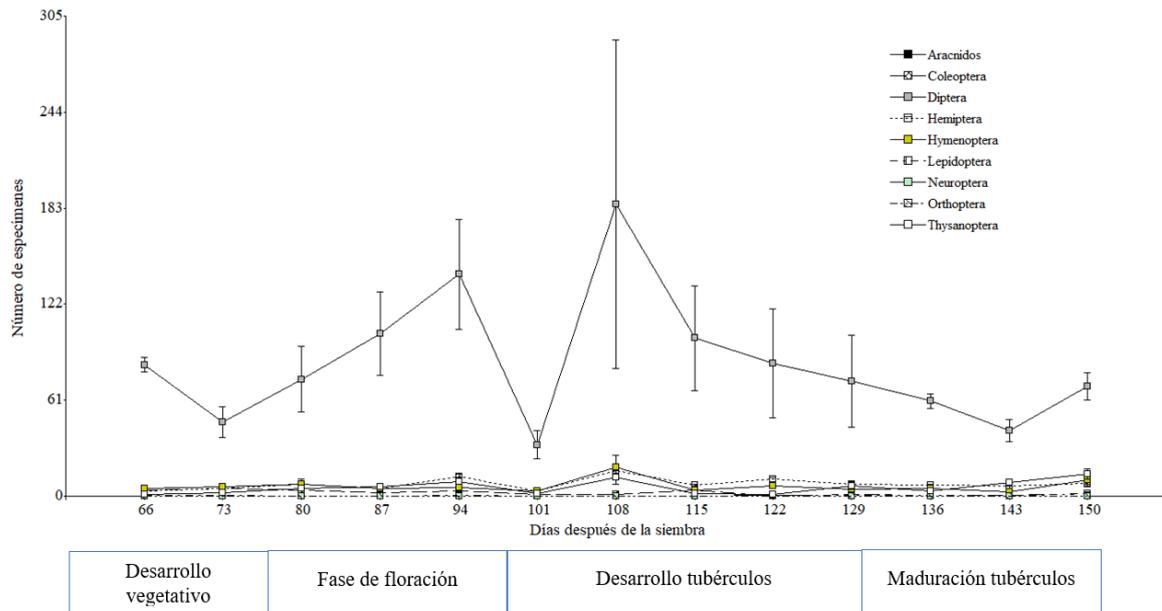
Se podría mencionar que la diferencia entre los tres hongos entomopatógenos es el efecto de mortalidad, *B. bassiana* presentó un mayor control, mayor mortalidad, se le podría deber al amplio rango de infestación que suele presentar por la rusticidad de este microorganismo y su fácil propagación, seguido de *P. lilacinus* pese a que este hongo se lo encuentra en el suelo en mayor cantidad y por último *M. anisopliae* este microorganismo fue quien tuvo mayor cantidad de dípteros durante la evaluación por lo cual no existió tanto control en su población, a pesar que en algunas semanas de evaluación exista similitud en la dinámica poblacional.

#### **d. Manejo convencional**

Como parte del manejo convencional se tuvo la presencia del orden Diptera (Figura 39) que en el día 66 presentó 83 especímenes, pero al día 73 decrece cerca del 50% ósea 47 dípteros, sin embargo, en los días 80, 87 y 94 presentan un crecimiento poblacional de 74, 103 y 141 insectos, pero en el día 101 disminuye a 32 especímenes, posterior a esto presenta un incremento a 185 dípteros en el día 108, siendo así el mayor número de especímenes evaluados. A partir del día 115 hasta el 143 reduce de 100 a 41 dípteros por último en el día 150 presentó un incremento de 69 insectos en la evaluación.

**Figura 39**

*Número de especímenes con respecto a días después de la siembra en el Manejo Convencional*



En el resto de órdenes como Hemiptera, Hymenoptera, Thysanoptera y Coleoptera existe una similitud entre estos órdenes en algunas semanas de evaluación. A diferencia de los órdenes Neuroptera, Aracnidos, Lepidoptera y Orthoptera solo se presentaron de 1 a 2 especímenes de cada orden durante el tiempo de evaluación. En cuanto al orden Coleoptera presentó un promedio de insectos durante la evaluación (Figura 39).

Por otro lado, el orden Hemiptera inició con 3 especímenes a los 66 días después de la siembra y este en los días 73 y 80 incrementa a 4 y 7 hemípteros, pero al día 87 reduce a 5 insectos, sin embargo, en el día 94 aumenta a 12 especímenes, para posterior presentar una reducción a 3 individuos. Durante el desarrollo de tubérculos en el día 108 se tuvo el mayor número de especímenes que fue 16, sin embargo, a la semana siguiente en el día 115 reduce a 7 hemípteros, pero vuelve aumentar a 11 especímenes en el día 122. Para finalizar la evaluación en la fase de maduración de tubérculos en los días 136 y 143 se tiene una reducción de 7 y 6 especímenes, pero en el día 150 incrementa a 8 hemípteros (Figura 39).

El orden Hymenoptera, que durante el desarrollo vegetativo y fase de floración se contó con un promedio de 5 insectos, pero en la etapa de desarrollo de tubérculos se contó con 18 especímenes haciendo referencia al día 108, para posterior mantener una dinámica poblacional de aproximadamente 5 himenópteros y al finalizar en el día 150 incrementa a 10 individuos (Figura 39).

Así también, se tiene el orden Thysanoptera que inició con una población de 1 individuo en el día 66 y este en los días 73, 80, 87 y 94 se incrementa a 2, 4, 6 y 9 trips respectivamente, pero al día 101 reduce significativamente a 1 insecto, no obstante, vuelve con un incremento de 12 especímenes y nuevamente vuelve a decrecer a 1 trip y para terminar en el día 150 se contó con 14 especímenes (Figura 39).

Mediante el manejo convencional con insecticidas se tiene que en el orden diptera su dinámica poblacional reduce cerca del 82%, similar al orden hemiptera que bajó un 68% la presencia de insectos, mientras que el orden Hymenoptera redujo hasta un 88% de su población y el orden thysanoptera decreció hasta el 92% de especímenes para lo cual Chirinos *et al.* (2020) mencionan que con la utilización de insecticidas del grupo I y II causan cerca del 80% de la reducción de la población de los órdenes de insectos que han sido mencionados. Por lo cual se encuentran dentro del mismo rango con respecto a la reducción de la dinámica poblacional. Así también, Castresana *et al.* (2019) mencionan que la utilización de productos químicos de amplio espectro como los insecticidas mencionados controlan a insectos y se debe mantener una constante aplicación para mantener esta población baja.

Los manejos de hongos entomopatógenos tuvieron un bajo número de dípteros en comparación con el manejo convencional esto se debe que los hongos no son selectivos y atacan a todos los insectos en cambio, los ingredientes activos del manejo convencional son selectivos y atacan a una plaga en específico por eso existió una mayor presencia de moscas en este manejo, no se controló la presencia de mosca al no causar daños en el cultivo en comparación con otras plagas.

#### **4.7 Entomofauna muestreada con Red entomológica**

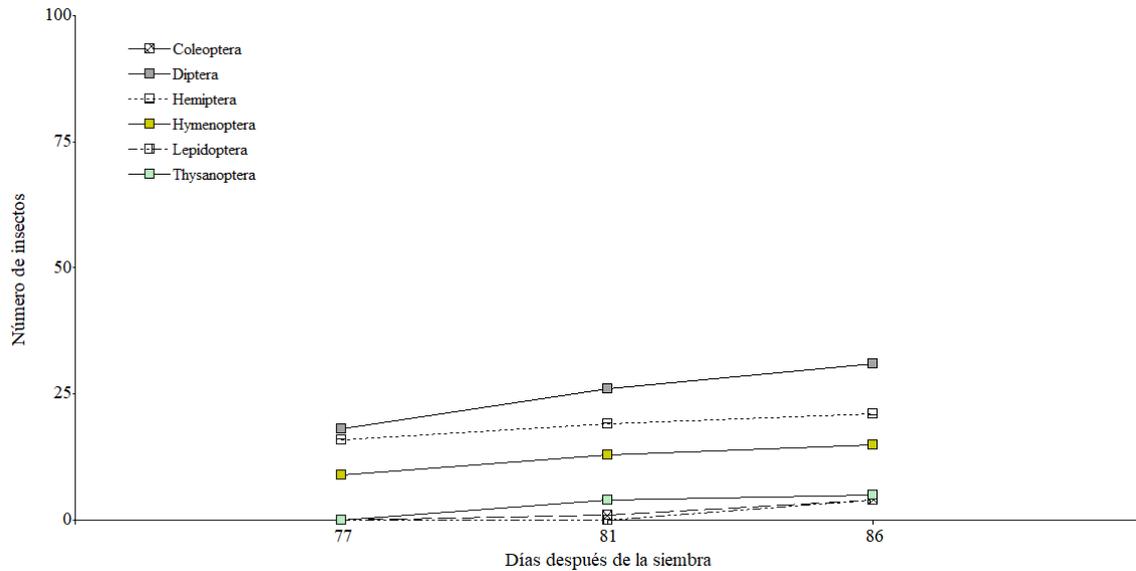
Cuando se realizó el muestreo con la red entomológica, se encontraron órdenes como Diptera, Coleoptera, Hemiptera, Himenoptera, Lepidoptera y Thysanoptera tanto en el margen funcional como dentro del cultivo, donde el orden Diptera se presentó en mayor cantidad.

##### **a. Margen funcional**

Cuando el cultivo de papa estuvo en el 25, 50 y 100% de floración en los días 77, 81 y 86 respectivamente después de la siembra se recolectó una mayor cantidad de especímenes del orden diptera (18, 26 y 31 especímenes), seguido de hemípteros (16, 19 y 21 especímenes), himenoptera (9, 13 y 15 especímenes), thysanoptera (4 y 5 especímenes) no estuvo presente en el 25% de floración, así como también coleoptera (1 y 4) especímenes y finalmente lepidoptera (4 especímenes) solo en el 100% de la floración, cada uno de los órdenes tiene un crecimiento ascendente con el paso de los días (Figura 40).

**Figura 40**

Número de insectos identificados por orden taxonómico en relación a los días después de la siembra presentes en el margen funcional.



Dentro de los márgenes funcionales se puede conseguir enemigos naturales del orden Himenoptera (*Tamarixia triozae*) o Coleoptero (*Stethorus punctillum*) Mesinas (2019) que son insectos parasitarios de *B. cockerelli* S. Por lo cual, en la investigación de Blanco y Leyva (2007) destacan insectos del orden Diptera, Hymenoptera, Coleoptera y Lepidoptera que se encuentran mayormente presentes en arvenses utilizadas como márgenes funcionales, mientras que los órdenes hemiptera y thysanoptera no estuvieron presentes. Así también en la investigación de Aupas (2020) se encontró insectos de los órdenes coleoptera, diptera, hemiptera, himenoptero, lepidoptera, neuroptera y orthoptera dentro de plantas arvenses, donde se presentaron poblaciones de 8 999 insectos himenópteros, seguido de 3 588 dípteros, 2 518 hemípteros y 858 coleópteros, el número alto de especímenes se debe al número de veces que se realizó el paso con la red entomológica que fueron 10 a diferencia del lote naranjito que solo se realizó un pase en el margen funcional considerando los diferentes estados de floración del cultivo de papa.

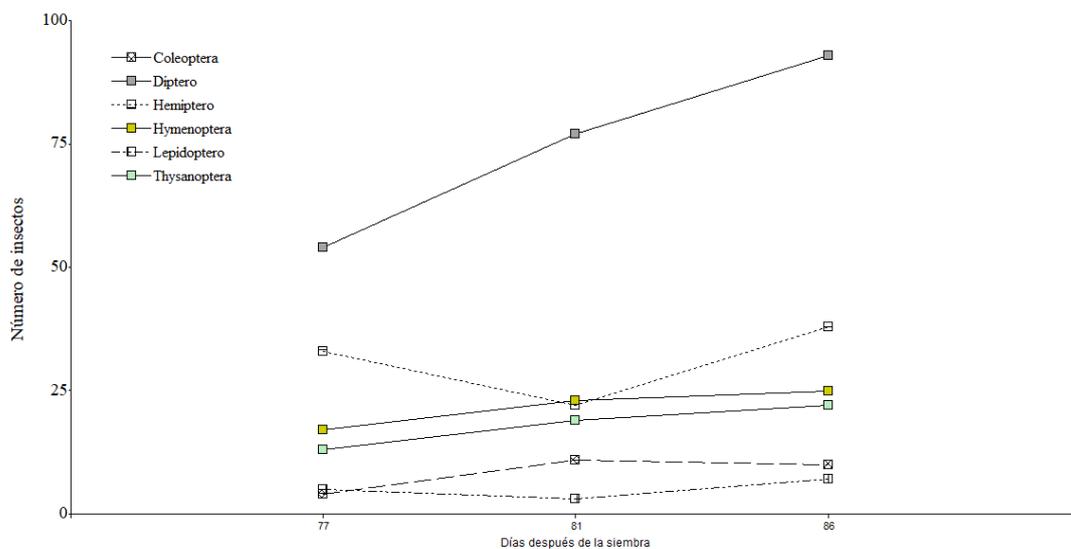
### **b. Cultivo**

Los órdenes de insectos que fueron recolectados por la red entomológica en los distintos porcentajes de floración demuestran que el orden Diptera en el día 77 se recolectó 54 insectos teniendo un crecimiento hasta el día 86 con 93 especímenes, de manera similar actúan los órdenes Hymenoptera y Thysanoptera que se muestreo 17 y 13 especímenes en el día 77 y para el día 86 presentó un ligero aumento de su población a 25 y 22 insectos respectivamente. Por el contrario, el orden Hemiptera en el día 77 se recolectó 33 hemípteros y para el día 81 se reduce a 22 insectos, pero al contar con el 100% de la floración del cultivo en el día 86 se presentó un ligero aumento a 25 especies, de manera similar actúa el orden Lepidoptera que en día 77 se recolectó 5 individuos, después reduce a 3 especímenes en el día 81 y vuelve aumentar a la siguiente semana en el día 86 a 7 insectos. A diferencia del orden Coleoptera

que en el día 77 se muestreó 4 especímenes e incrementa a 11 individuos en el día 81 para finalizar en el día 86 con una mínima disminución a 10 insectos (Figura 41).

**Figura 41**

*Número de insectos identificados por orden taxonómico en relación a los días después de la siembra presentes en el cultivo de papa.*



Según la investigación realizada por Cevallos y Mantilla (2008) se menciona que encontraron poblaciones de insectos como *Frankliniella* sp. (Thysanoptera), *Liriomyza* sp. (Diptera), *Trialeurodes vaporariorum*, *Empoasca* sp. (Hemiptera), *Premnotrypes vorax*, *Epitrix* sp. (Coleopteros), *Tecia solanivora* (Lepidoptera) y el que mayor predominancia tuvo en la investigación fue *Frankliniella* sp. en el cultivo de papa, mientras que en el lote del Naranjito siempre el más predominante fue del orden diptera. Los resultados se asemejan a la investigación mencionada a excepción que no se contó con la presencia de *Trialeurodes vaporariorum* (mosca blanca) en el cultivo y los insectos himenópteros presentes fueron parte de la polinización de las inflorescencias del cultivo de papa.

#### 4.8 Insectos infestados

Se encontró 5 insectos con la presencia de esporas de *Beauveria bassiana*, especímenes del orden diptera, lepidoptera y hemiptera (Tabla 16) por el contrario, no se encontró ningún insecto con la presencia de esporas de los otros hongos entomopatógenos en los manejos de *M. anisopliae* y *P. lilacinus*.

**Tabla 16**

*Insectos infestados por hongos entomopatógenos.*

INSECTOS INFESTADOS		
Tipo de manejo	Número de insecto	Orden insecto
	3	Diptera
<i>Beauveria bassiana</i>	1	Lepidoptera
	1	Hemiptera
<i>Metarhizium anisopliae</i>	0	0
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	0	0

A pesar que se tuvo la misma concentración de conidios en *M. anisopliae* y *B. bassiana*, solo la cepa de *B. bassiana* resultó ser más virulenta logrando infestar a 5 insectos de los diferentes ordenes, en el estudio de Aziz y Lárez (2015) mencionan que puede *B. bassiana* llegar a causar desde el 50 al 95% de mortalidad en dípteros, así también en la investigación de Malpartida *et al.* (2013) que para lepidópteros puede llegar hasta el 100% de mortalidad por lo que se podría deber a la rusticidad de este entomopatógeno (Chiriboga *et al.*, 2015).

#### 4.9 Rendimiento por categoría y manejo

Los resultados del análisis de varianza para el rendimiento de cada manejo indica que existe interacción ( $F=4.33$ ;  $gl= 6, 22$  y  $p= 0.0050$ ) entre el manejo que se dio a cada uno respectivamente y la categoría de las papas como es primera, segunda y tercera (Tabla 17).

**Tabla 17**

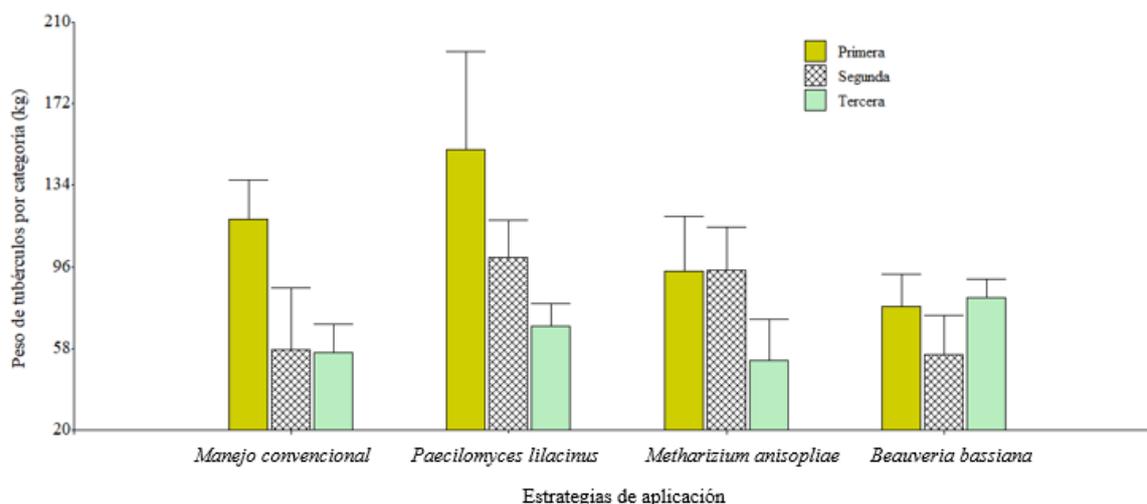
*Esquema de ADEVA de rendimiento por categoría y manejo en el cultivo de papa de la comunidad El Naranjito, Imbabura.*

Fuentes de variación	Gl Fv	Gl Eex	F – valor	P – valor
Manejo	3	22	1.72	0.1931
Categoría	2	22	22.21	<0.0001
Manejo: categoría	6	22	4.33	0.0050

Por lo cual en el manejo con *P. lilacinus* presentó un rendimiento de 150 kg de primera, 100 kg de segunda y 68 kg de tercera, seguido del manejo convencional con 118 kg en la categoría primera, 57 kg de segunda y 56 kg de tercera, por consiguiente, se tiene que el manejo con *M. anisopliae* presentó 94 kg en la categoría primera y segunda mientras que en la categoría tercera presentó 52 kg y por último se tiene el manejo con *B. bassiana* presentando rendimientos de 77 kg en primera, 55 kg en segunda y 81 kg en tercera, siendo así el menor rendimiento de todos los manejos (Figura 42).

**Figura 42**

*Peso de tubérculos con respecto a las estrategias de aplicación en la localidad de El Naranjito*



En consecuencia, el manejo de *P. lilacinus* puede llegar a obtener rendimientos de 27 t/ha, *M. anisopliae* 20 t/ha, *B. bassiana* 18 t/ha en cuanto a los hongos entomopatógenos, por otro lado, se tuvo el manejo convencional con 19 t/ha. Por lo que, si existen las condiciones climáticas favorables para la proliferación de este microorganismo, se puede obtener mayor rendimiento en el manejo de *P. lilacinus*.

Por lo cual, en la investigación de Guapi (2012) se tiene que al utilizar un controlador biológico como *B. bassiana* se obtuvo 19 t/ha, siendo así el rendimiento similar que en el lote del Naranjito. A diferencia del manejo *M. anisopliae* en la investigación de Elizondo *et al.* (2011) se tuvo rendimientos de 30 t/ha con la variedad Chieftain, este rendimiento no concuerda con el lote del Naranjito, debido a que se tuvo 7 t/ha menos que lo citado en la investigación.

Por otro lado, *P. lilacinus* ha presentado rendimientos de 32 t/ha Cañón y Sanabria (2017) debido a que se tuvo las condiciones edafoclimáticas adecuadas para la proliferación de este hongo para obtener un mayor rendimiento y por último según el INIAP (2016) en el manejo convencional se llega a obtener un promedio de 15 a 30 t/ha, todo dependerá de las variedades utilizadas para obtener un rendimiento mayor.

Existe diferencias considerables con respecto los rendimientos del lote Naranjito y a lo que se menciona en los estudios citados por lo que se atribuye esta variación a las condiciones edafoclimáticas en cada manejo y al considerar a los microorganismos como bioestimulantes o sintetizadores de fósforo, en especial a *P. lilacinus* el cual se tuvo un mayor rendimiento del cultivo.

Existe un mayor incremento del rendimiento en el manejo de *P. lilacinus* porque influye en la transformación del fósforo en el suelo y la disponibilidad del mismo que por medio de ácidos orgánicos y enzimas hidrolíticas llegan a incrementar la movilización y disponibilidad por lo cual a mayor cantidad de fósforo en el suelo, mayor el rendimiento (Fernández y Rodríguez 2005).

#### **4.10 Análisis económico del cultivo de papa en el lote el Naranjito, Imbabura**

Dentro de los costos de producción, se consideró la preparación del terreno, actividades de siembra, labores agrícolas, labores realizadas para cosecha, los insumos utilizados como fertilizantes, fungicidas, insecticidas, hongo entomopatógeno, coadyuvantes y los costos indirectos. Para lo cual, en el lote del Naranjito se utilizó una mayor cantidad de fertilizantes, mismos que representan cerca del 41 a 46% del total de costos dependiendo del manejo convencional o con hongos entomopatógenos (Tabla 18).

Al aplicar una gran cantidad de fertilizante en el cultivo se podría mencionar que tuvo un mayor rendimiento bajo los manejos en estudio. Estos costos variarán dependiendo de las aplicaciones para contrarrestar los daños por plagas o enfermedades que estas ocasionen.

**Tabla 18**

Porcentaje de costos de producción bajo manejo convencional y hongos entomopatógenos en el lote del Naranjito.

Actividad	Manejo			
	Convencional	<i>B. bassiana</i>	<i>M. anisopliae</i>	<i>P. lilacinus</i>
	Costos %			
Preparación terreno	8.85	9.75	9.75	9.75
Siembra	4.62	5.09	5.09	5.09
Labores agrícolas	4.04	4.45	4.45	4.45
Cosecha	7.12	7.84	7.84	7.84
Fertilizantes	41.53	45.78	45.78	45.78
Insecticida u Hongo entomopatógeno	9.82	0.62	0.62	0.62
Fungicida	1.87	2.06	2.06	2.06
Coadyuvantes	2.46	2.71	2.71	2.71
Costos indirectos	19.69	21.7	21.7	21.7
<b>COSTO TOTAL (%)</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

Se efectuó el análisis de los costos de producción para lo cual el costo mediante un manejo convencional con insecticidas sintéticos está en 5 200 dólares (Tabla 19) que incluyen costos directos como preparación del terreno, siembra, labores agrícolas, insumos empleados (fertilizantes, funguicidas, coadyuvantes) mano de obra, a diferencia del manejo con hongos entomopatógenos los cuales cuentan con un valor de 4 717.25 dólares en costos de producción. Los detalles de los costos de producción se pueden visualizar en los anexos C, D, E y F correspondiente a los diferentes manejos que se utilizó.

**Tabla 19**

Costos de producción del cultivo de papa USD/ha en el año 2021.

Costos de producción	Manejo Convencional	<i>Beauveria bassiana</i>	<i>Paecilomyces lilacinus</i>	<i>Metharizium anisopliae</i>
<b>Costos Directos</b>	<b>4 176.3</b>	<b>3 693.45</b>	<b>3 693.45</b>	<b>3 693.45</b>
Preparación terreno	460	460	460	460
Siembra	240	240	240	240
Labores agrícolas	210	210	210	210
Cosecha	370	370	370	370
Fertilizantes	2 159.55	2 159.55	2 159.55	2 159.55
Insecticida u Hongo entomopatógeno	511.85	29	29	29
Fungicida	97	97	97	97
Coadyuvantes	127.9	127.9	127.9	127.9
<b>Costos Indirectos</b>	<b>1 023.8</b>	<b>1 023.8</b>	<b>1 023.8</b>	<b>1 023.8</b>
<b>TOTAL COSTOS (CD+CI)</b>	<b>5 200.1</b>	<b>4 717.25</b>	<b>4 717.25</b>	<b>4 717.25</b>
Rendimiento	19 t/ha	18 t/ha	27 t/ha	21 t/ha
<b>INGRESOS</b>	<b>4 836</b>	<b>4 667</b>	<b>7 007</b>	<b>5 447</b>
<b>Utilidad Neta</b>	<b>-364.1</b>	<b>-50.25</b>	<b>2 289.75</b>	<b>729.75</b>
<b>Relación costo/beneficio C/B</b>	<b>0.93</b>	<b>0.99</b>	<b>1.49</b>	<b>1.15</b>

Para la comercialización se estableció el precio en base al SIPA (Sistema de Información Pública Agropecuaria) que fue de 13 dólares por quintal. Por ende, los ingresos dependieron del valor en mercado y en base al rendimiento; el manejo convencional obtuvo 4 836 dólares de ingresos, así como *B. bassiana* 4 667 dólares, *P. lilacinus* 2 289.75 dólares y por último *M. anisopliae* 5 447 dólares.

Se consideró la utilidad neta de cada manejo, el cual *P. lilacinus* obtuvo una mayor retribución económica de 2 289.75 dólares, siendo así la relación costo/beneficio (C/B) de 1.49, ósea que, por cada dólar invertido, 0.49 centavos es de ganancia, resultando este manejo el mejor al obtener más ganancias, existe una pérdida de la utilidad en el manejo convencional y *B. bassiana* debido a que los costos de producción son más altos y el rendimiento no es el esperado, por lo cual, en el C/B el manejo convencional es de 0.93 y *B. bassiana* 0.99, no se obtiene ganancias económicas en estos manejos a diferencia de *M. anisopliae* que cuenta con C/B de 1.15, quedando como el segundo manejo con una mayor retribución económica.

Por lo tanto, Cuesta *et al.* (2002) menciona que obtiene rendimientos de hasta 15 t/ha con la implementación de un manejo convencional y un costo de producción de 3 200 dólares por hectárea. A diferencia del INIAP (2016) señala que con un rendimiento de 16 t/ha se puede obtener un costo de producción de 5 479.8 dólares. Por lo cual los costos de producción en el lote del Naranjito concuerdan con lo mencionado en el INIAP. Mientras que Peña *et al.* (2000) hace referencia que al utilizar controladores biológicos el gasto es más bajo cerca de

los 2 224 dólares, si se compara con esta investigación los costos de producción resultan ser más altos, debido por la cantidad de fertilizantes que se aplicó durante el ciclo del cultivo por lo cual muestra mayor rendimiento.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- En la presente investigación no se encontró estadíos de *Bactericera cockerelli* S. en las distintas etapas fenológicas del cultivo, lo que podría estar relacionado con factores ambientales y altitudinales de la comunidad El Naranjito (temperatura mínima 4 °C, temperatura máxima 20 °C a 3 320 m s.n.m.) condiciones que podrían haber influido en el desarrollo, reproducción y presencia del insecto vector en el cultivo de papa, debido a que el umbral de desarrollo del psílido consta de una temperatura mínima de 6 °C.
- Al no contar con semilla certificada, se infiere que este material vegetativo se encontraba infestado con la enfermedad debido a que se encontró síntomas de punta morada a partir de la fase de desarrollo vegetativo, la cual actuó como fuente de inóculo para su propagación, sin embargo, en la fase floración con la aplicación de *P. lilacinus* se evidenció una reducción al 78% de la incidencia de la sintomatología en comparación con los demás manejos.
- Se identificó nueve órdenes entomológicos como dípteros, hemípteros, himenoptera, lepidoptera, neuroptera, orthoptera, thysanoptera, aracnidos y coleoptera. El orden diptera tuvo una alta población en los cuatro manejos; con la aplicación de *P. lilacinus* se presentó un menor número de individuos (126 dípteros), ya que el manejo convencional superó con el 9% de ejemplares, mientras que en el manejo de *M. anisopliae* existió mayor cantidad de dípteros (201 especímenes), reflejando un 2% más que el manejo convencional, deduciendo que existió una mayor mortalidad de moscas debido a la virulencia que causó las aplicaciones de los hongos entomopatógenos.
- El manejo que obtuvo mayor rendimiento fue con la aplicación de *P. lilacinus* con 27 t/ha seguido del uso de *M. anisopliae* con 21 t/ha, en cambio el rendimiento presentado con el manejo convencional fue 19 t/ha, mientras que la producción del uso de *B. bassiana* resultó 18 t/ha. Lo cual con base a la producción nacional de pequeños productores se ajusta al rango de 13 a 22 t/ha. Por lo tanto, el manejo con mayor retribución económica fue con las aplicaciones de *P. lilacinus* ya que arrojó una ganancia de 0.49 ctvs. por cada dólar invertido; lo que implicó una mayor utilidad para el productor con el uso de hongos entomopatógenos.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Hacer una evaluación de compatibilidad de los hongos entomopatógenos *P. lilacinus*, *M. anisopliae* y *B. bassiana* con respecto a los fungicidas (Azoxystrobin, propineb y cymoxanil) utilizados por los agricultores en el cultivo de papa para garantizar la proliferación de estos hongos en campo.
- Realizar pruebas porcentuales de la concentración de conidios en los hongos entomopatógenos en diferentes estadios de plagas para determinar la efectividad de los microorganismos, de manera simultánea llevar a cabo pruebas de fitotoxicidad en el cultivo en campo.
- Evaluar la eficiencia de los hongos entomopatógenos en diferentes condiciones agroclimáticas como: temperatura, pisos altitudinales, humedad relativa, precipitaciones, fotosensibilidad, sobre todo en localidades con alta incidencia de proliferación de *B. cockerelli* S.
- Realizar una evaluación en zonas óptimas para la producción papa o que presenten una baja incidencia de *B. cockerelli* S. así como el lote El Naranjito mediante la implementación de un manejo sustentable con prácticas agroecológicas como el uso de plantas trampa, barrera y el aumento de servicios ecosistémicos para re potencializar el rendimiento del cultivo.

## REFERENCIAS

- Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario (Agrocalidad). (2013). Normativa General para promover y regular la producción Orgánica-Biológica-Ecológica-Biológica en el Ecuador Acuerdo Ministerial N°299, Registro oficial N° 34. Ecuador.
- Aguilera, A. (2017). El costo-beneficio como herramienta de decisión en la inversión en actividades científicas. *Cofin Habana*. 322-343. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S207360612017000200022&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S207360612017000200022&lng=es&tlng=es)
- Aguirre, Z., Jaramillo, N. y Quizhpe, W. (2019). *Arvenses asociadas a cultivos y pastizales del Ecuador*. Universidad Nacional de Loja.
- Aldaz, L., Zapata, J., León, O., Vásquez, C., Mullo, J., Zapata, A., y Gutierrez, A. (2016). Compatibilidad y sobrevivencia de microorganismos benéficos de uso agrícola (*Beauveria bassiana*, *Bacillus thuringiensis* y *Paecilomyces lilacinus*) en compost. *Selva Andina Biosphere*. 4. 93-99. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7882145>
- Almentero, A. (2008). *Estrategias para el manejo agroecológico de los suelos para un uso agrícola sostenible en el municipio de San Juan de Betulia – Departamento de Sucre*. [Tesis de pregrado, Universidad de Sucre]. Repositorio institucional de la Universidad de Sucre. <https://docplayer.es/39324232-Estrategias-para-el-manejo-agroecologico-de-los-suelos-para-un-uso-agricola-sostenible-en-el-municipio-de-san-juan-de-betulia-departamento-de-sucre.html>
- Altieri, M., y Micholls, C. (2018). Agroecología: ciencia fundamental para el diseño de fincas resilientes a plagas. *Leisa revista de agroecología*. 34.1, 5-8.
- Alulima, M. (2012). *Alternativas agroecológicas para el manejo del café (Coffea arabica)* [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]. Repositorio institucional de la Universidad de Cuenca. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3251/1/TESIS.pdf>
- Álvarez, C., y Gutiérrez, D. (2020). *Evaluación de la eficiencia de Metarhizium sp y un insecticida comercial sobre la reducción de la población de larvas de Tecia solanivora*. [Tesis de Pregrado, Universidad de La Salle]. Repositorio institucional de la Universidad de La Salle. [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2858&context=ing\\_ambiental\\_sanitaria](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2858&context=ing_ambiental_sanitaria)
- Amaro, A., Lezcano, J., y Suris, M. (2019). Relación ecológica plantas arvenses-entomofauna beneficiosa en sistemas silvopastoriles del occidente de Cuba. *Pastos y Forrajes*. 42(1). 48-56. <https://orcid.org/0000-0003-1078-0605>
- Araujo, E., y Henrique, E. (2009). Hongos entomopatógenos: importante herramienta para el control de “Moscas blancas” (Homoptera: Aleyrodidae). *Ciencia Agronómica*. 209-242. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/25735/1/Maranhao.pdf>
- Asipuela, R., Guevara, M., Ramírez, H., y Martínez, M. (2015). Evaluación de hongos entomopatógenos como controladores biológicos de *Lincus* sp. (Hemiptera: Pentatomidae). *Protección Vegetal*. 94.

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S101027522015000400071&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S101027522015000400071&lng=es&tlng=es).

- Aziz, W., y Lárez, H. (2015). Catastrophic Behavior in Control of Domestic Fly by Using *Beauveria bassiana*. *Ciencia e Ingeniería*. 44-52. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/5075/507551264006/507551264006.pdf>
- Basantes, T., Aragón, J., Albuja, L., y Vázquez, L. (2020). Diagnóstico de los costos, rendimientos de producción y comercialización de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la Zona 1 del Ecuador, año 2019. *Revista e-Agronegocios*. 6(2). <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/eagronegocios/article/view/5103>
- Berdúo, E., Ruiz, A., Méndez, L., Mejía, L., Maxwell, D., y Sánchez, A. (2020). Detección de patógenos asociados a la enfermedad punta morada en los cultivos de pape y tomate en Guatemala. *Ciencia, tecnología y salud*. 7(2). <http://dx.doi.org/10.36829/63CTS.v7i2.794>
- 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>
- Blanco, Y., y Leyva, Á. (2007). Las arvenses en el agroecosistema y sus beneficios agroecológicos como hospederas de enemigos naturales. *Cultivos Tropicales*. 28. 21–28. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193217731003.pdf>
- Bujanos, R., y Ramos, C. (2015). *El psílido de la papa y tomate Bactericera (=Paratrioza) cockerelli (Sulc) (Hemiptera: Triozaidae): ciclo biológico; la relación con las enfermedades de las plantas y la estrategia del manejo integrado de plagas en la región del OIRSA*. Corporativo Editorial Tauro S.A. de C.V.
- Bustillo A. 2009. Evaluación de insecticidas químicos y biológicos para controlar *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) en cultivos de espárragos. *Revista colombiana de entomología* 35(1).12-17. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v35n1/v35n1a03.pdf>
- Calixto, C. (2005). Trips del suborden Terebrantia (Insecta: Thysanoptera) en la Sabana de Bogota. *Revista Colombiana de Entomología*, 31(2). 207-213. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-04882005000200017&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882005000200017&lng=en&tlng=es).
- Cañón, D., y Sanabria, S. (2017). *Evaluación de la acción de los hongos Paecilomyces lilacinus, Trichoderma harzianum y Lecanicillium lecanii sobre el nematodo Globodera pallida Stone (Behrens) en plantas de papa variedad criolla galeras*. [Proyecto de pregrado, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales]. Repositorio institucional de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. <https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/764/Trabajo%20de%20Graduacion%20Tesis%20Escrito.pdf;jsessionid=F41E8E0DFBDBD8FD2A14EEB8F79C61DF?sequence=1>
- Castillo, A., Gómez, J., Infante, F., y Vega, F. (2009). Susceptibilidad del Parasitoide *Phymastichus coffea* LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) a *Beauveria bassiana* en Condiciones de Laboratorio. *Biological control*. 665-670. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2009000500017>

- Castillo, C., Carrillo, S., Bustamante, J., y Assunta, B. 2018. Detection and molecular characterization of a 16SrI-F phytoplasma in potato showing purple top disease in Ecuador. *Australasian Plant Pathology*.47:311–315.
- Castillo, C. (2019). *Punta morada de papa en Ecuador, actualidad*. [VIII Congreso ecuatoriano de la papa soberanía alimentaria y nutrición]. Centro de cultura y deportes Campus Huachi. <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/107869/LIBRO%20ARTICULOS%20VIII%20CONGRESO%20PAPA%202019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castresana, J., Rosenbaum, J., y Gagliano, E. (2019). Transición del manejo de plagas convencional hacia el agroecológico mediante la transferencia de técnicas de control integrado de plagas en tomate bajo cubierta en Concordia - Provincia de Entre Ríos, Argentina. *Idesia (Arica)*, 37(3). 17-27. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292019000300017>
- Castro, J. (2009). *Repelencia de extractos crudos sobre adultos de Bactericera cockerelli (Sulc) en papa, bajo condiciones de laboratorio* [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Repositorio institucional de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4300/T17319%20CASTRO%20HERRERA%2c%20JUAN%20CARLOS%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Centro Internacional de la Papa (CIP) e Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). (2002). Yanggen, D., Crissman, C., y Espinosa, P. (Eds.). *Los plaguicidas – Impactos en producción, salud y medio ambiente en Carchi, Ecuador* (1.a ed.).
- Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). (2002). Román, M., y Hurtado, G. (Eds). Cultivo de la papa. *Guía técnica*.
- Cerón, C., Lomeli, R., Rodríguez, E., y Torres, A. (2018). Fecundidad y alimentación de Tamarixia triozae (Hymenoptera: Eulophidae) sobre el psílido de la papa Bactericera cockerelli. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 5(5), 893–899. <https://doi.org/10.29312/remexca.v5i5.912>
- Cevallos, G., y Mantilla, J. (2008). *Levantamiento de plagas insectiles de papa (Solanum tuberosum) en cuatro formaciones ecológicas de la Serranía Ecuatoriana*. [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica del Ejercito]. Repositorio institucional de la Escuela Politécnica del Ejercito. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2517/1/T-ESPE-IASA%20I-003819.pdf>
- 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*, vol, 44, 5, 587-597. <https://www.redalyc.org/pdf/302/30215550008.pdf>
- Chiribiga, H., Gómez, G., y Garcés, K. (2015). *Beauveria bassiana* hongo entomopatógeno para el control biológico de hormigas cortadoras. *Protocolos para formulación y aplicación del bio-insumo*. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/2646/BVE17038724e.pdf;jsessionid=DEDDDB7234E22965CC36405730F982B7B?sequence=1>

- Chirinos, T., Castro, R., Cun, J., Castro, J., Peñarrieta, S., Solis, L., y Geraud, F. (2020). Los insecticidas y el control de plagas agrícolas: la magnitud de su uso en cultivos de algunas provincias de Ecuador. *Ciencia Tecnología Agropecuaria*. 1-16. 10.21930/rcta.vol21\_num1\_art:1276.
- Contreras, A., Gutiérrez, A., Sánchez, J., Silva, H., y Laguna, A. (2016). Comportamiento espacial de Zebra chip y *bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae) en *Solanum tuberosum* L. en valles altos de México. *FCA UNCUYO*. 49. 175-184. <http://www.scielo.org.ar/pdf/refca/v49n1/v49n1a15.pdf>
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). arts. 13. 15. 71-74.
- Coordinación General del Sistema de Información Nacional (CGSIN). 2018. Informe de redimimientos de papa en el Ecuador.
- Cordova, V. (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 Tecnológica de Bolívar]. Repositorio institucional de la Universidad Tecnológica de Bolívar. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6458/E-UTB-FACIAG-ING AGRON-000169.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cuesta, X., Lucero, H., y Reinoso, I. (2002). Ficha técnica de la variedad de papa. *Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)*.
- 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 institucional de la Universidad Central del Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/21455/1/T-UCE-0004-CAG-244.pdf>
- Duran, Y., Otero, G., Ortega, L., Arriola, V., Mora, J., Nava, A., y García, P. (2017). Evaluación de insecticidas para control de trips y ácaros plagas del mango (*Mangifera indica* L.) en Tierra Caliente, Guerrero, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 381-394. <https://www.redalyc.org/pdf/939/93953814008.pdf>
- Egúsqüiza, B. (2000). *La papa producción, transformación y comercialización*. Prisma. <https://books.google.com.ec/books?id=6ciGbBX0uFwC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Elias, M. (2002). *Efecto de las condiciones operacionales de fermentación sobre la producción de Paecilomyces fumosoroseus cepa 612 en cultivo sumergido*. [Tesis de postgrado, Universidad Autónoma de Nuevo León]. Repositorio institucional de la Universidad Autónoma de Nuevo León. <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/5063>
- Elisante, F., Ndakidemi, P., Arnold, E., Belmain, S., Gurr, G., Darbyshire, I., Xie, G., Tumbo, J., y Stevenson, P. (2019). Enhancing knowledge among smallholders on pollinators and supporting field margins for sustainable food security. *Journal of Rural Studies*, 70, 75-86. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2019.07.004>
- Elizondo, A., Milán, M., Tejeda, M., y Rojas, P. (2016). Comportamiento de las poblaciones de trips (Thysanoptera: Thripidae) y *Nesidiocoris tenuis* Reuter (Hemiptera: Miridae)

- en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en Cuba. *Fitosanidad* 20(3). 137-140. <https://www.redalyc.org/pdf/2091/209155121005.pdf>
- Elizondo, A., Murguido, C., y Matamoros, M. (2011). Patogenicidad de los hongos *Metarhizium anisopliae* (Metschn.), *Lecanicillium lecanii* (zimm.) Zare & gams y *Beauveria bassiana* (bals.-criv.) Vuill. Sobre thrips palmi karny en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Fitosanidad*. 147-151. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209122682003>
- Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC). 2020. *Superficie, según producción y ventas de papa (Tubérculo fresco) por región y provincia*.
- Espinosa, P., Crissman, C., e Hixon, A. (1996). Contabilidad para los costos de producción de semillas de papa: un mecanismo de administración con base en una hoja de cálculo computarizada.
- 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]. Repositorio institucional de la Universidad Central del Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/21456>
- Fernández, J. (2020). *Evaluación de la actividad biopesticida del hongo entomopatógeno Beauveria bassiana sobre la broca del café (Hypothenemus hampei)*. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca]. Repositorio institucional de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19620/1/UPS-CT008915.pdf>
- Fernández, M., y Rodríguez, H. (2005). El papel de la solubilización de fósforo en los biofertilizantes microbianos. *ICIDCA Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*. 27-34. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223120688005>
- Frye, O., y García, Y. (2012). *Evaluación y uso de potencia (Paecilomyces fumosoroseus) en el manejo integrado del acaro blanco causante del vaneamiento del arroz Steneotarsonemus spinki Smiley, 1967 en el municipio de Ambalema - Tolima*. [Tesis de pregrado, Universidad del Tolima]. Repositorio institucional de la Universidad del Tolima. <http://repository.ut.edu.co/handle/001/1096>
- García, C., y González, M. (2010). Uso de bioinsecticidas para el control de plagas de hortalizas en comunidades rurales. *Sociedad, cultura y desarrollo sustentable*. 17-22. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3205249>
- Giffoni, J., Valera, N., Díaz, F., y Vásquez, C. (2007). Ciclo biológico de *Chrysoperla externa* (hagen) (neuroptera: chrysopidae) alimentada con diferentes presas. *Bioagro*. 19, 2. 109-113. <https://www.redalyc.org/pdf/857/85719207.pdf>
- Gómez, C., Amaya, I., Cruz, R. D., Rodríguez, R., & Aguilar, C. N. (2017). Tenebrio molitor biomass as inducer of lipases and proteases produced by *Paecilomyces fumosoroseus*. *Mexican Journal of Biotechnology*, 2(2), 142–150. <https://doi.org/10.29267/mxjb.2017.2.2.142>
- Góngora, C., Laiton, L., Gil, Z., y Benavides, P. (2020). Evaluación de *Beauveria bassiana* para el control de *Monalonion velezangeli* (Hemiptera: Miridae) en el cultivo del café. *Colomb. Entomol.* 46(1). 10.25100/socolen.v46i1.7685

- González, M., Tiwari, S., Sharma, S., y Wratten, S. (2019). Habitat Management for Pest Management: Limitations and Prospects. *Annals of the Entomological Society of America*, vol, 112, 4, 302-317. <https://doi.org/10.1093/aesa/saz020>
- Grández, J. (2010). *Ensayos de dos hongos entomopatógenos para el control de empooasca kraemeri en piñón blanco, en el distrito de la banda de shilcayo, San Martín*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto. [https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/608/TFCA\\_142.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/608/TFCA_142.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Guacán, S. (2021). *Evaluación de la dinámica poblacional de Bactericera cockerelli Šulc. en el cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) en la parroquia La Esperanza, Imbabura* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio institucional de la Universidad Técnica del Norte. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11427>
- Guacán, S. (2021). *Evaluación de la dinámica poblacional de bactericera cockerelli sulc. en el cultivo de papa (Solanum Tuberosum L.) en la parroquia la Esperanza, Imbabura*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio institucional de la Universidad Técnica del Norte. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11427>
- Guagalango, F. (2020). Evaluación de la aplicación de Beauveria bassiana y Metarhizium anisopliae para el control de trips (Frankliniella occidentalis) en rosas [Tesis de Pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio institucional de la Universidad Central del Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/21410>
- Guanipatín, M. (2012). *Aplicación de biol en el cultivo establecido de alfalfa*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio institucional de la Universidad Técnica de Ambato. [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/969/1/Tesis\\_009agr.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/969/1/Tesis_009agr.pdf)
- Guapi, A. (2012). *Evaluación de la eficiencia de bioformulado de Beauveria bassiana., y tipos de aplicación para el control del gusano blanco en la papa (Premnotrypes vorax), en dos localidades de la provincia de Chimborazo*. [Tesis de Pregrado, Escuela Superior Politecnica de Chimborazo]. Repositorio institucional de Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. <https://www.cabi.org/wp-content/uploads/Guapi-2013-Efficacy-of-Beauveria.pdf>
- Gutiérrez, A., Saldarriaga, Y., Uribe, S., Zuluaga, M., y Pineda, F. (2005). Patogenicidad de Paecilomyces lilacinus y Metarhizium anisopliae sobre termitas Microcerotermes sp. (Isoptera: Termitidae). *Entomología*. 9-14. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v31n1/v31n1a03.pdf>
- Gutiérrez, A., Sánchez, J., Laguna, A., Ramírez, J., Balbuena, A., y Alvarado, O. (2013). Detección de Ca Liberibacter solanacearum y fitoplasmas en cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) en el Valle de Toluca. *Biotecnología*. 15(1). <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/39844>
- 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 institucional

- Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.  
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/42456/K%2064924%20GUTIERREZ%20GUERRA%20RUBI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hernández, F., García, L., Figueroa, K., Salinas, J., Sangerman, D., y Díaz, E. (2019). Análisis de las investigaciones sobre *Metarhizium anisopliae* en los últimos 40 años. *Ciencias agrícolas*, 10(22), 155-166. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i22.1866>
- Inglis, P., y Tigano, M. (2006). Identification and taxonomy of some entomopathogenic *Paecilomyces* spp. (Ascomycota) isolates using rDNA-ITS sequences. *Genetics and Molecular Biology*. 29(1), 132–136. <https://doi.org/10.1590/S1415-47572006000100025>
- Inostroza, F., Méndez, P., y Sotomayor, T. (2009). Botánica y morfología de la papa. *Boletín INIA-Instituto de Investigaciones Agropecuarias*. 193. <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/7281>
- Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). 2020. *Situación y perspectivas punta morada de la papa y *Bactericera cockerelli* en Ecuador*. <https://nfxms1019hx1xmtstxk3k9sko-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2020/01/C.Castillo-Day-1.pdf>
- Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). 2002. *Control biológico de la mosca minadora *Liriomyza huidobrensis*, en papa *Solanum tuberosum*, mediante el uso de dos parasitoides, *Diglyphus* sp. y *Chrysocharis* sp. Carchi*. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4409/1/iniapscCDEVENTOS%20CIENT%20C3%8DFICOS23.pdf>
- Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y Centro internacional de la papa (CIP). (2002). Pumisacho, M. y Sherwood, C. (Eds.). *El cultivo de la papa en Ecuador* (1.<sup>a</sup> ed.).
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). (2018). Cuesta, X., Peñaherrera, D., Velásquez, J., Castillo, C. (Eds.). Guía de manejo de la punta morada de la papa. *Manual técnico*. 104.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). (2016). Costos de producción de papa variedad fripapa.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). 2014. Uso y manejo de agroquímicos en la Agricultura. [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/plaguicidas/Plaguicidas-2014/Modulo\\_Uso\\_y\\_Manejo\\_de\\_Agroquimicos.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/plaguicidas/Plaguicidas-2014/Modulo_Uso_y_Manejo_de_Agroquimicos.pdf)
- Jiménez, E. (2009). *Métodos de control de plagas* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional Agraria. <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENH10J61me.pdf>
- Jirón, R., Nava, U., Jiménez, F., Albarado, O., Ávila, V., y García, J. (2016). Densidades de *Bactericera cockerelli* (Sulc) e Incidencia del “Permanente del Tomate” en Diferentes Condiciones de Producción del Tomate. *Southwestern Entomologist*. vol. 41. 1085-1092. [https://www.researchgate.net/publication/311215358\\_Densidades\\_de\\_Bactericera\\_](https://www.researchgate.net/publication/311215358_Densidades_de_Bactericera_)

cockerelli\_Sulc\_e\_Incidencia\_del\_Permanente\_del\_Tomate\_en\_Diferentes\_Condiciones\_de\_Produccion\_del\_Tomate

- Julca, A., Meneses, L., Blas, R., & Bello, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia (Arica)*, 24(1), 49–61. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292006000100009>
- Lattuca, A., Mariatti, A., Cerilli, S., Rapallo, L. (2019). *Guía básica para la planificación y manejo Agroecológico de Cultivos*. (1.<sup>a</sup> ed.).
- Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria (LORSA). 2010. Arts. 9 y 24.
- López, E., y Orduz, S. (2002). *Metarhizium anisopliae* y *Trichoderma viride* controlan colonias de *Atta cephalotes* en campo mejor que un insecticida químico. *Biotecnología y Control Biológico*, 71-78.
- Malpartida, J., Narrea, M., y Dale, W. (2013). Patogenicidad de *Beauveria bassiana* (bals vuill., sobre el gusano defoliador del maracuyá *Dione juno* (Cramer) (Lepidoptera: Nymphalidae) en laboratorio. *Ecología Aplicada*, 12(2),75-81. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=34129468002>
- Manobanda, A. (2020). *Bioecología de Bactericera cockerelli* (Sulc) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en las provincias de Tungurahua y Cotopaxi. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio institucional de la Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/31417>
- Masapanta, J. (2020). *Monitoreo de Bactericera cockerelli en dos variedades de papa bajo manejo fitosanitario no químico en el cantón Pedro Moncayo*. [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio institucional de la Universidad Central del Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/21982>
- Mascaró, O. (2016). *Valor funcional de la vegetación de los márgenes de campos de cereal situados en áreas boscosas*. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica de Catalunya]. Repositorio institucional de la Universidad Politécnica de Catalunya. <http://hdl.handle.net/2117/110909>
- Matabanchoy A., Bustillo, A., Castro, U., Mesa, N., y Moreno, C. (2012). Eficacia de *Metarhizium anisopliae* para controlar *Aeneolamia varia* (Hemiptera: Cercopidae), en caña de azúcar. *Colombiana de Entomología*, 38(2), 177-181. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-04882012000200002&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882012000200002&lng=en&tlng=es)
- Mendoza, J., y Toledo, J. (2019). *El uso de agentes biológicos para el control de Frankliniella occidentalis (Pergande) en el cultivo de pepino (Cucumis sativus L.)*. [Proyecto de pregrado, Universidad Zamorano]. Repositorio institucional de la Universidad Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6703/1/CPA-2019-T048.pdf>
- Merino, C. (2017). *Efecto de los sustratos nutritivos en la producción y virulencia de Beauveria bassiana (Bálsamo) Vuillemin y Metarhizium anisopliae (Metschnikoff) Sorokin sobre un insecto plaga*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

[https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/6483/Merino\\_pc.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/6483/Merino_pc.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

- Mesinas, E. (2019). *Parasitoides de Bactericera cockerelli (Sulc) (Hemiptera: Triozidae) y su cría en solanáceas en Oaxaca*. [Tesis de pregrado, Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio institucional del Instituto Politécnico Nacional. [http://literatura.ciidiroaxaca.ipn.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/LITER\\_CIIDIRO AX/423/Mesinas%20Matias%2c%20E.%20E.%202019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://literatura.ciidiroaxaca.ipn.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/LITER_CIIDIRO AX/423/Mesinas%20Matias%2c%20E.%20E.%202019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (1986). Inventario de plagas, enfermedades y malezas del Ecuador.
- Mkenda, A., Ndakidemi, A., Stevenson, C., Sarah, E., Belmain, R., Chidege, M., y Gurr, M. (2019). Field margin vegetation in tropical african bean systems harbours diverse natural enemies for biological pest control in adjacent crops. *Sustainability (Switzerland)*, 11(22). <https://doi.org/10.3390/su11226399>
- Molina, D., y Espinal, R. (2000). Evaluación de *Beauveria bassiana* para el combate de insectos plaga en maíz almacenado. *Agronomía mesoamericana*, 11(2). <http://dx.doi.org/10.15517/am.v11i2.17301>
- Monzón, A. (2009). Uso y manejo bioplaguicidas a base de *Paecilomyces lilacinus* para el control de nematodos fitoparásitos. *Guía uso y manejo de Paecilomyces lilacinus*.
- Mora, J., Velasco, C., Mejía, A., y Flores, R. (2018). Midiendo pérdidas en la cadena papa en Ecuador. Centro Internacional de la Papa. 28.
- Morales, A., Milán, M., Montero, J., y Mirabal, L. (2013). El insecticida imidacloprid y los hongos *Metarhizium anisopliae*, *Lecanicillium lecanii* para el control de Thrips palmi en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*). *Fitosanidad*, 17(1) 31-34. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209128776005>
- Moreau, J., Desouhant, E., Louâpre, P., Goubault, M., Rajon, E., Jarrige, A., Menu, F., y Thiéry, D. (2017). How Host Plant and Fluctuating Environments Affect Insect Reproductive Strategies. *Advances in Botanical Research*. 81. 259–287. <https://doi.org/10.1016/bs.abr.2016.09.008>
- Munyanza, E., 2010. “Psyllids as vectors of emerging bacterial diseases of annual crops”. *Southwestern Entomologist*, 35(3):471-477.
- Muñoz, V., Toro, J., y Cleves, J. (2020). Evaluación económica en agroecosistemas convencionales y agroecológicos de Naranja Var. Valencia (*Citrus sinensis* L. Osbeck) en el departamento del Meta, Colombia. *Revista espacios*. 41, 36. 186-204. <http://www.revistaespacios.com/a20v41n36/a20v41n36p16.pdf>
- N. Tsvetkov, N., Samson, O., Sood, K., Patel, H., Malena, D., Gajiwala, P., Maciukiewicz, P., Fournier, V., y Zayed, A. (2017). Chronic exposure to neonicotinoids reduces honey bee health near corn crops. *Research*. 10.1126/science.aam7470
- Navarrete, I., Almekinders, C., Andrade, J., y Struik, P. (2020). Potato purple top in Ecuador: The story of disease dissemination. *In preparation*.
- Neethling, D. 2002. “The commercialization of *Paecilomyces lilacinus* as an agent for the control of plant-parasitic nematodes”. Fourth International Congress of Nematology Programme and Abstracts.

- Obando, A., Bustillo, A., Castro, U., y Mesa, C. (2013). Selección de cepas de *Metarhizium anisopliae* para el control de *Aeneolamia varia* (Hemiptera: Cercopidae). *Colombiana de Entomología*, 39(1), 26-33. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-04882013000100005&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882013000100005&lng=en&tlng=es).
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO). (2008). *Tesoro enterrado: la papa* [Archivo PDF]. <http://www.fao.org/ag/esp/revista/pdf/0611-1.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y Centro Internacional de la Papa (CIP). (2008). *Estudio de la cadena de la papa*. <https://docplayer.es/23911068-Estudio-de-la-cadena-de-la-papa-en-ecuador-fao-esa-cip.html>
- Ormeño, M., y Rosales, R. (2008). Control eficiente de la pulguilla de la papa (*Epitrix* spp.) con repelente a base de ruda (*Ruta graveolens* L.). *Aspectos fitosanitarios*. 49-51. <https://www.researchgate.net/publication/273321557>
- Osorio, A., y Canal, N. (2011). Selección de Cepas de Hongos Entomopatógenos para el Manejo de *Anastrepha obliqua* (Macquart, 1835) (Diptera: Tephritidae) en Colombia. *Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. 6129-6139. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v64n2/v64n2a10.pdf>
- Pacheco, L., Reséndiz, F., Arriola, V. (2019). Organismos entomopatógenos como control biológico en los sectores agropecuario y forestal de México: una revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 10, 5-20. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i56.496>
- Padilla, M., Mora, F., & Bonilla, N. (2012). Costa Rica adopta medidas para evitar ingreso de "Zebra chip". *Actualidad Fitosanitaria*. 52. 2-4. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AF-0052.pdf>
- Pattemore, J., Hane, J., Williams, A., Wilson, B., Stodart, B., y Ash, G. (2014). The genome sequence of the biocontrol fungus *Metarhizium anisopliae* and comparative genomics of *Metarhizium* species. *BMC Genomics*, 15(1), 1-15. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-15-660>
- Pec, J. (2017). *Evaluación del parasitismo de cepas de Metarhizium anisopliae (metsch.) sorokin, Beauveria bassiana (bals.) Vuillemin y Paecilomyces lilacinus (thom.) samson en ninfas de chinche salivosa Aeneolamia postica (walk.), bajo condiciones semicontroladas en la finca belén, diagnóstico y proyectos realizados en el ingenio la unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, C.A.* [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio institucional de la Universidad de San Carlos de Guatemala. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/8895/1/JUAN%20FRANCISCO%20PEC%20HERNANDEZ.pdf>
- Peña, L., Aurelio, M., Yepes, B., Mena, J., Sánchez, J., Gómez, L., y Maya, L. (2000). Evaluación del control del gusano blanco de la papa mediante la utilización del hongo entomopatógeno (*Beauveria bassiana*). *Investigación Agropecuaria*. [http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6427/1/20051130145540\\_R esumen%20Ejecutivo%20Estudio%20Gusano%20Papa.pdf](http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6427/1/20051130145540_R esumen%20Ejecutivo%20Estudio%20Gusano%20Papa.pdf)

- Pérez, W., Gamarra, H., Arango, E., Cruz, W., Kreuze, y Andrade, J. (2020). Taller internacional sobre prevención de la diseminación de las principales plagas y enfermedades de la papa en la región andina. *Informe del Taller de (RTB)*. <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/107923/RTB-Taller-prevencion-diseminacion-cultivo-papa.pdf?sequence=5>
- Porras, L., y Lecuona, R. (2008). Estudios de laboratorio para el control de *Ceratitits capitata* (Wiedmann) (Diptera: Tephritidae) (Mosca del Mediterráneo) con *Beauveria bassiana*. *Agronomía Costarricense*. 119-128. [https://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v32n02-119.pdf](https://www.mag.go.cr/rev_agr/v32n02-119.pdf)
- Programa Regional de Investigación e Innovación por Cadenas de Valor Agrícola (PRIICA). (2016). Manejo de la paratritioza (*Bactericera cockerelli*) en el cultivo de la papa. *Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. <http://repiica.iica.int/docs/B4174e/B4174e.pdf>
- Pucheta, M., Flores, A., Rodríguez, S., y De la Torre M. (2006). Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos. *Interciencia*, vol, 31, 856-860. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33901204.pdf>
- Ramos, D., y Terry A. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 35, 4, 52-59. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S025859362014000400007&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S025859362014000400007&lng=es&tlng=es).
- Reza, C. (2013). Control Biológico de poblaciones de hormigas Cortadoras de Hojas, del Género *Atta* (Hymenoptera: Formicidae). *Sanoplant*.
- Rios, C., Pérez, A., Salas, Á., Berlanga, I., Ornelas, D., Muñiz, H., Cambero, J., y Cuellar, L. (2014). Pathogenicity of the Hypocreales Fungi *Beauveria Bassiana* and *Metarhizium Anisopliae* Against Insect Pests of Tomato. *Southwestern Entomologist*. 39(4), 739-750, <https://doi.org/10.3958/059.039.0405>
- Rivas, V. (2020). *Efecto del control biológico del hongo Beauveria bassiana sobre el insecto planococcus citri, en condición in vitro- región Lambayeque*. [Tesis de pregrado, Universidad de Lambayeque]. Repositorio institucional de la Universidad de Lambayeque. <https://repositorio.udl.edu.pe/handle/UDL/419>
- Rivera, G., y Pinto, L. (2001). Evaluación de patogenicidad de aislamientos nativos de hongos entomopatógenos sobre el gusano blanco de la papa, *Premnotrypes vorax* (Hustache). *Colombiana de Biotecnología*. 3(2), 53-65. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/30076>
- Roberqui, M., y Jérez, E. (2015). Evaluación del rendimiento en papa (*Solanum tuberosum*, L.) a partir del comportamiento de las temperaturas. *Cultivos tropicales*. vol, 36, 93-97. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193237111012.pdf>
- Rubio, O., Almeyda, I., Cadena, M., y Lobato, R. (2011). Relación entre *Bactericera cockerelli* y presencia de *Candidatus Liberibacter psyllauros* en lotes comerciales de papa. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 2(1), 17-28. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v2n1/v2n1a2.pdf>
- Rubio, O., Almeyda, I., Ireta, J., Sánchez, J., Fernandez, R., Borbón, J., Díaz, C., Garzón, J., Rocha, R., & 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&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172006000200008&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Rubio, V., y Fereres, A. (2005). *Control biológico de plagas y enfermedades de los cultivos*. Biotecnología y medio ambiente. 215-229. <http://hdl.handle.net/10261/13780>
- Ruiz, E., Rosado, A., Chan W., y Munguía, R. (2009). Patogenicidad de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin sobre estados inmaduros de mosquita blanca (*Bemisia tabaci* Genn.). *Fitosanidad*, 13(2), 89-94. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S156230092009000200003&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S156230092009000200003&lng=es&tlng=es).
- Salvo, A., y Valladares, G. (2007). Parasitoides de minadores de hojas y manejo de plagas. *Ciencias e investigación agraria*. 34(3). 167-185. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ciagr/v34n3/art01.pdf>
- Santamaría, A., Costa, J., Rodríguez, J., y Ferrer, J. (1998). Ensayo del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin para el control de la mosca blanca de los cítricos *Aleurothrixus floccosus* (Maskell) (Homoptera: Aleyrodidae) y su acción sobre el parásito *Cales noacki* (Howard) (Hymenoptera: Aphelinidae). *Bol. San. Veg. Plagas*. 695-706. [https://www.miteco.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf\\_plagas%2FBSVP-24-04-695-706.pdf](https://www.miteco.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_plagas%2FBSVP-24-04-695-706.pdf)
- Sifuentes, E., Ruelas, J., Cervantes, J., Talamantes, I., Palacios, C., y Valenzuela, B. (2015). Fenología y tiempo en el manejo del riego y fertilización del cultivo de papa. *Revista de ciencias biológicas y de la salud*. 42-48.
- Silva C., Vergara, S., y Acevedo I., (2015) Rotación de cultivos. *Chillan: INIA Quilamapu. Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias*.308. <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/7859>
- Suárez, J., y Cortez, H. (2014). Transmisión horizontal de *Beauveria bassiana* en poblaciones controladas de *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Psyllidae). *Entomología Mexicana*. 1, 338-343.
- Toledo, C. (2019). *Beauveria bassiana* con flupyradifurone para controlar *Trialeurodes vaporariorum* Vuill en el cultivo de ejote francés. *Agronomía mesoamericana* 30(3). 648-658.
- Trujillo, Z., Pérez, R., Borroto, D., y Concepción, E. (2003). Efectividad de hongos entomopatógenos y *Bacillus thuringiensis* sobre *thrips palmi* Karny en el cultivo del pepino. *Fitosanidad*. 7(4),13-18. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209118173003>
- Vázquez, J. (2018). *Beauveria bassiana*: características, morfología, ciclo de vida. *Lifeder*. <https://www.lifeder.com/beauveria-bassiana/>
- Velázquez, J. (2019). Bioecología de *Bactericera cockerelli* Šulc, y métodos de detección, monitoreo y manejo en cultivo de tomate en México. *Revista profesional de sanidad vegetal*, 314. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7288929>
- Vignola, R., Watler. W., Vargas, A., y Morales, M. (2017). Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de papa en Costa Rica.

*Instituto Nacional de tecnología Agropecuaria-INTA.* 9.  
<http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/reduccion-impacto-por-eventos-climaticos/Informe-final-papa.pdf>

- Villegas, F. (2011). Hongos entomopatógenos para el control del psílido de la papa *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae) y su identificación molecular [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de San Luis Potosí]. Repositorio institucional de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. <https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/bitstream/handle/i/3411/MCA1HON01101.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Villegas, F., Díaz, O., Casas, J., Monreal, C., Tamayo, F., y Aguilar, S. (2017). Actividad de dos hongos entomopatógenos, identificados molecularmente, sobre *Bactericera cockerelli*. *Revista Colombiana de Entomología*, 43, 27-33. <https://doi.org/10.25100/socolen.v43i1.6643>
- Zumbado, M., y Azofeifa, D. (2018). Insectos de importancia agrícola. *Guía básica de entomología*. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/H10-10951.pdf>



**ANEXO B.**

Formato para contabilizar el daño en hoja por plagas como pulguita, minador y trips.

Monitoreo de <i>Bactericera cockerelli</i> o Insectos													
Nombre Lote		Beau B1			Tipo de manejo			Beauveria bogotana (Bloques)					
Fecha de evaluación		28/07/21			Estado fisiológico del cultivo			Floración tuberización					
Número planta	Número de <sup>Insectos</sup> <del>Niños</del> planta /daño									Insectos #			
	Parte baja			Parte media			Parte alta			huevo/planta/5min			
	H1	H2	H3	H1	H2	H3	H1	H2	H3	daño en hoja			
1	X	X		X			X		X				Trips
2													
3													
4													
5													
6					X								Masca minadora
7							X	X	X				trips
8													
9													
10				X									Pulguita
11				X	X		X	X	X				Trips
12							X	X					Trips
13													
14						X							Minador
15	X	X		X		X	X	X	X				Trips - Minador
16													
17													
18			X		X	X	X	X	X				Trips
19							X		X				Trips
20													

**Observaciones**

No se encontró presencia de *Bactericera* pero se agrega daños en las hojas a causa de otros insectos como pulguita, minador o trips.

## ANEXO C.

Costo de producción con un manejo convencional.

ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	Porcentaje	
<b>COSTOS DIRECTOS</b>						
<b>PREPARACIÓN TERRENO</b>						
Arado	horas/tractor	5	30	150	8.85	
Rastrado	horas/tractor	5	30	150		
Surcado	horas/animal	8	20	160		
<b>Subtotal</b>				<b>460</b>		
<b>SIEMBRA</b>						
Siembra	jornal	12	10	120	4.62	
Primer abonamiento	jornal	6	10	60		
Tapado	jornal	6	10	60		
<b>Subtotal</b>				<b>240</b>		
<b>LABORES AGRICOLAS</b>						
Segundo abonamiento	jornal	6	10	60	4.04	
Primer aporque	jornal	6	10	60		
Control fitosanitario	jornal	5	10	50		
Deshierbe	jornal	4	10	40		
<b>Subtotal</b>				<b>210</b>		
<b>COSECHA</b>						
Corte follaje	jornal	8	10	80	7.12	
Apertura de surcos	jornal	11	10	110		
Recolección tubérculos	jornal	8	10	80		
Selección y clasificación	jornal	10	10	100		
<b>Subtotal</b>				<b>370</b>		
<b>INSUMOS</b>						
<b>FERTILIZANTES</b>						
10-30-10	sacos	22	25.4	558.8	41.53	
18-46-0	sacos	22	25.8	567.6		
Yara complex	sacos	7	43.4	303.8		
Yara rafas	sacos	7	32.45	227.15		
Sulpomag	sacos	4	29.95	119.8		
N-S-Ca-Mg-Na-Fe	cc	4	3.81	15.24		
N-P-K-Ca-B	cc	5	12.4	62		
Bioinicio	cc	4	12.39	49.56		
SiO <sub>2</sub> -K <sub>2</sub> O	cc	5	8.4	42		
Bioflavonoides y fitoalexinas	ml	5	4.7	23.5		
N-P-K	kg	4	25.4	101.6		
K <sub>2</sub> O-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	ml	4	8.4	33.6		
N-P-K-Micronutrientes-algas-vitaminas y ácidos húmicos	ml	5	7.3	36.5		
Micronutrientes	gr	4	4.6	18.4		
<b>Subtotal</b>				<b>2159.6</b>		
<b>INSECTICIDAS</b>						
Acetamiprid-Piriproxifen-solvente naphtha	ml	4	17.3	69.2		9.84
Thimethoxam	cc	5	17.3	86.5		
Spinosad	cc	4	26.4	105.6		
Thiamethoxan. lambda. cyhalothrin	cm	5	12.85	64.25		
Acephate	g	5	2.05	10.25		
Azadiractina	cc	4	16.7	66.8		
Espirotetramato	cc	5	15.45	77.25		
Thiocyclam	g	4	8	32		
<b>Subtotal</b>				<b>511.85</b>		
<b>FUNGICIDAS</b>						
Azoxystrobin	ml	3	27	81	1.87	
Propineb-cymoxanil	g/ bomba	4	4	16		
<b>Subtotal</b>				<b>97</b>		
<b>COADYUVANTES</b>						
Alquil aril poliglicol éter	ml	5	1.8	9	2.46	
Trisiloxane ethoxilate	ml	5	5.1	25.5		
Sacos	unidad	467	0.2	93.4		
<b>Subtotal</b>				<b>127.9</b>		
<b>SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				<b>4176.3</b>		
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>						
Arriendo terreno	ha	1	300	300	19.69	
Asistencia técnica			400	400		
Interés crédito 5%	GLOBAL	1	208.8	304.8		
Depreciación				19		
<b>SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>				<b>1023.8</b>		
<b>COSTO TOAL</b>				<b>5200.1</b>		
<b>INGRESOS</b>						
Rendimiento promedio	19 t/ha	Cantidad qq	Precio			
Super chola		372	13	4836		
<b>TOTAL INGRESOS</b>				<b>4836</b>		
<b>BENEFICIO NETO</b>				<b>-364.1</b>		
<b>RELACION BENEFICIO/COSTO</b>				<b>0.93</b>		

## ANEXO D.

Costo de producción con un manejo de *Beauveria bassiana*.

ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	COSTO %	
<b>COSTOS DIRECTOS</b>						
<b>PREPARACION TERRENO</b>						
Arado	horas/tractor	5	30	150	9.75	
Rastrado	horas/tractor	5	30	150		
Surcado	horas/animal	8	20	160		
<b>Subtotal</b>				<b>460</b>		
<b>SIEMBRA</b>						
Siembra	jornal	12	10	120	5.09	
Primer abonamiento	jornal	6	10	60		
Tapado	jornal	6	10	60		
<b>Subtotal</b>				<b>240</b>		
<b>LABORES AGRICOLAS</b>						
Segundo abonamiento	jornal	6	10	60	4.45	
Primer aporque	jornal	6	10	60		
Control fitosanitario	jornal	5	10	50		
Deshierbe	jornal	4	10	40		
<b>Subtotal</b>				<b>210</b>		
<b>COSECHA</b>						
Corte follaje	jornal	8	10	80	7.84	
Apertura de surcos	jornal	11	10	110		
Recolección tubérculos	jornal	8	10	80		
Selección y clasificación	jornal	10	10	100		
<b>Subtotal</b>				<b>370</b>		
<b>INSUMOS</b>						
<b>FERTILIZANTES</b>						
10-30-10	sacos	22	25.4	558.8	45.78	
18-46-0	sacos	22	25.8	567.6		
Yara complex	sacos	7	43.4	303.8		
Yara rafas	sacos	7	32.45	227.15		
Sulpomag	sacos	4	29.95	119.8		
N-S-Ca-Mg-Na-Fe	cc	4	3.81	15.24		
N-P-K-Ca-B	cc	5	12.4	62		
Bioinicio	cc	4	12.39	49.56		
SiO <sub>2</sub> -K <sub>2</sub> O	cc	5	8.4	42		
Bioflavonoides y fitoalexinas	ml	5	4.7	23.5		
N-P-K	kg	4	25.4	101.6		
K <sub>2</sub> O-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	ml	4	8.4	33.6		
N-P-K-Micronutrientes-algas-vitaminas y ácidos húmicos	ml	5	7.3	36.5		
Micronutrientes	gr	4	4.6	18.4		
<b>Subtotal</b>				<b>2159.55</b>		
<b>Hongo entomopatógeno</b>						
<i>Beauveria bassiana</i>	gr	2	14.5	29		0.61
<b>Subtotal</b>				<b>29</b>		
<b>FUNGICIDAS</b>						
Azoxystrobin	ml	3	27	81	2.06	
Propineb-cymoxanil	g/ bomba	4	4	16		
<b>Subtotal</b>				<b>97</b>		
<b>COADYUVANTES</b>						
Alquil aril poliglicol éter	ml	5	1.8	9	2.71	
Trisiloxane ethoxilate	ml	5	5.1	25.5		
Sacos	unidad	467	0.2	93.4		
<b>Subtotal</b>				<b>127.9</b>		
<b>SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				<b>3693.45</b>		
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>						
Arriendo terreno	ha	1	300	300	21.70	
Asistencia técnica			400	400		
Interés crédito 5%	GLOBAL	1	184.7	304.8		
Depreciación				19		
<b>SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>				<b>1023.8</b>		
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>4717.25</b>		
<b>INGRESOS</b>						
Rendimiento promedio	18 t/ha	Cantidad qq	Precio			
Super chola		359	13	4667		
<b>TOTAL INGRESOS</b>				<b>4667</b>		
<b>BENEFICIO NETO</b>				<b>-50.25</b>		
<b>RELACION BENEFICIO/COSTO</b>				<b>0.99</b>		

## ANEXO E.

Costo de producción con un manejo de *Metarhizium anisopliae*.

ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	COSTO %
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>PREPARACION TERRENO</b>					
Arado	horas/tractor	5	30	150	
Rastrado	horas/tractor	5	30	150	9.75
Surcado	horas/animal	8	20	160	
<b>Subtotal</b>				<b>460</b>	
<b>SIEMBRA</b>					
Siembra	jomal	12	10	120	
Primer abonamiento	jomal	6	10	60	5.09
Tapado	jomal	6	10	60	
<b>Subtotal</b>				<b>240</b>	
<b>LABORES AGRICOLAS</b>					
Segundo abonamiento	jomal	6	10	60	
Primer aporque	jomal	6	10	60	
Control fitosanitario	jomal	5	10	50	4.45
Deshierbe	jomal	4	10	40	
<b>Subtotal</b>				<b>210</b>	
<b>COSECHA</b>					
Corte follaje	jomal	8	10	80	
Apertura de surcos	jomal	11	10	110	7.84
Recolección tubérculos	jomal	8	10	80	
Selección y clasificación	jomal	10	10	100	
<b>Subtotal</b>				<b>370</b>	
<b>INSUMOS</b>					
<b>FERTILIZANTES</b>					
10-30-10	sacos	22	25.4	558.8	
18-46-0	sacos	22	25.8	567.6	
Yara complex	sacos	7	43.4	303.8	
Yara rafas	sacos	7	32.45	227.15	
Sulpomag	sacos	4	29.95	119.8	
N-S-Ca-Mg-Na-Fe	cc	4	3.81	15.24	
N-P-K-Ca-B	cc	5	12.4	62	
Bioinicio	cc	4	12.39	49.56	45.78
SiO <sub>2</sub> -K <sub>2</sub> O	cc	5	8.4	42	
Bioflavonoides y fitoalexinas	ml	5	4.7	23.5	
N-P-K	kg	4	25.4	101.6	
K <sub>2</sub> O-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	ml	4	8.4	33.6	
N-P-K-Micronutrientes-algas-vitaminas y ácidos húmicos	ml	5	7.3	36.5	
Micronutrientes	gr	4	4.6	18.4	
<b>Subtotal</b>				<b>2159.55</b>	
<b>Hongo entomopatógeno</b>					
<i>Metarhizium anisopliae</i>	gr	2	14.5	29	0.61
<b>Subtotal</b>				<b>29</b>	
<b>FUNGICIDAS</b>					
Azoxystrobin	ml	3	27	81	2.06
Propineb-cymoxanil	g/ bomba	4	4	16	
<b>Subtotal</b>				<b>97</b>	
<b>COADYUVANTES</b>					
Alquil aril poliglicol éter	ml	5	1.8	9	
Trisiloxane ethoxilate	ml	5	5.1	25.5	2.71
Sacos	unidad	467	0.2	93.4	
<b>Subtotal</b>				<b>127.9</b>	
<b>SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				<b>3693.45</b>	
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Arriendo terreno	ha	1	300	300	
Asistencia técnica			400	400	
Interés crédito 5%	GLOBAL	1	184.7	304.8	21.70
Depreciación				19	
<b>SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>				<b>1023.8</b>	
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>4717.25</b>	
<b>INGRESOS</b>					
Rendimiento promedio	21 t/ha	Cantidad qq	Precio		
Super chola		419	13	5447	
<b>TOTAL INGRESOS</b>				<b>5447</b>	
<b>BENEFICIO NETO</b>				<b>729.75</b>	
<b>RELACION BENEFICIO/COSTO</b>				<b>1.15</b>	

**ANEXO F.**

**Costos de producción con un manejo *Paecilomyces lilacinus*.**

ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	COSTO %
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>PREPARACION TERRENO</b>					
Arado	horas/tractor	5	30	150	
Rastrado	horas/tractor	5	30	150	10
Surcado	horas/animal	8	20	160	
<b>Subtotal</b>				<b>460</b>	
<b>SIEMBRA</b>					
Siembra	jornal	12	10	120	
Primer abonamiento	jornal	6	10	60	5
Tapado	jornal	6	10	60	
<b>Subtotal</b>				<b>240</b>	
<b>LABORES AGRICOLAS</b>					
Segundo abonamiento	jornal	6	10	60	
Primer aporque	jornal	6	10	60	
Control fitosanitario	jornal	5	10	50	4
Deshierbe	jornal	4	10	40	
<b>Subtotal</b>				<b>210</b>	
<b>COSECHA</b>					
Corte follaje	jornal	8	10	80	
Apertura de surcos	jornal	11	10	110	8
Recolección tubérculos	jornal	8	10	80	
Selección y clasificación	jornal	10	10	100	
<b>Subtotal</b>				<b>370</b>	
<b>INSUMOS</b>					
<b>FERTILIZANTES</b>					
10-30-10	sacos	22	25.4	558.8	
18-46-0	sacos	22	25.8	567.6	
Yara complex	sacos	7	43.4	303.8	
Yara rafas	sacos	7	32.45	227.15	
Sulpomag	sacos	4	29.95	119.8	
N-S-Ca-Mg-Na-Fe	cc	4	3.81	15.24	
N-P-K-Ca-B	cc	5	12.4	62	
Bioinicio	cc	4	12.39	49.56	46
SiO <sub>2</sub> -K <sub>2</sub> O	cc	5	8.4	42	
Bioflavonoides y fitoalexinas	ml	5	4.7	23.5	
N-P-K	kg	4	25.4	101.6	
K <sub>2</sub> O-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	ml	4	8.4	33.6	
N-P-K-Micronutrientes-algas-vitaminas y ácidos húmicos	ml	5	7.3	36.5	
Micronutrientes	gr	4	4.6	18.4	
<b>Subtotal</b>				<b>2159.55</b>	
<b>Hongo entomopatógeno</b>					
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	gr	2	14.5	29	1
<b>Subtotal</b>				<b>29</b>	
<b>FUNGICIDAS</b>					
Azoxystrobin	ml	3	27	81	2
Propineb-cymoxanil	g/ bomba	4	4	16	
<b>Subtotal</b>				<b>97</b>	
<b>COADYUVANTES</b>					
Alquil aril poliglicol éter	ml	5	1.8	9	
Trisiloxane ethoxilate	ml	5	5.1	25.5	3
Sacos	unidad	467	0.2	93.4	
<b>Subtotal</b>				<b>127.9</b>	
<b>SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				<b>3693.45</b>	
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Arriendo terreno	ha	1	300	300	
Asistencia técnica			400	400	
Interés crédito 5%	GLOBAL	1	184.7	304.8	22
Depreciación				19	
<b>SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>				<b>1023.8</b>	
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>4717.25</b>	
<b>INGRESOS</b>					
Rendimiento promedio	27 t/ha	Cantidad qq	Precio		
Super chola		539	13	7007	
<b>TOTAL INGRESOS</b>				<b>7007</b>	
<b>BENEFICIO NETO</b>				<b>2289.75</b>	
<b>RELACION BENEFICIO/COSTO</b>				<b>1.49</b>	