



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

**EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA POBLACIONAL DEL COMPLEJO DE
POLILLAS Y *Bactericera cockerelli* (Šulc) EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum
tuberosum* L.) EN LA ZONA SURESTE DE LA PROVINCIA DEL CARCHI**

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

AUTOR

Jorge Adrián Solano Guerra

DIRECTORA

Ing. Julia Karina Prado Beltrán, PhD.

Ibarra, 2023

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

CARRERA AGROPECUARIA

**EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA POBLACIONAL DEL COMPLEJO DE
POLILLAS Y *Bactericera cockerelli* (Šulc) EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum
tuberosum* L.) EN LA ZONA SURESTE DE LA PROVINCIA DEL CARCHI**

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

INGENIERO AGROPECUARIO

APROBADO:

Ing. Julia Karina Prado Beltrán, PhD.

DIRECTOR



FIRMA

Ing. Luis Marcelo Albuja Illescas, MSc.

MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA

Ing. Juan Pablo Aragón Suárez, MSc.

MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0401900337
APELLIDOS Y NOMBRES:	Solano Guerra Jorge Adrián
DIRECCIÓN:	Bolívar-Carchi. Calle García Moreno y Av. Luis Mantilla
EMAIL:	jorgesolano1@hotmail.es / jasolanog@utn.edu.ec
TELÉFONO FIJO:	-----
TELÉFONO MÓVIL:	0994091845

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Evaluación de la dinámica poblacional del complejo de polillas y <i>Bactericera cockerelli</i> (Šulc) en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) en la zona sureste de la provincia del Carchi.
AUTOR:	Solano Guerra Jorge Adrián
FECHA DE APROBACIÓN:	19 de junio del 2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA	<input checked="" type="checkbox"/> Pregrado <input type="checkbox"/> Posgrado
TÍTULO POR EL QUE OPTA	Ingeniero Agropecuario
DIRECTOR	Ing. Julia Karina Prado Beltrán, PhD.

2. CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 21 días del mes de junio de 2023

EL AUTOR:


.....
Jorge Adrián Solano Guerra

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Jorge Adrián Solano Guerra, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 19 días del mes de junio de 2023



Ing. Julia Karina Prado Beltrán, PhD.

DIRECTORA DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 19 días del mes de junio del 2023

Solano Guerra Jorge Adrián: “Evaluación de la dinámica poblacional del Complejo de Polillas y *Bactericera cockerelli* (Šulc) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la zona sureste de la provincia del Carchi”

Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 19 días del mes de junio del 2023, 153 páginas.

DIRECTORA: Ing. Julia Karina Prado Beltrán, PhD.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar la dinámica poblacional del Complejo de Polillas y *Bactericera cockerelli* (Šulc) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la zona sureste de la Provincia del Carchi.

Entre los objetivos específicos se encuentran: Describir el manejo agronómico para el control de plagas establecido por los productores de papa en las zonas monitoreadas, determinar la población de adultos de *Tecia solanivora* P., *Phthorimaea operculella* Z. y *Symmetrischema tangolias* G. estableciendo el uso de trampas de feromonas durante todo el ciclo fenológico de la papa, cuantificar la población de *B. cockerelli* Š. en todas las etapas fenológicas del cultivo mediante monitoreo directo para huevos y ninfas y monitoreo indirecto para adultos y proponer estrategias de manejo integrado de plagas en el cultivo de papa.

Ing. Julia Karina Prado Beltrán, PhD.

Directora de Trabajo de Grado

Jorge Adrián Solano Guerra

Autor

Agradecimiento

Al creador de la vida Jehová Dios, por brindarme cada día una oportunidad para adquirir nuevos conocimientos, por ser mi fortaleza en tiempos difíciles y por todas sus bendiciones, entre ellas el haberme brindado una familia maravillosa.

A mis queridos padres Leonel Solano y Viviana Guerra que con su esfuerzo, trabajo, dedicación y amor supieron darme todo el apoyo incondicional que necesitaba para cursar y culminar el objetivo que me había planteado. Es un honor ser su hijo.

A mis hermanos Juan Fernando y Leonel Alejandro por brindarme su cariño y ayuda cuando más la necesite, los llevo en mi corazón.

A mis queridos abuelitos, tíos y primos; de manera especial a los que siempre de forma sincera estuvieron alentándome, ya sea con un consejo o su ayuda.

Mi reconocimiento a todos mis docentes por cumplir a cabalidad la importante labor de facilitar el conocimiento; de manera especial a la Ing. Julia Prado, PhD., por ser la mentora de esta investigación y por el buen ejemplo que transmite a sus estudiantes en su rol de Docente-Investigadora junto con mis docentes y asesores Ing. Marcelo Albuja, MSc. e Ing. Juan Pablo Aragón, MSc.

Así también, mi reconocimiento especial al personal administrativo que labora diligentemente en la Granja Experimental “La Pradera–UTN”.

Al Centro Internacional de la Papa (CIP) y su representante la Ing. Nancy Panchi y al departamento de Protección de Cultivos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP] y su representante la Ing. Carmen Castillo, PhD., por las facilidades entregadas para realizar esta investigación.

A los agricultores que desinteresadamente colaboraron para que esta investigación sea realizada de la forma más adecuada. Gracias por su generosidad.

A mis amigos y futuros colegas con los que pase buenos y malos momentos, un “Dios les pague”, sepan contar conmigo siempre, esto también es de ustedes.

Con mucho cariño y gratitud,

Jorge Adrián Solano Guerra

Dedicatoria

Es oportuno dedicar este trabajo y la obtención de mi título como Ingeniero Agropecuario a mis padres, como muestra de mi eterno agradecimiento, que, bajo la bendición de nuestro maravilloso Dios Jehová, fueron el soporte para que todo esto se llegue a alcanzar. ¡Gracias! Por poner en mi mente que el trabajo junto con la resiliencia, el respeto, el sacrificio y la humildad, siempre darán buenos frutos.

A mis abuelitos Luis Solano, Ermencia Gaón, Jorge Guerra y Blanca Ibarra por su motivación y cariño. A mis preciados hermanos, compañeros de vida, nunca olviden que los quiero un montón.

Con mucho amor y cariño,

Jorge Adrián Solano Guerra

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE ANEXOS	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT.....	XI
CAPÍTULO I	1
Introducción	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Problema.....	3
1.3 Justificación.....	4
1.4 Objetivos	6
1.4.1 Objetivo General.....	6
1.4.2 Objetivos Específicos.....	6
1.5 Preguntas directrices	6
CAPÍTULO II.....	7
Marco Teórico.....	7
2.1 Cultivo de Papa	7
2.1.1 Origen.....	7
2.1.2 Importancia de la Papa	7
2.1.3 Clasificación taxonómica	7
2.1.4 Descripción morfológica.....	8
2.1.5 Fenología del cultivo	10
2.1.6 Requerimientos Edafoclimáticos.....	12
2.1.7 Requerimientos Nutricionales	13
2.2 Plagas	13
2.3 Generalidades del Psílido de la Papa.....	14

2.3.1	Taxonomía.....	14
2.3.2	Ciclo de Vida.....	14
2.3.3	Endosimbiontes	18
2.3.4	Daño Directo	19
2.3.5	Daño Indirecto.....	20
2.3.6	Monitoreo	21
2.3.7	Tipos de Control.....	21
2.4	Generalidades de la Polilla.....	22
2.4.1	Daños del Complejo de Polillas	23
2.4.2	Tecia solanivora (Polvony)	24
2.4.3	Phthorimaea operculella (Zeller).....	27
2.4.4	Symmetrischema tangolias (Gyen)	29
2.4.5	Monitoreo	31
2.4.6	Tipos de Control.....	31
2.5	Manejo Integrado de Plagas	33
2.5.1	Estrategias del Manejo Integrado de Plagas.....	34
2.5.2	Nivel de Daño Económico y Umbral Económico	35
2.6	Marco Legal	36
CAPÍTULO III.....		37
Materiales y Métodos.....		37
3.1	Descripción del área de estudio	37
3.2	Materiales, Equipos, Insumos y Herramientas	38
3.3	Métodos.....	38
3.3.1	Población y Muestra.....	38
3.3.2	Unidad Muestral	39
3.3.3	Análisis Estadístico	39
3.4	Variables a Evaluar	39

3.4.1	B. cockerelli Š.	39
3.4.2	Complejo de Polillas	41
3.4.3	Entomofauna	43
3.4.4	Caracterización del Manejo Agronómico del Cultivo de Papa	43
3.5	Manejo Específico del Experimento	44
3.5.1	Identificación y Selección de los Lotes	44
3.5.2	Siembra.....	44
3.5.3	Instalación de trampas	44
3.5.4	Monitoreo	46
3.5.5	Descripción del Manejo Agronómico	48
3.5.6	Estrategias de MIP de B. cockerelli y Complejo de Polillas.....	48
3.5.7	Datos de Temperatura	48
3.6	Manejo del Cultivo	48
3.6.1	Preparación del suelo	49
3.6.2	Control Fitosanitario	49
3.6.3	Siembra.....	49
3.6.4	Retape.....	49
3.6.5	Aporque.....	50
3.6.6	Cosecha	50
3.6.7	Propuesta de Estrategias de Manejo Integrado de Plagas	50
CAPÍTULO IV.....		51
Resultados y Discusión.....		51
4.1	Manejo Agronómico de las Zonas Monitoreadas	51
4.1.1	Controles Fitosanitarios Químicos por Localidad.....	51
4.1.2	Resumen Control Químico.....	54
4.2	Características del Manejo Agronómico de la Zona	57
4.2.1	Área de Siembra	57

4.2.2	Origen de la Semilla.....	58
4.2.3	Variedad	59
4.2.4	Rotación de Cultivos	60
4.2.5	Identificación de <i>Bactericera cockerelli</i>	60
4.2.6	Identificación de Daños Causados por <i>B. cockerelli</i>	61
4.2.7	Identificación de la Polilla como Plaga de la Papa	62
4.2.8	Identificación de las Especies del Complejo de Polillas	62
4.2.9	Identificación de Daños Causados por el Complejo de Polillas.....	63
4.2.10	Manejo Integrado de Plagas	64
4.2.11	Tipos de Control de Plagas.....	64
4.2.12	Control Cultural.....	65
4.2.13	Control Biológico.....	65
4.2.14	Control Etológico	66
4.2.15	Control Químico.....	66
4.3	Temperatura en las Localidades Monitoreadas	67
4.3.1	Temperatura en Cuesaca	67
4.3.2	Temperatura en La Calera	68
4.3.3	Temperatura en Monteverde	69
4.3.4	Temperatura en Tesalia	70
4.4	Número de Adultos del Complejo de Polillas	70
4.4.1	Adultos de <i>Tecia solanivora</i>	70
4.4.2	Adultos de <i>Phthorimaea operculella</i>	71
4.4.3	Adultos de <i>Symmetrischema tangolias</i>	72
4.4.4	Comportamiento del Complejo de Polillas	73
4.5	Daños por el Complejo de Polillas en la Cosecha.....	75
4.6	Daño y Número de Polillas en Almacenamiento	76
4.7	Presencia de <i>Bactericera cockerelli</i>	78

4.7.1	Número de Oviposturas.....	78
4.7.2	Número de Ninfas	80
4.7.3	Número de Adultos	81
4.8	Entomofauna	83
4.8.1	Entomofauna por Etapa Fenológica	83
4.8.2	Entomofauna Presente Durante la Floración.....	87
4.8.3	Comportamiento de la Entomofauna.....	88
4.9	Estrategias MIP para <i>B. cockerelli</i> y el Complejo de Polillas.....	90
4.9.1	Identificación de la Plaga: <i>Bactericera cockerelli</i>	90
4.9.2	Prevención y Supresión.....	92
4.9.3	Monitoreo.....	94
4.9.4	Tomar decisiones e intervención.....	95
4.9.5	Evaluación.....	98
4.9.6	Identificación de la Plaga: Complejo de Polillas	98
4.9.7	Prevención y supresión.....	100
4.9.8	Monitoreo	102
4.9.9	Tomar decisiones e Intervenir	102
4.9.10	Evaluación.....	103
CAPÍTULO V.....		104
Conclusiones y Recomendaciones		104
5.1	Conclusiones	104
5.2	Recomendaciones.....	105
Referencias Bibliográficas		106
Anexos.....		124

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Fertilización de la papa comercial en función del análisis de suelo	13
Tabla 2	Ingredientes activos usados para el control del psílido de la papa	22
Tabla 3	Componentes de las feromonas para cada especie	33
Tabla 4	Localidades donde se realizó la investigación	37
Tabla 5	Materiales, equipos, herramientas e insumos usados en la investigación.....	38
Tabla 6	Método de riego usado en cada localidad	51
Tabla 7	Clasificación de los i.a usados en el control de plagas según su modo de acción.....	52
Tabla 8	Tabla de contingencia de frecuencias absolutas de los ingredientes activos usados por etapa fenológica en las localidades de la zona sureste de la provincia del Carchi	56
Tabla 9	Tabla de contingencia de frecuencias relativas por columna de los daños de <i>B. cockerelli</i>	61
Tabla 10	Tabla de contingencia de frecuencias relativas por columna de daños por polilla..	63
Tabla 11	Tabla de contingencia de frecuencias relativas por columna sobre el conocimiento del MIP.....	64
Tabla 12	Tabla de contingencia de frecuencias relativas por columna sobre el control cultural de las plagas en el cultivo de papa	65
Tabla 13	Tabla de contingencia de frecuencias relativas por columna sobre el control etológico de las plagas en el cultivo de papa	66
Tabla 14	Entomofauna de la floración en las diferentes localidades monitoreadas	88
Tabla 15	Rotación de i.a para <i>B. cockerelli</i> por Guachamin (2021).....	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Morfología de la papa.....	10
Figura 2	Etapas fenológicas de la papa.....	11
Figura 3	Ciclo de vida de <i>Bactericera cockerelli</i>	15
Figura 4	Huevos de <i>Bactericera cockerelli</i> Šulc	15
Figura 5	Estadios de la etapa ninfa de <i>B. cockerelli</i> Š.....	17
Figura 6	Adultos de <i>B. cockerelli</i>	18
Figura 7	Amarillamiento de la planta: daño directo ocasionado por <i>B. cockerelli</i> Š	19
Figura 8	Sintomatología de la enfermedad punta morada de la papa (PMP)	20
Figura 9	Enfermedad zebra chip (ZC) en el tubérculo	21
Figura 10	Distribución mundial del complejo de polillas de la papa	22
Figura 11	Partes de la planta donde se puede ubicar la polilla de la papa.....	23

Figura 12 Papa dañada por <i>S. tangolias</i> tras el almacenamiento.....	24
Figura 13 Etapas de desarrollo de larvas de <i>T. solanivora</i>	25
Figura 14 Etapas de desarrollo de <i>T. solanivora</i>	26
Figura 15 Ciclo de vida de <i>Phthorimaea operculella</i>	29
Figura 16 Ciclo de vida de <i>Symmetrischema tangolias</i>	30
Figura 17 Profundidad de siembra como control cultural de polilla	31
Figura 18 Dinámica de una población teórica, NDE y UE.....	35
Figura 19 Mapa de zona de estudio en la provincia del Carchi	37
Figura 20 Muestreo sistemático para oviposturas y ninfas de <i>B. cockerelli</i> Š.....	39
Figura 21 Visualización de huevos de <i>B. cockerelli</i> mediante la lupa de 10X.....	40
Figura 22 Partes de la planta en las que se contaron ninfas.....	40
Figura 23 Identificación y conteo de adultos de <i>B. cockerelli</i> en trampas amarillas.....	41
Figura 24 Trampas de feromonas sexuales utilizadas en el monitoreo indirecto	41
Figura 25 Selección de tubérculos al azar para determinar la incidencia del cultivo.....	42
Figura 26 Encuesta a los productores de las localidades monitoreadas	43
Figura 27 Localidades del Carchi donde se realizó el estudio.....	44
Figura 28 Ubicación de trampas amarillas y trampas de feromonas sexuales.....	44
Figura 29 Ubicación de trampas para el monitoreo de <i>B. cockerelli</i> Š. adulto.....	45
Figura 30 Ubicación de trampas de feromonas para el complejo de polillas	46
Figura 31 Identificación y conteo de huevos, ninfas y adultos de <i>B. cockerelli</i>	47
Figura 32 Actividades realizadas para el monitoreo de polillas	47
Figura 33 Identificación de entomofauna presente en la floración.....	48
Figura 34 Aplicación de controles fitosanitarios químicos	49
Figura 35 Cosecha de tubérculos para su comercialización	50
Figura 36 Área de siembra destinada de los encuestados al cultivo de papa.....	58
Figura 37 Tipo de semilla usada por los productores de papa en la zona sureste del Carchi .58	
Figura 38 Variedades de papa usada por los productores en la zona sureste del Carchi	59
Figura 39 Rotación de cultivos en la zona sureste del Carchi	60
Figura 40 Identificación del complejo de polillas en la zona sureste del Carchi.....	62
Figura 41 Tipos de control usados en la zona sureste de la provincia del Carchi	65
Figura 42 Ingredientes activos usados para el control de <i>B. cockerelli</i> y complejo de polillas en la zona sureste de la provincia del Carchi	67
Figura 43 Variación diaria de la temperatura en la localidad de Cuesaca	67
Figura 44 Variación diaria de la temperatura en la localidad de La Calera.....	68

Figura 45 Variación diaria de la temperatura en la localidad de Monteverde	69
Figura 46 Variación diaria de la temperatura en la localidad de Tesalia.....	70
Figura 47 Adultos de <i>T. solanivora</i> por etapa fenológica.....	71
Figura 48 Adultos de <i>P. operculella</i> por etapa fenológica	72
Figura 49 Adultos de <i>S. tangolias</i> por etapa fenológica	73
Figura 50 Índice de daños en tubérculo durante la cosecha en las localidades de Carchi	75
Figura 51 Índice de daños en los tubérculos durante el almacenamiento.....	76
Figura 52 Presencia de adultos polilla luego de almacenamiento	76
Figura 53 Oviposturas de <i>B. cockerelli</i> por etapa fenológica	78
Figura 54 Ninfas de <i>B. cockerelli</i> por etapa fenológica.....	80
Figura 55 Adultos de <i>B. cockerelli</i> por etapa fenológica.....	82
Figura 56 Entomofauna por etapa fenológica en la localidad de Cuesaca	84
Figura 57 Entomofauna por etapa fenológica en la localidad de La Calera	85
Figura 58 Entomofauna por etapa fenológica en la localidad de Monteverde	86
Figura 59 Entomofauna por etapa fenológica en la localidad de Tesalia	87
Figura 60 Pasos del MIP basados en los ocho principios del MIP	90
Figura 61 Información básica para la identificación de <i>B. cockerelli</i>	91
Figura 62 Plantas hospedantes de <i>B. cockerelli</i> tanto en cultivo como en forma silvestre	93
Figura 63 Muestreo sistemático del psílido de la papa	95
Figura 64 Tipos de control de <i>B. cockerelli</i> alternativos al químico	96
Figura 65 Factores a tomar en cuenta en un programa de rotación de agroquímicos.....	96
Figura 66 Información básica para la identificación del complejo de polillas	98
Figura 67 Ubicación de las trampas de feromonas sexuales para el monitoreo del complejo de polillas.....	102
Figura 68 Controles alternativos al químico para el complejo de polillas.....	103

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Plantilla para la toma de datos del manejo agronómico, <i>B. cockerelli</i> y el complejo de polillas.....	124
Anexo 2. Plantilla para la toma de datos en ODK®	128
Anexo 3. Encuesta aplicada a los productores de papa	129
Anexo 4. Hoja de evaluación para el MIP del complejo de polillas y <i>B. cockerelli</i>	131
Anexo 5. Fotografías de la investigación	133

EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA POBLACIONAL DEL COMPLEJO DE POLILLAS Y *Bactericera cockerelli* (Šulc) EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN LA ZONA SURESTE DE LA PROVINCIA DEL CARCHI

Autor: Jorge Adrián Solano Guerra

Universidad Técnica del Norte

Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales

jasolanog@utn.edu.ec

RESUMEN

El complejo de polillas y el psílido de la papa son dos plagas de importancia económica en el cultivo de papa. El objetivo de esta investigación fue evaluar la dinámica poblacional del complejo de polillas y *Bactericera cockerelli* (Šulc) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la zona sureste de la provincia del Carchi. A partir de la siembra se realizaron monitoreos cada 15 días. En 50 plantas seleccionadas de forma sistemática se contaron huevos y ninfas del psílido; para adultos se implementaron 8 trampas-amarillas/hectárea. En el monitoreo de polillas, se utilizaron feromonas sexuales con la referencia de 4/trampas/especie/hectárea y se calculó la incidencia de daño en la cosecha y almacenamiento. Los resultados muestran diferencias significativas entre la localidad y la etapa fenológica para la presencia de huevos, ninfas y adultos del psílido y las tres especies de polillas. En Cuesaca se presentó la mayor infestación del psílido en todas sus etapas de vida, alcanzando el máximo de 7 huevos/planta en la tuberización, 2 ninfas/planta en la tuberización y 12 adultos/trampa en la maduración. Así mismo, Cuesaca mostró la mayor presencia de las tres especies de polilla con 977 adultos de *P. operculella* en la maduración, 579 de *T. solanivora* en la emergencia y 61 de *S. tangolias* en la floración. La mayor incidencia por polillas en campo se dio en Cuesaca y Tesalia con el 28 % y 26 %, mientras que en almacenamiento alcanzó el 46 % y 52 % respectivamente. Esta investigación evidenció que la mayor infestación de las dos plagas se encontró en la localidad con la altitud más baja a 2642 msnm. En polillas, las dos especies que predominaron la zona fueron *P. operculella* y *T. solanivora*, mientras que *S. tangolias* mantuvo poblaciones más bajas. En el caso de *B. cockerelli*, la población en general se mantuvo baja, las temperaturas por debajo del umbral de desarrollo de 7 °C pudieron influir negativamente en su supervivencia.

Palabras claves: manejo integrado de plagas, psílido de la papa, *Phthorimaea operculella*, *Tecia solanivora* y *Symmetrischema tangolias*

EVALUATION OF THE POPULATION DYNAMICS OF THE COMPLEX OF MOTHS AND *Bactericera cockerelli* (Šulc) IN POTATO CROPS (*Solanum tuberosum* L.) IN THE SOUTHEASTERN AREA OF THE PROVINCE OF CARCHI

Author: Jorge Adrián Solano Guerra

Universidad Técnica del Norte

Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales

jasolanog@utn.edu.ec

ABSTRACT

Potato moths complex and psyllid are two economically important pests of potato crops. The objective of this research was to evaluate the population dynamics of the moths complex and the *Bactericera cockerelli* (Šulc) in the potato crop (*Solanum tuberosum* L.) in the southeast area of the Carchi province. From planting, monitoring was carried out every 15 days. Fifty plants were systematically selected in which psyllid eggs and nymphs were counted; for adults, 8 yellow traps/ha were implemented. In the monitoring of moths, sexual pheromones were used with the reference of 4/traps/species/ha and the incidence of damage during harvest and storage was calculated. The results show significant differences between the locality and the phenological state for eggs, nymphs and adults of the psyllid and the three species of moths. In Cuesaca, the highest infestation of the psyllid occurred in all its life stages, reaching a maximum of 7 eggs/tuberous plant, 2 nymphs/tuberous plant and 12 adults/maturing trap. Likewise, Cuesaca showed the highest presence of the three species of moths with 977 mature adults of *P. operculella*, 579 emergent *T. solanivora* and 61 flowering *S. tangolias*. The highest incidence of moths in the field occurred in Cuesaca and Tesalia with 28 % and 26 %, while in storage it reached 46 % and 52 % respectively. This investigation showed that the highest infestation of the two pests was found in the lowest altitude locality at 2642 msnm. In moths, the two species that predominated in the area were *P. operculella* and *T. solanivora*, while *S. tangolias* maintained lower populations. In the case of *B. cockerelli*, the population in general remained low, temperatures below the development threshold of 7 °C could negatively influence its survival.

Keywords: integrated pest management, potato psyllid, *Phthorimaea operculella*, *Tecia solanivora* y *Symmetrischema tangolias*

CAPÍTULO I

Introducción

1.1 Antecedentes

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es una solanácea originaria de Sudamérica, de importancia económica a nivel mundial, y altamente consumida por su palatabilidad (Sood et al., 2017). El Centro Internacional de la Papa [CIP] (2017), manifiesta que en el consumo humano ocupa el tercer lugar de los cultivos con mayor importancia en el mundo, después del arroz y trigo, logrando alcanzar una producción que sobrepasa los 350 millones de toneladas métricas año (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2022).

En el año 2021, el área de producción de papa en el Ecuador fue de 20 950 hectáreas, con un total de 244 749 toneladas métricas, de las cuales aproximadamente el 41 % de la producción corresponde a la provincia del Carchi y el restante lo componen Tungurahua, Cotopaxi, Chimborazo, Pichincha, Bolívar y otras provincias a menor escala (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], 2022). La provincia del Carchi cumple con diversidad de climas que le permiten producir papas en la altura y en los valles plantas frutales; los predios de papas se los ubica generalmente entre los 2 800 hasta los 3 200 m.s.n.m en las zonas de los cantones con temperaturas de 11.8 °C y 12.1 °C (Pumisacho y Sherwood, 2002).

A lo largo del ciclo fenológico de la papa, existe dificultades en el manejo agronómico como lo son las plagas y enfermedades, la falta de agua, los vientos, entre otras (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2022a). Las plagas que comúnmente afectan al cultivo de papa en la zona andina son: nemátodos del quiste (*Globodera pallida*), gusano blanco de la papa (*Premnotrypes* spp.), complejo de polillas de la papa (*Tecia solanivora*, *Phthorimaea operculella* y *Symmetrischema tangolias*), trips (*Frankliniella* spp.), pulguilla (*Epitrix* spp.), psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*), entre otros (Pérez y Forbes, 2011; Rivadeneira et al., 2019).

Algunas de las plagas mencionadas por Pérez y Forbes (2011) no eran comunes hace algunos años atrás en el Ecuador, tal es el caso de la polilla de papa que fue observada por primera vez en la provincia del Carchi según Pumisacho y Sherwood (2002) en 1996 y el psílido de la papa (*Bactericera cockerelli* Š.) identificado en los cantones de Bolívar y Montúfar en el año 2018 (Rivadeneira et al., 2019).

Tecia solanivora, *Phthorimaea operculella* y *Symmetrischema tangolias* conforman el complejo de polillas de la papa, son del orden Lepidóptera, perteneciente a la familia

Gelechiidae con la característica de ser insectos holometábolos y hospedantes de las solanáceas (Clavijo et al., 2012). El daño que ocasionan ocurre posteriormente a la eclosión de los huevos que se introducen en el tubérculo (etapa larval), creando galerías verticales y horizontales, lo que permite la colonización de microorganismos y la acumulación de residuos de la misma plaga; el resultado son papas de pésima calidad (Villanueva y Saldamando, 2013).

Por otro lado, *Bactericera cockerelli* (Šulc) es un psílido del orden Hemiptera, perteneciente a la familia Triozidae (Butler y Trumble, 2012). Es la responsable de daños directos e indirectos en los cultivos de tomate *Solanum lycopersicum* L., pimiento *Capsicum* spp., Berenjena *Solanum melongena* y papa *Solanum tuberosum* (Vega et al., 2008; Liefting et al., 2009a). Los síntomas en el cultivo de papa son clorosis, plantas enanas, nudos gruesos, entre nudos cortos, tallos en zigzag, tubérculos aéreos y amarillamiento (Castillo, 2020).

Barzman et al. (2015) mencionan que cuando existe la aparición de plagas nuevas y/o existentes es importante la aplicación dinámica de principios a situaciones locales, que permitan tomar acciones concretas para disminuir su daño. En ese contexto, el Manejo Integrado de Plagas (MIP) involucra varios principios para la protección de cultivos, en los que se encuentra el monitoreo.

El monitoreo permite detectar y cuantificar las plagas existentes en un determinado cultivo, lo que sirve para establecer controles adecuados (Guillén et al., 2008; Barzman et al., 2015). Los tipos de monitoreos existentes son el directo e indirecto. El monitoreo directo consiste en observar en campo a la planta (tallos, hojas, flores y raíces) para identificar su estado sanitario y las poblaciones de insectos, en su mayoría en estados inmaduros (Larral y Ripa, 2008). El monitoreo indirecto por su parte, se lo realiza mediante instrumentos, tales como las trampas de caída, trampas de luz, trampas de succión, trampas adhesivas de colores y trampas de feromonas (Abrol y Uma, 2012).

Dos trampas usadas por su efectividad son las adhesivas de color amarillo en el psílido de la papa y las de feromonas sexuales en la polilla (Covarrubias et al., 2006; Castresana, et al., 2019). Las trampas adhesivas de colores son económicas por su fabricación, fáciles de implementar y seguras para que el insecto sea capturado (Arismendi et al., 2009). Varios estudios muestran que los insectos tienen la afinidad a determinados colores, esto puede ser por su capacidad de reflexión de la luz, afinidad a cierto color por la época del año, contraste de colores, entre otros (Cabello et al., 1991; Arismendi et al., 2009; Hodge et al., 2019; Bravo et al., 2020). Otro tipo de monitoreo para la etapa de oviposiciones y ninfas en el follaje es la observación directa con lupas (Cuesta et al., 2018).

Por otro lado, las trampas de feromonas sexuales son mezclas comerciales de sustancias químicas, que se asemejan a las producidas por las hembras para la atracción de lepidópteros machos en estado adulto; las trampas de feromonas son de gran utilidad para especies invasoras como las polillas en la fase de establecimiento, para determinar el área afectada por una plaga o medir la efectividad del control que se aplique (Abrol y Uma, 2012).

1.2 Problema

Según los datos presentados por el MAG (2022a) la producción de papa ha estado disminuyendo, tal es que, para el año 2016 en todo el Ecuador se produjeron 422 589 toneladas métricas de papa y en 2021 fueron 244 749 toneladas métricas, en esto significa una disminución del 42 % respecto al 2016. La disminución resulta ser negativa, puesto que en el territorio ecuatoriano existen aproximadamente 82 mil productores que dependen económicamente del cultivo de ésta solanácea, de los que el 76 % corresponden a mano de obra familiar (Mancero, 2008; MAG, 2022b). Según el Sistema de Información Pública Agropecuaria [SIPA] (2021) la baja corresponde a la variación del clima, los precios, la rotación de cultivos y otros, pero una de las principales es el ataque de plagas y enfermedades.

En la actualidad, dos plagas que generan problemas para producir papa en el Ecuador y particularmente en el Carchi son el complejo de polillas y *B. cockerelli*. Las especies que conforman el complejo de polillas de la papa en estado larval, se alimentan del tubérculo en el campo o en el lugar almacenamiento, creando galerías verticales y horizontales que dañan la calidad de la papa ya sea destinada para alimento o semilla (Toledo, 2016b). Las polillas son una plaga que se adaptan sin dificultad a cualquier clima (Villanueva y Saldamando, 2013). En Guatemala se estableció que la especie *T. solanivora* ocasionaba un 25 % de daño en las siembras (Villanueva y Saldamando, 2013). En cosechas almacenadas se ha registrado un daño del 50 % en Perú, 90 % en Kenia, 86 % en Túnez, Argelia y Turquía y el 100 % en la India Filipina (Estay et al., 2008).

Por otro lado, la aparición del psílido de papa (*Bactericera cockerelli* Šulc.) es preocupante para la producción y oferta de papa, debido a que en algunas investigaciones como la de Munyaneza et al. (2008) mencionan que la producción total puede reducirse hasta un 93%, lo que genera al igual que el complejo de polillas problemas económicos y fitosanitarios. El daño de *B. cockerelli* se origina cuando inserta su estilete y succiona la savia de la planta inoculando bacterias fitopatógenas como la *Candidatus Liberibacter solanaearum* que permite la formación de zebra chip, *Candidatus Phytoplasma aurantifolia* (16SrII) causante de la punta

morada de la papa, entre otros (Butler y Trumble, 2012; Castillo, 2020; Caicedo et al., 2005; Delgado, et al., 2020; Jirón-Rojas et al., 2016).

Los controles químicos de plagas en insectos, por lo general, son realizados con el uso de insecticidas de amplio espectro, esto significa envenenamiento a organismos no objetivo, contaminación al ambiente y resistencia a ingredientes activos por parte de las plagas (Jorgensen et al., 2013). Además, los insecticidas causan problemas de salud en los humanos, tal es que cada año más de 26 millones de personas a nivel mundial sufren intoxicación por pesticidas y cerca de 220 000 mueren por su causa (Ansari et al., 2014).

1.3 Justificación

Para el control del complejo de polillas y *B. cockerelli* se hace necesaria la implementación de un programa de manejo integrado de plagas (MIP) (Diaz et al., 2014). La FAO (1968) estableció que el MIP es el sistema que utiliza las técnicas y métodos adecuados al entorno y a la dinámica poblacional del insecto plaga, para mantener a las poblaciones controladas por debajo del daño económico. El monitoreo es el primer paso para establecer un programa de manejo integrado de plagas.

Las plagas son monitoreadas a través de una variedad de herramientas, tales como feromonas, trampas de luz, cromáticas, pitfall y de succión; además mediante el monitoreo directo en la planta (Merril, et al. 2010). El uso de las trampas se aplica para estudios ecológicos, para la evaluar migración de las plagas hacia los agroecosistemas, el muestreo de la población en campo y el desarrollo de modelos o predicciones de zonas de riesgo (Kato et al., 2000; Feng et al., 2009).

Con el uso de las herramientas mencionadas, se puede llegar a identificar los umbrales de acción para establecer el momento oportuno de la aplicación de medidas de control cultural, biológico, químico, orgánico o mecánico; además, otro aspecto que permite observar y cuantificar es la fluctuación poblacional de las plagas asociada al efecto del clima y la ubicación del cultivo (Larral y Ripa, 2008).

Gamarra et al. (2020) mencionan que la mayoría de los controles de plagas tradicionales son innecesarios, tardíos y/o ineficientes, por lo que se han desarrollado algunas herramientas tecnológicas que permiten al agricultor ser más eficiente, como el software ILCYM 4.0 (Insect Life Cycle Modeling) que es un programa de modelos fenológicos basados en la temperatura de un área determinada, para la evaluación de riesgos de plagas.

El software ILCYM ha sido utilizado en diferentes estudios, de varios tipos de plantas y en diferentes ubicaciones. En África Aregbesola et al., (2020) estudiaron los efectos de la

temperatura sobre el desarrollo y desempeño reproductivo de mosca blanca (*B. tabaci*) en el cultivo de yuca en Tanzania, alcanzando como resultado que el crecimiento máximo de la población se da entre 26 y 28 °C, lo que permitiría en el futuro establecer estrategias frente al cambio climático y la distribución de la plaga. Otro ejemplo es la investigación de Kroschel et al. (2013) en el que decidieron estudiar los cambios de población de la polilla de la papa *Phthorimaea opercuella* en función de la temperatura, logrando obtener al menos tres escenarios de la posible expansión de la plaga y el potencial de daño, lo que permite planificar un MIP.

Con base a la información del monitoreo de las plagas se pueden crear modelos fenológicos que permiten predecir y entender las dinámicas poblacionales de los insectos plaga en un determinado agroecosistema, teniendo la capacidad de simular la dinámica de poblaciones en el tiempo, evaluar su riesgo, planificar el cultivo ante un eventual cambio climático e implementar un acertado manejo integrado de plagas y enfermedades (Gamarra, 2019).

En vista de la poca información de la dinámica poblacional de *Bactericera cockerelli* Š. y el Complejo de Polillas en la provincia del Carchi, se realizará la presente investigación en convenio con el Centro Internacional de la Papa (CIP) y el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), para que en el futuro con base en los datos recolectados se puedan establecer estrategias de control a las dos plagas que afectan severamente al cultivo de papa en Carchi.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Evaluar la dinámica poblacional del Complejo de Polillas y *Bactericera cockerelli* (Šulc) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la zona sureste de la Provincia del Carchi.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Describir el manejo agronómico para el control de plagas establecido por los productores de papa en las zonas monitoreadas.
- Determinar la población de adultos de *Tecia solanivora* P., *Phthorimaea operculella* Z. y *Symmetrischema tangolias* G. estableciendo el uso de trampas de feromonas durante todo el ciclo fenológico de la papa.
- Cuantificar la población de *B. cockerelli* Š. en todas las etapas fenológicas del cultivo mediante monitoreo directo para huevos y ninfas y monitoreo indirecto para adultos.
- Proponer estrategias de manejo integrado de plagas en el cultivo de papa.

1.5 Preguntas directrices

- ¿Cuáles son las características del control de plagas que realizan los productores locales?
- ¿Existen zonas con alta o baja presencia del psílido de la papa en la zona sureste de la Provincia del Carchi?
- ¿Existe la presencia de las tres especies de polilla de la papa en la zona sureste de la Provincia del Carchi?

CAPÍTULO II

Marco Teórico

2.1 Cultivo de Papa

2.1.1 Origen

El ser humano como recolector de alimentos descubrió una raíz comestible que le brindaba las calorías necesarias para mantener un estado de vida activo, por tal efecto, se origina la papa como un nuevo cultivo en el altiplano de Perú y Bolivia, al norte del lago Titicaca, lugar donde se han encontrado registros arqueológicos que datan del año 8 000 a.C (Navarre y Pavek, 2014; Soto et al., 2013; Hawkes, 1992). Tras la colonización de los Incas, la papa se introduce por primera vez en Europa en el siglo XVI, en Asia en el siglo XVII, en Estados Unidos en el siglo XVIII y con el paso del tiempo actualmente ha llegado a la mayoría de los países del planeta (FAO, 2008).

En los Andes, la primera papa domesticada fue *Solanum stenotomum*, perteneciente al complejo *Solanum brevicaulle* (de las especies silvestres *Solanum bukasovii*, *S. canasense* y *S. multisectum*), la cual tras repetidos procesos de poliploidización sexual en varias zonas de cultivo originó a la *S. andigena*; el grupo Andigena por naturaleza es considerada como la fuente genética primaria mundial de mayor importancia para el mejoramiento de la papa (Rodríguez, 2010).

2.1.2 Importancia de la Papa

Burgos y De Hann (2019) afirman que el consumo de papa es beneficioso, por que aporta carbohidratos, almidón, proteínas de calidad, potasio, niveles significativos de vitfactoresamina C y antioxidantes. Cerca de 160 países en el mundo las usan como alimento básico, cultivo comercial, materia prima de piensos para animales y fuente de almidón para el procesamiento industrial, lo que muestra que *S. tuberosum* contribuye con la seguridad alimentaria de las naciones (Ramani y Mouille, 2019).

2.1.3 Clasificación taxonómica

La papa (*Solanum tuberosum* L.) forma parte de la familia de las solanáceas y se divide en dos subespecies distintivas: la andigena que es diploide y se la cultiva en los Andes y la tuberosum que es triploide y es cultivada en todo el mundo (Organisation for Economic Cooperation and Development [OECD], 2006). Se ha reconocido a 228 especies silvestres y 8 especies cultivables de las cuales la especie *S. tuberosum* spp. tuberosum es la que mayormente se produce a nivel mundial (Pumisacho y Sherwood, 2002; OECD, 2006; Molina, 2019).

Varios autores (Hawkes, 1990; Sahair, et al., 2018; Ministerio del Ambiente, 2019; Márquez et al., 2020) mencionan que la clasificación taxonómica de la papa es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: *Solanum*

Sección: Petota

Especie: *Solanum tuberosum* L.

2.1.4 Descripción morfológica

S. tuberosum L. es una planta dicotiledónea herbácea, suculenta, con hábitos de crecimiento rastrero o erecto, anual por la parte aérea y perenne por sus tallos modificados subterráneos (tubérculos) (Figura 1) (Montaldo, 1984).

2.1.4.1 Raíces.

La raíz puede originarse tanto en la semilla, en el tubérculo y ocasionalmente en los estolones (Román y Hurtado, 2002). En el caso de la semilla existe la formación de una pequeña raíz pivotante con ramificaciones laterales que forman el sistema fibroso, comparado al tubérculo, en el que se originan raíces adventicias: primeramente, en la base de cada brote y luego encima de los nudos en la parte subterránea del tallo (Instituto Nacional de Investigación Agraria [INIA], 1994).

El sistema radicular comparado a otros cultivos es débil, por lo que necesita condiciones adecuadas de suelo y agua; la masa radicular varía en función de: la textura del suelo, la fertilización y las densidades de siembra (Iwama, 2008).

2.1.4.2 Tallos.

El sistema de tallos es conformado por brotes, tallos y estolones. Los tallos son de color morado o verde, erectos o semierectos, circulares o triangulares y herbáceos (Toledo, 2016a). Cuando la planta proviene de la germinación de la semilla botánica tiene un tallo principal, por otro lado, cuando es originaria de un tubérculo puede tener varios tallos; las formaciones de tallos laterales en el principal son considerados ramas (Inostroza, et al., 2016).

Los brotes son las partes que crecen en las yemas de los “ojos” del tubérculo y en su extremo basal se forma la parte subterránea del tallo y los estolones son tallos que crecen horizontalmente hacia los lados que en su parte distal (punta) ocurre la formación de los tubérculos (Toledo, 2016a).

2.1.4.3 Hoja.

Sus primeras hojas tienen la apariencia de ser simples (ovaladas y peludas), pero a medida que crecen, forman hojas compuestas de entre tres a cuatro pares de folíolos laterales y un terminal, entre cada folíolo lateral principal pueden existir folíolos secundarios pequeños (Inostroza, 2016). Las hojas tienen una nervadura central y un peciolo que se une al vástago (Navarre y Pavek, 2014). La altura que puede alcanzar la planta es de 0.40 cm a 0.90 cm (Román y Hurtado, 2002).

2.1.4.4 Inflorescencias, Flor.

En la papa se desarrollan inflorescencias llamadas cimosas de cinco pétalos y sépalos de colores púrpura, amarillo, blanco o rojo. Son flores hermafroditas, se sostienen de un pedicelo que posteriormente sostendrán al fruto (Figura 1), la autopolinización se realiza de manera natural y en algunas variedades las flores son eliminadas después de la fecundación (Pumisacho y Sherwood, 2002; INIA, 1994).

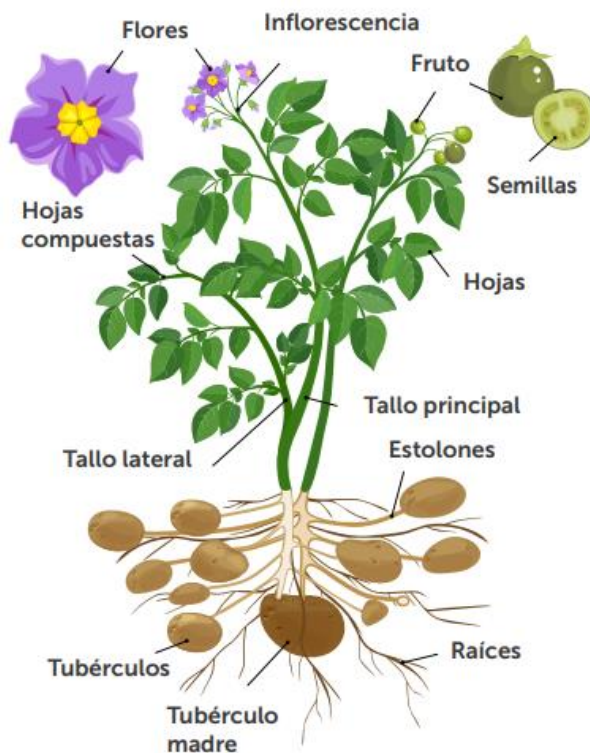
2.1.4.5 Fruto y Semilla Botánica.

Tras la fecundación se origina el fruto llamado baya, el que contiene las semillas verdaderas de la papa, es de color verde total o pigmentado, de forma esférica, pero puede también ser cónico u ovoide, esto según su variedad (Huamán, 1986). Las semillas son pequeñas, ovaladas y planas con un peso de 0.5 mg aproximadamente; cada planta produce alrededor de 20 bayas, de las cuales cada una contiene más de 200 semillas (Román y Hurtado, 2002).

2.1.4.6 Tubérculo.

Los tubérculos son tallos modificados, carnosos, conformados por brotes, yemas, cejas y lenticelas, de forma alargada, oblonga o redonda, que se desarrollan en el extremo del estolón y son considerados como los órganos de almacenamiento de la planta de papa (Huamán, 1986).

Algunas características generales de la planta *S. tuberosum* L. pueden variar en función de las condiciones de fertilización del suelo, clima y localización (Alcon et al., 2019).

Figura 1*Morfología de la papa*

Nota. Tomado de *Producción de papas con Buenas Prácticas Agrícolas* (p.13), por Rikolto, 2019.

2.1.5 Fenología del cultivo

Las fases fenológicas del cultivo de papa son: emergencia, crecimiento, inicio de tuberización, llenado de tubérculos y la madurez fisiológica (Figura 2) (Aguilar et al., 2004; Román y Hurtado, 2002).

Antes de la siembra tanto la semilla botánica como el tubérculo deben pasar por un período de dormancia para que ocurra la brotación (en semilla de 4 a 6 meses y en tubérculo de 2 a 3 meses) (Román y Hurtado, 2002).

2.1.5.1 Emergencia.

Tras la siembra, los brotes emergen a los 10 a 12 días en el tubérculo y a los 8 a 10 días en la semilla verdadera, aunque esto dependerá de la temperatura del suelo y las condiciones de humedad, mientras tanto, la planta se alimentará de las reservas acumuladas en el tubérculo o semilla (INIA, 1994). Luego, con el surgimiento de las primeras hojas y raíces se inicia con el proceso de la fotosíntesis y la absorción de nutrientes y agua.

2.1.5.2 Crecimiento.

Es la etapa que inicia en la emergencia y termina en el inicio de la tuberización y consiste en el desarrollo del sistema de hojas y ramas en los brotes emergidos, los que realizarán la fotosíntesis para acumular la biomasa; el sistema radicular desarrollado en esta etapa se encargará de la absorción de nutrientes y agua (Huarte y Capezio, 2013; Christensen et al., 2019).

2.1.5.3 Inicio de tuberización.

El inicio de la tuberización en algunas variedades coincide con la floración, la que ocurre aproximadamente 30 días después de la siembra (Román y Hurtado, 2002). Los fotosintatos que son producidos por la planta se empiezan a movilizar hacia los estolones para la formación de los tubérculos (Falconi, 2013).

2.1.5.4 Llenado de Tubérculos.

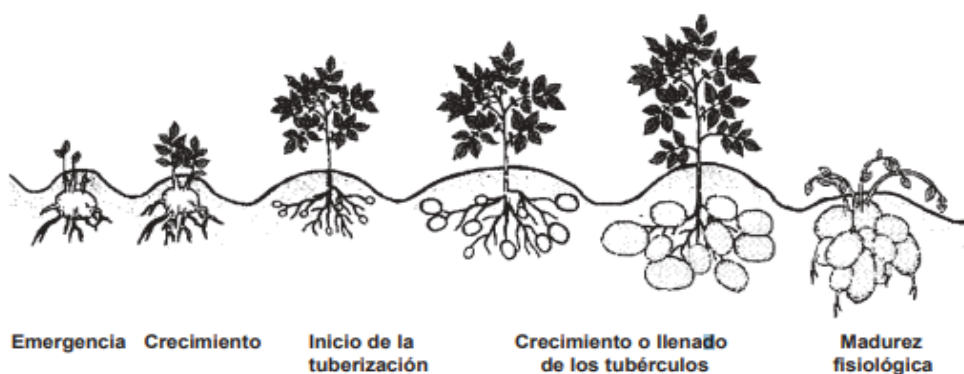
Las células del tubérculo se expanden debido a la acumulación de agua, carbohidratos y nutrientes, lo que significa que se convierten en lugar de depósito de carbohidratos y nutrientes inorgánicos de toda la planta (Johnson, 2008).

2.1.5.5 Madurez fisiológica.

Cuando se ha alcanzado la madurez fisiológica en la planta de papa, la parte aérea empieza a amarillarse, se pierden las hojas, la piel del tubérculo se hace fija, el llenado se ralentiza y este alcanza el valor máximo de contenido de materia seca (Johnson, 2008). La madurez fisiológica de los tubérculos se alcanza a los 121 días aproximadamente, aunque esto puede variar según la altitud y temperatura, por lo que se ha determinado que en zonas de altura se alarga de entre 10 a 15 días por cada 100 m de incremento de altitud (Pumisacho y Sherwood, 2002; Román y Hurtado, 2002).

Figura 2

Etapas fenológicas de la papa



Tomado de *Rendimiento, Materia Seca y Absorción del Cultivo de Papa Bajo Fertirriego por Goteo* (p.115), por Aguilar et al., 2004

2.1.6 Requerimientos Edafoclimáticos

2.1.6.1 Temperatura.

La papa es una planta que se adapta mejor al frío, según Arce (2008) a temperaturas medias diarias de 21°C, la razón es que a bajas temperaturas -especialmente en la noche- le permite acumular almidón en el tubérculo por la ralentización de la respiración; en el caso del suelo, la temperatura ideal para la tuberización va de los 16 a 19 °C.

2.1.6.2 Horas luz.

La cantidad de luz necesaria para la planta de papa variará según la temperatura, pero se ha establecido que sus necesidades se encuentran en el rango de 8 a 16 horas (20 000 a 50 000 Lux); cuando la planta recibe la intensidad de luz adecuada el rendimiento es alto y los tubérculos en efecto, tendrán mayor cantidad de materia seca (Arce, 2008).

2.1.6.3 Viento.

Los vientos deben ser moderados, no mayores a 20 kilómetros por hora para que la planta no sea afectada (Molina et al., 2004)

2.1.6.4 Disponibilidad de Agua.

El cultivo es resistente a las lluvias naturales y a cualquier sistema de riego, puesto que necesita alta lámina de agua (aproximadamente entre 500 a 700 mm durante el período vegetativo), ya que las raíces efectivas se encuentran entre los primeros 20 a 50 cm del suelo (Román y Hurtado, 2002). En épocas de sequía es recomendable mantener al suelo húmedo, por encima del 60 o el 70 % de lo que se conoce como capacidad de campo, porque el rendimiento, la formación de enfermedades, posibles deformaciones y la nutrición vegetal van a depender de este factor (Arce, 2008).

2.1.6.5 Suelo.

La planta de papa tiene la afinidad a un suelo ligeramente ácido (pH de 5.5 a 6), permeable, de buena fertilidad, textura liviana (francos), con una profundidad efectiva mayor a 50 cm para el crecimiento de los estolones y tubérculos (Molina et al., 2004).

2.1.6.6 Preparación de suelo.

El sistema radicular de la papa es débil por lo que necesita un suelo preparado con antelación (de 2 a 3 meses), descompuesto (los residuos vegetales de anteriores cosechas o barbechos), mullido, sin terrones y profundo (mayor de 30 cm) (Muñoz y Cruz, 1984).

2.1.7 Requerimientos Nutricionales

El suelo al ser un sistema dinámico pierde y gana nutrientes constantemente, esto se debe a fenómenos físicos, químicos y biológicos, por tal razón al planificar una fertilización se debe considerar el estado del suelo con un análisis fisicoquímico (Arce, 2008). Alvarado et al. (2009) en la “Guía de Recomendaciones de Fertilización para los principales Cultivos del Callejón Interandino” del INIAP, recomiendan que la aplicación de fertilizante inorgánico se debe realizar en función del análisis de suelo (nivel de interpretación: bajo, medio alto) (Tabla 1).

Tabla 1

Fertilización de la papa comercial en función del análisis de suelo

Nivel de Interpretación	Resultados del análisis de suelo				Recomendación de fertilización			
	N	P	S	K	N	P ₂ O ₅	S	K ₂ O
	ppm			meq/100 ml	kg/ha			
Bajo	< 30.0	< 10.0	< 12.0	< 0.2	150 - 200	300 - 400	20 - 30	100 - 150
Medio	30.0 - 60.0	10.0 - 20.0	12.0 - 24.0	0.2 - 0.38	100 - 150	200 - 300	10 - 20	60 - 100
Alto	> 60	> 20	> 24	> 0.38	50 - 100	100 - 200	0 - 10	30 - 60

2.2 Plagas

Las plagas que generalmente atacan al cultivo de papa son: gusano blanco (*Premnotrypes vorax*), minador de la hoja (*Liriomyza huidobrensis*), pulguilla (*Epitrix* spp.), salta hojas (*Empoasca* spp.), trips (*Frankliniella* spp.), complejo de polillas (*Tecia solanivora*, *Phthorimaea operculella* y *Symmetrischema tangolias*) y el psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*): las dos últimas: complejo de polillas y el psílido de la papa son consideradas de mayor importancia económica puesto que afectan y ponen en riesgo la producción, comercialización, industrialización y almacenamiento de papa según varios investigadores (Villanueva y Saldamando, 2013; Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria [OIRSA], 2015; Sporleder et al., 2016b; Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal [CENTA], 2017; Castillo, 2020).

2.3 Generalidades del Psílido de la Papa

Karel Šulc identificó por primera vez al psílido de la papa en 1909, el cual fue recolectado en un cultivo de *Capsicum annum* L. en Estados Unidos y el que a medida del tiempo se ha ido expandiendo en países como Canadá, México, Honduras, Guatemala, Nueva Zelanda y recientemente en Ecuador (Butler y Trumble, 2012; Castillo, 2020). Investigaciones como la de Glick (1939) afirman que el adulto de *B. cockerelli* tiene la capacidad de expandirse a varios lugares aceleradamente, por la habilidad de ascender hasta 1 200 m de altura, por lo que se cree que los adultos viajan a través de las corrientes de aire.

Bactericera cockerelli Šulc. (Hemiptera: Triozidae), conocido comúnmente como el psílido de la papa, paratrioza o pulgón saltador, es una plaga que afecta severamente a las solanáceas (tomate, pimiento, berenjena y papa) mediante la destreza que posee de funcionar como vector de la bacteria fitopatógena *Candidatus Liberibacter solanacearum* (CLso), bacteria responsable de la “punta morada” en papa, enfermedad “permanente del tomate” y “variegado del chile” (Klein y Rondon, 2019; Delgado et al., 2020).

2.3.1 Taxonomía

Tras una reevaluación taxonómica del género *Trioza* por Burckhardt y Lauterer (1997) y Hodkinson (2009), se la ubico en el género *Bactericera* en la familia Triozidae, por lo que su taxonomía según el Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria [OIRSA], (2015) es:

Reino: Animalia

Phylum: Arthropoda

Subphylum: Hexápoda

Clase: Insecta

Orden: Hemíptera

Suborden: Sternorrhyncha

Familia: Triozidae

Género: *Bactericera*(=*Paratrioza*)

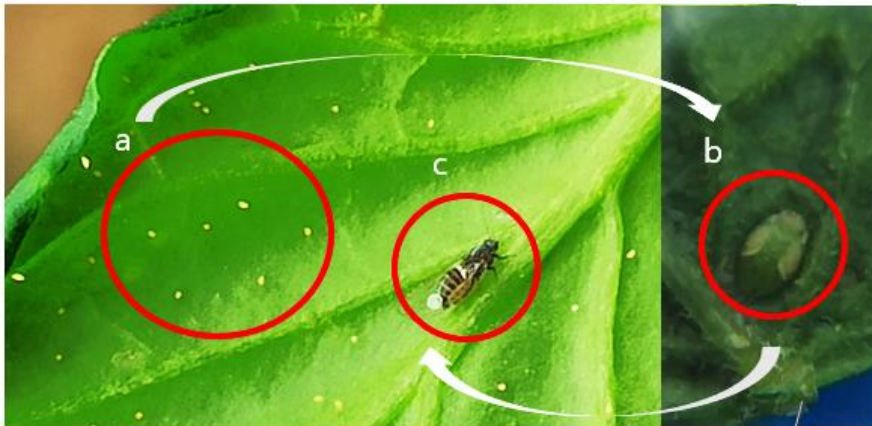
Especie: *Bactericera cockerelli* Šulc.

2.3.2 Ciclo de Vida

El ciclo de vida de *B. cockerelli* Š. se divide en 3 etapas: huevos, ninfas (dividida en cinco estadios) y adultos (Figura 3); la temperatura ideal según Rikolto (2019) va de 21°C a 27°C, siendo 27°C la temperatura ideal para su desarrollo. A continuación, se muestran más detalles acerca del ciclo biológico del psílido de la papa:

Figura 3

Ciclo de vida de *Bactericera cockerelli*



Nota. Ciclo de vida de *Bactericera cockerelli*: a) huevos, b) ninfa en cuarto instar y c) adulto

2.3.2.1 Huevo.

Son de forma ovoide, de aproximadamente 0.3 mm de largo, color anaranjado-amarillento, en uno de sus extremos poseen un filamento o pedicelo de 0.2 mm de largo con el que se adhieren a la superficie foliar, se ubican de forma separada en el envés de la hoja y cerca al borde (Figura 4); una hembra adulta tiene la capacidad de ovipositar más de 500 huevos, en el transcurso de 21 días y su eclosión tarda de 3 a 15 días aproximadamente, con una proporción 1:1 de machos y hembras (Butler y Trumble, 2012; Rikolto, 2019).

Figura 4

Huevos de *Bactericera cockerelli* Šulc



Nota. Huevos de *B. cockerelli* ubicados al borde de las hojas de pimiento

2.3.2.2 Primer Estadio Ninfal.

Son anaranjadas, de forma oval, aplanadas dorso-ventralmente, compuestas de un cefalotórax (cabeza y tórax fusionados), un abdomen definido, patas desarrolladas, una seta sensora larga en el último segmento, un estilete de casi del largo de su cuerpo y sin un paquete de alas visible; algunas de sus partes son poco diferenciadas como los segmentos basales de las antenas, los ojos, la segmentación de las patas, la segmentación del abdomen y el círculo de los poros anales externos; el tamaño es de 0.4 mm de largo por 0.2 mm de ancho (Figura 5) (Marín, et al. 1995).

2.3.2.3 Segundo Estadio Ninfal.

El tamaño es de 0.5 mm de largo y 0.3 mm de ancho. Son aplanadas dorso-ventralmente, en este estadio se hacen evidentes las divisiones en el aparato bucal (clípeo, labio y estilete), en la cabeza se aprecian dos placoides y dos setas sensoras, se puede identificar la presencia de ojos (Figura 5), en el tórax se visibiliza el paquete de alas, las patas son bien diferenciadas, en el abdomen son visibles los espiráculos de los primeros segmentos y se observa la presencia del círculo de los poros anales externos e internos junto con el orificio anal. Sin embargo, aún no se diferencia la segmentación de las antenas ni abdomen (Marín, et al. 1995; Ramírez et al., 2008). 9

2.3.2.4 Tercer Estadio Ninfal.

El tamaño es de 0.72 mm de largo y 0.52 mm de ancho y al igual que en el estadio anterior existe la división visible de cabeza, tórax y abdomen. Es aplanada dorso-ventralmente, sus ojos son bastante visibles y presentan una coloración rojiza, el tórax es verde amarillento (Figura 5), en el abdomen se hacen visibles los cuatro primeros pares de espiráculos, el poro anal y los paquetes anales se diferencian con claridad y el margen del cuerpo al igual que en los estadios anteriores se encuentra cubierto por una hilera de secto-sectas truncadas (Marín, et al. 1995; Ramírez et al., 2008).

2.3.2.5 Cuarto Estadio Ninfal.

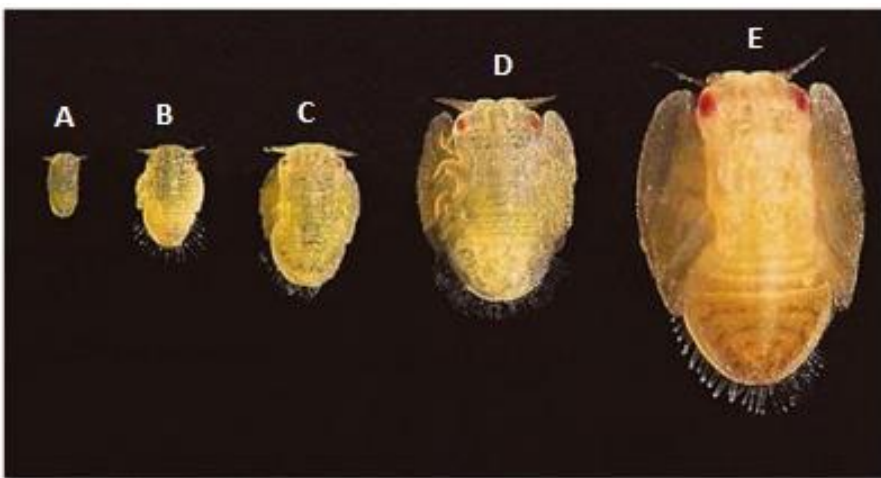
El tamaño de largo es de 1.0 mm y de ancho es de 0.75 mm, la forma no cambia (aplanada dorsoventralmente), se hace más evidente la antena, la cual se reduce hasta la parte media; los paquetes alares son bastante definidos (Figura 5), el límite entre abdomen y tórax es claramente visible (Marín, et al. 1995).

2.3.2.6 Quinto Estadio Ninfal.

El tamaño es de 1.53 mm de largo y 1.03 mm de ancho, presenta coloración verde claro, la segmentación de cabeza, tórax y abdomen es clara, las antenas están seccionadas con dos setas sensoras y cuatro sensilias placoides, en la misma condición que el cuarto estadio se encuentra el aparato bucal y los ojos (Figura 5), la patas se componen de un tarso y un par de uñas, en los paquetes alares se observan ángulos humerales direccionados hacia la parte anterior del cuerpo (Rowe y Knowlton, 1935, Marín, et al. 1995).

Figura 5

Estadios de la etapa ninfa de B. cockerelli Š.



Nota. En el gráfico se muestra los instares de ninfa, (A) primer estadio, (B) segundo estadio, (C) tercer estadio, (D) cuarto estadio y (E) quinto estadio. Tomado de *Análisis de distribución espacial, comportamiento de Bactericera cockerelli Sulc. y presencia de Candidatus Bactericera cockerelli Sulc. y presencia de Candidatus liberibacter solanacearum en Quetzaltenango* (p.10), por Vásquez y Villatoro, 2017.

2.3.2.7 Adulto.

Los adultos miden aproximadamente de 2.5 mm a 2.7 mm de largo, la coloración tras la emergencia es verde pálido, a los 2 o 3 días serán de color verde oscuro o marrón y finalmente se volverá gris o negro con líneas amarillas o blancas en el tórax y cabeza (Butler y Trumble, 2012). Son diferentes a las ninfas, no son sedentarios, las alas son 1.5 veces mayor que la longitud de su cuerpo, los ojos son grandes de coloración café, la antena presenta dos colores y es filiforme (OIRSA, 2015). La hembra y macho son diferentes. Las hembras están conformadas por cinco segmentos visibles más el genital (Figura 6), de forma cónica (visto lateralmente) y en la parte media dorsal existe una mancha en forma de “Y”; los machos están conformadas por seis segmentos visibles más el genital, el último segmento se encuentra

plegado encima de la parte media dorsal del abdomen (Figura 6) (Marín, et al. 1995). La fecundidad de la hembra es de un promedio de entre 300 a 500 huevos durante su vida

B. cockerelli Š. adulto es bastante activo, excelente volador, tiene la capacidad de saltar al sentir estímulos físicos, en machos su longevidad varía de 20 a 62 días, pero las hembras pueden vivir el doble o hasta el triple, todo dependerá de la temperatura y del cultivo en el que se hospeden (Munyanza y Henne, 2013; Yang y Liu, 2009).

Figura 6

Adultos de *B. cockerelli*



Nota. En el gráfico se muestra la etapa adulta de *B. cockerelli* Š., en A y B se observa al adulto macho compuesto por seis segmentos en el abdomen más su genital y en C y D a la hembra con sus cinco segmentos y la “Y” blanca invertida en la parte media dorsal. Tomado de *El psílido de la papa y tomate Bactericera (=Paratrioza) cockerelli (Sulc) (Hemiptera:Triozidae): ciclo biológico; la relación con las enfermedades de las plantas y la estrategia del manejo integrado de plagas en la región del OIRSA* (p.12), por OIRSA, 2015.

2.3.3 Endosimbiontes

B. cockerelli posee una relación endosimbionte con *Candidatus Liberibacter solanacearum* (CLso), debido a que CLso coloniza en el intestino del hospedante para contribuir con la asimilación de carbohidratos, además de otras funciones importantes para el desarrollo del psílido. (Delgado et al., 2020)

2.3.3.1 *Candidatus Liberibacter solanacearum* (CLso).

Los psílicos adquieren el fitopatógeno CLso ya sea por la alimentación de plantas contaminadas o por transmisión transovárica; se ha determinado que tan solo un espécimen de *B. cockerelli* puede transmitir CLso a la planta colonizada en tan solo dos horas, lo que permite que la enfermedad se distribuya con facilidad por varias zonas geográficas (Munyanza y Henne, 2013).

La infección por CLso puede darse en cualquiera de las etapas del ciclo biológico de *B. cockerelli*; existen cinco tipos de haplotipos en CLso: A, B, C, D y E, las dos primeras se encuentran asociadas a las enfermedades en las solanáceas y las tres últimas se asocian a las de las zanahorias (Vásquez y Villatoro, 2017; Liefing et al., 2009b).

Vásquez y Villatoro (2017) y Liefing et al., (2009b) mencionan que la clasificación taxonómica de *Candidatus Liberibacter solanacearum* es:

Dominio: Bacteria

Phylum: Proteobacteria

Subphylum: Alphaproteobacteria

Orden: Rhizobiales

Familia: Phyllobacteriaceae

Género: *Candidatus Liberibacter*

Especie: *Candidatus Liberibacter solanacearum*

2.3.4 Daño Directo

El psílido cuando inserta el estilete en la planta para extraer savia, transmite toxinas que interfieren en la formación de clorofila, ocasionando que la misma se torne de color amarillo y que las hojas de la parte superior se enrollen (Figura 7), además, la producción de la planta se reduce, porque se obtienen tubérculos de pésima calidad tanto para el comercio como para semilla (Jirón-Rojas et al., 2016).

Figura 7

Amarillamiento de la planta: daño directo ocasionado por B. cockerelli Š



2.3.5 Daño Indirecto

Por la misma vía de inoculación que en el daño directo, *B. cockerelli* (tipo vector) transmite el fitopatógeno *Candidatus Liberibacter solanacearum* que causa las enfermedades de la Punta Mora (PMP), la Zebra Chip (ZC) y permanente del tomate (PT) (OIRSA, 2015; Melgoza et al., 2018).

La punta morada de la papa (PMP) es una enfermedad que tiene como síntomas el desarrollo anormal de la planta de papa, las hojas superiores tienden a enrollarse y adquirir una coloración morada o amarilla (Figura 8), existe engrosamiento del tallo en el sitio de inserción de la hoja, la distancia entre nudo se acorta, se forman tubérculos aéreos, las plantas se hacen enanas y su tiempo de vida se reduce, lo que resulta en una baja producción (Cuesta et al., 2018; Jirón-Rojas et al., 2016).

Figura 8

Sintomatología de la enfermedad punta morada de la papa (PMP)

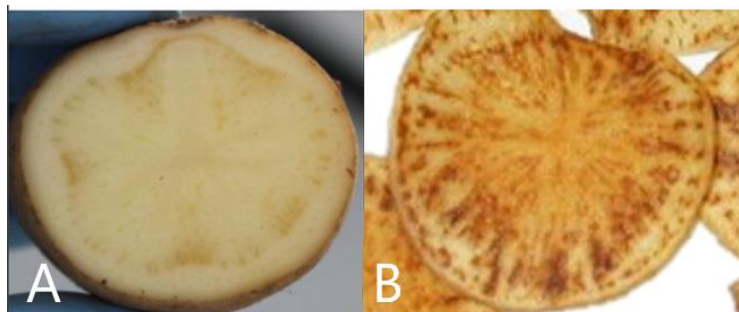


Nota. En la figura se muestra los síntomas de PMP, es visible a) el enrollamiento de las hojas superiores, la coloración morada y b) el aparecimiento de tubérculos aéreos.

La enfermedad Zebra Chip (ZC) presenta síntomas similares a los de la PMP como: la clorosis, entrenudos hinchados, tubérculos aéreos, retraso en el crecimiento, hojas quemadas, muerte prematura, abortamiento floral, supervivencia reducida, entre otros (Padilla et al., 2012; OIRSA, 2015). Munyaneza (2015) afirma que la característica principal de ZC es que en el tubérculo de la papa existe pardeamiento del tejido vascular, estrías en los tejidos de las rayas medulares, colapso de estolones y cambio en la concentración de almidón y azúcares. El daño es más visible cuando se fríe el tubérculo, lo que lo hace inservible para la industrialización (Figura 9).

Figura 9

Enfermedad zebra chip (ZC) en el tubérculo



Nota. En el gráfico se muestran los síntomas de ZC en el (A) tubérculo sin fritura y (B) con fritura. Tomado de ZEBRA CHIP '*Candidatus Liberibacter solanacearum*, por Silverio et al., 2017.

2.3.6 Monitoreo

Para el monitoreo de *B. cockerelli* son utilizadas algunas herramientas, como el muestreo de redes de barrido, el examen del material vegetal, las trampas cromáticas, entre otros (Butler y Trumble, 2012). En estudios como el de Covarrubias, et al., (2011) y Goolsby et al., (2007) se ha determinado que el uso de trampas amarillas para la detección de adultos es eficaz, por la atracción del insecto a ese color. Por otro lado, para la observación y conteo de huevos y ninfas (en sus cinco estadios) en las hojas se utilizan lupas (Cuesta et al., 2018).

2.3.7 Tipos de Control

Para el control del psílido de la papa se utilizan los controles culturales, biológicos y químicos.

2.3.7.1 Control Cultural.

El control cultural consiste en la implementación de prácticas culturales para evitar la infestación de *B. cockerelli* en posteriores cultivos, por ejemplo: se deben eliminar los focos de infestación retirando o incorporando los residuos vegetales del cultivo anterior (rastros), es necesario rotar los cultivos para tratar de romper con el ciclo de vida del insecto, se debe utilizar semilla certificada o la que no tenga registro de presencia del psílido, entre otros (Cuesta et al., 2018; OIRSA, 2015).

2.3.7.2 Control Biológico.

Para el control biológico de *B. cockerelli* se han utilizado hongos entomopatógenos, larvas de crisópidos, coccinélidos, larvas de mosca sírfidas, entre otros (Butler y Trumble, 2012).

2.3.7.3 Control Químico.

En el control químico del psílido de la papa, se recomienda la rotación de ingredientes activos para evitar resistencias, por lo que se ha usado moléculas pertenecientes a los neonicotinoides, avermectinas, piretroides, spinosines, organoclorados, entre otros (Tabla 2). Por otra parte, según Toledo (2016a) la forma de aplicación es clave para que el insecticida llegue al envés de las hojas, donde el psílido prefiere establecer sus huevos y ninfas, por lo que de preferencia, se debe usar bomba de motor.

Tabla 2

Ingredientes activos usados para el control del psílido de la papa

Ingrediente Activo	Grupo Químico	Ingrediente Activo	Grupo Químico
Tiametoxam	Neonicotinoide	Endosulfan	Organoclorado
Abamectina	Avermectinas	Pymetrozine	Triazina
Bifentrina	Piretroide	Spiromesifen	Cetoenoles
Spinosad	Spinosines	Permetrina	Piretroide
Espirotetramato	Cetoenoles	Fipronil	Fenilpirazoles
Acetamiprid	Neonicotinoide	Dinotefuran	Neonicotinoide
Clotianidina	Neonicotinoide	Phorate	Organofosforado
Imidacloprid	Neonicotinoide	Oxamyl	Carbamato
Ciflutrina	Piretroide	Dimetoato	Organofosforado
Esfenvalerate	Piretroide		
B-Cyfluthrin	Piretroide		
Lambda-cihalotrin +	Piretroide +		
Tiametoxam	Neonicotinoide		

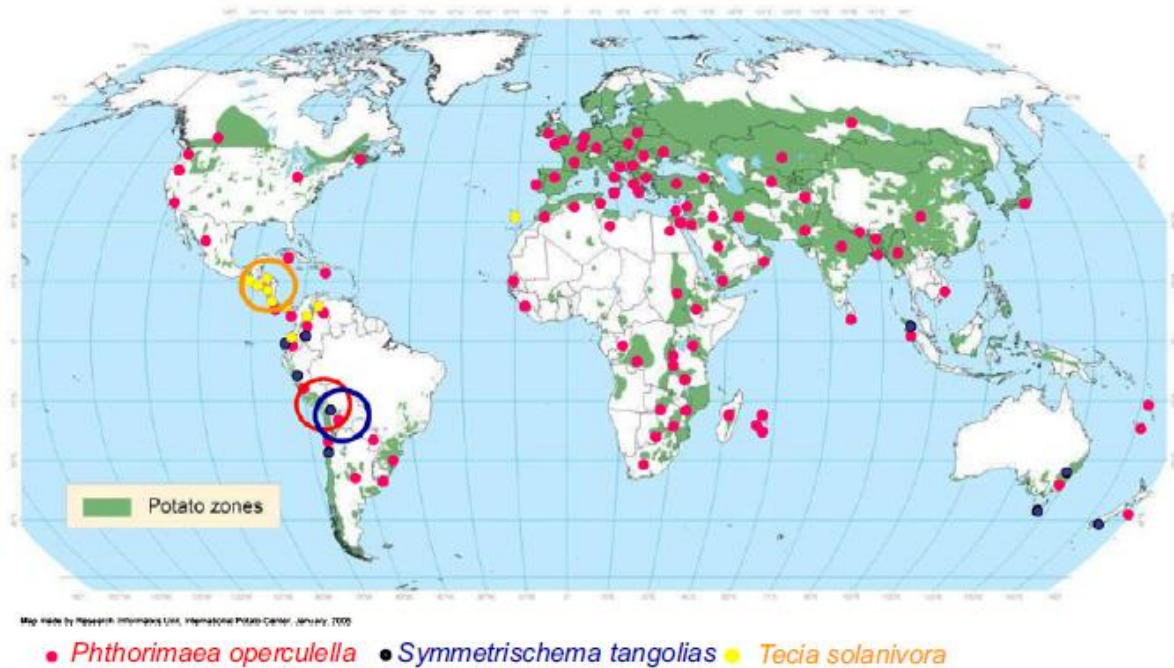
Nota. Información obtenida de Guenther et al. (2012) y Autor.

2.4 Generalidades de la Polilla

El complejo de polillas que atacan al cultivo de la papa pertenece a la familia Gelechiidae, las cuales son: *Tecia solanivora* (Povolný), *Phthorimaea operculella* (Zeller) y *Symmetrischema tangolias* (Gyen); son polillas cosmopolitas en distribución, ocupan aproximadamente 90 países a nivel mundial, su expansión se debe al movimiento de las larvas infestadas en la semilla; el clima en el que mejor se desarrollan es el de regiones templadas a tropicales, aunque también se adaptan en menor población en lugares con inviernos fríos (Figura 10)(Navarre y Pavek, 2014).

Figura 10

Distribución mundial del complejo de polillas de la papa



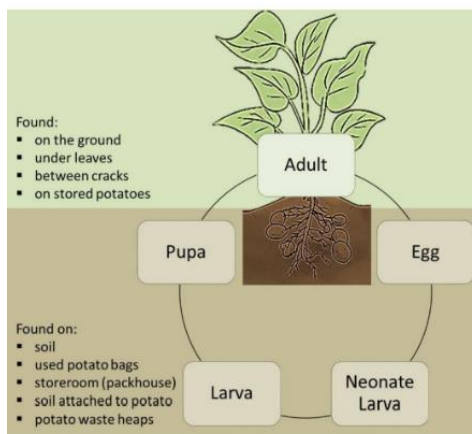
Nota. Distribución de las especies de polilla a nivel mundial. Tomado de *Insect Pests of Potato Global Perspectives on Biology and Management* (p.166), por Kroschel y Schaub, 2013.

2.4.1 Daños del Complejo de Polillas

P. operculella ataca en todas las partes de la planta, las hembras adultas prefieren el suelo o el follaje verde sobre el tubérculo para la oviposición, el daño en las hojas es tipo minador: ingresa por la parte axilar o por la nervadura principal y se alimenta del mesófilo, pudiendo causar la pérdida de todas las hojas y por ende del rendimiento (Figura 11); *S. tangolias* se alimenta de los tallos, sus larvas lo colonizan (hasta 12 larvas) y con el tiempo marchitan su parte superior (Kroschel y Schaub, 2013).

Figura 11

Partes de la planta donde se puede ubicar la polilla de la papa



Nota. En el gráfico, se muestran los lugares donde puede atacar el complejo de polillas (*T. solanivora*, *P. operculella* y *S. tangolias*), dependiendo de su etapa de vida: adulto, huevo, larva y pupa. Tomado de *Pest survey card on Tectia solanivora* (p.6), por European Food Safety Authority [EFSA] et al., 2019.

T. solanivora, *P. operculella* y *S. tangolias* aprovechan las grietas ocasionadas por el riego, las lluvias o el retraso de las cosechas; el ataque (ovoposición) se puede dar desde el período de la tuberización hasta su cosecha, los huevos depositados se convierten en larvas, las que forman galerías en el interior del tubérculo y crean condiciones adecuadas para el desarrollo de microorganismos que finalmente pudren a la papa (Figura 12) (Arce, 2008). Los daños directos de larvas ocasionan pérdidas económicas de entre el 30 % al 50 % de los costos totales de la producción (Pitre, 2008).

Figura 12

Papa dañada por S. tangolias tras el almacenamiento



Nota. En el tubérculo dañado se puede observar la presencia de adultos y pupas

2.4.2 *Tectia solanivora* (Polvoný)

Descrita por Polvoný en 1973, *T. solanivora* es conocida comúnmente como la polilla guatemalteca o polilla Centroamericana, originaria de Centroamérica y extendida a Sudamérica, es uno de los insectos más perjudiciales para la producción de papa, porque daña al tubérculo ya sea destinado para el consumo o para el almacenamiento de semilla (Torres et al., 2012).

Araque (1999) y EFSA et al., (2019) afirman que la clasificación taxonómica de *T. solanivora* es:

Reino: Animalia

Phylum: Arthropoda
Subphylum: Uniramia
Clase: Insecta
Orden: Lepidóptera
Suborden: Ditrysia
Superfamilia: Gelechioidea
Familia: Gelechiidae
Género: *Tecia*
Especie: *Tecia solanivora* (Polvony).

El ciclo de vida comprende las etapas de (Figura 14):

2.4.2.1 Huevo.

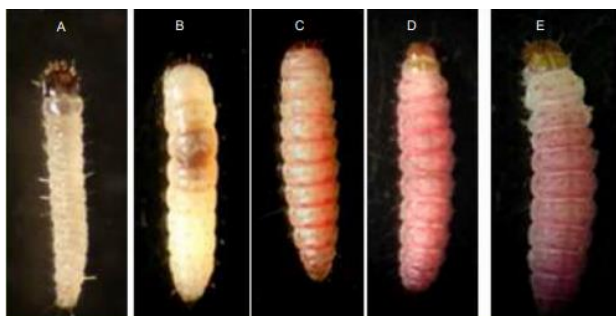
Inicialmente son de color blanco perla, de forma ovoide, de largo miden de 0.46 a 0.63 mm y de ancho 0.43 a 0.39 mm, cuando maduran adquieren una coloración blanca mate a amarillo y previo a la eclosión son marrones oscuros. Las hembras suelen poner casi 200 huevos, colocados en masa o individual, se desarrollan de 5 a 25 días, aunque todo dependerá de la temperatura, por ejemplo, en temperaturas de 18.8 y 22.1°C eclosionan entre 6 y 7 días (EFSA et al., 2019).

2.4.2.2 Larva.

Son de tipo eruciforme, con 3 pares de patas verdaderas y 5 pares de pseudopiernas; en *Tecia solanivora* es característico que cada segmento abdominal y torácico presenta puntos o máculas de color negro, esta etapa se subdivide en al menos en cuatro instares, en el primer instar las larvas son de coloración blanco transparente, la cabeza es marrón oscuro, mide alrededor de 1.44 mm y se da el inicio de la penetración en el tubérculo, la que a simple vista es poco percibida; en el segundo instar son de color blanco crema y realizan minas superficiales en el tubérculo; las del tercer instar son de coloración crema verdosa, es el estado más voraz porque causan galerías profundas; en el cuarto y último instar, la coloración es verdosa en la parte ventral y de color púrpura en la parte dorsal, la cabeza es de color marrón más claro que los instares anteriores, mide de 14 a 16 mm de longitud y de 2.0 a 3.92 de ancho (Figura 13) (Araque, 1999; Torres, 1998).

Figura 13

Etapas de desarrollo de larvas de T. solanivora



Nota. En el gráfico, se puede observar los instares de la etapa larva de *Tecia solanivora*, (A) primer instar, (B) segundo instar, (C) tercer instar, (D) cuarto instar y (E) prepupa. Tomado de la *Guía de Síntomas y Daños de la “Palomilla Guatemalteca”, Tecia solanivora* (Povolny, 1973) (p.3), por Valencia, 2016.

2.4.2.3 Pupa.

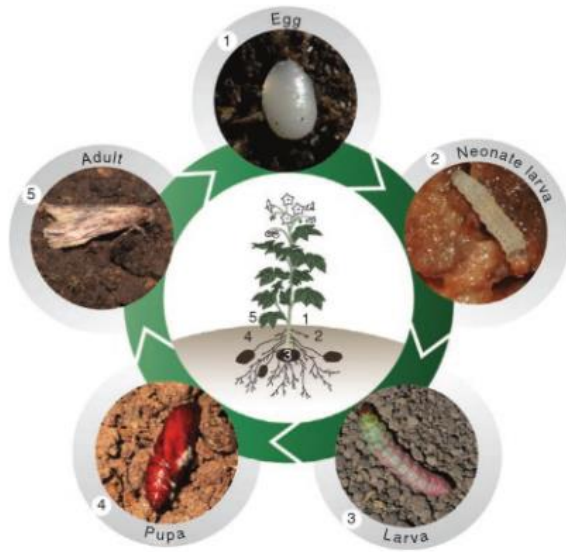
Antes de ser pupa, la larva pasa por la etapa de prepupa, la que consiste en salir del tubérculo ya sea hacia el suelo, los restos vegetales muertos, los sacos del empaque, paredes o grietas en el almacenamiento o en raras veces en el mismo tubérculo, el fin es construir un capullo sedoso cubierto de tierra o restos vegetales; la etapa puede durar de 10 a 90 días (Torres, 1998). Las pupas frescas son verdosas, luego se hacen claras y finalmente alcanzan una coloración oscura y brillante, de forma fusiforme, son de tamaño de 7.3 a 9.0 mm; en esta etapa es evidente la diferenciación de sexos, ya que las pupas masculinas son más pequeñas, livianas y tienen la apertura genital en el noveno segmento mientras que las femeninas lo tienen en el octavo (Carrillo y Torrado, 2013).

2.4.2.4 Adulto.

Son mariposas que presentan dimorfismo sexual en tamaño y color; los machos son de color marrón oscuro, con dos manchas (estigmas) semejantes a un círculo en el ala anterior y una línea longitudinal oscura pero poco notoria, las hembras son más grandes, tienen el abdomen más ancho que los machos, su coloración es brillante, en sus alas presentan tres estigmas oscuros con una línea longitudinal oscura muy notoria, *T. solanivora* hembra solo necesita un macho para ser fértil en toda su vida. Los adultos en general son activos en las noches (vuelo errático y corto) y permanecen ocultos en el día en las zonas oscuras (Torres, 1998; Carrillo y Torrado, 2013; EFSA et al., 2019).

Figura 14

Etapas de desarrollo de T. solanivora



Nota. Tomado de *Tecia solanivora* Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae), an invasive pest of potatoes *Solanum tuberosum* L. in the Northern Andes (p.128), por Carrillo y Torrado, 2013.

2.4.3 *Phthorimaea operculella* (Zeller)

Descrita por Zeller en 1873, *P. operculella* es conocida como el gusano de la papa, originaria de Sudamérica, expandida en países tropicales y subtropicales de Asia, América, África y Australia (Figura 10) (Giordanengo et al., 2013). El daño de la plaga se da en hojas, tallos y principalmente en el almacenamiento del tubérculo (Golizadeh y Esmaili, 2012). Aunque es una plaga de la papa puede atacar a otras solanáceas (tomate, berenjena, pimiento, otras) (Rondon, 2010).

Rondon y Gao (2018) afirman que la taxonomía de *Phthorimaea operculella* es:

Reino: Animalia

Phylum: Arthropoda

Subphylum: Uniramia

Clase: Insecta

Orden: Lepidóptera

Suborden: Ditrysia

Superfamilia: Gelechioidea

Familia: Gelechiidae

Género: *Phthorimaea*

Especie: *Phthorimaea operculella* (Zeller).

Al igual que *Tecia solanivora* tiene cuatro etapas de vida: huevo, larva, pupa y adulto.

2.4.3.1 Huevo.

Son esféricos y lisos; inicialmente de coloración blanco aperlado, luego amarillo y finalmente marrón oscuro; miden de largo 0.45 mm y de ancho 0.33 mm; las hembras son capaces de poner más de 200 huevos, los cuales pueden ser depositados en el campo o en el almacenamiento; en el caso del campo los ovopositan en: las hojas (tanto en el haz como el envés), en los tallos, en los tubérculos, alrededor de la base de la planta, en grietas, en residuos vegetales muertos o en el suelo y en el almacenamiento: en los tubérculos, desechos o basura (López, 1982; Rondon, 2010).

2.4.3.2 Larva.

Al nacer miden aproximadamente de 1 mm hasta 12 mm cuando su desarrollo se completa, su cabeza incluyendo la parte pretorácica es de coloración marrón oscura, el cuerpo tiene una tonalidad que depende de su dieta (verdosa o rosada), cuando alcanza la madurez se torna rosada o verdosa (López, 1982; Giordanengo et al., 2013). Se divide en cuatro instares: del primer al tercer instar no es evidente el sexo, en el cuarto instar en los machos es visible la presencia de dos testículos alargados y amarillentos en el quinto o sexto segmento abdominal; el segmento abdominal se asemeja a nudos; es la etapa del insecto que más daña al cultivo de papa porque afectan a las hojas a lo largo del dosel, con mayor afinidad a las hojas superiores y al tubérculo hasta finalizar su etapa; la duración es de 15 a 30 días (Rondon, 2010; Rondon y Gao, 2018).

2.4.3.3 Pupa.

Tras pasar 2 días en el estado de prepupa *P. operculella* se hace pupa, puede llegar a medir 8.4 mm de largo, de tonalidad marrón, textura lisa; se ubican en cualquier material vegetal seco, sobre los tubérculos almacenados o los que se encuentran en campo, en grietas del suelo, entre otros; su duración de 8 a 15 días (López, 1982).

2.4.3.4 Adulto.

Miden aproximadamente 10 mm de largo, de color semejante al de la paja (pajizo), con una envergadura alar de 12 a 15 mm, existe diferencia en las alas anteriores y posteriores: las anteriores son de tonalidad marrón grisáceas con setas oscuras y un borde delgado de pelos en el margen posterior hacia la punta, las alas posteriores son blanco opaco y presentan un borde ancho de pelos. Existen diferencias claramente visibles entre machos y hembras; los machos tienen un abdomen delgado, angosto y presenta un mechón de pelos en el extremo caudal parecido a una brocha, en el frénulo tiene una sola seta; en la hembra el abdomen es robusto y

ovalado, el frénulo se compone por tres setas y en los fillos presentan pelos tipo flecos (Figura 15) (López, 1982).

Figura 15

Ciclo de vida de Phthorimaea operculella



Nota. En el gráfico se observa las cuatro etapas de vida de *Phthorimaea operculella*: (A) huevos, (B) larva, (C) pupa y (D) adulto hembra y macho. Tomado de *Potato tuber moth* (p.8), por Kroschel et al., 2016.

2.4.4 *Symmetrischema tangolias* (Gyen)

Fue descrita por Gyen en 1913, conocida comúnmente como polilla andina de la papa, *S. tangolias* es nativa de Perú y Bolivia, es una plaga invasora de proporción parcialmente mundial (Figura 10), la cual causa un daño económico significativo a los productores de papa (hasta el 100 %), incluso mayor al que causa *P. operculella* (Griepink et al., 1995; Sporleder et al., 2016b). La plaga se ubica y se alimenta del tallo de la planta durante el estado larval, lo que puede ocasionar el marchitamiento de la parte superior (Giordanengo et al., 2013). Es una plaga adaptada a zonas de temperaturas bajas, en altitudes de 3500 a 3800 m.s.n.m. (Sporleder et al., 2016a).

Guachalla (2011) afirma que la clasificación taxonómica de *S. tangolias* (Gyen). es:

Reino: Animalia

Phylum: Arthropoda

Subphylum: Uniramia

Clase: Insecta

Orden: Lepidóptera

Suborden: Ditrysia

Superfamilia: Gelechioidea

Familia: Gelechiidae

Género: *Symmetrischema*

Especie: *Symmetrischema tangolias* (Gyen).

2.4.4.1 Huevo.

Son de forma ovoide, miden 0.7 mm × 0.40 mm aproximadamente, inicialmente tiene una coloración blanca, luego amarillenta y finalmente son grises antes de la eclosión (Sporleder et al., 2016a). Pueden ser depositados individualmente o en pequeños conjuntos, en cantidades que van desde los 140 a 180 huevos (Giordanengo, 2013).

2.4.4.2 Larva.

Miden aproximadamente 1 mm de largo, pasa por cuatro estadios, en el cuarto estadio alcanza los 13 mm de longitud, una característica distintiva de la especie es que desde el tercer estadio en la parte superior del abdomen y toráx se pueden observar tres rayas rojizas longitudinales bien marcadas, la coloración de las larvas dependerá de las fuentes de alimentación (Sporleder et al., 2016a; Giordanengo, 2013).

2.4.4.3 Pupa.

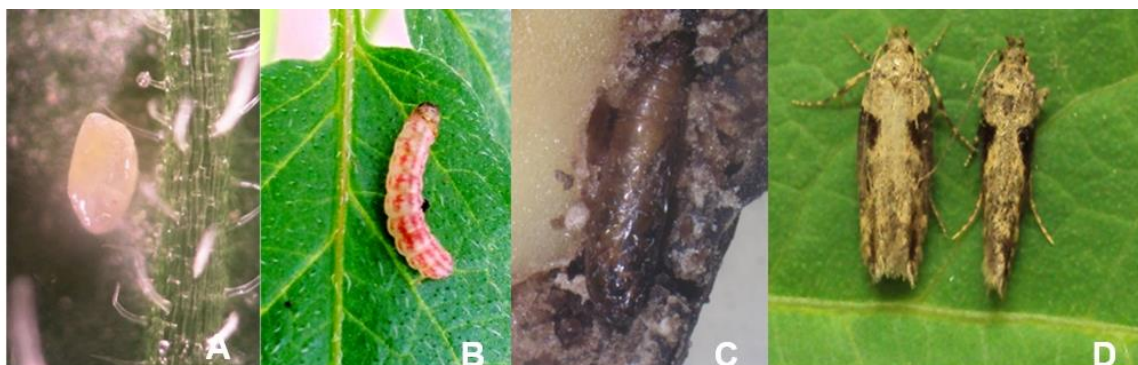
Las pupas miden alrededor de 7 a 8 mm, su tonalidad es marrón al inicio, luego antes de la emergencia se tornan marrones oscuros (casi negras) (Sporleder et al., 2016a). Al igual que las anteriores especies puede empupar en el suelo, los residuos vegetales, en grietas, en el tubérculo afectado en campo o almacenamiento.

2.4.4.4 Adulto.

Son de coloración gris pardusco (hembra y macho), tienen una mancha triangular negra en los dos lados laterales de las alas anteriores; miden de 9 a 12 mm, la envergadura de las alas puede medir de 18 a 19 mm, son más grandes que *P. operculella*, los bordes de las alas anteriores están rodeados por pelos finos y las posteriores están cubiertas por escamas de color ocre pálido; pueden vivir 23 a 25 días (Figura 16) (Vera, 2009; Sporleder et al., 2016a; Giordanengo, 2013).

Figura 16

Ciclo de vida de Symmetrischema tangolias



Nota. En el gráfico se observa las cuatro etapas de vida de *Symmetrischema tangolias*: (A) huevos, (B) larva, (C) pupa y (D) adulto hembra y macho. Tomado de *Andean potato tuber moth, Symmetrischema tangolias (Gyen 1913)*(p.41), por Sporleder, 2016a.

2.4.5 Monitoreo

En el monitoreo del complejo de polillas en adultos, se lo realiza por medio de trampas de feromonas sexuales sintéticas para atraer a los machos, cada especie tiene su propio tipo de feromonas; para identificar larvas en tallo y hojas se observan las hojas minadas o tallos barrenados; para evaluar la infestación de larvas en el tubérculo ya sea en almacenamiento o en campo se toman tubérculos al azar (Raman, 1988; Navarre y Pavek, 2014).

2.4.6 Tipos de Control

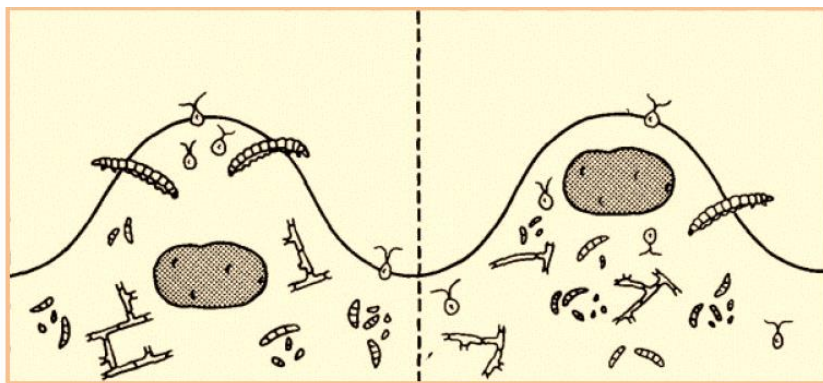
Las tres especies de polillas de la papa se las puede combatir mediante el control cultural, biológico, etológico o químico.

2.4.6.1 Control Cultural.

El control cultural se centra en implementar o modificar las prácticas agrícolas, la cuales se orientan a romper el ciclo de vida del insecto, la selección de semillas de buena calidad, la programación de siembras en referencia al clima, entre otros. Para el control cultural del complejo de polillas se debe considerar prácticas como la destrucción de residuos de cosecha, para eliminar posibles fuentes de infestación (tubérculos hospederos de larvas), la profundidad de la siembra, la cual debe ser de aproximadamente de 16 cm para que la planta quede bien tapada, el aporque de 30 a 35 cm a los dos lados, porque se debe crear una barrera física que impida o dificulte el ingreso de larvas a la zona de tuberización y el riego debe ser constante para alcanzar la capacidad de campo del suelo y así evitar la formación de grietas (Figura 17) (INIA, 1994; Torres, 1998; Kroschel et al., 2012) .

Figura 17

Profundidad de siembra como control cultural de polilla



Nota. Tomado de *Papa compendio de Información Técnica* (p.41), por INIA, 1994.

2.4.6.2 Control Biológico.

En el control biológico se usan organismos que funcionen como parasitoides, predadores o biorracionales. Para el control de la especie *Phthorimaea operculella* Zeller, se han identificado algunos parasitoides que cursan por las etapas: huevo (*Chelonus kellieae*, *Trichogramma brasiliensis*) y larva (*Agathis gibbosa*, *Agathis unicolor*, *Apanteles subandinus*, *Orgilus lepidus*); un predador potencial identificado en Nepal para el control de polilla es *Geocoris* sp.; tanto para parasitoides y predadores lo más recomendable es que sean originarios del mismo lugar de la plaga (Kroschel et al., 2012; Rondon y Gao, 2018).

Los biorracioanles que se utilizan son virus, bacterias, nemátodos y hongos; el granulovirus (*PoGv*) es un virus que se ha probado para el control biológico, el cual ataca al sistema digestivo de la polilla causandole la muerte y permitiendo la proliferación al resto de larvas; en bacteria un ejemplo es *Bacillus thuringiensis*, en la que se usan sus tóxicas; en el control con nématodos se usan los que pertenecen al género *Hexamermis*, *Steinernema* y *Heterorhabditis* los que se encargan de parasitar a la plaga; los hongos entomopatógenos usados comunmente son *Beauveria bassiana* o *Metarhizium anisopliae* porque poseen características insecticidas (Kroschel y Lacey, 2006; Rondon y Gao, 2018).

2.4.6.3 Control Etológico.

Para el control del complejo de polillas se utilizan feromonas, las feromonas sexuales son sustancias químicas sintéticas que simulan el olor de las hembras para la atracción de machos, generalmente se los obtiene por mezcla de varios compuestos y es diferente para cada especie (Tabla 3); su uso puede tener doble propósito, el primero consiste en el monitoreo de la dinámica poblacional del insecto y el segundo es que permite bajar la población por que atrae, captura y mata (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MINAGRICULTURA], Corporación Colombiana de Investigación Colombiana [Corpoica] y Federación Colombiana de Productores de Papa [Fedepapa], 1998).

La metodología más común para su implementación es la del uso de recipientes plásticos, con dos aberturas en la parte lateral derecha e izquierda, una tapa en la que se suspenda la feromona sexual mediante un alambre, en la parte inferior del recipiente se coloca tres cuartos de agua con jabón (0.3 cc), el jabón permite romper la tensión superficial del agua para que las polillas caigan y no escapen; se debe realizar el cambio de agua constantemente para tener la capacidad de realizar los conteos.

Tabla 3

Componentes de las feromonas para cada especie

Especie	Composición
<i>Tecia solanivora</i> (Polvony).	- acetato 3-Dodecenil (Isómero E3-12AC 98% y Z3-12-ac2%
<i>Phthorimaea operculella</i> (Zeller).	Trans-4, cis-7 tridecadien-1-ol-acetato denominado PTM1 Trans-4, cis-7 10-tridecatrien-1-ol-acetato denominado PTM2
<i>Symmetrischema tangolias</i> (Gyen).	- 2:1 mezcla de (E, Z)-3,7-tetradecadien-1-ol-acetato y (E)-3-tetradecen-1-ol-acetato

Nota. Información tomada de Guachalla (2011)

2.4.6.4 Control Químico.

El control químico consiste en la aplicación de ingredientes sintéticos, las aplicaciones se realizan desde la época de tuberización hasta la senescencia de las hojas, específicamente en la base de la planta apuntando a los huevos y adultos (las dos únicas tapas expuestas). Los plaguicidas usados en el control de polilla son neurotoxinas del grupo químico de los organofosforados (profenofos, clorpirifos, triclorfon, metamidofodos, acefato), carbamatos, organoclorados (endosulfan), piretroides (permetrina), entre otros. Además, se han sintetizado sustancias de origen botánico como lo son los aceites de nanofibras y el aceite esencia puro de *Cinnamomum zeylanicum* L. (Carrillo y Torrado, 2013; Falconi, 2013; Rondon y Gao, 2018).

Sin embargo, el uso de sustancias químicas de control de polilla como los organofosforados causan efectos severos a la salud de los productores, por lo que se deben manejar con cuidado y con el equipo de protección personal (Carod, 2002; Fernández, 2010).

2.5 Manejo Integrado de Plagas

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) comprende un conjunto de herramientas, estrategias, prácticas y técnicas, que manejadas de manera coordinada logran mantener bajo niveles aceptables a las poblaciones de plagas y enfermedades (Nivel de daño y umbral económico) (Vivas, 2017). Surendra (2019) por su parte, menciona que el MIP es un enfoque en el que se maneja a las plagas de forma económicamente viable, ambientalmente segura y

socialmente aceptable, es decir una metodología compleja que cumple con los enfoques de la sostenibilidad y algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) propuestos por la Organización de las Naciones Unidas.

Por otra parte, en el uso regular de agroquímicos el MIP puede reducir los efectos perjudiciales hacia el ser humano y el ambiente, mediante la comprensión de las interacciones complejas que se dan entre elementos del agroecosistema, como el tipo de cultivo, enemigos naturales, plagas y el medio ambiente (Mkenda et al., 2019). Para su aplicación, Barzman et al. (2015) proponen un conjunto de 8 principios lógicos que permiten proporcionar una guía en la toma de decisiones dentro de un MIP, que comprenden la prevención y supresión, monitoreo, decisiones basadas en monitoreos y umbrales, aplicación de métodos no químicos, selección de plaguicidas, uso reducido de plaguicidas, estrategias anti-resistencia y evaluación.

2.5.1 Estrategias del Manejo Integrado de Plagas

2.5.1.1 Control Cultural

El control cultural consiste en adoptar prácticas agronómicas que reduzcan o eviten las infestaciones y daños por plagas. Algunas de las estrategias utilizadas en el control cultural son el uso semillas certificadas o limpias que eviten introducir al sistema de producción plagas desde el inicio del cultivo, ajuste de fechas de siembra para impedir el ataque en las etapas más vulnerables, adoptar prácticas de riego y densidad de plantas adecuada, implementar programas de fertilización de acuerdo a las deficiencias y requerimientos nutricionales del cultivo, eliminación del material vegetal contaminado en cultivos anteriores, rotación de cultivos, uso de cultivos trampa, entre otros (Torres, 1998; Surendra, 2019; Tariq et al., 2019).

2.5.1.2 Control Biológico

El control biológico hace referencia al uso de uno o varios organismos que se encargan de disminuir el efecto deletéreo de la plaga o enfermedad sobre el crecimiento y productividad de un cultivo (Vinchira y Moreno, 2019), de modo que los organismos benéficos son usados como parasitoides, depredadores, patógenos y competidores de las plagas, en los que se incluyen a especies de nemátodos, insectos, ácaros, virus, hongos y organismos unicelulares (Fischbein, 2012).

2.5.1.3 Control Etológico

La etología, según Cañedo et al. (2011) es el estudio del comportamiento de animales en relación con su medio de vida, en este caso el de los insectos, por lo que el control etológico resulta ser el control de las plagas mediante estímulos que se ajustan a su comportamiento y

que sirven como atrayentes. En la práctica algunas de las herramientas que se han usado son cebos, feromonas sexuales, atrayentes cromáticos, entre otros.

2.5.1.4 Control Químico

El control químico se basa en la aplicación de pesticidas que en su mayoría son de composición química sintética y tóxica, con la función de matar o controlar las poblaciones plagas. Estas sustancias de acuerdo con el grupo de animales o plantas de control se clasifican en insecticidas, fungicidas, bactericidas, acaricidas, nematocidas, herbicidas, entre otros (Cañedo et al., 2011).

El Insecticide Resistance Action Committee [IRAC] (2022) menciona que existen alrededor de 33 grupos de insecticidas, que se encuentran clasificados por los modos de acción: sistema nervioso y muscular, crecimiento y desarrollo, respiración, digestivo y desconocido o no específico. Algunos de los subgrupos que componen esta clasificación son carbamatos, organofosforados, ciclodieno organoclorados, fiproles, piretroides, metoxiclor, neonicotinoides, nicotina, sulfoxominas, spinosines, avermectinas, entre otros.

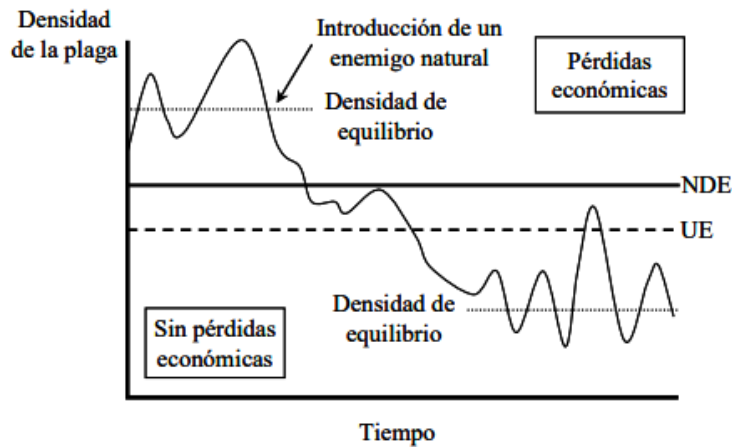
Sin embargo, aunque han resultado ser efectivos en el control de plagas, su uso debe ser responsable, ya que ocasionan problemas de salud en productores y consumidores, contaminación de suelos y aguas, resistencia a insecticidas, apareamiento de otras plagas, entre otras (Cañedo et al., 2011; Khan et al., 2020; Cuesta et al., 2021).

2.5.2 Nivel de Daño Económico y Umbral Económico

Para identificar el momento óptimo de control de una plaga, es importante conocer los valores de los parámetros: Nivel de Daño Económico (NDE) y Umbral Económico (UE). El NDE es la densidad de la población plaga más baja que causa daños económicos y, por otra parte, el Umbral Económico (UE) es la densidad poblacional de la plaga en que se recomienda aplicar el control para evitar sobrepasar el NDE como se observa en la figura 18 (Fischbein, 2012). Los valores de los umbrales dependerán de cada agroecosistema, cultivo y plaga (Rondon, 2010).

Figura 18

Dinámica de una población teórica, NDE y UE



Nota. Tomado de *Introducción a la teoría del control biológico de plagas* (p.6), por Fischbein, 2012.

2.6 Marco Legal

La investigación propuesta se ajusta con algunos objetivos, artículos y leyes que se encuentran en vigencia en el estado ecuatoriano y a nivel internacional. En el Ecuador, según la Constitución de la República del 2008 en el artículo 14 se reconoce el derecho de vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, sostenible y del buen vivir, con un interés público de la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, su biodiversidad, la integridad del patrimonio genético, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios degradados.

En el Plan Nacional de Desarrollo denominado “Creando Oportunidades 2021 – 2025” la investigación está relacionada con el objetivo 12 en el que se busca “fomentar modelos de desarrollo sostenibles aplicando medidas de adaptación y mitigación al cambio climático”. Por otra parte, la Ley Orgánica de Sanidad Agropecuaria en el artículo 3, en los principios de dicha ley, considera importante establecer medidas fito y zoonosanitarias legales y técnicas que garanticen la salud de las personas, la preservación de vegetales y animales y protección de otros daños que resulten de la entrada, radicación o la diseminación de plagas o enfermedades.

A nivel internacional el estudio contribuye en el cumplimiento de al menos 6 de los 17 objetivos de desarrollo sostenible propuestos por la Organización de las Naciones Unidas el 25 de septiembre del 2015, los cuáles son: “2 hambre cero”, “3 salud y bienestar”, “12 producción y consumo responsable”, “13 acción por el clima”, “14 vida submarina” y “15 vida de ecosistemas terrestres”.

CAPÍTULO III

Materiales y Métodos

3.1 Descripción del área de estudio

La investigación se la realizó en el norte del Ecuador, en la zona sureste de la provincia del Carchi, en las comunidades de Monteverde, Tesalia, Cuesaca y La Calera, localidades pertenecientes a los cantones de Montúfar, Bolívar y San Pedro de Huaca simultáneamente (Figura 19). Los predios fueron seleccionados junto a representantes del INIAP y el CIP, los que conocían las zonas de mayor producción de *Solanum tuberosum* L. (Tabla 4).

Figura 19

Mapa de zona de estudio en la provincia del Carchi

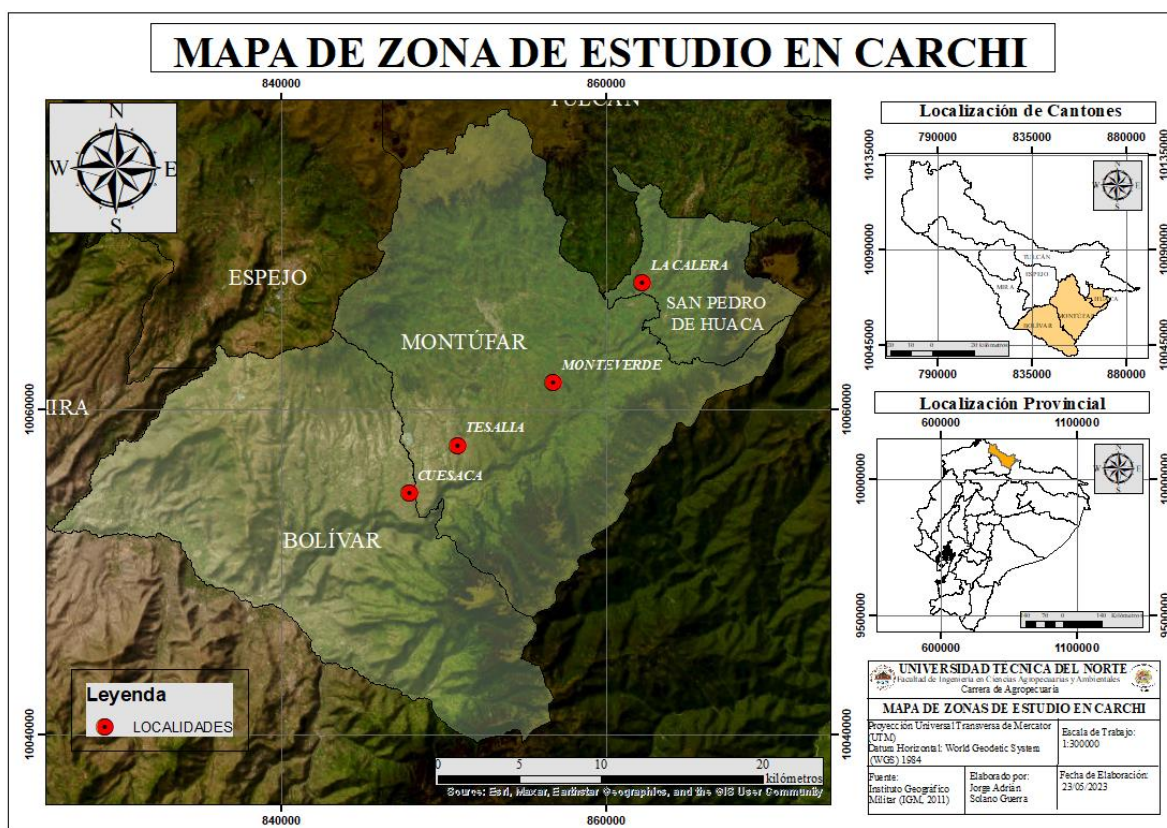


Tabla 4

Localidades donde se realizó la investigación

Localidad	Cantón	Parroquia	Altitud	Área de Siembra (m ²)
Monteverde	Montúfar	San José	2 812 msnm	4 019
Tesalia	Montúfar	La Paz	2 751 msnm	10 279
Cuesaca	Bolívar	Bolívar	2 646 msnm	4 392
La Calera	Huaca	Huaca	2 799 msnm	8769

3.2 Materiales, Equipos, Insumos y Herramientas

Los materiales que se utilizaron durante la investigación se describen en la tabla 5.

Tabla 5

Materiales, equipos, herramientas e insumos usados en la investigación

Materiales	Equipos	Insumos	Herramientas	Paquetes Software
Libreta de Campo	Computador	Cultivo de	Colador	Infostat ®
Alambre	Impresora	papa	Recipientes	Excel ®
Botellones de plástico	Smartphone		plásticos	ODK®
Seguros plásticos	Cámara fotográfica		Viales de 5 ml	KoboToolbox®
Estacas	Estereoscopio		Mallas anti-insectos	
Detergente	GPS		Feromona Sexual	
Alcohol al 70 %				
Cajas entomológicas				
Trampas amarillas				
Lupa				

3.3 Métodos

La investigación fue tipo descriptiva aplicada al campo, porque no posee un Diseño Experimental, con la que se buscó conocer la dinámica poblacional de *B. cockerelli* Š. y el complejo de polillas (*T. solanivora* P., *P. operculella* Z. y *S. tangolias* G.) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en cuatro localidades (Monteverde, Tesalia, Cuesaca y La Calera) de tres cantones de la provincia del Carchi.

3.3.1 Población y Muestra

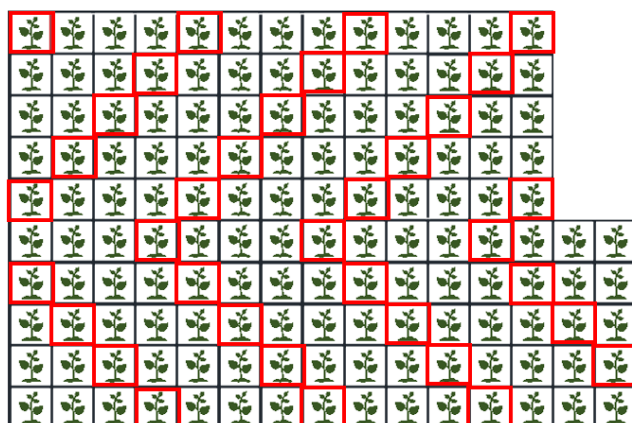
La provincia del Carchi como se mencionó anteriormente contribuye con el 41 % de la producción nacional de papa (INEC, 2022). En Carchi, tres cantones importantes para su producción son Montúfar, Bolívar y Huaca, por tal razón junto con técnicos del INIAP y CIP se identificaron cuatro lotes destinados para la siembra de papa, los que se ubicaron en diferentes localidades (Monteverde, Tesalia, Cuesaca y La Calera).

3.3.2 Unidad Muestral

Se evaluaron cuatro lotes en diferentes localidades: en Montúfar 2, en Bolívar 1 y en Huaca 1; las altitudes y el área cambian como se muestra en la tabla 4, siendo la altitud del sector Cuesaca en Bolívar la más baja (2646 msnm) y Monteverde en Montúfar la más alta (2812 msnm). En cada lote se muestrearon de forma sistemática 50 plantas (Figura 20).

Figura 20

Muestreo sistemático para ovipositoras y ninfas de B. cockerelli Š



3.3.3 Análisis Estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó estadística descriptiva: media, coeficiente de variación, y error estándar. Además, se realizó un análisis de datos no paramétrico con la prueba de Kruskal Wallis, mediante el software InfoStat ® versión 2020. Por otro lado, para los datos cualitativos se realizó un análisis de tablas de contingencia.

3.4 Variables a Evaluar

Los datos obtenidos para cada variable se registraron en encuestas físicas. Las variables que se evaluaron en el presente estudio fueron:

3.4.1 *B. cockerelli* Š.

El monitoreo del psílido de la papa se realizó desde la emergencia hasta la maduración del cultivo, con una frecuencia de cada 15 días.

3.4.1.1 Número de Huevos

Por monitoreo directo: para cuantificar el número de huevos, se seleccionaron 50 plantas en base a un muestreo sistemático (Figura 20), es decir, inicialmente se estimó el número total de plantas del lote en base a la densidad de siembra, luego se realizó una división

entre el número de plantas total con las 50 plantas a ser monitoreadas. En cada monitoreo se escogieron diferentes plantas para el inicio del muestreo sistemático.

A la planta seleccionada se la revisó desde la base hasta el ápice, durante 5 minutos por cronómetro, mostrando especial atención a las hojas (desde al haz hasta el envés) (Figura 21).

Figura 21

*Visualización de huevos de *B. cockerelli* mediante la lupa de 10X*

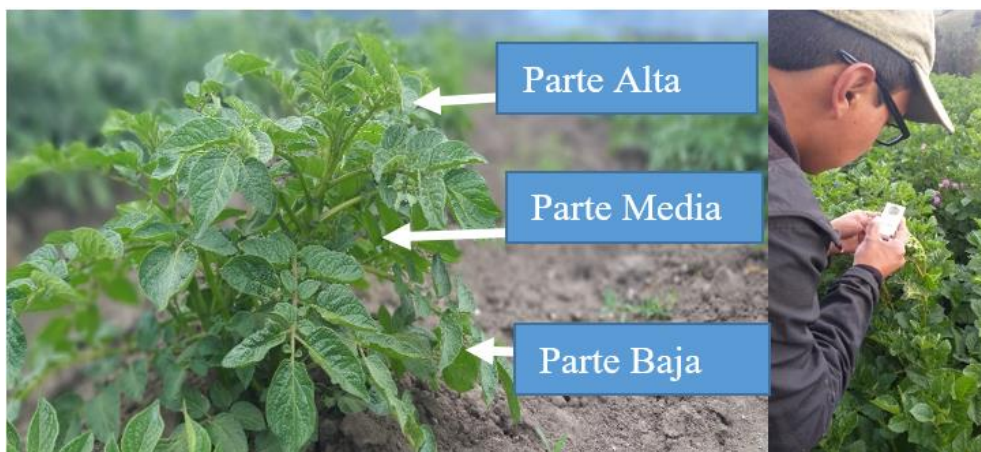


3.4.1.2 Número de Ninfas.

Por monitoreo directo: en las mismas 50 plantas seleccionadas para cuantificar el número de huevos, se procedió a observar con una lupa el número de ninfas en tres hojas de la parte baja, tres de la parte media y tres del alta (Figura 22).

Figura 22

Partes de la planta en las que se contaron ninfas



3.4.1.3 Número de Adultos.

Por monitoreo indirecto: se utilizaron trampas amarillas, se los ubicó en los bordes y en el centro del lote, a la altura de la planta (0.8 m a 1.0 m), las cuales tuvieron pegamento biotak (Figura 23). El número de trampas dependió del área, pero según la metodología de otra

investigación se utilizaron 8 trampas por hectárea (Vinueza, 2021). El conteo se lo realizó en el laboratorio de entomología de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi (UPEC).

Figura 23

*Identificación y conteo de adultos de *B. cockerelli* en trampas amarillas*



Nota. En la figura se observa el procedimiento para identificar y cuantificar los adultos de *B. cockerelli*. De izquierda a derecha: a) altura y ubicación de trampas amarillas ubicadas en los lotes, b) conteo de adultos mediante el estereoscopio y c) adulto de *B. cockerelli* capturado en la trampa amarilla.

3.4.2 Complejo de Polillas

El monitoreo del complejo de polillas de igual forma se realizó en todas las etapas fenológicas del cultivo de papa, con una frecuencia de cada 15 días.

3.4.2.1 Número de Adultos.

Por monitoreo indirecto: se ubicaron en los bordes del lote tres trampas. Las trampas se conformaron por feromonas sexuales para la atracción de los machos de las tres especies del complejo de polillas y un botellón lleno de agua con detergente el que estuvo suspendido en una estaca de 1 m de largo (Figura 24). El conteo se lo realizó desde el inicio de la siembra hasta la cosecha.

Figura 24

Trampas de feromonas sexuales utilizadas en el monitoreo indirecto



3.4.2.2 Incidencia de Daños en la Cosecha.

Se tomaron 100 tubérculos al azar de cada uno de los cuatro lotes, se los partió y se visualizó si existía daño causado por el complejo de polillas (Figura 25). La incidencia fue calculada con la siguiente formula:

$$\text{Incidencia (\%)} = \frac{\text{Número de tubérculos dañados}}{\text{Número total de tubérculos muestreados}} \times 100$$

Figura 25

Selección de tubérculos al azar para determinar la incidencia del cultivo



3.4.2.3 Número de adultos postcosecha.

En cajas entomológicas se guardaron 50 tubérculos durante 2 meses para cuantificar las polillas adultos desarrolladas. Posteriormente, se partieron para visualizar el daño ocasionado por las larvas.

3.4.3 Entomofauna

Por monitoreo indirecto: Los insectos atrapados se introdujeron en recipientes de vidrio, para luego ser contabilizados y clasificados en el laboratorio de entomología de la UPEC. Además, en las trampas amarillas se contaron los insectos benéficos y se los clasificó por orden.

3.4.4 Caracterización del Manejo Agronómico del Cultivo de Papa

Durante todo el ciclo fenológico de la papa, se almacenó en encuestas digitales la información del manejo agronómico que: realizaron los productores de los lotes monitoreados y de cinco productores más de cada zona (Figura 26).

Para los productores de los lotes monitoreados, la encuesta se conformó de la Parte A y B (Anexo 1), en la parte A de la encuesta se recolectaron los datos iniciales del cultivo: la fecha de siembra, el cultivo anterior, la variedad del tubérculo, la pendiente del terreno, el área, la latitud, la altitud y se dibujó el croquis de la ubicación referencial del lote monitoreado. En la parte B de la Encuesta de Manejo Agronómico se anotaron los datos de etapa fenológica y prácticas culturales: el riego, su frecuencia, la existencia de precipitaciones y los nombres de ingredientes activos para los controles fitosanitarios. Finalmente, para los cinco productores, la encuesta estuvo dividida en las temáticas de: generalidades de la producción de papa, plagas y manejo integrado de plagas (Anexo 2 y 3).

Figura 26

Encuesta a los productores de las localidades monitoreadas



3.5 Manejo Específico del Experimento

3.5.1 Identificación y Selección de los Lotes

La selección de los lotes se realizó junto a técnicos del INIAP y CIP, para identificar a productores de papa de las cuatro zonas, en los tres cantones de la provincia del Carchi. Los lotes se ubicaron en Monteverde, Tesalia, Cuesaca y La Calera (Figura 27 y Tabla 4).

Figura 27

Localidades del Carchi donde se realizó el estudio



3.5.2 Siembra

Antes de la siembra los productores prepararon el suelo con maquinaria agrícola (tractor). El promedio de densidad de siembra en los cuatro lotes fue de 30×90 cm, por prácticas culturales como el riego por gravedad en los lugares requeridos. Durante la siembra el tubérculo se desinfectó las semillas con insecticidas y fungicidas.

3.5.3 Instalación de trampas

En la figura 28 se observa la distribución de las trampas en uno de los lotes monitoreados.

Figura 28

Ubicación de trampas amarillas y trampas de feromonas sexuales

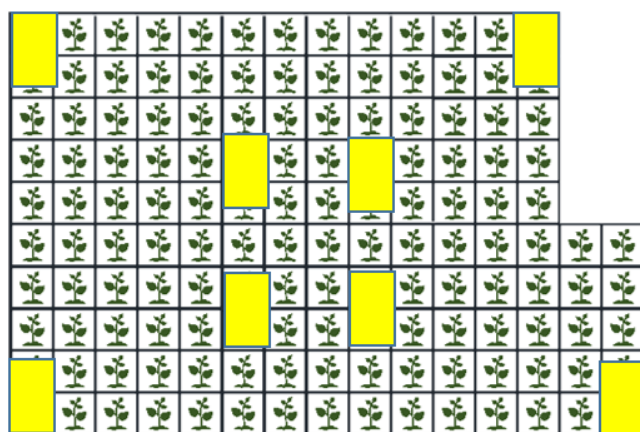


3.5.3.1 Instalación de Trampas para adultos de *B. cockerelli* Š.

Según OIRSA (2015) el número de trampas amarillas para el monitoreo de adultos del psílido de la papa son 8 por hectárea, la mitad bordeando el lote y la mitad en el centro (Figura 29), las que fueron ubicadas en estacas que tuvieron la medida de la planta de la papa (de 0.8 a 1.10 m aprox.). Las trampas tuvieron la medida 10×25 cm, se colocaron a 5 cm del ápice y se fueron cambiando a medida que la planta fue creciendo. El cambio de trampas se lo realizó cada quince días. Las actividades que se realizaron en cada visita fueron: retirar la trampa, cubrirla con papel film, etiquetar a la trampa y poner una nueva. Las trampas retiradas fueron examinadas en el laboratorio de entomología de la UPEC.

Figura 29

*Ubicación de trampas para el monitoreo de *B. cockerelli* Š. adulto*



3.5.3.2 Instalación de Trampas para adultos del Complejo de Polillas.

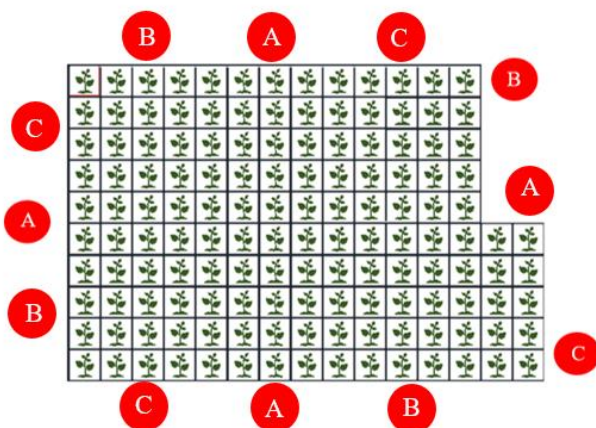
Las trampas del complejo de polillas fueron construidas con botellones plásticos de 5 litros. Cada botellón tuvo 2 aberturas en la parte superior (lugar donde estuvo suspendida la feromona con un alambre), las medidas de las aberturas fueron de 7 cm de largo por 12 de

ancho y la otra de 5 cm de largo por 7 cm de ancho (la más pequeña fue para evitar que las polillas salgan). Los botellones se ubicaron en estacas en los bordes del lote (Figura 30), la altura de las trampas fue de 0.9 m a 1.10 m (aproximadamente a la altura de las flores del cultivo) y 10 cm de diámetro, la profundidad en la que se enterró la estaca fue de al menos de 0.20 cm para evitar caídas por fenómenos externos como el clima. El botellón se lo aseguró en la estaca con alambre moldeable para evitar accidentes, además se lo llenó de agua con detergente. El detergente cumplió con la función de romper la tensión superficial del agua para que el insecto sea atrapado de una forma eficaz.

En cada lote se ubicaron 4 trampas por hectárea de cada especie (*T. solanivora* Polvony, *P. operculella* Zeller y *S. tangolias* Gyen), en total 12, cada trampa se compuso de la feromona de una especie determinada y su respectiva etiqueta. Las feromonas no se cambiaron en todo el monitoreo debido a que el fabricante informó que su uso es de un año.

Figura 30

Ubicación de trampas de feromonas para el complejo de polillas



Nota. En el gráfico se muestra la distribución de trampas de feromonas para las polillas en una hectárea: (A) *T. solanivora* Polvony, (B) *P. operculella* Zeller y (C) *S. tangolias* Gyen.

3.5.4 Monitoreo

3.5.4.1 Monitoreo de *B. cockerelli* Š.

El monitoreo se lo realizó cada 15 días en todas las etapas de vida del psílido de la papa (huevo, ninfa y adulto). Para el conteo de huevos y ninfas se seleccionaron 50 plantas por muestreo sistemático (Figura 20), en el que se utilizó una lupa de 60 a 75 X, la que permitió identificarlos con mayor claridad, por otro lado, para el monitoreo de adultos se usaron trampas amarillas que se las ubicó en estacas de la altura de la planta (0.90 m a 1.10 m) y en un diámetro

de 5 cm; en total fueron 8 por hectárea según la literatura y en lotes con menor área se ubicaron 6 trampas (Figura 31).

Figura 31

*Identificación y conteo de huevos, ninfas y adultos de *B. cockerelli**



3.5.4.2 Monitoreo del Complejo de Polillas.

Para el monitoreo de las polillas se contó el número de adultos que habían caído en el agua con detergente de la trampa, para esto se usó un colador y una pinza metálica con el objetivo de observar mejor a las polillas capturadas y hundidas (Figura 32). Cuando se encontraron polillas recién caídas (en buen estado), se las guardó en viales de 5 ml en alcohol al 70 % para su posterior observación en el estereoscopio de la UPEC. Una vez finalizados los conteos, los recipientes plásticos (botellones) fueron lavados e instalados nuevamente.

Figura 32

Actividades realizadas para el monitoreo de polillas



3.5.4.3 Monitoreo de la Entomofauna.

Con la ayuda de una red entomológica se colectaron los insectos presentes en la etapa de floración del cultivo de papa, a estos se los guardo en recipientes de vidrio y luego fueron

transportados hacia el laboratorio de entomología de la UPEC para su identificación por orden (Figura 33).

Figura 33

Identificación de entomofauna presente en la floración



3.5.5 Descripción del Manejo Agronómico

Mediante la aplicación de 20 encuestas y el registro de actividades del manejo agronómico de las cuatro localidades monitoreadas, se caracterizó el manejo agronómico que aplican al cultivo de papa en esa zona del Carchi.

3.5.6 Estrategias de MIP de *B. cockerelli* y Complejo de Polillas

Con la información recolectada en las 4 localidades monitoreadas, los 20 agricultores encuestados mediante la aplicación ODK Collect ® e información revisada en las bases de datos bibliográficas de la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte se propuso estrategias de manejo integrado de las dos plagas en el cultivo de papa que incluyen controles culturales, etológicos, biológicos y químicos.

3.5.7 Datos de Temperatura

El clima tiene gran incidencia en el desarrollo de la dinámica poblacional de las dos plagas, por lo que fue importante coleccionar los datos de temperatura de los lotes de la página web NASA Prediction of Worldwide Energy Resources.

3.6 Manejo del Cultivo

El manejo del cultivo de papa en los lotes de las cuatro localidades (Monteverde, Tesalia, Cuesaca y La Calera) estuvo a cargo de cada productor de papa. El manejo realizado por los agricultores fue el convencional, en el que se incluyó las siguientes actividades:

3.6.1 *Preparación del suelo*

El suelo fue preparado con al menos quince días a un mes de anticipación, en el que se pasó inicialmente rastra para eliminar barbechos, luego una mano de arado y se lo dejó durante un determinado tiempo para que se descompongan los residuos vegetales y finalmente se pasaron dos manos de rastra para que quede apto para la siembra del tubérculo.

Con la ayuda de tracción animal se realizó el surcado en función de la pendiente del terreno.

3.6.2 *Control Fitosanitario*

El control fitosanitario se inició desde la presiembra, desinfectando la semilla con moléculas insecticidas y fungicidas. Durante todo el ciclo se aplicó plaguicidas para el control de las principales plagas y enfermedades, los que son mencionados más adelante en el apartado de resultados (Figura 34).

Figura 34

Aplicación de controles fitosanitarios químicos



3.6.3 *Siembra*

La variedad de los tubérculos sembrados fueron Super Chola en Monteverde y La Calera y Capiro en Tesalia y Cuesaca; la distancia de siembra promedio fue de 0.30 cm entre planta a planta. Los surcos tuvieron una distancia de 0.90 cm.

3.6.4 *Retape*

Se realizó a los 21 días después de la siembra con azadones, se aprovechó la práctica cultural, para sacar las malas hierbas que hasta ese momento habían emergido y se fertilizó las plantas con fertilizantes edáficos químicos. Los fertilizantes químicos fueron a base de nitrógeno (N), potasio (K), fósforo (P) y donde se vio necesario azufre (S).

3.6.5 *Aporque*

Se realizó un aporque a los 100 días junto con la fertilización química de triple quince (15-15-15); al igual que en el retape se utilizaron azadones. La altura del aporque fue de 30 cm aproximadamente, para evitar la entrada de larvas al tubérculo.

3.6.6 *Cosecha*

La cosecha se la realizó cuando el tubérculo alcanzó la madurez fisiológica, es decir cuando en las plantas ya no existieron hojas (fin de la senescencia foliar) y el tubérculo se encontró maduro. Para sacar las papas se utilizó azadones. Finalmente, la clasificación de los tubérculos para comercialización fue de primera, segunda y tercera. La categorización se la realizó en función del tamaño y se las empacó en costales (Figura 35).

Figura 35

Cosecha de tubérculos para su comercialización



El monitoreo del psílido de la papa se lo realizó desde la emergencia hasta la maduración de la planta y el monitoreo del complejo de polillas desde la siembra hasta la cosecha y en el almacenamiento hasta luego de dos meses, por lo que se recolectaron 50 tubérculos al azar para ser guardados.

3.6.7 *Propuesta de Estrategias de Manejo Integrado de Plagas*

Con base a la información obtenida en las encuestas durante el estudio y con la búsqueda de información referente al manejo de las dos plagas, se propusieron estrategias de manejo integrado de plagas en el cultivo de papa con el fin de reducir la aplicación indiscriminada de agroquímicos.

CAPÍTULO IV

Resultados y Discusión

4.1 Manejo Agronómico de las Zonas Monitoreadas

Los productores antes de la siembra prepararon el suelo con maquinaria agrícola (tractor) con el objetivo de brindar la profundidad efectiva para la siembra de la papa; el origen de la semilla para las localidades de La Calera, Monteverde y Tesalia fue certificada, mientras que para Cuesaca fue obtenida de otra producción de papas del sector. Durante la siembra, en las cuatro localidades la semilla fue desinfectada con insecticidas y fungicidas (Tabla 8), para eliminar y/o prevenir posibles ataques de plagas o enfermedades.

La actividad riego dependió de la localidad, por la disponibilidad del agua, como se muestra en la tabla 6. Las labores culturales que realizaron fueron medio aporque, aporque, fertilización edáfica, fertilización foliar, limpieza de arvenses, revisión para la detección de plagas o enfermedades de hojas, tallos o raíces y controles químicos según el conocimiento propio del productor o asesores comerciales.

Tabla 6

Método de riego usado en cada localidad

Localidad	Riego	Tipo de Riego	Frecuencia	Pendiente
Cuesaca	Si aplica	Gravedad y/o aspersión	Cada 13 días	Plano
La Calera	No aplica	Precipitación	-	Ondulado
Monteverde	No aplica	Precipitación	-	Ondulado
Tesalia	Si aplica	Aspersión	Cada 15 días	Ondulado

4.1.1 Controles Fitosanitarios Químicos por Localidad

En el manejo de plagas y enfermedades, los agricultores de las localidades monitoreadas utilizaron al control químico como la única alternativa para disminuir las poblaciones de insectos plaga o enfermedades del cultivo de papa. En ese contexto, Kroschel et al. (2020) mencionan que, según algunas estimaciones a nivel mundial, el cultivo de papa es el cultivo más químicamente dependiente en el control de insectos, hongos y omicetos.

Las aplicaciones de controles químicos por localidad fueron 14 en Monteverde y 12 en La Calera, Tesalia y Cuesaca. En el uso de los plaguicidas, los insecticidas ocuparon el mayor porcentaje con un 42 %, seguido de los fungicidas con un 35 %, los fertilizantes foliares con el 12 %, coadyuvantes, reguladores de pH, entre otros, en un 9% y los bactericidas en un 2%.

Los modos de acción de los ingredientes activos (i.a) empleados estuvieron dirigidos a los puntos de acción: nervioso y muscular, crecimiento y desarrollo y puntos de acción no específicos, los que se detallan, clasifican según su toxicidad y dosis en la tabla 7.

Tabla 7

Clasificación de los i.a usados en el control de plagas según su modo de acción

Fisiología Dirigida	Grupo / Modo de Acción	Subgrupo	Ingredientes Activos	Clasificación Franja	Dosis/ 200 l
Nervioso y Muscular	1 Inhibidores de la acetilcolinesterasa	1A Carbamatos	Benfuracarb	II Amarilla	300 ml
			Carbosulfan	II Amarilla	200 – 300 ml
	2 Antagonistas del receptor GABA en el canal cloro	1B Organofosforados	Metomilo	Ib Roja	200 g
			Tiodicarb	II Amarilla	250 ml
			Acefato	III Azul	200 - 250 g
			Clorpirifos	II Amarilla	200 ml
			Dimetoato	II Amarilla	300 ml
			Fipronil	III Azul	500 ml
	3 Moduladores del canal sodio	3A Piretroides	Bifentrina	III Azul	300 ml
			Cipermetrina	II Amarilla	400 ml
Permetrina			II Amarilla	250 – 300 ml	
Profenofos			II Amarilla	250 – 400 ml	
4 Moduladores competitivos del receptor nicotínico de la acetilcolina	4A Neonicotinoides	Imidacloprid	II Amarilla	250 ml	
		Lambda-cihalotrina	II Amarilla	250 ml	
		Tiacloprid	II Amarilla	200 ml	
		Tiametoxam	II Amarilla	250 – 300 ml	
6 Moduladores alostéricos del canal del cloro dependiente del glutamato	Avermectinas	Abamectina.	III Azul	150 ml	
		14 Bloqueadores del canal del receptor nicotínico de la acetilcolina	Análogos de nereistoxina	de Tiociclam	III Azul
Crecimiento y Desarrollo	28 Moduladores del receptor de la rianodina	Diamidas	Ciantraniliprol	III Azul	500 ml
	23 Inhibidores de la acetil CoA carboxilasa.	Derivados del ácido Tetrónico y Tetrámico	Espirotramato	III Azul	250 – 300 ml
Desconocido o no específico	Compuestos de modo de acción desconocidos o inciertos	Desconocido o no específico	Azadiractín	III Azul	500 ml
			Mancozeb	III Azul	-

Nota. Clasificación según la toxicidad del i.a: Ia: Sumamente peligroso (franja roja), Ib: Altamente peligroso (franja roja), II: Moderadamente peligroso (franja amarilla), III: Ligeramente peligroso (franja azul) y IV: Productos que normalmente no ofrecen peligro (franja verde); sin embargo, los agricultores no usan Ia y IV. Información obtenida de *Insecticide Resistance Action Committee [IRAC] (2022)* y Autor.

4.1.1.1 Control Químico en Cuesaca

Los datos obtenidos mediante la prueba chi cuadrado de Pearson en la localidad de Cuesaca muestra que no existe asociación entre la etapa fenológica y el ingrediente activo (i.a) utilizado ($\chi^2 = 99.83$; $gl=105$; $p=0.6242$).

En la tabla 8 se muestra que en la localidad de Cuesaca se utilizaron durante todo el ciclo fenológico de la papa 16 ingredientes activos, distribuidos en 12 aplicaciones, en donde el 83 % tuvieron el modo de acción dirigido a la fisiología del sistema nervioso y/o muscular, el 13 % al crecimiento y desarrollo y el 4 % restante a un punto de acción no específico.

Durante la siembra y de forma preventiva, los i.a usados fueron profenofos y tiametoxam + lambda-cihalotrina. En la etapa de floración se aplicó la mayor cantidad de insecticidas, con un total de 10 aplicaciones, representando el 40 % de los usados en todo el control. Por otra parte, el menor número de i.a se utilizó en la emergencia, con 8 menos que en la floración (dimetotato y tiodicarb)

Por otro lado, los i.a utilizados con mayor frecuencia según la etapa fenológica fueron: abamectina durante la prefloración y floración, clorpirifos en la floración y tuberización y profenofos en la siembra, DV1 y la tuberización.

4.1.1.2 Control Químico en La Calera

La prueba Chi cuadrado de Pearson en la localidad de La Calera muestra que no existe asociación entre la etapa fenológica y el ingrediente activo (i.a) utilizado ($\chi^2 = 101.84$; $gl=114$; $p=0.7930$). En La Calera se utilizaron 10 ingredientes activos, distribuidos en 12 aplicaciones, de los que el 95 % tuvieron un modo de acción dirigido a la fisiología del sistema nervioso y/o muscular y el 5 % a un punto de acción no específico (Tabla 8).

En la siembra, la desinfección se la realizó empleando los i.a carbosulfan y tiametoxam + lambda-cihalotrina; durante la emergencia y el desarrollo vegetativo 1 se aplicó el 47 % del total de i.a usados, los que fueron: acefato, azadiractín, benfuracarb, carbosulfan, ciantraniliprol, imidacloprid + lambda-cihalotrina y profenofos, el último y carbosulfan sin rotación entre etapa fenológica.

Por otro lado, carbosulfan, profenofos, acefato y benfuracarb fueron las moléculas que el productor prefirió usar con más frecuencia para el control de insectos plaga, ocupando el 74 % del total de aplicaciones.

4.1.1.3 Control Químico en Monteverde

Los datos analizados mediante la prueba chi cuadrado de Pearson en la localidad de Monteverde muestran que no existe asociación entre la etapa fenológica y el ingrediente activo

(i.a) utilizado ($\chi^2 = 66.15$; $gl=75$; $p=0.7573$). En Monteverde se usaron 9 ingredientes activos, repartidos en 14 aplicaciones, de las que el 78 % estuvieron dirigidas a los puntos de acción nervioso y/o muscular, el 11 % al crecimiento y desarrollo y el 11 % restante a puntos de acción no específicos (Tabla 8).

Por otro lado, en la siembra y la desinfección al igual que en la localidad de La Calera se utilizó los i.a carbosulfan y tiametoxam + lambda-cihalotrina. Por consiguiente, la mayor cantidad de i.a empleados se usaron durante la tuberización con el 30 % (Azadiractín, profenofos, metomilo y tiametoxam + lambda-cihalotrina), seguido por la floración con el 29 % (metomil, permetrina, profenofos y tiametoxam + lambda-cihalotrina), emergencia con el 22 % y el 19 % restante en las demás etapas fenológicas (Tabla 8).

Por otra parte, los ingredientes activos usados con mayor frecuencia por el agricultor fueron: metomilo, profenofos y tiametoxam + lambda-cihalotrina, especialmente en la etapa de floración y tuberización.

4.1.1.4 Control Químico en Tesalia

Los análisis estadísticos de la prueba chi cuadrado de Pearson en la localidad de Tesalia muestran que no existe asociación entre la etapa fenológica y el ingrediente activo (i.a) utilizado ($\chi^2 = 141.60$; $gl=126$; $p=0.1620$). En Tesalia se usaron 12 ingredientes activos, distribuidos en 12 aplicaciones, en donde el 94 % tuvo el modo de acción dirigido a la fisiología del sistema nervioso y/o muscular y el 6 % al crecimiento y desarrollo.

En la siembra para la desinfección se usó clorpirifos + cipermetrina; el mayor número de i.a usados estuvo concentrado desde el desarrollo vegetativo 2 hasta la tuberización con el 72 % del total de aplicaciones (abamectina, acefato, espirotetramato, permetrina, imidacloprid, profenofos, tiametoxam + fipronil, bifentrina y tiametoxam + lambda-cihalotrina), mientras que los i.a preferidos y utilizados en mayor frecuencia por el productor fueron: abamectina, permetrina y profenofos (Tabla 8).

4.1.2 Resumen Control Químico

En la tabla 8 se puede observar que más del 85 % de i.a utilizados por los productores, estuvieron dirigidos al sistema nervioso y/o muscular, siendo profenofos el más usado en las cuatro localidades del Carchi con un total de 13 aplicaciones, de manera que la frecuencia de su uso podría atribuirse a la alta toxicidad y los resultados que muestra. En ese contexto, Cerna et al. (2012) en México, bajo condiciones de laboratorio, profenofos fue altamente tóxico para *B. cockerelli* y otras especies, inclusive al 10 % de concentración recomendada en campo, que

según Edifarm (2016) en papa es de 800 ml/ha, encontrándose cercano a las dosis aplicadas en Carchi de aproximadamente 900 ml/ha.

Metomilo fue el segundo i.a más utilizado en Carchi, con un total de 12 aplicaciones, de las que 9 se realizaron en Monteverde y 3 en Cuesaca, en dosis de 200 g/200 l. La preferencia de esa molécula en las dos localidades se debería al alto control del adulto de *B. cockerelli*, ya que según Rios (2006) metomilo bajo condiciones de laboratorio en dosis de 250 g/ha causo una mortalidad superior al 80 %, en un tiempo de 1 hora. Sin embargo, la alta frecuencia de uso en localidades como Monteverde pueden hacer que en el tiempo el i.a pierda su efectividad, ya que según Dávila et al. (2012) *B. cockerelli* puede hacerse resistente a los carbamatos y organofosforados por el uso irracional en cultivos pasados.

Otras moléculas usadas con alta frecuencia en Carchi fueron carbosulfan (8 veces), tiametoxam + lambda-cihalotrina, permetrina y acefato (7 veces) y abamectina (6 veces). En ese contexto, el IRAC (2022) menciona que el modo de acción de carbosulfan y acefato es de inhibir la acetilcolinesterasa, tiametoxam funciona como moduladores competitivos del receptor nicotínico de la acetilcolina, lambda-cihalotrina y permetrina se encargan de modular el canal del sodio y la abamectina funciona como modulares alostéricos del canal de cloro regulado por el glutamato.

Por otra parte, otras moléculas no superaron las tres aplicaciones, como la azadiractina que fue usada en Monteverde y Cuesaca en dosis de 150 ml/200 l durante la emergencia y la prefloración, manteniendo la población de adultos de *B. cockerelli* en 0 y 1 individuo por trampa respectivamente. En ese contexto, Vega-Chávez et al. (2020) al comparar la molécula azadiractina con aceites esenciales de cítricos y profenofos, obtuvo que azadiractina fue igual de letal a profenofos. El IRAC (2022) por su parte, menciona que azadiractina es un insecticida acaricida de origen botánico que pertenece al grupo UN de los insecticidas con compuestos de modo de acción desconocidos o inciertos.

Por otra parte, en Cuesaca y Tesalia se usaron las moléculas abamectina y bifentrina antes y durante la tuberización, probablemente con el objetivo de prevenir y controlar el ataque de larvas por polilla, ya que según Domínguez et al. (2009) estos dos ingredientes activos en condiciones de laboratorio controlaron en un 85 % a la plaga. Sin embargo, en esta investigación la dinámica poblacional de adultos polilla, la incidencia de daño en la cosecha y almacenamiento en estas localidades fue la más alta, por lo que se podría inferir que existe una posible resistencia generada por el insecto a los 2 i.a.

Tabla 8

Tabla de contingencia de frecuencias absolutas de los ingredientes activos usados por etapa fenológica en las localidades de la zona sureste de la provincia del Carchi

Ingrediente activo	Siembra				Emergencia				DV1			DV2			Prefloración				Floración				Tuberización				
	C	LC	M	T	C	LC	M	T	C	LC	M	T	C	LC	M	T	C	LC	M	T	C	LC	M	T	C	LC	M
Abamectina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	1	-	-	-	2	-	-	1	-	-	-	-
Acefato	-	-	-	-	-	1	1	-	-	1	-	-	-	1	-	1	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Azadiractín	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-
Benfuracarb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bifentrina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Carbosulfan	-	1	1	-	-	2	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Ciantraniliprol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cipermetrina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Clorpirifos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	1	-	-	-
Clorp + Ciper	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dimetoato	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Espirotramato	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Espiro + Tiac	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
Fipronil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Imidacloprid	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Imida + Lamb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Metomilo	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	1	-	1	-	-	1	-	1	-	2	-	-	-	4	-
Permetrina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	-	-	-	-	1	1	-	-	-	1
Profenofos	1	-	-	-	-	1	-	1	1	-	1	1	-	1	-	-	-	-	1	-	1	1	-	1	-	2	-
Tiame + Lamb	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-
Tiodicarb	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tiame + Fipro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-

Nota. C: Cuesaca, LC: La Calera, M: Monteverde y T: Tesalia. Clorp + Ciper: Clorpirifos + Cipermetrina, Espiro + Tiac: Espirotramato + Tiacloprid, Imida + Lamb: Imidacloprid + Lambda-cihalotrina, Tiame + Lamb: Tiametoxam + Lambda-cihalotrina y Tiame + Fipro: Tiametoxam + Fipronil.

Por otro lado, cabe mencionar que varios ingredientes activos usados para el control de adultos de *B. cockerelli* son útiles para el complejo de polillas. Por ejemplo, el mismo ingrediente activo que se utilizó en Monteverde y Cuesaca para el control del adulto *B. cockerelli* (metomilo), fue usado por Martínez (2006) para controlar la población de polilla de la papa, obteniendo que luego de una hora de aplicación en la dosis de 0.35 g/l, resulto ser efectivo para matar más del 70 % de adultos de *P. operculella*.

Ahora bien, los controles fitosanitarios en las localidades monitoreadas, a modo general, lograron mantener en niveles bajos al psílido de la papa pero no al complejo de polillas, por lo que se puede entender que las polillas desde su apareamiento en 1996 en Ecuador, se han ido adaptado a las condiciones agroecológicas de la zona y al manejo químico de los agricultores, por lo que es de importancia capacitar a los productores sobre el uso adecuado de agroquímicos en función de su modo de acción (IRAC, 2022).

4.2 Características del Manejo Agronómico de la Zona

Los resultados de la encuesta aplicada a 20 agricultores de la zona sureste de la provincia del Carchi muestran el manejo agronómico que aplican al cultivo de papa.

4.2.1 Área de Siembra

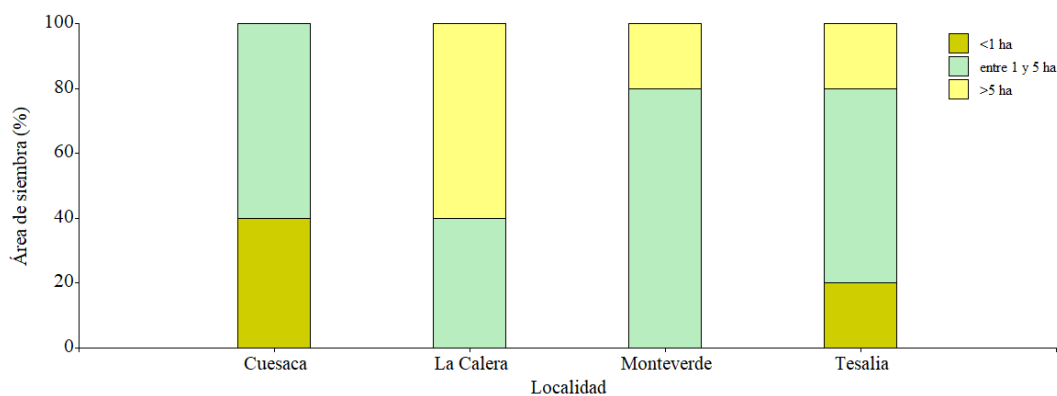
El análisis estadístico cualitativo Chi cuadrado de Pearson muestran que no existe asociación entre la localidad y el área de siembra destinada al cultivo de papa ($\chi^2 = 8.13$; gl=6; $p > 0.2285$).

Los resultados de este estudio muestran que el 75 % de los productores encuestados son pequeños y medianos, debido a que la extensión de terreno destinada para el cultivo de papa comprende áreas menores a 5 ha, mientras que el 25 % lo produce a mayor escala, con áreas que superan las 5 ha. Los valores obtenidos se asemejan a lo que ocurre a escala nacional, ya que según Cuesta et al. (2022) el 76 % de la superficie cultivada en el Ecuador es menor a 5 ha.

Por otro lado, en la figura 36 se puede observar que en cada localidad varió el área que destinan los productores para implementar el cultivo. En Cuesaca, el 60 % de productores siembra en áreas comprendidas entre 1 ha a 5 ha, mientras que el 40 % lo hace en menos de 1 ha. En la Calera el 60 % ocupa áreas mayores a 5 ha y el 40 % en extensiones entre 1 ha a 5 ha. En Monteverde, el 80 % ocupa entre 1 ha a 5 ha, mientras que el 20 % restante usa más de 5 ha. En Tesalia, el 60 % siembra entre 1 ha a 5 ha, el 20 % en más de 5 ha y el 20 % restante en menos de 1 ha.

Figura 36

Área de siembra destinada de los encuestados al cultivo de papa



4.2.2 Origen de la Semilla

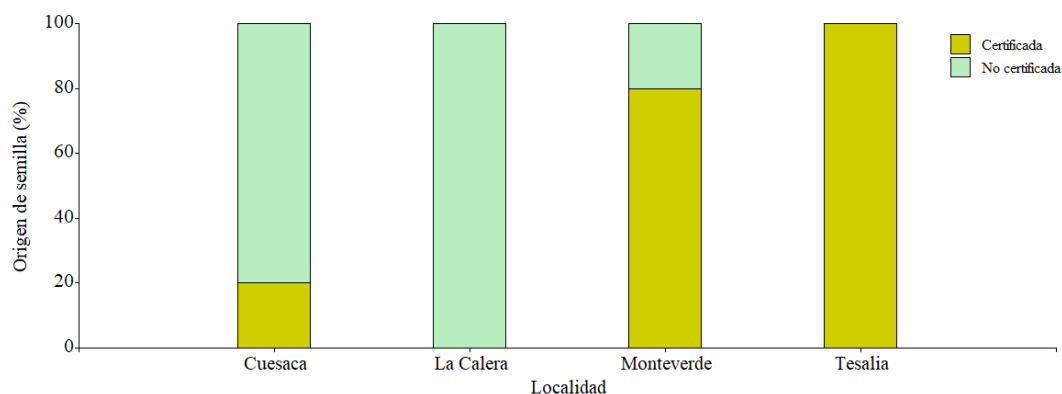
El análisis estadístico Chi cuadrado de Pearson muestra que existe asociación entre la localidad y el origen de la semilla a sembrar ($\chi^2 = 13.60$; $gl=3$; $p=0.035$).

Los resultados muestran que el 50 % de los productores tienen acceso a semilla mejorada y/o certificada obtenidas por empresas dedicadas a la agro industrialización del tubérculo, INIAP y/o en asociaciones productoras de semillas, mientras que el resto usa semilla que proviene de cultivos anteriores, ya sean de la misma localidad o de localidades aledañas. Por otro parte, en la figura 37 se muestra que el acceso a semilla mejorada y/o certificada no es similar entre localidades. En Cuesaca el 20 % siembra con semilla mejorada y/o certificada, en La Calera el 0 %, en Monteverde el 80 % y en Tesalia el 100 %.

Según el MAG (2021) en el Ecuador el 80 % de los productores emplea semilla de tipo común, mientras que el 20 % usa semilla mejorada, certificada y/o híbrida. Velásquez et al. (2021) mencionan que el uso de semilla común se da porque en varias de las zonas productoras de papa de la Sierra ecuatoriana no se encuentra fortalecido un sistema de suministro de semillas, por lo que el agricultor opta por guardar los tubérculos más pequeños para usarlos como tubérculo-semilla, los que pueden ser vehículos de plagas y enfermedades, como zebra chip, pardeamiento, larvas de polilla, entre otras (Arce, 2008; Giordanengo et al., 2013; Melgoza et al., 2018).

Figura 37

Tipo de semilla usada por los productores de papa en la zona sureste del Carchi



4.2.3 Variedad

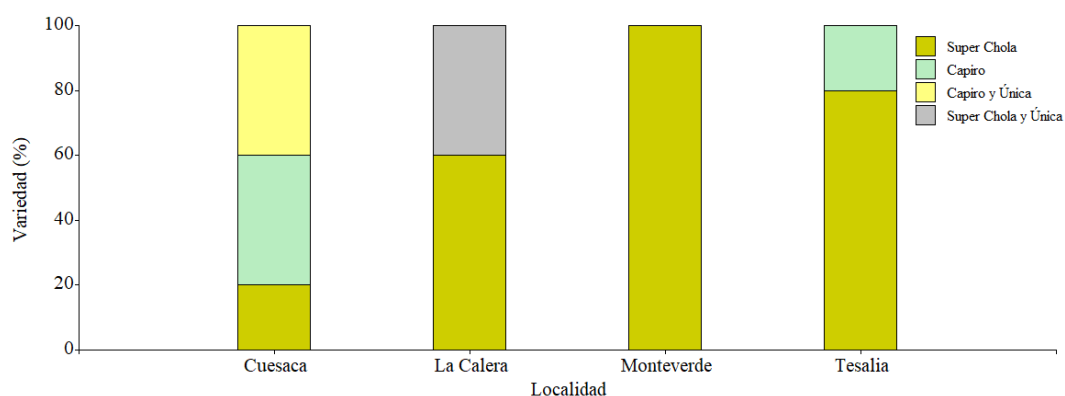
El análisis estadístico cualitativo Chi cuadrado de Pearson muestra que existe asociación entre la localidad y variedad de papa sembrada ($\chi^2 = 18.36$; $gl=9$; $p=0.0312$).

Los resultados muestran que el 75 % de los encuestados prefiere sembrar únicamente la variedad Superchola, el 15 % siembra la variedad ICA-Capiro, el 10 % siembra las variedades Superchola e ICA-Única y el 10 % siembran las variedades colombianas ICA-Capiro e ICA-Única.

Por otro lado, en la figura 38 se puede apreciar que la siembra de una o varias variedades de papa difiere según la localidad. En Cuesaca el 40 % de productores siembra las variedades ICA-Capiro e ICA-Única, el otro 40 % siembra sólo ICA-Capiro y el 20 % la variedad Superchola. En Tesalia el 80 % siembra Superchola y el 20 % Capiro. En Monteverde y La Calera el 100 % de agricultores siembra la variedad Superchola, pero además en La Calera el 40 % también siembra la variedad ICA-Única.

Figura 38

Variedades de papa usada por los productores en la zona sureste del Carchi



4.2.4 Rotación de Cultivos

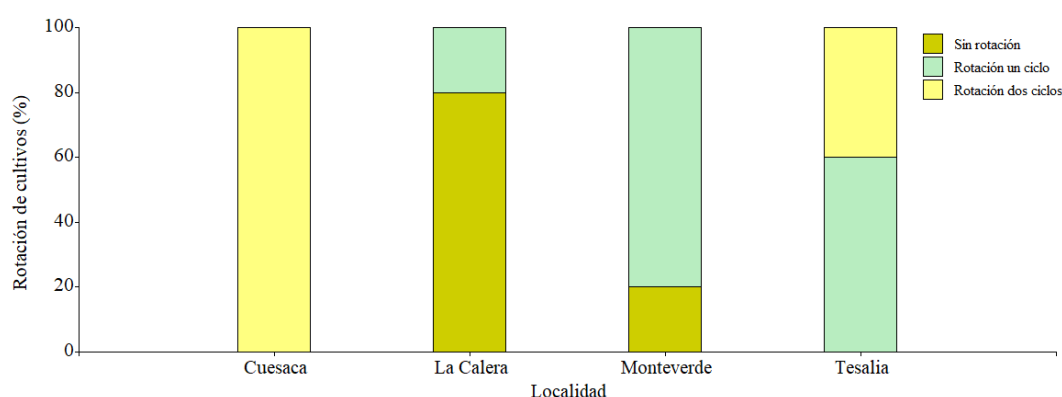
El análisis estadístico cualitativo Chi cuadrado de Pearson muestra que existe asociación entre la localidad y la práctica cultural de rotación de cultivo ($\chi^2 = 23.17$; $gl=6$; $p=0.0007$).

Los resultados muestran que el 40 % de los encuestados rotan en un ciclo productivo antes de sembrar papa (papa-cultivo x-papa), el 35 % rota en dos ciclos productivos (cultivo x-cultivo y-papa) y el 25 % no hace rotación de cultivos (papa-papa-papa/cultivo x) (Figura 39). Por su parte, Pumisacho y Sherwood (2002) afirman que en la zona norte de Ecuador, en Carchi e Imbabura la rotación más común de medianos y grandes productores de papa es papa-papa-pastos por dos o tres años, razón por la que en La Calera y Monteverde que son zonas altamente dedicadas a la ganadería algunos agricultores no optan por hacer rotaciones.

En cuanto a cada localidad, en Cuesaca el 100 % de los productores realiza rotación de cultivos en dos ciclos, con cultivos de ciclo corto como arveja, cebolla, fréjol, haba, maíz, zanahoria, cebada y quinua. En La Calera el 80 % no realiza rotación entre dos ciclos productivos, mientras que el 20 % rota en un ciclo productivo con cultivos como haba, arveja de amarre, maíz y zanahoria. En Monteverde el 80 % rota en un ciclo productivo con cultivos como haba, arveja de amarre, maíz o zanahoria, mientras que el 20 % no realiza ninguna rotación. En Tesalia, el 60 % hace rotación de cultivos en dos ciclos y el 40 % rota en un ciclo productivo con cultivos como cebolla, arveja, fréjol, haba, cebada o trigo.

Figura 39

Rotación de cultivos en la zona sureste del Carchi



4.2.5 Identificación de *Bactericera cockerelli*

El análisis estadístico cualitativo Chi cuadrado de Pearson muestra que no existe asociación entre la localidad y la identificación del psílido de la papa por parte del agricultor ($\chi^2 = 0$; $gl=3$; $p>0.9999$).

En Cuesaca, La Calera, Monteverde y Tesalia el 100 % de agricultores encuestados conocen a *Bactericera cockerelli*, como una plaga nueva, de difícil y costoso manejo. Según Rivadeneira et al. (2019) el psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*) fue identificado en el año 2018 en los cantones de Bolívar y Montúfar.

4.2.6 Identificación de Daños Causados por *B. cockerelli*

Los análisis estadísticos de la prueba Chi cuadrado de Pearson muestran que no existe asociación entre la localidad y la identificación de daños causados por el psílido de la papa ($\chi^2 = 23$; gl=21; p=0.3440).

El 40 % de productores identificó como daños causados por *B. cockerelli* al amarillamiento del follaje (am), la enfermedad punta morada de la papa (pmp), la presencia de tubérculos aéreos (ta) y el estrés de la planta (ep). El 20 % lo asocia con el am y pmp. El 15 % con el am y los ta. El último 20 % de la población se dividió en los criterios: 5 % para el am, 5 % para la enfermedad pmp, 5 % la asociación entre el ep y la pmp y el 5 % el am, la pm y el ep.

Según la localidad, en Monteverde el 60 % de los agricultores encuestados identificó como daños causados por *B. cockerelli* al amarillamiento, punta morada, tubérculos aéreos y el estrés causado a la planta (todos). En Cuesaca y Tesalia el 40 % conocía todos los daños mientras que en La Calera sólo el 20 %. Sin embargo, aunque los agricultores no conocían todos los daños, conocían uno o varios de los enlistados en la tabla 9, por lo que se obtuvo que en Cuesaca el 20 % de agricultores asocia a la enfermedad de la punta morada de la papa como el único daño de *B. cockerelli*. En Cuesaca, La Calera y Monteverde el 20 % se lo relacionó con el amarillamiento de las hojas y la presencia de tubérculos aéreos (Tabla 9).

Por otra parte, en Tesalia el 20 % asocio al daño de la plaga con: el amarillamiento-estrés, amarillamiento-punta morada-estrés y amarillamiento-punta morada respectivamente. En La Calera el 60 % de productores asocia el daño de *B. cockerelli* con el amarillamiento de la planta y la enfermedad de la punta morada. En Cuesaca el 20 % asocia al daño de la plaga con la punta morada y el estrés de la planta.

Es importante señalar que en las cuatro localidades el amarillamiento asociado a otros síntomas de la planta es el principal daño identificado por parte del agricultor para conocer que el cultivo está siendo atacado por *B. cockerelli*

Tabla 9

*Tabla de contingencia de frecuencias relativas por columna de los daños de *B. cockerelli**

Daño de <i>B. cockerelli</i>	Cuesaca	La Calera	Monteverde	Tesalia	Total
------------------------------	---------	-----------	------------	---------	-------

Amarillamiento	0	0	0.2	0	0.05
Punta Morada	0.2	0	0	0	0.05
Amarillamiento y Tubérculos Aéreos	0.2	0.2	0.2	0	0.15
Amarillamiento y Estrés	0	0	0	0.2	0.05
Amarillamiento. Punta Morada y Estrés	0	0	0	0.2	0.05
Amarillamiento y Punta Morada	0	0.6	0	0.2	0.2
Punta Morada y Estrés	0.2	0	0	0	0.05
Todos	0.4	0.2	0.6	0.4	0.4
Total	1	1	1	1	1

Los daños que causa *B. cockerelli* son directos e indirectos. Los directos se originan cuando el psílido en estado ninfa o adulto inserta su estilete para extraer savia, transmitiendo toxinas que causan amarillamiento, enrollamiento de las hojas, disminución de la distancia entre nudos y estrés en la planta, mientras que los daños indirectos se dan por la inoculación involuntaria de los fitoplasmas causantes de las enfermedades punta morada de la papa y zebra chip (OIRSA, 2015; Jirón-Rojas et al., 2016 Melgoza et al., 2018; Cuesta et al., 2018).

4.2.7 Identificación de la Polilla como Plaga de la Papa

El análisis estadístico cualitativo Chi cuadrado de Pearson muestra que no existe asociación entre la localidad y la identificación de la polilla de la papa por parte del agricultor ($\chi^2 = 0$; gl=3; $p > 0.9999$).

El 100 % de los agricultores encuestados en Cuesaca, La Calera, Monteverde y Tesalia conocen a la polilla como una plaga del cultivo de papa. Pumisacho y Sherwood (2002) mencionan que la polilla fue observada por primera vez en el Carchi en el año 1996, por lo que se entiende que la mayoría de los productores conocen a la plaga.

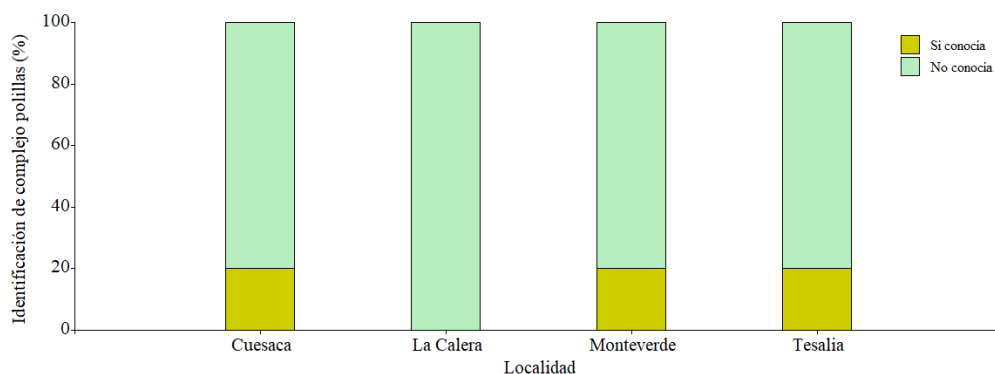
4.2.8 Identificación de las Especies del Complejo de Polillas

En el análisis Chi cuadrado de Pearson se muestra que no hay asociación entre localidad y la identificación de las tres especies del complejo de polillas por parte del agricultor ($\chi^2 = 1.18$; gl=3; $p = 0.7587$). El 85 % de los productores desconoce la existencia del Complejo de Polillas (*Tecia solanivora*, *Phthorimaea operculella* y *Symmetrischema tangolias*), ya que a la plaga polilla se la asocia como si fuera una sola especie (Figura 40).

Según la localidad, en La Calera el 100 % de los encuestados desconoce que existe el complejo de polillas, mientras que en las localidades de Cuesaca, Monteverde y Tesalia sólo el 20 % respectivamente conocía a las tres especies de polilla.

Figura 40

Identificación del complejo de polillas en la zona sureste del Carchi



4.2.9 Identificación de Daños Causados por el Complejo de Polillas

El análisis cualitativo Chi cuadrado de Pearson muestra que no hay asociación entre la localidad y la identificación del daño de la polilla por el productor ($\chi^2 = 2.86$; $gl=6$; $p=0.8266$).

El 70 % de los encuestados asocia que el único daño por polillas se da en los tubérculos, mientras que el 15 % relaciona al daño en los tubérculos y hojas y el 15 % restante lo asocian con daños a tubérculos, hojas y tallos (Tabla 11).

Según la localidad, el 100 % de los encuestados en Monteverde y el 60 % de Cuesaca, La Calera y Tesalia respectivamente, asociaron que el daño que causa la polilla en la papa se da únicamente en el tubérculo. Por otro lado, en Cuesaca, La Calera y Monteverde el 20 % manifestó que el daño se da en tubérculos y hojas y el otro 20 % de las mismas tres localidades, asociaron que, el daño de polilla se da en tubérculos, hojas y tallos (Tabla 10).

Tabla 10

Tabla de contingencia de frecuencias relativas por columna de daños por polilla

Daño por Polillas	Cuesaca	La Calera	Monteverde	Tesalia	Total
Tubérculo	0,60	0,60	1,00	0,60	0,70
Tubérculo y hoja	0,20	0,20	0,00	0,20	0,15
Tubérculo, hojas y tallo	0,20	0,20	0,00	0,20	0,15
Total	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

El complejo de polillas causa daños principalmente en los tubérculos, creando galerías verticales y horizontales en campo y almacenamiento, pero su daño puede variar según su especie. *S. tangolias* se alimentan de tallos y tubérculos y *P. operculella* lo hace de todas las partes de la planta, causando su marchitamiento (Arce, 2008; Pitre, 2008; Torres et al., 2012; Giordanengo et al., 2013), mientras que *T. solanivora* ataca exclusivamente los tubérculos (Kroschel et al., 2020).

4.2.10 Manejo Integrado de Plagas

El análisis estadístico Chi cuadrado de Pearson muestra que no hay asociación entre la localidad y si el productor conoce los que es el manejo integrado de plagas ($\chi^2 = 0.95$; $gl=3$; $p=0.8128$). Los resultados muestran que el 70 % del total de agricultores encuestados conoce al manejo integrado de plagas, mientras que 30 % desconoce de que se trata.

Según la localidad, en La Calera y Monteverde el 80 % de productores conoce al MIP, mientras que en Cuesaca y Tesalia el porcentaje bajo al 60 %. (Tabla 11).

Tabla 11

Tabla de contingencia de frecuencias relativas por columna sobre el conocimiento del MIP

Manejo Integrado de Plagas	Cuesaca	La Calera	Monteverde	Tesalia	Total
Conoce	0,60	0,80	0,80	0,60	0,70
Desconoce	0,40	0,20	0,20	0,40	0,30
Total	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

4.2.11 Tipos de Control de Plagas

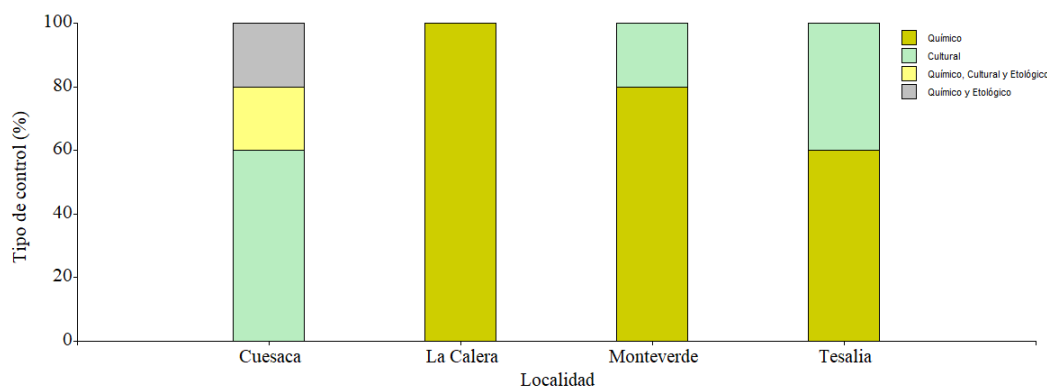
El análisis Chi cuadrado de Pearson muestra que no hay asociación entre la localidad y el tipo de control usado por el productor ($\chi^2 = 14$; $gl=9$; $p=0.1223$).

Los resultados muestran que el 100 % de los encuestados usa el control químico, ya sea sólo o en conjunto a otro tipo de control. En el mismo contexto, el 60 % de todos los productores encuestados usa únicamente control químico, el 30 % aplica control químico y control cultural, mediante la asociación de agroquímicos con prácticas culturales como aporques, eliminación de residuos de cosechas anteriores, entre otros., el 5 % usa control químico y etológico, mediante la asociación de agroquímicos con el uso de extracto vegetales, trampas cromáticas caseras, trampas de feromonas, entre otros., y el 5 % utiliza control químico, cultural y etológico, vinculando todos los materiales e insumos mencionados anteriormente.

Según la localidad, la figura 41 muestra que el tipo de control de plagas cambia según la localidad. En Cuesaca el 60 % de productores usa al control químico y cultural, mientras que el 20 % usa el control químico y etológico y el otro 20 % asocia al químico, cultural y el etológico. En La Calera el 100 % de controles fitosanitarios se los realiza mediante insumos químicos. En Monteverde el 80 % utiliza sólo controles químicos, mientras que el 20 % usa químicos, pero en conjunto con el control cultural. En Tesalia el 60 % aplica sólo control químico y el 40 % asocia al control químico con el cultural.

Figura 41

Tipos de control usados en la zona sureste de la provincia del Carchi



4.2.12 Control Cultural

En el análisis estadístico Chi cuadrado de Pearson se muestra que no hay asociación entre la localidad y el control cultural ($\chi^2 = 19.69$; $gl=15$; $p=0.1841$). El 65 % del total de productores no aplica ninguna estrategia como control cultural, mientras que el 35 % restante aplica en menor proporción las prácticas de control que se mencionan en la tabla 12.

Según la localidad, en la Calera 100 % de los agricultores encuestados no utiliza control cultural para el control de plagas, seguido de Monteverde en un 80 %, Tesalia con el 60 % y Cuesaca con el 20 %. En Cuesaca el 40 % afirmó que como control cultural elimina los residuos de anteriores siembras y el 20 % usa la rotación de cultivos; en Cuesaca, Monteverde y Tesalia el 20 % respectivamente realizan prácticas culturales como el surcado alto y la implementación de barreras vivas; en Tesalia el 20 % realiza prácticas culturales y rota los cultivos (Tabla 12).

Tabla 12

Tabla de contingencia de frecuencias relativas por columna sobre el control cultural de las plagas en el cultivo de papa

Estrategias Culturales	Cuesaca	La Calera	Monteverde	Tesalia	Total
Prácticas culturales	0,20	1,00	0,80	0,60	0,65
Prácticas culturales y barreras vivas	0,20	0,00	0,20	0,20	0,15
Prácticas culturales y rotación de cultiv	0,00	0,00	0,00	0,20	0,05
Eliminación de residuos de anteriores siembras	0,40	0,00	0,00	0,00	0,10
Rotación de cultivos	0,20	0,00	0,00	0,00	0,05
Total	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

4.2.13 Control Biológico

En el análisis estadístico Chi cuadrado de Pearson se muestra que no hay asociación entre la localidad y el control biológico ($\chi^2 = 0$; $gl=3$; $p>0.9999$). En Cuesaca, La Calera, Monteverde y Tesalia el 100 % de agricultores encuestados manifestaron que no aplican control

biológico, por el desconocimiento o la poca disponibilidad esa metodología en la zona para el control de plagas.

4.2.14 Control Etológico

El análisis Chi cuadrado de Pearson muestra que no hay asociación entre la localidad y el uso del control etológico ($\chi^2=9.65$; $gl=9$; $p=0.3798$). El 85 % de los productores encuestados no aplica control etológico al cultivo de papa, mientras que el resto utilizó las medidas de control mencionadas en la tabla 13.

En La Calera y Monteverde el 100 % de los encuestados no ha usado control etológico, seguido por Tesalia con un 80 % y Cuesaca en un 60 %. Por el contrario, en Tesalia el 20 % ha usado trampas caseras elaboradas con melaza para atrapar insectos plaga, en Cuesaca el 20 % ha usado extractos vegetales y trampas de feromonas sexuales y el otro 20 % de Cuesaca únicamente ha usado extractos vegetales (Tabla 13).

Tabla 13

Tabla de contingencia de frecuencias relativas por columna sobre el control etológico de las plagas en el cultivo de papa

Control Etológico	Cuesaca	La Calera	Monteverde	Tesalia	Total
Ninguna	0,60	1,00	1,00	0,80	0,85
Extractos vegetales	0,20	0,00	0,00	0,00	0,05
Extractos vegetales y trampas de feromonas sexuales	0,20	0,00	0,00	0,00	0,05
Trampas de melaza	0,00	0,00	0,00	0,20	0,05
Total	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

4.2.15 Control Químico

Los ingredientes activos que usan los agricultores de las cuatro localidades para el control de *B. cockerelli* y el complejo de polillas son: tiacloprid, profenofos, clorpirifos, dimetotato, metomilo, fipronil, lambda-cihalotrina + tiametoxam, abamectina, bifentrina, cipermetrina, teflubenzuron, imidacloprid y tiametoxam, todos con modo de acción dirigido al sistema nervioso y/o muscular (Figura 42). Sin embargo, existen ingredientes activos que se usan sólo en determinadas localidades como el espirotetramato en Monteverde que posee su punto de acción en el crecimiento y desarrollo; en la Calera se usa deltametrina, benfuracarb y la combinación de acefato con imidacloprid que poseen su punto de acción en el sistema nervioso y/o muscular.

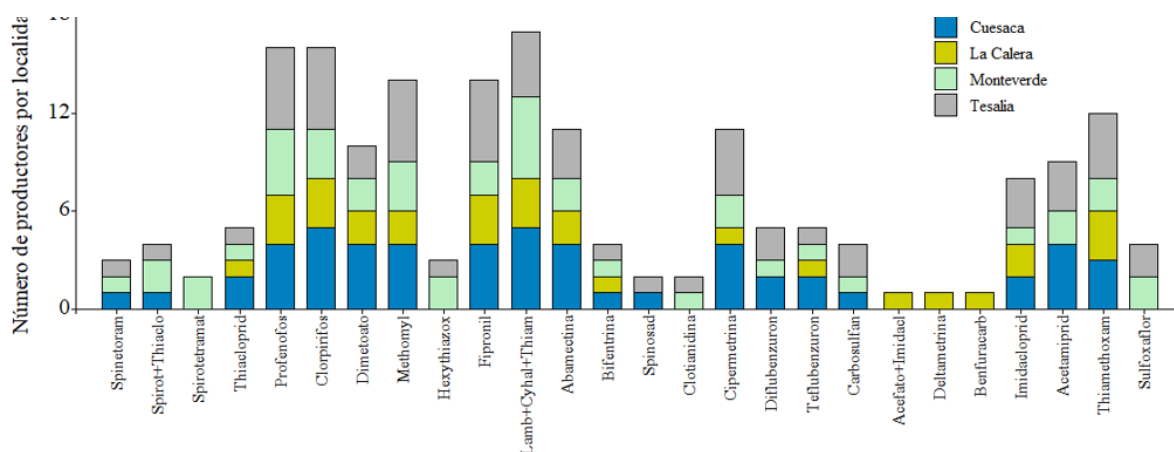
En Cuesaca, Monteverde y Tesalia los productores usan los ingredientes diflubenzuron, carbosulfan, espirotetramato con tiacloprid y espinetoram mientras que en La Calera no los usan. Asimismo, en Monteverde y Tesalia se usa hexitiazox, clotianidina y sulfoxaflor mientras

que en Cuesaca y La Calera las encuestas muestran que no usan dichos productos químicos. Además, en Cuesaca y Tesalia se usa spinosad mientras que en La Calera y Monteverde no lo hacen.

El ingrediente activo usado por el 85 % de agricultores encuestados fue la presentación de lambda-cihalotrina con tiametoxam, seguido por los ingredientes profenofos y clorpirifos en un 80 %, metomilo y fipronil en un 70 %, tiametoxam en un 60 % y abamectina y cipermetrina en un 55 %. Como se observa en la figura 42 el uso del resto de ingredientes activos fue menor y varía en función de la localidad.

Figura 42

*Ingredientes activos usados para el control de *B. cockerelli* y complejo de polillas en la zona sureste de la provincia del Carchi*



4.3 Temperatura en las Localidades Monitoreadas

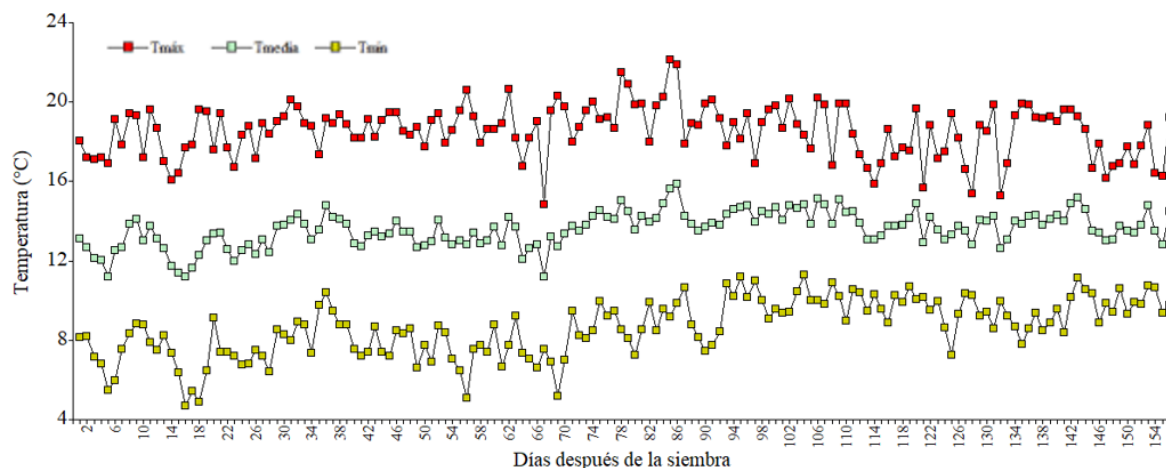
A continuación, se muestra la variación diaria de las temperaturas en las cuatro localidades monitoreadas: mínima, máxima y media, ya que según Kroschel et al. (2020) la temperatura tiene una influencia directa en la supervivencia de las poblaciones de insectos plaga.

4.3.1 Temperatura en Cuesaca

En la localidad de Cuesaca las temperaturas de menor valor se dieron en los días 5, 16, 17, 18, 56 y 69 días después de la siembra (dds) con 5 °C, coincidiendo con las etapas fenológicas de emergencia y desarrollo vegetativo 1 (DV1) (Figura 43). Por otro lado, la temperatura máxima diaria fue de 22 °C, durante los 78, 85 y 86 dds en la etapa fenológica de la prefloración.

Figura 43

Variación diaria de la temperatura en la localidad de Cuesaca



El rango de desarrollo *P. operculella* se encuentra entre los 10 a 35 °C (Sporleder et al., 2004), para *T. solanivora* de 10 a 23 °C (Wilches-Ortiz et al., 2022; EFSA et al. 2019), *S. tangolias* entre 8 y 28.8 °C (Sporleder et al., 2016) y el psílido de la papa entre 7 a 32 °C (Covarrubias et al., 2006; Butler y Trumble, 2012; OIRSA, 2015).

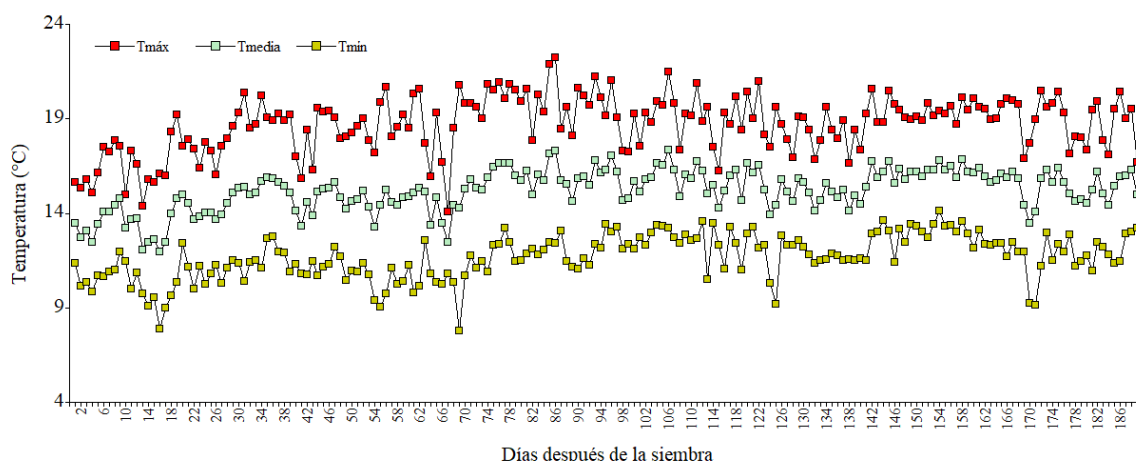
En ese sentido, la temperatura promedio registrada durante todo el ciclo fenológico del cultivo en Cuesaca, como se puede observar en la figura 43 fue de 14 °C, encontrándose dentro del rango de desarrollo de las tres especies de polillas y del psílido de la papa. Sin embargo, en los días 4, 5, 6, 15, 16, 17, 18, 19, 24, 25, 28, 49, 51, 55, 56, 61, 66, 60 y 69 después de la siembra la temperatura mínima fue menor a 7 °C, la que resulto ser inferior a la necesaria para el desarrollo óptimo del psílido de la papa.

4.3.2 Temperatura en La Calera

Como se puede observar en la figura 44, en la localidad de La Calera las temperaturas más bajas se registraron en los días 16, 67 y 69 dds, alcanzando aproximadamente los 8 °C en las etapas fenológicas de emergencia y el DV1, mientras que las temperaturas más altas se registraron a los 85, 86 y 106 dds con aproximadamente 22 °C, los que coincidieron con la etapa de desarrollo vegetativo 2 (DV2) y la prefloración

Figura 44

Variación diaria de la temperatura en la localidad de La Calera



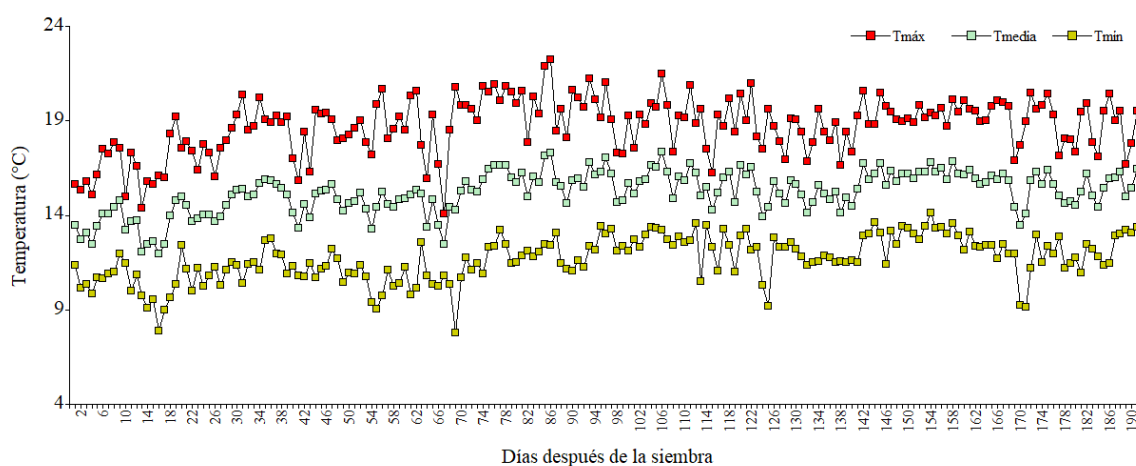
La temperatura promedio registrada durante todo el ciclo fenológico del cultivo de papa en La Calera fue de 15 °C, encontrándose dentro del rango de desarrollo de las tres especies de polillas y del psílido de la papa; para esta localidad no se superó las temperaturas limitantes de desarrollo de las dos plagas.

4.3.3 Temperatura en Monteverde

En la figura 45 se puede observar que en Monteverde las temperaturas mínimas ocurrieron a los 16 y 69 dds con 8 °C respectivamente, coincidiendo con las etapas de emergencia y DV2. Por otra parte, las temperaturas máximas diarias se registraron a los 85, 86 y 106 dds con 22 °C respectivamente, en las etapas de prefloración y la floración.

Figura 45

Variación diaria de la temperatura en la localidad de Monteverde



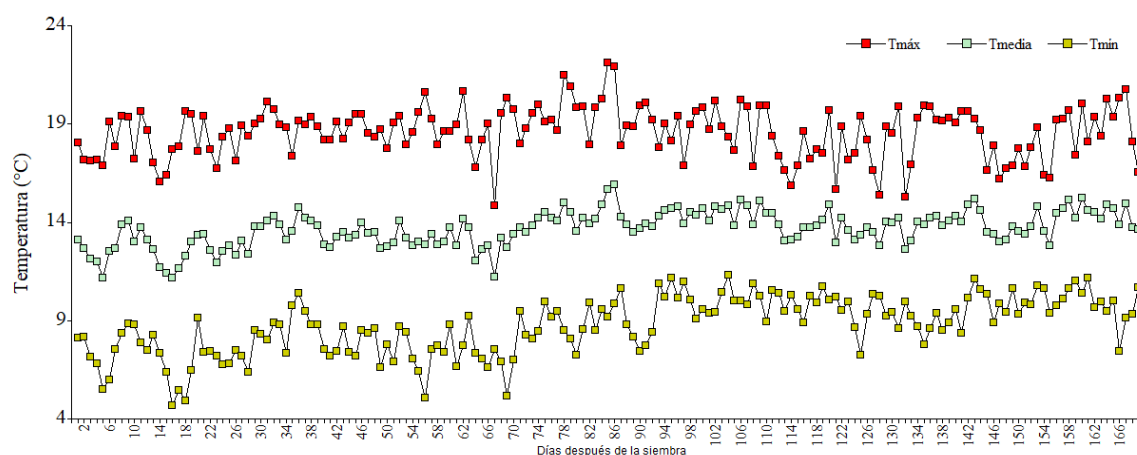
Al igual que en La Calera, la temperatura promedio registrada durante todo el ciclo fenológico del cultivo de papa en Monteverde fue de 15 °C, encontrándose dentro del rango de desarrollo de las tres especies que conforman el complejo de polillas y del psílido de la papa.

4.3.4 Temperatura en Tesalia

En la figura 46, se puede observar que en la localidad de Tesalia las temperaturas más bajas se registraron a los días 5, 16, 17, 18, 56 y 69 después de la siembra con 5 °C, coincidiendo con las etapas de emergencia, desarrollo vegetativo 1 y 2 y la prefloración, mientras que las máximas ocurrieron en los días 78, 85 y 86 después de la siembra con aproximadamente 22 °C durante la etapa de floración.

Figura 46

Variación diaria de la temperatura en la localidad de Tesalia



La temperatura promedio registrada durante todo el ciclo fenológico del cultivo en Tesalia fue de 14 °C, encontrándose dentro del rango de desarrollo de las tres especies de polillas y del psílido *B. cockerelli*. En esta localidad, como se observa en la figura 46, se reportaron temperaturas mínimas para el desarrollo del psílido en los días 4, 5, 6, 15, 16, 17, 18, 19, 24, 25, 28, 49, 51, 55, 56, 61, 66, 60 y 69 después de la siembra

4.4 Número de Adultos del Complejo de Polillas

El análisis estadístico no paramétrico realizado con la prueba Kruskal Wallis muestra que existe diferencia significativa, por lo que hay interacción entre la localidad y la etapa fenológica ($H=359.97$; $p<0.0001$).

4.4.1 Adultos de *Tecia solanivora*

En la figura 47, según la etapa fenológica del cultivo, en la emergencia en Cuesaca se encontró un promedio cercano a 579 individuos, seguido de Monteverde con 104, Tesalia con 54 y en La Calera con 24. Para el DV1 hubo un descenso en la población de Cuesaca de más del 84 %, lo que permitió acercarse al resto de las localidades que mantuvieron el promedio similar al de la emergencia con aproximadamente 60 individuos. En el DV2, en Cuesaca la

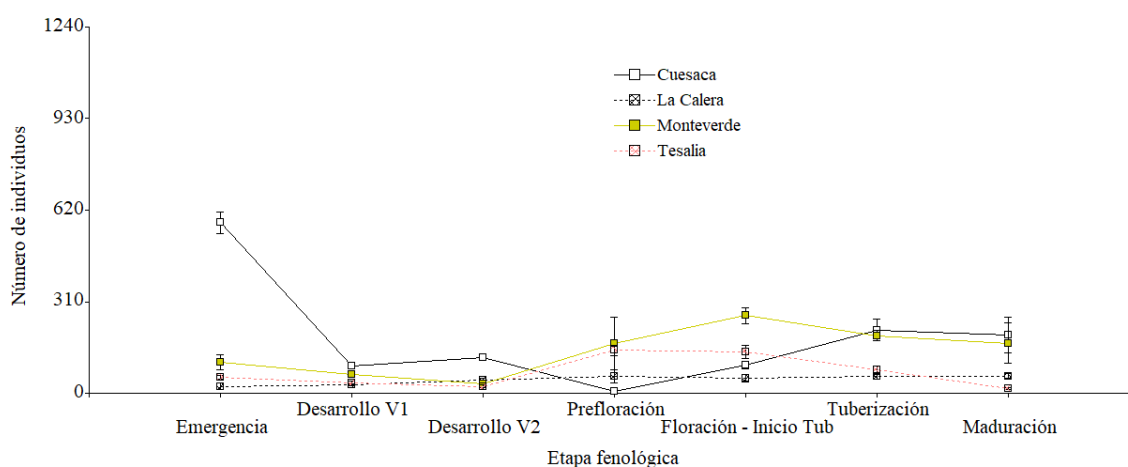
población aumentó en un 24 % respecto al DV1, mientras que en La Calera, Monteverde y Tesalia el promedio se mantuvo similar.

Posteriormente en la prefloración, en Cuesaca la población disminuyó hasta alcanzar una media de 7 individuos, resultando ser la población más baja de toda la dinámica poblacional de *T. solanivora*, mientras que en Monteverde, Tesalia y La Calera el promedio alcanzó los 169, 145 y 57 adultos respectivamente. Para la floración, en Monteverde se encontró el número más alto de adultos, con un aumento del 36 % respecto a la etapa anterior, seguido de Tesalia que mantuvo su promedio cercano a los 140 individuos, Cuesaca que aumentó en un 93 % y Monteverde que no tuvo cambios.

En la tuberización, el promedio de Cuesaca logro superar los 200 individuos y fue estadísticamente similar a Monteverde, en Tesalia la población bajo en 44 % y en La Calera no se presentaron cambios significativos. Para la maduración los promedios de individuos en Cuesaca y Monteverde se mantuvieron similares a la etapa anterior y fueron superiores a La Calera y Tesalia que reportaron menos de 58.

Figura 47

Adultos de T. solanivora por etapa fenológica



4.4.2 Adultos de *Phthorimaea operculella*

En la figura 48 se puede observar que en la localidad de Cuesaca durante las etapas de floración, tuberización y maduración la población estuvo en ascenso alcanzando los 944 adultos de *P. operculella*, mientras que en el resto de las localidades el promedio se encontró por debajo de los 294 individuos.

Según la etapa fenológica del cultivo, en la emergencia en Cuesaca, Monteverde y Tesalia el número de adultos fue estadísticamente similar con un promedio aproximado de 95 individuos, mientras que en La Calera la población no superó los 13. Para el DV1, en Tesalia

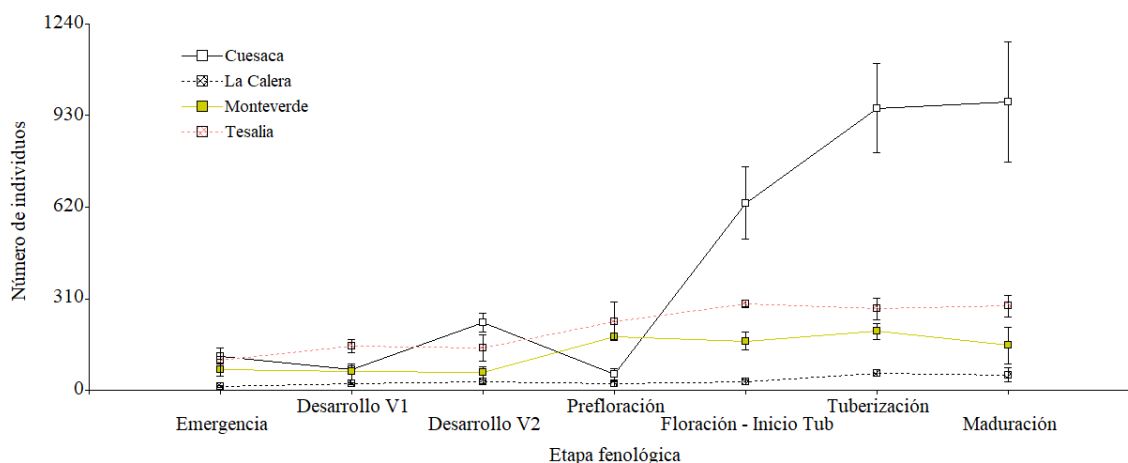
la población aumentó en un 33 % respecto a la emergencia, seguido por Cuesaca en la que se evidenció una disminución del 39 % y Monteverde y La Calera que no presentaron cambios significativos. En el DV2, al promedio de Cuesaca se sumaron aproximadamente 158 individuos más que en el DV1, mientras que en el resto de las localidades la población se mantuvo sin cambios notables.

En la prefloración, en Monteverde y Tesalia el número de adultos aumentó en un 67 % y 38 % respectivamente, mientras que en Cuesaca existió una disminución del 77 % y en La Calera el promedio no superó a los 21. Para la floración, en la localidad de Cuesaca la población aumentó a 634 individuos, seguido por Tesalia con 294, Monteverde con 166 y La Calera que no presentó cambios significativos. En la tuberización, el promedio de adultos en Cuesaca siguió en aumento con 321 más que en la floración, al igual que en Monteverde y La Calera que sumaron a su media 68 y 31 individuos respectivamente, mientras que en Tesalia la población se mantuvo similar y se encontró por debajo de los 276.

En la maduración, en Cuesaca se alcanzó el pico más alto reportado de todas las etapas fenológicas, localidades y especies del complejo de polillas con 977 individuos; en Monteverde existió una disminución del 24 % y en La Calera y Tesalia los promedios se mantuvieron sin cambios significativos como en la tuberización.

Figura 48

Adultos de P. operculella por etapa fenológica



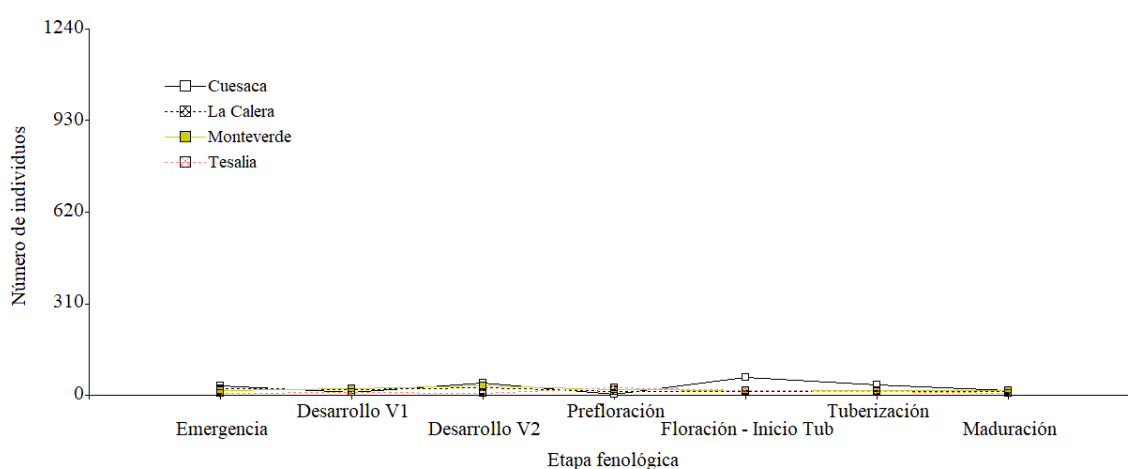
4.4.3 Adultos de *Symmetrischema tangolias*

En la figura 49 se puede observar que la dinámica poblacional de *S. tangolias* fue baja en todas las localidades y etapas fenológica respecto a las otras especies de polillas. Por su parte, en Cuesaca durante la etapa de floración se encontró el mayor promedio de todas las etapas fenológicas y localidades con un promedio de 61 individuos.

Según la etapa fenológica, desde la emergencia hasta la prefloración la dinámica poblacional fue similar entre todas las localidades, con promedios que no superaron los 43 individuos, ni estuvieron por debajo de los 5. Sin embargo, en la floración en Cuesaca existió un aumento del 93 % respecto a la prefloración, alcanzando la media más alta de *S. tangolias* con 61 adultos, mientras que en el resto de las localidades el promedio se mantuvo sin cambios significativos. A partir de la tuberización hasta la maduración existió decrecimiento en la población de todas las localidades con promedios de 17 individuos en Cuesaca, 14 en La Calera, 16 en Monteverde y 8 en Tesalia.

Figura 49

Adultos de *S. tangolias* por etapa fenológica



4.4.4 Comportamiento del Complejo de Polillas

En las localidades pertenecientes a la zona sureste de la provincia del Carchi durante los meses de julio del 2021 a enero del 2022 se confirmó la presencia de las tres especies que conforman el complejo de polillas (*Tecia solanivora* P., *Phthorimaea operculella* Z. y *Symmetrischema tangolias* G.).

El nivel más alto de infestación por polillas fue reportado en la localidad de Cuesaca, con valores de medias generales para *P. operculella* de 433 adultos, *T. solanivora* con 186 y *S. tangolias* con 29. Por otra parte, los promedios más bajos según la localidad fueron para las especies *T. solanivora* y *P. operculella* en La Calera con 32 y 46 respectivamente, y para *S. tangolias* en Tesalia con 12.

En ese sentido, la altitud es un factor que puede influir en la abundancia y el tipo de especie de polilla en una localidad. Sporleder et al. (2016) mencionan que *S. tangolias* es más tolerante al frío y prefiere localizarse a alturas mayores a los 3000 msnm, mientras que *P. operculella* y *T. solanivora* busca establecerse en áreas más bajas de la región andina, esto

explicaría que en altitudes menores como Cuesaca que se ubica a 2646 msnm las especies más abundantes fueron *P. operculella* y *T. solanivora*, mientras que en Monteverde a 2812 msnm la población disminuyó pero el tipo de especies dominantes se mantuvieron, porque ninguna de las localidades se ubicó a la altitud en la que se desarrolla óptimamente *S. tangolias*.

Por otro lado, la supervivencia de las especies del complejo de polillas depende de la temperatura (Sporleder et al., 2004; Sporleder et al., 2016, Wilches-Ortiz et al., 2022). En las zonas monitoreadas del Carchi el promedio de las temperaturas medias fue de 13 °C en Tesalia, 14 °C en Cuesaca y 15 °C en Monteverde y La Calera, encontrándose dentro del umbral de desarrollo de las tres especies, ya que según Sporleder et al. (2004) la temperatura óptima para que se desarrolle *P. operculella* se da entre los 10 a 35 °C, *T. solanivora* entre los 20 a 23 °C (Wilches-Ortiz et al., 2022), con supervivencia hasta los 10 °C pero con dos generaciones por año (EFSA et al. 2019) y *S. tangolias* entre los 8 y 28.8 °C, con un crecimiento máximo de su población a los 21 °C (Sporleder et al., 2016).

Por otra parte, la especie que tuvo la mayor presencia en Cuesaca y Tesalia fue *P. operculella* con promedios generales en todo el ciclo fenológico de 433 y 212 adultos respectivamente, mientras que en Monteverde y La Calera predominó *T. solanivora* con 145 y 46 adultos. Por su parte, Suquillo et al. (2011) afirman que en el cantón Montúfar (Carchi) se encontró mayor población de la especie *T. solanivora* con 230 adultos, lo que concuerda con la especie predominante en Monteverde y difiere con Tesalia que son localidades pertenecientes al mismo cantón.

Otro factor que pudo influir en la dinámica poblacional de las polillas es la etapa fenológica del cultivo; giosson et al. (2017) en un estudio donde se hicieron mezclas de olores para representar el olor de tubérculos, hojas y flores de la planta de papa y así identificar la preferencia de *T. solanivora*, obtuvieron que las polillas escogían para su ovoposición los sitios con el olor de las flores, el que no lo producen ni los tubérculos ni las hojas, esto justificaría el aumento de población de adultos capturados a partir de la floración, especialmente de la especie *T. solanivora* en la mayoría de las localidades.

Por otro lado, como se observa en la figura 47 de la dinámica poblacional de *T. solanivora*, al inicio del monitoreo en Cuesaca durante la emergencia, el promedio de la especie fue elevado, incluso resulto ser el máximo reportado en todo el monitoreo, esto puede deberse a lo que menciona Torres (1998) que la población puede ser abundante al inicio de la campaña agrícola por la presencia de cultivos cercanos o material vegetal contaminado. Sin embargo, en etapas posteriores, la población disminuyó hasta alcanzar el promedio más bajo en la prefloración, incluso en las otras especies, esto se podría atribuir a los controles químicos

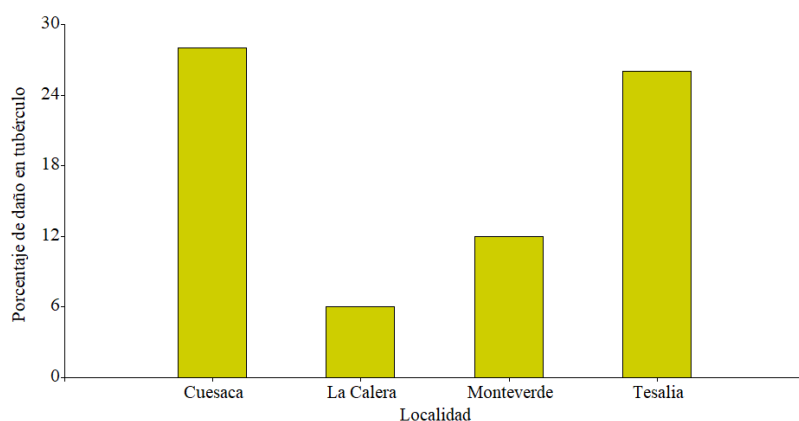
aplicados y las prácticas culturales como aporques y riegos por aspersión (INIA, 1994; Torres, 1998; Estay et al., 2008).

4.5 Daños por el Complejo de Polillas en la Cosecha

En la figura 50 se puede observar el índice de daño ocasionado por larvas del complejo de polillas en la cosecha, en la que Cuesaca posee el mayor porcentaje de daño con un 28 %, seguido por Tesalia que es bastante cercano con un 26 %, Monteverde con el 12 % y finalmente La Calera con el 6 %.

Figura 50

Índice de daños en tubérculo durante la cosecha en las localidades de Carchi



El máximo promedio de daño en el tubérculo causado por la polilla en la cosecha de la presente investigación se observó en Cuesaca con un 28 %, siendo similar a los resultados obtenidos en dos comunidades del altiplano de Bolivia, donde la incidencia total de daño en la cosecha fue del 25 % de las especies *P. operculella* y *S. tangolias*. De la misma forma, Sileshi y Teriessa (2001) en Etiopía el promedio de tubérculos dañados en campo por *P. operculella* alcanzó un 27 %.

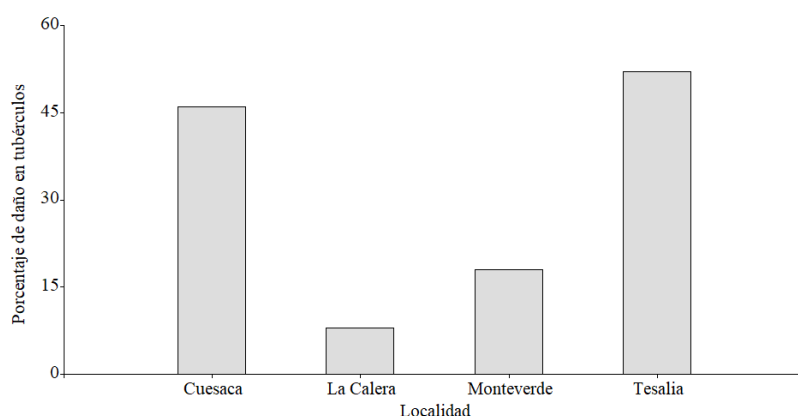
Por otro lado, en La Calera y Monteverde se tuvieron los porcentajes más bajos de daño por polilla en campo, esto se podría atribuir por el tipo de agricultura seco que se da en estos lugares de la sierra, ya que según Pumisacho y Sherwood (2002) cuando no se presentan condiciones de sequía, existe entre 700 a 800 mm de precipitaciones bien distribuidos por ciclo, lo que permitiría cerrar grietas en el suelo y dificultar el acceso de huevos y larvas e incrementar la mortalidad natural de adultos (INIA, 1994; Torres, 1998; Kroschel et al., 2012), mientras que en Tesalia y Cuesaca las condiciones cambian al depender netamente del agua de riego y del tipo de riego por gravedad y aspersión.

4.6 Daño y Número de Polillas en Almacenamiento

En la figura 51 se puede observar que después de 2 meses de almacenamiento, se obtuvo que en la caja entomológica de Tesalia se encontró la mayor incidencia de daño con un 52 % de tubérculos afectados, seguido de Cuesaca con el 46 %. Las localidades que presentaron menor incidencia de daño tras el almacenamiento fueron La Calera con el 8 % y Monteverde con el 18 %.

Figura 51

Índice de daños en los tubérculos durante el almacenamiento

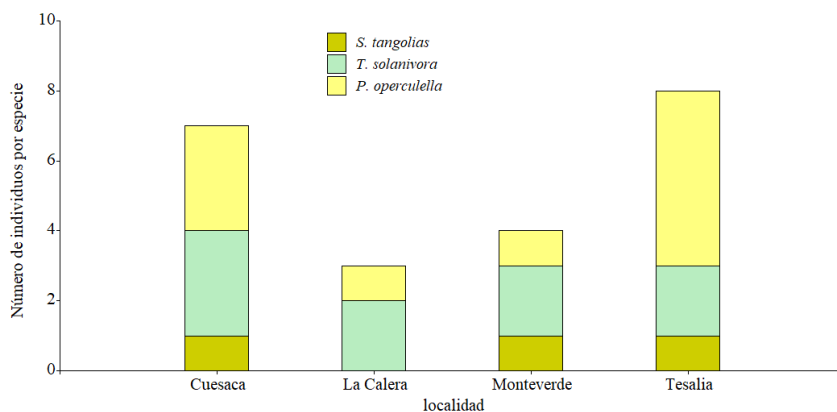


Por otro lado, la figura 52 muestra el número de individuos encontrados en las cajas entomológicas de las especies del complejo de polillas (*Tecia solanivora*, *Phthorimaea operculella* y *Symmetrischema tangolias*), en la que se puede observar que en Cuesaca, Monteverde y Tesalia se tuvo la presencia de las tres especies, mientras que en la caja de La Calera no se encontró a la especie *S. tangolias*. Por otro lado, en la caja entomológica de Tesalia existió el mayor número de adultos del complejo de polillas con un total de 8.

Según su localidad y especie, en Cuesaca, Monteverde y Tesalia *S. tangolias* reportó 1 espécimen. En Tesalia se encontraron 5 individuos de *P. operculella* y 2 de *T. solanivora*. En Cuesaca existieron 2 individuos menos que en Tesalia de la especie *P. operculella* y 1 más de *T. solanivora*. Por otra parte, en Monteverde y La Calera el número de individuos fue de 2 para *P. operculella* y *T. solanivora*.

Figura 52

Presencia de adultos polilla luego de almacenamiento



Los resultados de la presente investigación muestran que los tubérculos provenientes de las localidades de Tesalia y Cuesaca sufrieron más daños que los de La Calera y Monteverde, con una diferencia de 22 tubérculos entre el de mayor daño en Tesalia y el de menor en La Calera.

En ese sentido, en la investigación de Suquillo et al. (2011) realizada en 8 fincas de la provincia del Carchi, obtuvieron que los tubérculos-semilla almacenados entre 1 a 90 días registraron daños que fluctuaron desde un 0 % hasta un 23 %, manteniéndose dentro del rango las localidades de La Calera y Monteverde que alcanzaron un 8 y 18 % de daño respectivamente. Sin embargo, los resultados de esa misma investigación difieren con los de Tesalia y Cuesaca donde el porcentaje de daño fue superior al 45 %, coincidiendo con Estay et al. (2008) que afirman que en el almacenamiento se han registrado pérdidas de hasta el 50 % en Perú.

Por otra parte, la incidencia de daño en almacenamiento superó al reportado en la cosecha; en Tesalia se encontró un 50 % más de daño, en Cuesaca un 39 % más, en Monteverde un 33 % más y en La Calera un 25 % más, lo que permitió inferir que durante el almacenaje la supervivencia de los adultos, huevos, larvas y pupas se vio viabilizada por la falta de un insecticida, bioinsecticida o práctica que proteja al tubérculo-semilla de su ataque, ya que según la investigación de Herrera y Rodríguez (2022) los tubérculos que no tuvieron ningún tipo de control alcanzaron daños superiores al 50 % al igual que en esta investigación y los que fueron tratados previamente con la molécula organofosforada malatión la afectación fue del 0 %.

Por otro lado, Lucero (2017) en el cantón Paute de la provincia del Azuay, evaluó dos tipos de almacenamiento y registró daños por polillas superiores al 25 %, encontrándose dentro del rango de daño reportado en esta investigación que va desde el 8 al 52 %. Sin embargo, aunque en la presente investigación no se evaluó tipos de almacenamiento, es importante señalar que el autor mencionado anteriormente, llegó a la conclusión de que las polillas se

adaptan menos a espacios físicos abiertos, por lo que se podría implementar esta práctica de supresión en un manejo integrado de plagas.

4.7 Presencia de *Bactericera cockerelli*

4.7.1 Número de Oviposturas

El análisis de varianza de datos no paramétricos realizados mediante la prueba Kruskal Wallis muestran que para la variable número de huevos por planta, existe interacción entre la etapa fenológica y la localidad ($p=0.0495$).

En la figura 53 se puede observar que en la emergencia no se reportó la presencia de huevos en ninguna de las cuatro localidades monitoreadas. Por otro lado, en Cuesaca se encontró la mayor cantidad de número de huevos de *B. cockerelli* a partir del DV1, alcanzando su pico más alto en la etapa de tuberización con un promedio cercano a los 7 huevos por planta.

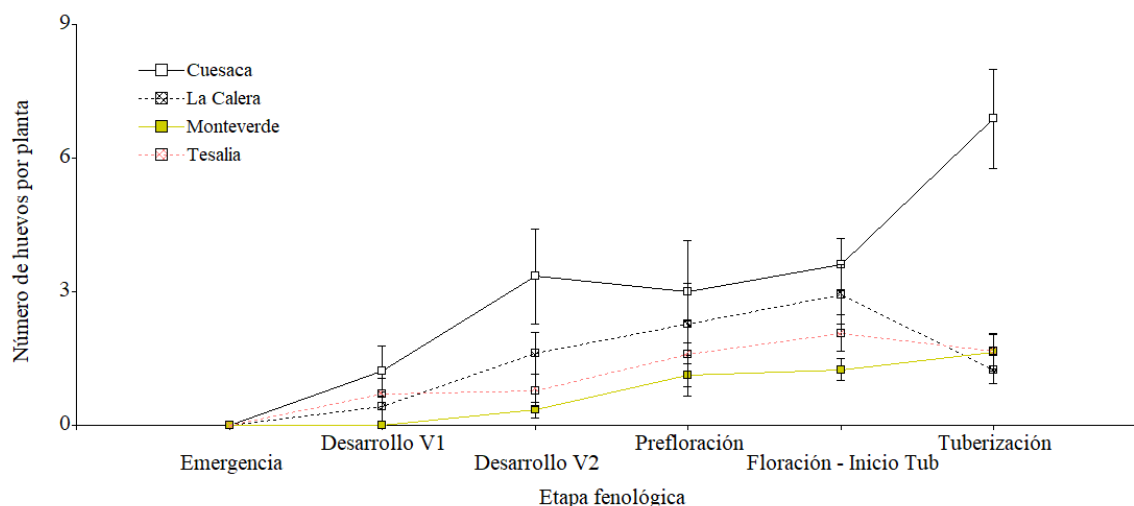
En el DV1 se pudo observar que el número de huevos fue estadísticamente similar en Cuesaca, La Calera y Tesalia con un promedio aproximado de 1 huevo por planta, mientras que en Monteverde no se reportó su presencia. En el DV2, en Cuesaca existió un aumento de 2 huevos más que en el DV1, seguido por La Calera que aumentó 1 huevo y Tesalia que se mantuvo sin cambios significativos; a partir de esta etapa fenológica en Monteverde se identificó la presencia de huevos.

Para la prefloración, en Cuesaca la población de huevos se mantuvo como en el DV2, mientras que en La Calera, Monteverde y Tesalia existió un aumento de 1 huevo por planta. En la floración, en Cuesaca el promedio aumentó a 4, en La Calera a 3, en Tesalia superó los 2 y en Monteverde se mantuvo similar a la prefloración. Finalmente, en la tuberización existió tendencia de crecimiento en Cuesaca del 58 % respecto a la floración, seguido por Monteverde y Tesalia que alcanzaron los 2 huevos por planta y La Calera que disminuyó a 1.

Además, es importante señalar que en la tuberización existe una amplia diferencia en el promedio entre la localidad de Cuesaca y las tres localidades restantes, con alrededor de 6 huevos menos por planta.

Figura 53

Oviposturas de B. cockerelli por etapa fenológica



En la presente investigación se puede observar que la dinámica de huevos del psílido de la papa alcanza su máximo promedio en la tuberización de Cuesaca con aproximadamente 7 huevos por planta. Sin embargo, Guambo (2022) en su investigación realizada en Tungurahua encontró el promedio máximo de 16 huevos. Por su parte, Ramírez et al. (2013) mencionan que el número de huevos por planta puede ir desde los 11 a 20 aproximadamente, por lo que se puede inferir que la población se vio afectada por factores como la temperatura y condiciones de manejo que realizó cada productor independientemente.

En ese sentido, Butler y Trumble (2012) mencionan que *B. cockerelli* presenta mejor desarrollo y oviposición a 26.7 °C, con una temperatura máxima de 32 °C (OIRSA, 2015) y mínima de 7 °C (Covarrubias et al., 2006), logrando poner un promedio aproximado de 500 huevos durante 21 días (OIRSA, 2015). Sin embargo, en Carchi la temperatura máxima registrada en todo el ciclo productivo fue de 22 °C y la mínima fue de 5 °C, con un promedio general de 1.5 huevos por planta, por lo que el factor temperatura no fue el óptimo para que el insecto exprese toda su capacidad reproductiva, debido a que se mantuvo por debajo del umbral de desarrollo (Abdullah, 2008).

Por otro lado, respecto al comportamiento por etapas fenológicas, Hodge et al. (2019) en Nueva Zelanda, identificaron que la mayor oviposición del psílido se da en las etapas de abundante masa foliar, como en el DV2, prefloración, floración y tuberización, lo que sirve como precedente para determinar que una de las causas de la alta tasa de oviposición en la floración en La Calera y Tesalia y en la tuberización en Cuesaca y Monteverde se da por el comportamiento natural del psílido. Es así, que las etapas fenológicas coinciden con el estudio de Vinuesa (2021), que encontró la mayor presencia de huevos en la floración y fructificación del cultivo de pimiento en el Valle del Chota.

4.7.2 Número de Ninfas

El análisis de varianza de la prueba no paramétrica Kruskal Wallis para la variable número de ninfas obtuvo que existe interacción entre la etapa fenológica y la localidad ($p=0.0424$).

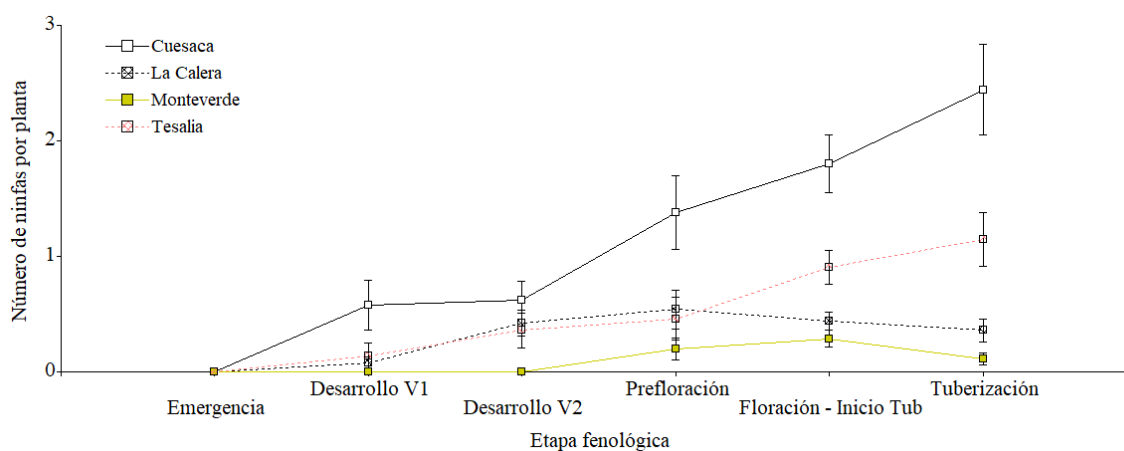
En la figura 54 se puede observar que en las cuatro localidades monitoreadas durante la emergencia y en el desarrollo vegetativo 1 y 2 de la localidad de Monteverde no se reportó la presencia de ninfas de *B. cockerelli*. Por el contrario, la mayor población se encontró en Cuesaca en la etapa de tuberización con un promedio cercano a las 3 ninfas/planta.

Ahora bien, durante el DV1 en Cuesaca se encontró una media cercana a 1 ninfa, mientras que en La Calera, Monteverde y Tesalia el promedio no superó las 0.5 ninfas. En el DV2, el promedio de Cuesaca se mantuvo en menos de 1 ninfa, en Monteverde en cero y en las otras localidades existió un incremento menor a 1 ninfa. Para la prefloración en Cuesaca existió un aumento en la población del 55 % respecto al DV2, mientras que en La Calera y Tesalia los promedios fueron cercanos a 1 ninfa/planta; a partir de esta etapa se encontró en Monteverde la presencia de ninfas.

Para las dos últimas etapas (floración y tuberización), en Cuesaca existió un aumento en la población de 1 ninfa por cada etapa, en Tesalia el promedio se incrementó en menos de 1 ninfa y en La Calera y Monteverde existió una tendencia a la baja de aproximadamente el 50 %. Además, es importante señalar que, en la tuberización, la diferencia entre la localidad de mayor y menor promedio fue de 3 ninfas/planta en las localidades de Cuesaca y Monteverde.

Figura 54

Ninfas de B. cockerelli por etapa fenológica



En esta investigación durante la emergencia no se reportó la presencia de ninfas en ninguna localidad, al igual que en el estudio de Cameron et al. (2009) en donde en etapas

tempranas del cultivo de papa y en otras plantas hospederas existió la ausencia de ninfas, esto se podría deber a que *B. cockerelli* en estado ninfal prefiere establecerse en etapas fenológicas donde encuentre abundantes tejidos jóvenes para la extracción de nutrientes, evitar los rayos solares y los efectos de la variación climática (Toledo-Perdomo y Rodas, 2022).

Por otra parte, el comportamiento de la población de ninfas en el resto de las etapas fenológicas fue similar al de los huevos, pero con la diferencia que el promedio en número de ninfas fue inferior. En efecto, en todas las localidades monitoreadas en el Carchi la media general no superó a 1 ninfa por planta, mostrando resultados similares a los de la investigación de Jirón-Rojas et al. (2016) en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) donde encontraron promedios de 0.32 ninfas/hoja con control químico y 0.34 ninfas/hoja sin control químico.

En ese sentido, un factor que pudo influir es el porcentaje de viabilidad de los huevos, ya que según Yang et al. (2010) el 11.3 % de los huevos depositados por el psílido en condiciones de campo no fueron viables. Sin embargo, en la presente investigación tomando como referencia promedios generales de ovoposición y número de ninfas en todas las etapas fenológicas del Carchi, es probable que alrededor del 68 % no fuera viable, siendo cercano a la investigación de Puma (2021), que obtuvo una mortalidad del 76 % en la etapa de prefloración. Por otro lado, en otro estudio realizado en papa por Merfield et al. (2015) se encontraron promedios de 11.07 ninfas por hoja en el primer año y 9.04 ninfas por hoja en el segundo año, por lo que se puede entender que la población de ninfas no suele ser uniforme.

Además, es importante señalar que al igual que en el número de huevos, las condiciones de temperatura en las cuatro localidades no fueron las más favorables para su desarrollo (temperatura máxima de 22°C – temperatura mínima de 5 °C y 8°C), debido a que según Yang et al. (2010) los estadios inmaduros de *B. cockerelli* necesitan 26 °C para un desarrollo precoz. Sin embargo, a pesar de que en este estudio la población de ninfas no superó a las 3 por hoja, Rubio et al. (2006) afirman que una sola ninfa puede ser suficiente para causar problemas metabólicos en la planta.

4.7.3 Número de Adultos

El análisis estadístico mediante la prueba Kruskal Wallis muestra que existe diferencia significativa entre la etapa fenológica y la localidad para la variable número de adultos de *B. cockerelli* ($p < 0.0001$).

La figura 55 muestra que durante el desarrollo vegetativo 1, prefloración y tuberización el promedio de adultos por etapa fenológica fue estadísticamente similar en todas las

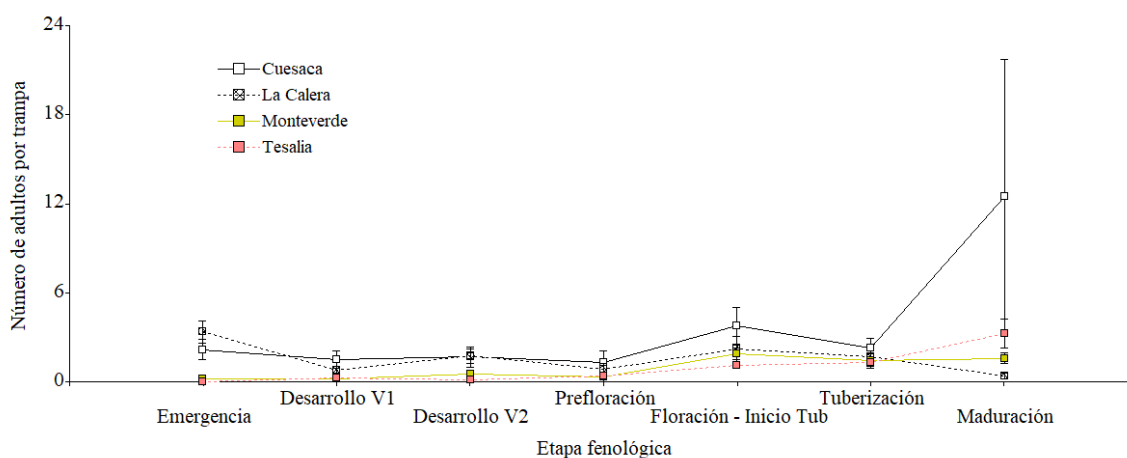
localidades. Por otro lado, la mayor población de adultos registrada por localidad fue en Cuesaca durante la etapa de maduración con un promedio cercano a los 13 por trampa.

Según su etapa fenológica, durante la emergencia en Cuesaca y la Calera se atrapó un promedio aproximado de 3 adultos por trampa, mientras que en Monteverde el promedio fue menor a 1 adulto y en Tesalia no se encontró ningún espécimen. Por otra parte, en las etapas de DV1, DV2 y la prefloración de las cuatro localidades el valor de la media se mantuvo en menos de 2 adultos por trampa.

En la etapa de floración se evidenció un aumento en la dinámica poblacional en todas las localidades; en Cuesaca se sumaron 3 adultos, en La Calera y Tesalia 1, y en Monteverde 2. Sin embargo, durante la tuberización en Cuesaca el promedio de adultos disminuyó en un 50 % por trampa y en el resto de las localidades no se presentaron cambios significativos. Finalmente, en la tuberización existió un aumento en la población de Cuesaca y Tesalia con 11 y 2 adultos más respectivamente, en La Calera se presentó una tendencia a la baja que alcanzó un promedio cercano a 0 y en Monteverde el comportamiento no cambio significativamente.

Figura 55

Adultos de B. cockerelli por etapa fenológica



Los resultados de la presente investigación muestran que el promedio máximo de adultos en Carchi fue de aproximadamente 13 por trampa, difiriendo con la investigación de Yen et al. (2013) que en cultivares de papa de Nueva Zelanda se atraparon 242 adultos, en un período de captura de 4 días, lo que indica que la presencia del psílido se vio viabilizada por el factor temperatura que en esa localidad alcanzó los 25.6 °C, encontrándose próxima a la temperatura óptima para el desarrollo y ovoposición que propone Butler y Trumble (2012) de 26.7 °C, por lo que se infiere que la población de adultos en Carchi se mantuvo baja porque la temperatura máxima no superó los 22 °C.

En ese contexto, es importante señalar que durante los días 4, 5, 6, 15, 16, 17, 18, 19, 24, 25, 28, 49, 51, 55, 56, 61, 66, 68, 69 y 70 después de la siembra en Tesalia y Cuesaca las temperaturas fueron menores a 7 °C, por lo que estuvo por debajo del umbral mínimo de desarrollo para *B. cockerelli* (Covarrubias et al., 2006), coincidiendo con las etapas fenológicas de emergencia, DV1, desarrollo vegetativo (DV2) y prefloración que tuvieron una dinámica poblacional de adultos menor a 2 adultos por trampa.

Por otra parte, Walker et al. (2011) mencionan que durante monitoreos realizados a plantas de papa que no tuvieron aplicación de insecticidas, encontraron un máximo de 120 adultos por trampas amarillas, por lo que, comparado con la población máxima de la presente investigación de 13 adultos por trampa, se podría indicar que otro factor que puede bajar la población de adultos es el control químico. En ese sentido, los productores del Carchi utilizaron las moléculas profenofos, tiametoxam + lambda-cihalotrina, tiametoxam, tiametoxam + fipronil, imidacloprid, carbosulfan, acefato y abamectina, que según Cuesta et al. (2021) en Ecuador están registrados para el control *B. cockerelli* en el cultivo de papa.

Por otro lado, en el manejo integrado de plagas, Walker et al. (2013) afirman que tener menos de 3 adultos por trampa por semana puede indicar que la plaga invasora está por debajo del umbral económico, con ese argumento y tomando en cuenta que los monitoreos se realizaron cada 15 días; las localidades y etapas fenológicas que superaron ese umbral en este estudio fueron: Cuesaca en la floración y maduración, La Calera en la emergencia y Tesalia en la maduración.

4.8 Entomofauna

Se muestran los resultados obtenidos de la entomofauna que se encontró presente en todas las etapas fenológicas del cultivo mediante el uso de las trampas amarillas y los barridos entomológicos en la fase de floración.

4.8.1 Entomofauna por Etapa Fenológica

La prueba Kruskal Wallis muestra que existe diferencia significativa entre la etapa fenológica y el orden de las especies que conforma la entomofauna de las localidades monitoreadas, por lo que existe interacción ($p=0.0399$), lo que muestra que la presencia de distintos órdenes dependerá de la fase fenológica del cultivo.

4.8.1.1 Entomofauna Cuesaca.

En la figura 56 se puede observar que durante todo el ciclo fenológico del cultivo de papa en la localidad de Cuesaca, el orden Díptera fue superior a todos los órdenes, mostrando el promedio mayor en la emergencia, floración y la tuberización con 411, 417 y 388 individuos

respectivamente. Por otra parte, en las etapas del DV1, DV2 y prefloración el valor se mantuvo similar y se mantuvo bajo los 209 individuos.

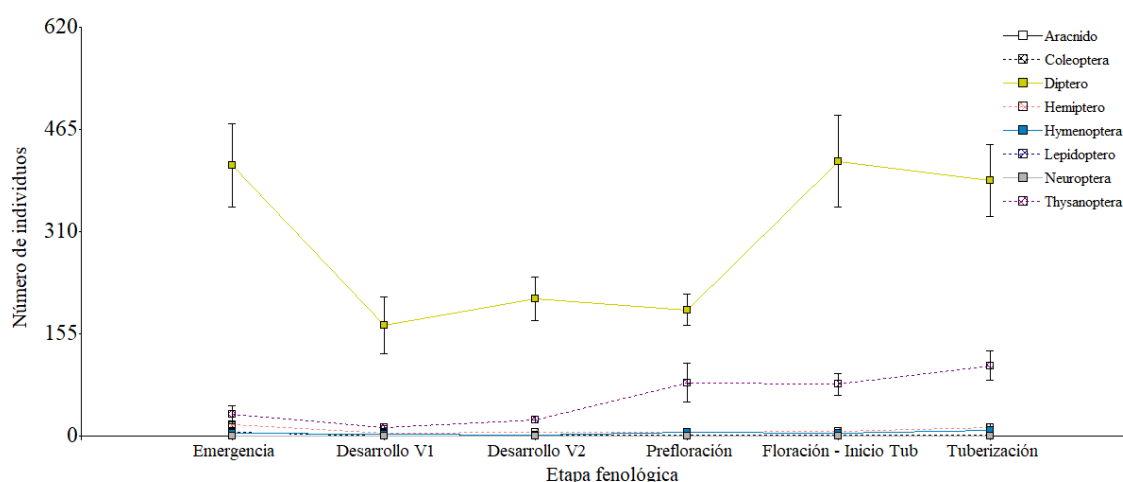
En menor cantidad el orden Tisanóptero durante las etapas de emergencia, desarrollo vegetativo 1 y 2 el promedio no superó los 33, siendo la emergencia la que tuvo el mayor promedio de las tres con 32 individuos. No obstante, desde la etapa de prefloración hasta la tuberización la población aumento en un 77 %.

La presencia de Hemípteros fue menor que el anterior orden, mostrando la mayor cantidad de individuos en la etapa de emergencia con un promedio cercano a 18 individuos, seguido de la tuberización en la que se reportó aproximadamente 13. Para el resto de las etapas, el promedio no superó los 8.

Además, no se observó diferencias significativas entre las poblaciones de los órdenes Coleóptero, Lepidóptero, clase Arácnida, Neuróptero y Ortóptero en todas las etapas fenológicas con promedios menores a 1 individuo por trampa.

Figura 56

Entomofauna por etapa fenológica en la localidad de Cuesaca



4.8.1.2 Entomofauna La Calera.

En La Calera como se muestra en la figura 57 el orden que predominó fue Díptera, mostrando en la emergencia un promedio de 486 individuos, para luego descender entre la etapa del DV1 y DV2 hasta alcanzar un promedio de 210. No obstante, en la prefloración aumentó en un 55 %, sin embargo, en la floración, nuevamente volvió a ubicarse en el valor de la media del DV2. Por otra parte, desde la floración hasta la maduración la población aumento a 583 individuos, siendo la maduración la etapa que tuvo el mayor promedio de dípteros contabilizados en esta localidad.

El orden Himenóptera fue menor que el anterior, siendo similar su comportamiento en las etapas de emergencia, DV1, DV2, prefloración, tuberización y maduración con un promedio cercano a 15 individuos respectivamente. Es importante señalar que en la floración se tuvo un comportamiento próximo al de los dípteros con 170 individuos.

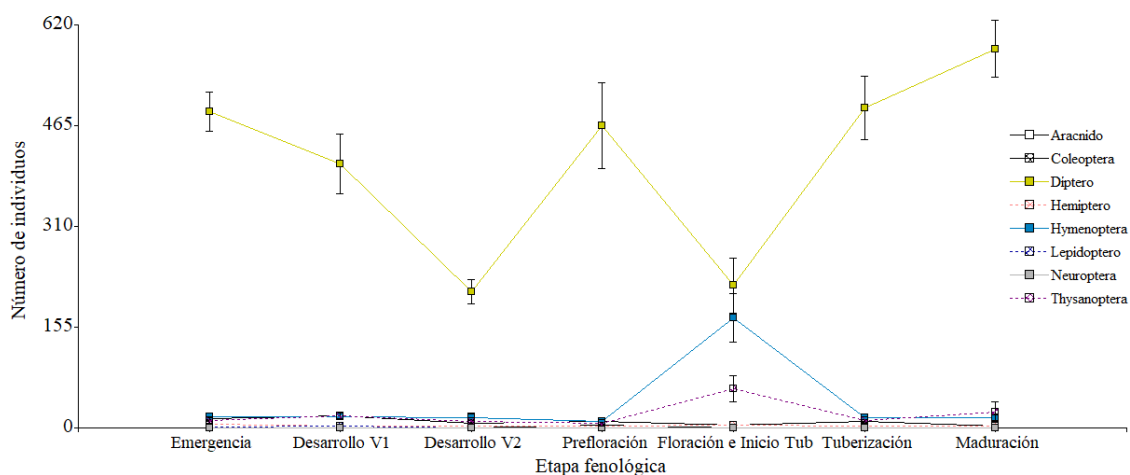
El orden de los Tisanópteros al igual que los himenópteros tuvieron una población similar en las etapas de emergencia, DV1 y DV2, prefloración, tuberización y maduración con un promedio cercano a los 14 individuos por trampa, pero en la floración su población fue mayor, alcanzando los 60 individuos.

En el orden de los coleópteros se observó un comportamiento menor que el anterior, mostrando su mayor presencia en la emergencia, DV1, prefloración y tuberización con un promedio aproximado de 13 individuos, mientras que la menor población se reportó en el DV2, floración y maduración con aproximadamente 5 individuos.

Por otra parte, no se observó diferencias notables entre las poblaciones de los órdenes Hemíptero, Lepidóptero, clase Arácnida, Neuróptero y Ortóptera en todas las etapas fenológicas con promedios menores a 3 individuos por trampa.

Figura 57

Entomofauna por etapa fenológica en la localidad de La Calera



4.8.1.3 Entomofauna Monteverde.

En la localidad de Monteverde, el orden que predominó durante todo el ciclo fenológico fue el Díptera como se puede observar en la figura 58. En la emergencia el valor de la media fue de 172 dípteros, seguido por el rango del DV1 hasta la floración, donde se observó una tendencia de crecimiento del 58 %. No obstante, para la tuberización la población disminuyó en 52 individuos y en la maduración volvió a aumentar hasta alcanzar un total de 437.

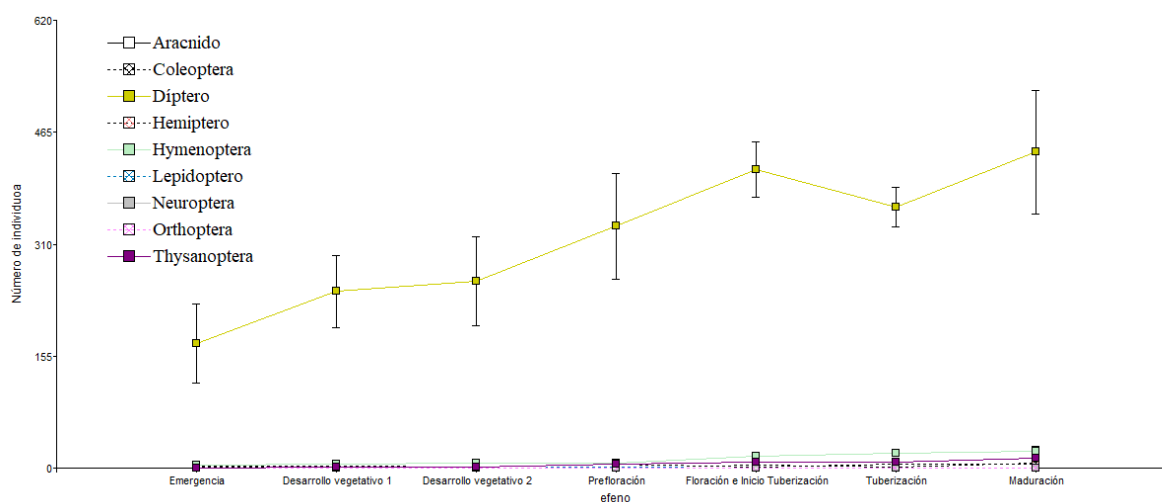
El orden Himenóptera reportó menor población que el anterior, alcanzando sus máximos promedios en la floración, tuberización y maduración con 17, 20 y 23 individuos respectivamente. Por otro lado, los promedios más bajos se reportaron en las cuatro primeras etapas fenológicas con aproximadamente 6 individuos.

El orden Tisanóptera al igual que el himenóptera, alcanzó su mayor población en las etapas de floración, tuberización y maduración con un promedio aproximado de 10 individuos por trampa, mientras que, en la emergencia, DV1, DV2 y prefloración estuvo por debajo de los 3 individuos.

Por otra parte, no se observó diferencias notables entre las poblaciones de los órdenes Coleóptera, Hemíptera, Lepidóptero, clase Arácnida, Neuróptero y Ortóptera en todas las etapas fenológicas con promedios menores a 3 individuos por trampa.

Figura 58

Entomofauna por etapa fenológica en la localidad de Monteverde



4.8.1.4 Entomofauna Tesalia.

En Tesalia al igual que las anteriores localidades, el orden que predominó fue el Díptero, mostrando el mayor promedio en la maduración con 619 individuos. Por otro lado, la presencia más baja ocurrió durante la emergencia con tan sólo 189 especímenes. En el DV1 la población aumentó en un 53 % respecto a la emergencia, manteniendo el promedio similar hasta el DV2. En la prefloración el valor de la media bajo en un 45 %. No obstante, en la floración nuevamente aumento hasta alcanzar el promedio de 475 individuos, el que se mantuvo similar hasta la tuberización (Figura 59).

En menor cantidad sigue el orden Tisanóptero, que, durante las etapas de emergencia, DV1, DV2 y prefloración tuvieron la población más baja, con un promedio de 26 individuos por trampa. Sin embargo, a partir de la prefloración la población estuvo en aumento,

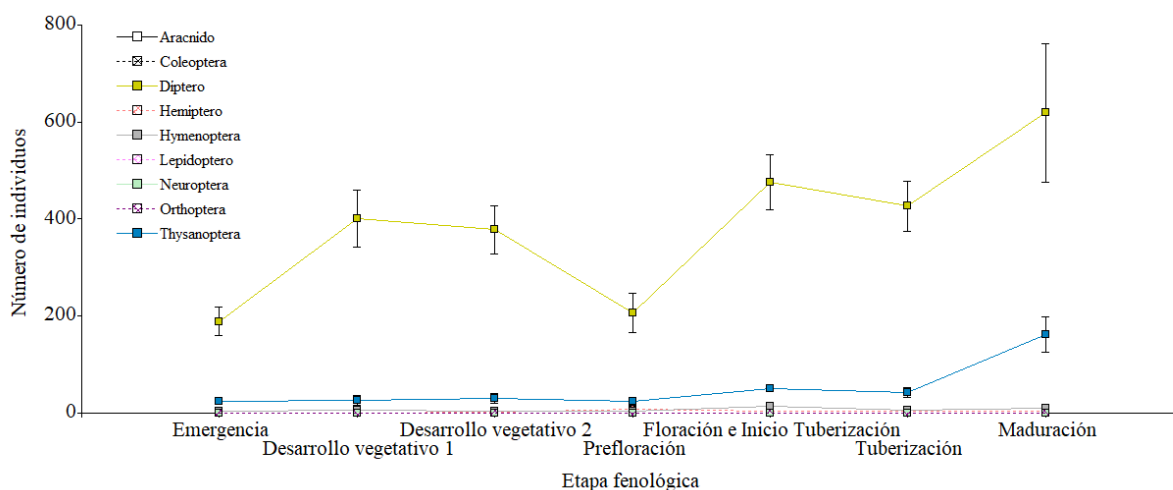
alcanzando los promedios de 49 en la floración, 42 en la tuberización y la mayor presencia de 162 en la maduración.

La presencia de himenópteros fue menor que el anterior orden, mostrando la mayor cantidad de individuos en la etapa de emergencia con un promedio cercano a los 18, seguido por la tuberización en la que se reportó 13 individuos; para el resto de las etapas, el promedio de individuos no superó los 8.

Además, no se observó diferencias significativas entre las poblaciones de los órdenes Hemíptero, Coleóptero, Lepidóptero, clase Arácnida, Ortóptero y Neuróptero en todas las etapas fenológicas, con promedios menores a 4 individuos por trampa.

Figura 59

Entomofauna por etapa fenológica en la localidad de Tesalia



4.8.2 Entomofauna Presente Durante la Floración

En la etapa de floración se realizó barridos entomológicos durante tres secciones de la floración: 25 %, 50 % y 100 %, puesto que en esta etapa existe la mayor diversidad de artrópodos presentes en los cultivos, lo que permitió identificar cuáles son los órdenes que predominan. Se encontró en total 6 órdenes, que corresponden a los Dípteros, Hemípteros, Coleópteros, Himenópteros, Tisanópteros y Lepidópteros.

En la tabla 14 se observa que el orden Díptera fue el que mayor número reportó con un total de 1200 individuos representando el 64 % de todos la entomofauna recolectada, seguido del Tisanóptera con un total de 349 individuos representando el 18.6 %, Himenóptera con un total de 131 individuos representando el 7 %, Hemípteros con un total de 112 individuos representando el 6 %, Coleóptera con un total de 79 individuos representando el 4.2 % y Lepidóptera con 5 individuos representando el 0.2 %. No se tuvo presencia de especies de la clase arácnida, ni de los órdenes neuróptera y ortóptera.

Según la localidad, en Cuesaca los insectos de mayor presencia pertenecieron a los órdenes Díptera (546), Tisanóptera (211) y Hemíptera (35), seguidos por los himenópteros, coleópteros y lepidópteros en menor proporción, con un total de 831 individuos, de los que el 42 % se observaron durante el segundo barrido entomológico (50 % de la floración). Por otra parte, en Tesalia se encontraron 711 individuos, de los cuáles el 45 % se observaron al tercer barrido (100 % de la floración), con mayor presencia de los órdenes Díptera (530), Tisanóptera (93) y Hemíptero (40).

Por su parte, en La Calera existieron 189 individuos, de los que el 37 % se encontró en el primer barrido entomológico (25 % de la floración) y la mayor abundancia de insectos de los órdenes Díptera (76), Himenóptera (47) y Coleóptera (39). Finalmente, en la localidad de Monteverde se reportó 145 individuos, de los cuáles el 43 % se ubicaron en el segundo barrido, con mayor presencia de Dípteros (48), Tisanópteros (40), Hemípteros (40) e Himenópteros (28).

Tabla 14

Entomofauna de la floración en las diferentes localidades monitoreadas

Orden	Cuesaca			La Calera			Monteverde			Tesalia			Total
	25	50	100	25	50	100	25	50	100	25	50	100	
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
Díptero	121	241	184	34	23	19	7	29	12	78	160	292	1200
Thysanoptera	42	81	88	2	-	3	12	7	21	17	55	21	349
Hymenoptera	6	13	5	22	15	10	10	17	4	18	10	1	131
Hemiptero	17	18	-	7	11	4	10	2	3	3	37	-	112
Coleoptera	11	-	3	5	16	18	1	8	-	3	6	8	79
Lepidoptera	1	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	5
Total	198	353	280	70	65	54	40	63	42	121	268	322	1876

4.8.3 Comportamiento de la Entomofauna

Los resultados de esta investigación difieren con los obtenidos por Ngamaleu-Siewe et al. (2021) en Camerún, en donde los órdenes que tuvieron la mayor presencia en el cultivo de papa fueron los hemípteros y coleópteros con el 31 % respectivamente y los dípteros con el 12 %, mientras que en Carchi el porcentaje para los hemípteros fue del 7 %, coleópteros del 4 % y dípteros del 64 %. En ese contexto, la presencia de altas poblaciones de dípteros es importante, debido a que algunos de ellos pueden cumplir la función de entomófagos. En Nueva Zelanda, Vereijssen (2020) identificó que un enemigo natural potencial de *B. cockerelli* era el depredador díptero *Melanostroma fasciatum* (Díptero:Shyrphidae).

Por otra parte, el segundo orden con mayor cantidad de individuos fue el Tisanóptera con el 18.6 %, representado por la especie *Frankliniella* spp., especialmente desde la etapa de floración. En ese sentido, Kroschel et al. (2020) mencionan que los trips causan daños en la planta de papa al alimentarse abundantemente de las hojas, causando deformación, manchas cloróticas en los tejidos y en algunos casos transmitiendo virus que reducen la calidad y rendimiento de los tubérculos. Irbansyah et al. (1994) mencionan que el umbral de acción para *Thrips palmi* en papa es de 100 larvas/10 hojas, lo que permitiría reducir la aplicación de insecticidas.

En el caso particular de la localidad de La Calera, el segundo orden más abundante fue el himenóptero con 170 individuos en la floración, esto puede ser un buen indicador, ya que según Castillo-Carillo (2020) en el Ecuador se ha observado especies del orden himenóptera parasitando huevos de *P. operculella* (*Copidosoma koehleri*) y parasitando larvas de *S. tangolias* (*Apanteles* sp.).

Por otra parte, las poblaciones de artrópodos en las trampas amarillas de los órdenes hemíptera, himenóptera, coleóptero, lepidóptero, clase arácnida, ortóptero y neuróptero de las cuatro localidades del Carchi, por lo general, se encontraron por debajo de los 4 individuos, lo que muestra una disminución de la biodiversidad en la entomofauna causada por el uso intensivo de pesticidas. En este contexto, Zalazar y Salvo (2007) al analizar comparativamente la entomofauna del sistema de producción orgánico y convencional en hortalizas, encontraron la presencia de los órdenes hemíptero, neuróptero, coleóptero, himenóptera y díptero en los dos tipos de producción, pero con disimilitud entre especies, ya que en el sistema de producción convencional la abundancia de insectos fitófagos era mayor que las de los entomófagos, por lo que los autores infieren que los entomófagos son más frágiles a los efectos de los agroquímicos y el laboreo agresivo de los suelos.

A pesar de ello, en la presente investigación únicamente se identificó a la entomofauna de las trampas amarillas y barridos entomológicos por su orden y no específicamente por su especie, por lo que no se puede señalar a ciencia cierta el tipo de controladores biológicos presentes en la zona sureste de la provincia del Carchi. Sin embargo, es importante señalar que los enemigos naturales de *B. cockerelli* según Capinera (2001) son depredadores que consumen ninfas y adultos, de los que se puede destacar a larvas y adultos de escarabajos (Coleoptera:Coccinellidae), crisopas (Neuróptera:Chrysopidae), moscas de las flores (Díptera:Syrphidae), insectos piratas de minutos (Hemíptera:Anthocoridae) e insectos de ojos grandes (Hemíptera:Lygaeidae) y los parasitoides *Tetrastichus triozae* (Himenóptera:Eulophidae) y *Metaphycus psyllidus* (Himenóptera:Encyrtidae).

Así mismo, Espitia et al. (2001), Kroschel et al. (2012) y Rondon y Gao (2018) mencionan que existen insectos benéficos que cumplen la función de parasitoides de huevos y larvas de polillas o depredadores de sus adultos, los que pertenecen a los órdenes hemíptero (*Lyctocoris campestris* y *Buchananiella contigua*), himenóptera (*Trichogramma* sp. o *Apanteles* sp.), díptera (Tachinidae) y coleóptera (Coccinellidae, Tenebrionidae, Carabidae, entre otros), por lo que se puede afirmar que es muy probable que una o varias de las especies de los artrópodos mencionados anteriormente existan en las localidades monitoreadas, ya que existió la presencia de sus respectivos órdenes.

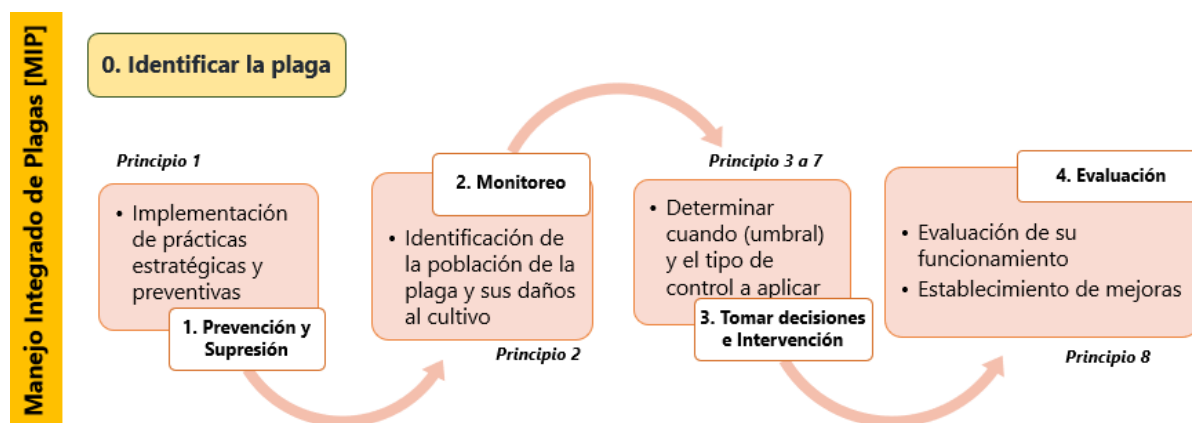
4.9 Estrategias MIP para *B. cockerelli* y el Complejo de Polillas

El MIP propuesto a continuación, está basado en el Anexo III de la directiva Marco 2009/128 /EC que trata sobre los principios generales de la gestión integrada de plagas de la Unión Europea, los mismos que Barzaman et al. (2015) llaman “Ocho principios del manejo integrado de plagas”.

En la figura 60 se muestran cuatro pasos que resumen a los 8 principios del MIP, los que fueron la base para proponer el MIP para *B. cockerelli* y el complejo de polillas en esta investigación.

Figura 60

Pasos del MIP basados en los ocho principios del MIP



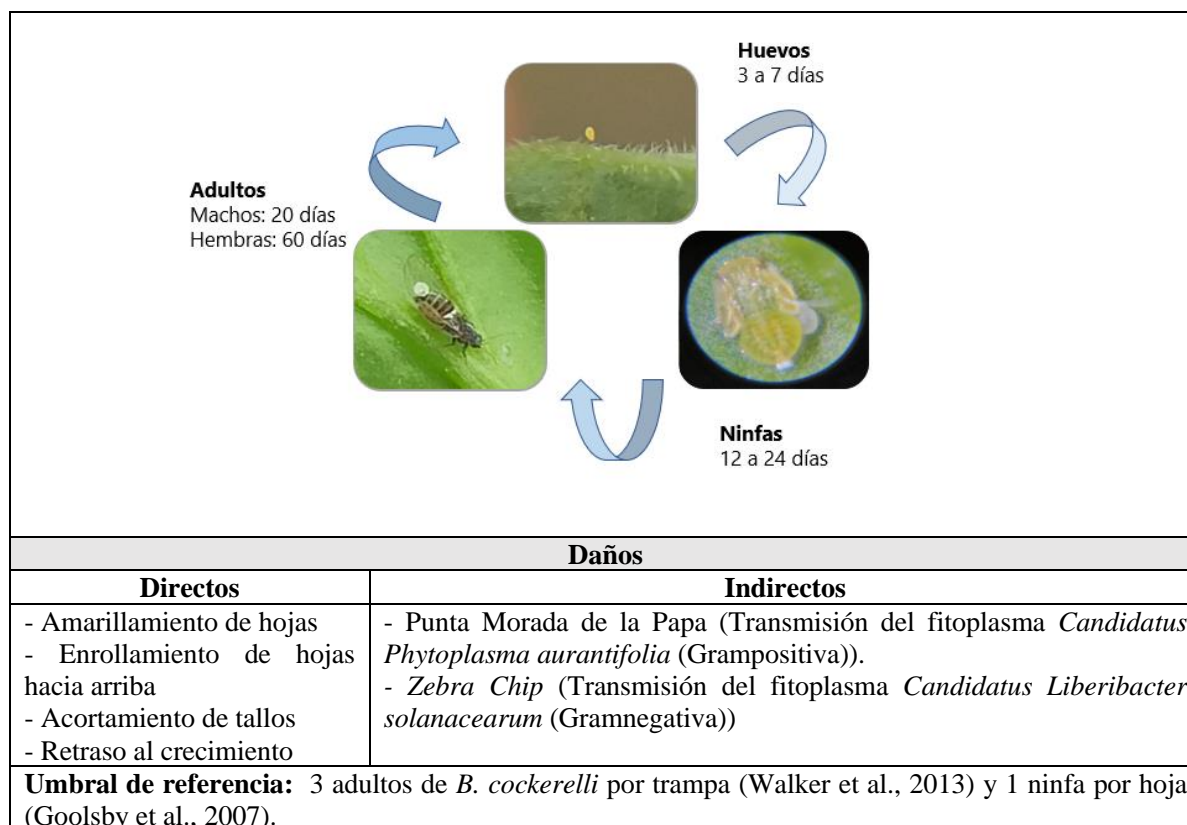
Es importante como paso previo a la planificación y aplicación de un MIP que el productor identifique a la plaga, mediante la búsqueda de información básica que incluya: el ciclo de vida, características físicas, daño que ocasiona, el tipo de plaga y los umbrales de referencia de daño.

4.9.1 Identificación de la Plaga: *Bactericera cockerelli*

La figura 61 muestra la información básica de *B. cockerelli*.

Figura 61*Información básica para la identificación de B. cockerelli*

Psílido de la Papa (<i>Bactericera cockerelli</i> Šulc.)	
<p>El psílido de la papa, pulguilla saltadora, salerrilo o paratrioza (<i>Bactericera cockerelli</i>) (Hemiptera: Triozidae) es una de las principales plagas de las solanáceas, que sin control puede ocasionar hasta un 100 % de pérdidas en los cultivos.</p> <p>El psílido se ubica en la parte aérea de la planta, su hábito es saltador y se alimenta de la savia, ocasionando daños directos e indirectos.</p>	
Ciclo de Vida (Duración de 24 a 35 días, dependiendo de factores bióticos y abióticos)	
Huevo (3 a 7 días)	Ninfa (12 a 24 días)
<p>Forma: Ovoide</p> <p>Tamaño: 0.3 mm de largo y de ancho 0.18 mm</p> <p>Color: anaranjado-amarillento</p> <p>Pedicelo: 0.2 mm de largo con el que se adhieren a la superficie foliar.</p> <p>Número de Huevos: Puede ovopositar hasta 500 huevos, aunque se ha reportado hasta 1500.</p> <p>Ubicación: Superficie foliar, especialmente en los bordes y el envés de la hoja.</p>	<p>Poseen cinco estadios. Son móviles a diferencia de otras plagas.</p>
	<p>Estadio 1: Forma ovalada, aplanada dorso ventralmente, división del cuerpo no definida. Los ojos son poco visibles, color anaranjado.</p> <p>Tamaño: 0.40 mm largo y 0.21 mm ancho</p>
	<p>Estadio 2: Cuerpo definido en cabeza, tórax y abdomen. Ojos anaranjados oscuros, tórax verde-amarillento, paquete alar visible.</p> <p>Tamaño: 0.52 mm largo y 0.33 mm ancho</p>
	<p>Estadio 3: Segmentación marcada de cabeza, tórax y abdomen, ojos rojizos, coloración similar al 2 estadio, alas más notorias.</p> <p>Tamaño: 0.80 mm largo y 0.40 mm ancho</p>
	<p>Estadio 4: Límite entre abdomen y tórax y paquetes alares bien definidos. Ojos rojizos, tórax verde-amarillento y abdomen amarillo.</p> <p>Tamaño: 1.18 mm largo y 0.75 mm ancho</p>
	<p>Estadio 5: La cabeza es verde claro y el tórax con tonalidad más oscura. Ojos de color guinda, tórax con tres pares de patas y las alas sobresalen del cuerpo.</p> <p>Tamaño: 1.65 mm largo y 1.23 mm ancho.</p>
	<p>No confundir con: Ninfas de mosca blanca</p> <p>Ubicación: Envés de las hojas y pecíolos.</p>
Adulto (20 a 60 días)	
<p>Forma: Similar a una chicharra pequeña, alas transparentes más grandes que su cuerpo,</p> <p>Tamaño: 2.8 a 2.9 (machos) y 2.8 a 3.2 (hembras).</p> <p>Color: Tras la emergencia es de color verde-amarillento con alas blancas que luego se hacen transparentes.</p> <p>Posteriormente cambia a ámbar, café oscuro o negro con bandas de tono blanco.</p> <p>Aparato bucal: Picador-chupador, con un estile de dos ductos (uno de entrada y otro de salida).</p> <p>Abdomen: Cinco segmentos más el segmento genital (hembras) y seis segmentos más el segmento genital (machos).</p> <p>Alas: transparentes más grandes que su cuerpo, venación propia de la familia Triozidae.</p> <p>No confundir con: pulgón y saltón de la hoja.</p> <p>Ubicación: En toda la parte aérea de la planta.</p>	



Nota. Información tomada de Castillo y Llumiquinga (2021), Walker et al. (2013), Goolsby et al. (2007) y OIRSA (2015)

4.9.2 Prevención y Supresión

4.9.2.1 Rotación de Cultivos.

La rotación de cultivos permite interrumpir el ciclo de vida de las plagas y eliminar sus zonas de hospedaje. Esta práctica consiste en la implementación de cultivos pertenecientes a otras familias como gramíneas, fabáceas, cucurbitáceas, entre otras (Tariq et al., 2019).

4.9.2.2 Uso de Semillas Certificadas o Provenientes de Cultivares Limpios.

Evitar el uso de semillas que tengan como origen lotes o localidades donde exista la presencia del insecto y/o síntomas de punta morada de la papa (PMP) o zebra chip (ZC, “papa rayada”) (OIRSA, 2015). Usar semilla de calidad garantizada, libre de plagas y enfermedades.

Además, dependiendo de la disponibilidad, se debería emplear semillas de variedades que sean más resistentes al ataque de *B. cockerelli* o que sean más precoces.

4.9.2.3 Identificar Localidades Cercanas con Posibles Brotes de la Plaga.

Es importante detectar los focos de infección y no se sembrar en lugares cercanos donde *B. cockerelli* se encuentre presente o existan síntomas de PMP o ZC. El adulto de *B. cockerelli*

tiene la capacidad de expandirse a varios lugares aceleradamente, debido a la habilidad de ascender hasta 1200 m de altura por el arrastre de las corrientes de aire (Glick, 1939).

4.9.2.4 Implementación de Barreras Vivas.

Agregar al sistema de producción agrícola barreras vivas o nichos ecológicos, para que sirvan como hospederos de insectos benéficos y autorregulen las poblaciones de plagas. Las barreras vivas o nichos ecológicos se componen de flora local que actúan mediante interacciones alelopáticas. Aupas (2020) menciona que en las plantas arvenses se puede encontrar insectos de los órdenes coleóptera, díptera, himenóptera, hemíptera, lepidóptera, ortóptera y neuróptera que pueden actuar como polinizadores, predadores o parasitoides.

4.9.2.5 Saneamiento de Equipos y Maquinaria Agrícola.

Las herramientas como azadones, palas, machetes, equipos, maquinaria agrícola, calzado y ropa pueden servir como vectores de huevos o ninfas provenientes de otros cultivos, por lo que se sugiere el saneamiento de estos materiales antes de ingresar al lugar de siembra.

4.9.2.6 Eliminación de Plantas Hospederas y Residuos de Cultivos Anteriores.

Castillo y Llumiquinga (2021) mencionan que las especies hospedantes del psílido de la papa pertenecen a la familia de las solanáceas, convolvuláceas y lamiáceas (figura 62) (Thinakaran et al., 2015), por lo que se debe identificar y eliminar plantas o restos de materiales vegetales que hospeden a la plaga, ya sea dentro del área del cultivo o en sus exteriores, puesto que según Cuesta et al. (2018) *B. cockerelli* tiende a colonizar desde los bordes. Además, se debe poner atención y retirar si es necesario a las plantas que aparezcan súbitamente cuando el cultivo ya se encuentre establecido.

Por otro lado, el material vegetal hospedante que se retire de la zona del cultivo y sus exteriores debe ser manejado adecuadamente, por lo que se recomienda realizar compostaje con los residuos, para la obtención de fertilizantes orgánicos.


Figura 62

Plantas hospedantes de B. cockerelli tanto en cultivo como en forma silvestre

Plantas hospedantes de *B. cockerelli*

Lamiáceas

- Menta (*Menta* spp.)
- Hierba Buena (*C. douglasii*)



Convolvuláceas

- Camote (*I. batatas*)
- Porotillo (*C. arvensis*)

Solanáceas

- Papa (*S. tuberosum*)
- Tomate riñón (*S. lycopersicum*)
- Hierba Mora (*S. nigrum*)
- Hierba mora de hoja plateada (*S. elaeagnifolium*)
- Tabaco (*N. tabacum*)
- Tomate de árbol (*S. betaceum*)
- Uvilla (*Physalis peruviana*)
- Uvilla del monte (*N. physalodes*)
- Baya del monte (*Lycium* sp.)
- Chamico (*D. stramonium*)
- Pimiento (*C. annuum*)
- Naranjilla (*Solanum* spp.)

Nota. Información tomada de Castillo y Llumiquinga (2021) y observación en las zonas monitoreadas del Carchi.

4.9.2.7 Fertilización Edáfica y Foliar Adecuada.

Es importante realizar una fertilización de acuerdo con las necesidades del cultivo y las deficiencias del suelo, debido a que según Nicholls y Altieri (2006) la mala fertilización de los cultivos puede hacer más susceptibles a las plantas de las plagas, por la alteración de los niveles de nutrientes en los tejidos.

Gomes et al. (2008) identificaron que la aplicación de silicio disminuyó la fertilidad y la tasa de crecimiento de los áfidos que afectaban al cultivo de papa. En el mismo contexto, Calderón (2022) identificó que la aplicación foliar de silicio en el cultivo de pimiento redujo la población de adultos de *B. cockerelli* en un 79 %, ninfas en un 50 % y en un 6% las oviposturas, por lo que se podría hacer pruebas de funcionamiento de este elemento en el cultivo de papa.

4.9.3 Monitoreo

Existen dos tipos de monitoreo:

4.9.3.1 Directo.

El monitoreo directo consiste en la revisión del follaje mediante lupas, desde la emergencia hasta la senescencia de hojas, para verificar si existe la presencia de huevos o ninfas. La frecuencia del monitoreo será de dos veces por semana (OIRSA, 2015). El muestreo recomendado es el sistemático, para conocer el comportamiento de la plaga en toda el área del cultivo (Figura 63). Por otra parte, al detectar la presencia de huevos o ninfas, se debe implementar inmediatamente el control o los controles más convenientes.

Figura 63

Muestreo sistemático del psílido de la papa



Además, es importante señalar que el monitoreo directo permitirá al productor conocer la dinámica población de otras especies plagas, insectos benéficos y la eficacia de los controles aplicados.

4.9.3.2 Indirecto.

Se debe usar mínimo cinco trampas amarillas (color neón) por hectárea. La ubicación de las trampas es de cuatro en los extremos del lote y una en el medio, las que deberán ser revisadas con una frecuencia de dos a tres veces por semana con la ayuda de una lupa (Castillo y Llumiquinga, 2021).

Al detectar la presencia adultos, se debe implementar inmediatamente el control más conveniente. El uso de trampas amarillas permitirá conocer la eficacia de los controles aplicados, la dinámica población de los adultos de *B. cockerelli*, la población de otras plagas como trips o saltón de la hoja y los insectos benéficos presentes en el cultivo.

4.9.4 Tomar decisiones e intervención

Las decisiones de control se tomarán en base al nivel de afectación del cultivo y la población de la plaga, analizando, además, los factores bióticos y abióticos que componen al sistema de producción. Por otro lado, respecto al umbral del psílido de la papa, Walker et al. (2013) mencionan que tener menos de 3 adultos por trampa por semana, puede indicar que la plaga invasora está por debajo del umbral económico y Goolsby et al. (2007) mencionan que el punto de referencia en ninfas es de 1 por hoja.

4.9.4.1 Control Cultural, Etológico y Biológico.

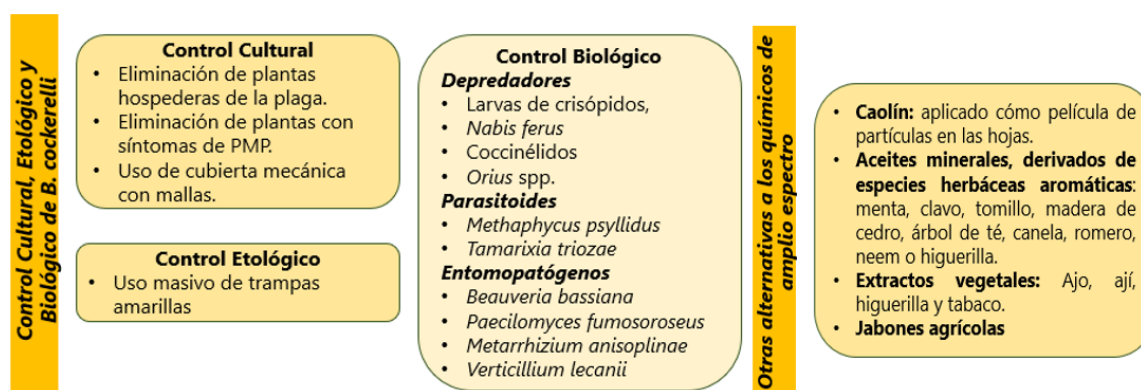
En la figura 64, se puede observar que una vez que la plaga está atacando al cultivo, existen al menos tres tipos de control de *B. cockerelli* alternativos al químico. El control cultural comprende labores culturales comunes que buscan eliminar las zonas de hospedaje de la plaga.

El control etológico mediante trampeos masivos tiene como objetivo capturar a los adultos para que la tasa de reproducción se vea interrumpida. El control biológico tiene la finalidad de atacar a la plaga mediante la introducción de enemigos naturales (artrópodos o microorganismos), para que actúen como depredadores, parasitoides o entomopatógenos de sus diferentes estados de vida: huevo, ninfa o adulto.

Además, existen otras sustancias de control químicas que no son de amplio espectro que pueden funcionar como repelentes. Sin embargo, cuando en los monitoreos se reporte repuntes en la población de la plaga, es necesario recurrir al control químico.

Figura 64

Tipos de control de B. cockerelli alternativos al químico



Nota. Información obtenida de Butler y Trumble (2012), OIRSA (2015), Vereijssen et al. (2018) y Autor.

4.9.4.2 Control Químico.

El control químico debe ser utilizado de forma responsable, puesto que la aplicación indiscriminada de agroquímicos puede generar resistencia en las poblaciones de insectos plaga, contaminación al ambiente, eliminación de organismos benéficos y elevados costos de producción.

Respecto a la resistencia a los agroquímicos, Khan et al. (2020) mencionan que los insectos desarrollan al menos dos mecanismos básicos de resistencia: la resistencia del sitio objetivo, que consiste en la mutación o pérdida del sitio de unión específico del insecticida, lo que hace que no se active por la pérdida de afinidad de unión, y la resistencia metabólica, en la que el insecto produce excesivamente enzimas que “desintoxican” a las moléculas insecticidas.

Para evitar esto, se sugiere establecer un programa de rotación de agroquímicos que tome en cuenta los factores que se muestran en la figura 65.

Figura 65

Factores a tomar en cuenta en un programa de rotación de agroquímicos

Modo y mecanismo de acción	Grupo químico del ingrediente activo (i.a)	Propiedades fisicoquímicas del i.a	Tipo de formulación del i.a
Cantidad de i.a por hectárea	Impacto ambiental	Etapas de vida del insecto	Etapas fenológicas del cultivo
Efecto en enemigos naturales	Calibración de Equipos	Costo y disponibilidad en el mercado	Condiciones climáticas

Nota. Información obtenida de Cuesta et al. (2021), Guevara (2020) y Autor

En una investigación realizada por Guachamin (2021) en donde se evaluó seis sistemas de rotación de insecticidas en el manejo del psílido de la papa, se obtuvo los mejores resultados con la rotación de ingredientes activos descritos en la tabla 15. Además, Cerna et al. (2012) mencionan que los insecticidas endosulfan y abamectina son compatibles con el MIP por la baja toxicidad sobre depredadores.

Tabla 15

Rotación de i.a para B. cockerelli por Guachamin (2021)

Ingrediente activo	Fisiología dirigida	Grupo químico	Modo de Acción	Mecanismo de Acción	Estado de vida de la plaga		
					H	N	A
Hexitiazox	Crecimiento y Desarrollo	10A Hexitiazox	Inhibidores del crecimiento de ácaros afectando CHS1	Contacto	X		
Tiociclam	Sistema Nervioso muscular y/o	14 Análogos de la nereistoxina	Bloqueadores del canal del receptor nicotínico de la acetilcolina	Translaminar	X		X
Imidacloprid	Sistema Nervioso muscular y/o	4A Neonicotinoides	Modulares competitivos del receptor nicotínico de la acetilcolina	Translaminar		X	X
Spinetoram	Sistema Nervioso muscular y/o	5 Espinosines	Moduladores alostéricos del receptor nicotínico de la acetilcolina	Sistémico		X	
Flupiradifurona	Sistema Nervioso muscular y/o	4D Butenolides	Modulares competitivos del receptor nicotínico de la acetilcolina	Translaminar-Sistémico		X	X
Espirotriamato + Tiacloprid	Crecimiento y Desarrollo + Sistema Nervioso muscular y/o	23 Derivados del ácido tetrónico y tetrámico + 4A Neonicotinoides	23 Inhibidores del acetil CoA carboxilasa + 4A Modulares competitivos del	Sistémico	X	X	X

			receptor nicotínico de la acetilcolina		
Indoxacarb	Sistema Nervioso muscular	y/o	22A Oxadiazinas	Bloqueadores del canal del sodio, dependiendo del voltaje	Contacto X
Fipronil	Sistema Nervioso muscular	y/o	2B Fiproles	Antagonistas del receptor GABA en el canal del cloro	Sistémico X X
Dimetoato	Sistema Nervioso muscular	y/o	1B Organofosforados	Inhibidores de la acetilcolinesterasa	Contacto X
Fosmet	Sistema Nervioso muscular	y/o	1B Organofosforados	Inhibidores de la acetilcolinesterasa	Contacto X

Nota. H: Huevo, N: Ninfa y A: Adulto. Información obtenida de Guachamin (2021) e Insecticide Resistance Action Committee [IRAC] (2022)

Por otro lado, es importante que las dosis de los agroquímicos se dosifiquen de acuerdo con el área de siembra, con el fin de no perder su efectividad. Para la aplicación el productor debe usar obligatoriamente el equipo de protección personal, para evitar intoxicaciones o daños a la salud. Además, se deben calibrar los equipos de fumigación mediante el uso de pruebas de cobertura con tarjetas hidrosensibles que permitan verificar la cobertura de la superficie aplicada.

4.9.5 Evaluación

Mediante los monitoreos directos e indirectos se debe evaluar la dinámica poblacional del insecto plaga, el efecto de los controles y la sostenibilidad de las prácticas e insumos aplicados (económica, ambiental y socialmente). Además, se debe llevar un registro de todas las prácticas y estrategias implementadas dentro del MIP para implementar mejoras en posteriores cultivos. En el Anexo 4 se muestra una hoja modelo para el seguimiento y evaluación del MIP del complejo de polillas y psílido de la papa.

4.9.6 Identificación de la Plaga: Complejo de Polillas

La figura 66 muestra la información básica de las tres especies que componen el complejo de polillas.

Figura 66

Información básica para la identificación del complejo de polillas

Complejo de Polillas (<i>Tecia solanivora</i> , <i>Phthorimaea operculella</i> y <i>Symmetrischema tangolias</i>)		
Son polillas (Lepidóptera: Gelichiidae) cosmopolitas en distribución, puesto que ocupan aproximadamente 90 países a nivel mundial y su expansión se debe al movimiento de las larvas infestadas en la semilla.		
Ciclo de Vida (Duración de 35 a 50 días, dependiendo de factores bióticos y abióticos)		
Huevo	Larva	Pupa

<p>Forma: T.s: oviode P.o: esféricos y lisos S.t: ovoide Tamaño: T.s: 0.46 mm × 0.39 mm P.o: 0.45 mm × 0.33 mm S.t: 0.77 mm × 0.40 mm Color (cambios): T.s: blanco-amarillo-marrón P.o: aperlado-amarillo-marrón S.t: blanca-amarillenta-grises Número de Huevos: (Ovoposición) T.s: hasta 200 huevos P.o: más de 200 huevos S.t: 140 – 180 huevos Ubicación: Son ovopositados en grietas cercanas a las raíces de la planta</p>	<p>Se muestran características del último instar Tamaño T.s: 14 mm de longitud P.o: 12 mm de longitud S.t: 13 mm de longitud Color T.s: coloración verdosa en la parte ventral y púrpura en la dorsal, la cabeza es marrón claro P.o: verdosa o crema pálido. S.t: desde el tercer estadio en el abdomen y tórax se pueden observar tres a cinco rayas rojizas longitudinales. Ubicación: tubérculos, hojas (P.o), tallos (S.t) y en material vegetal.</p>	<p>Tamaño T.s: 7.3 mm a 9 mm largo P.o: 8.4 mm de largo S.t: 7 a 8 mm largo Color T.s: coloración oscura brillante P.o: marrón oscuro brillante S.t: marrón oscuro (casi negra) Ubicación: En el suelo, los residuos vegetales, en grietas, en el tubérculo afectado en campo o almacenamiento</p> <hr/> <p>T.s: <i>Tecia solanivora</i> P.o: <i>Phthorimaea operculella</i> S.t: <i>Symmetrischema tangolias</i></p>
--	--	---

Adultos

Se diferencian por el color de las alas

Color:

T.s: Con una línea negra a lo largo de cada ala. Marrón oscuro (Figura A).

P.o: Con manchas negras en las alas. De fondo color pajizo (Figura B).

S.t: Con manchas triangulares en las alas. De fondo gris parduzco (Figura C).

Figura A

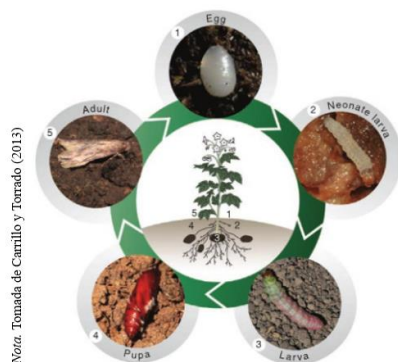
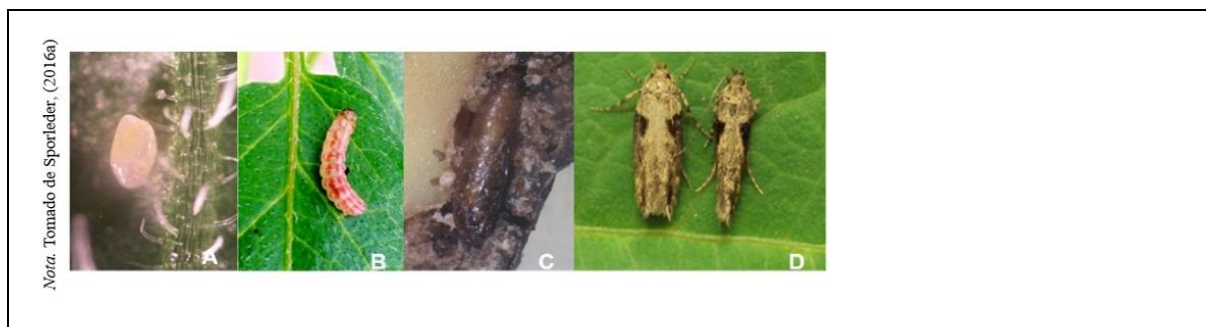


Figura B

Nota. Tomada de Kroschel et al. (2016)



Figura C



Daños

Las larvas de *P. operculella* (*P.o*) hace minas en los foliolos, las de *S. tangolias* (*S.t*) actúan como barrenadores en los tallos y todas las especies incluyendo a *T. solanivora* crean galerías en los tubérculos, pudriéndolos en campo y almacenamiento.

Umbral de referencia: De 60 a 100 adultos por trampa/semana (Tuquerres, 2022)

Nota. Información obtenida de Sporleder et al. (2016a), Giordanengo (2013), Kroschel y Schaub (2013), López (1982), Rondon y Gao (2018), Rondon (2010), Torres (1998), Carrillo y Torrado (2013) y EFSA et al. (2019)

4.9.7 Prevención y supresión

4.9.7.1 Rotación de Cultivos.

La rotación de cultivos sirve para interrumpir el ciclo de la polilla, mediante la implementación de cultivos pertenecientes a otras familias de plantas como gramíneas, fabáceas, cucurbitáceas, entre otras (Tariq et al., 2019). Para esto se debe planificar un calendario, donde se programe los cultivos a implementarse en base a registros del clima de la localidad, puesto que las polillas y la mayoría de los insectos son vulnerables a los efectos del clima.

4.9.7.2 Almacenamiento Adecuado de la Semilla.

Almacenar tubérculos maduros, con piel lo suficientemente suberizada para evitar daños mecánicos o por patógenos durante la cosecha y la movilización al lugar de almacenamiento. Además, los tubérculos deben estar limpios, secos y no cortados. Por otro lado, las bodegas o espacios de almacenamiento deben estar sanitizados, libre de tubérculos de temporadas anteriores, sin goteras o zonas húmedas, con adecuada ventilación, con una humedad relativa del 90 % al 92 % y temperaturas de 4.5 °C (Inostroza, 2019). Las ventanas de ventilación de los lugares de almacenamiento deben estar cubiertas por mallas finas, para impedir el ingreso de adultos (Kroschel et al., 2020; Lucero, 2017).

4.9.7.3 Saneamiento de la Semilla.

La desinfección se la puede hacer con agroquímicos en la siembra, mediante los ingredientes activos imidacloprid o clorpirifos (Toledo, 2016b). Otra actividad que se realiza

en el centro del Ecuador es la asolación de semillas, práctica que consiste exponer en un área de tierra al tubérculo-semilla recién cosechada a los rayos solares, con el objetivo de producir calor en el tubérculo y de esta forma obligar a las larvas y adultos abandonar el tubérculo y a la vez eliminar huevos y pupas; la asolación se la debe realizar en un mínimo de 30 días y máximo de 60 días (Gallegos et al., 2005).

4.9.7.4 Eliminación de Fuentes de Infestación.

La preparación del suelo debe ser realizada con una anterioridad mínima de 15 días, para exponer al sol las larvas y pupas que se encuentren presentes y mueran. Además, se deben recoger y destruir o aplicarles algún manejo a todos los tubérculos dejados en campo, puesto que son considerados como centros de multiplicación de larvas (Torres, 1998).

4.9.7.5 Riego.

Mantener los suelos húmedos en lo que se conoce como capacidad de campo, debido a que esta práctica cultural permite cerrar las grietas que surgen en suelos secos, lo que dificulta la ovoposición y la entrada de larvas neonatas hacia las zonas cercanas a los tallos. Por otro lado, Estay et al. (2008) y algunos productores de las zonas de Cuesaca y Tesalia mencionan que el tipo de riego permite controlar a la plaga, ya que, si se aplica el riego por aspersión, el suelo se mantiene de alguna forma “sellado”, mientras que si se riega por gravedad el agua puede erosionar los surcos, dejando descubiertos los tubérculos y facilitando su ovoposición (Wilche et al., 2022).

4.9.7.6 Altura del Aporque y la Profundidad de Siembra.

Se recomienda aporques de 30 a 35 cm a los dos lados para crear una barrera física que impida o dificulte el ingreso de larvas a la zona de tuberización. La profundidad de la siembra debe ser de aproximadamente de 16 cm para que la planta quede bien tapada (Estay et al., 2008).

4.9.7.7 Semillas Mejoradas.

Se recomienda obtener semillas de calidad, certificadas, que estén libres de plagas y enfermedades. Además, dependiendo de la disponibilidad, se debería emplear semillas de variedades que sean más resistentes al complejo de polillas.

4.9.8 Monitoreo

4.9.8.1 Directo.

Para identificar larvas en tallos y/o hojas se debe observar directamente la planta en campo; para evaluar la infestación de larvas en el tubérculo ya sea en almacenamiento o en campo se toman tubérculos al azar, se los corta y se los examina cuidadosamente.

4.9.8.2 Indirecto.

El monitoreo indirecto del complejo de polillas en adultos, se lo realiza por medio de trampas de feromonas sexuales sintéticas para atraer a los machos, cada especie tiene su propia feromona. El número de trampas recomendado es de 4 trampas/hectárea/especie y se ubican en los bordes del área de siembra (Figura 67).

Figura 67

Ubicación de las trampas de feromonas sexuales para el monitoreo del complejo de polillas



4.9.9 Tomar decisiones e Intervenir

Rondon (2010) menciona que es importante considerar que el número de umbral de polillas puede variar mucho en función de cada área, por lo que se debe usar información específica del campo y los umbrales estándar de otros estudios deben ser usados únicamente como puntos de referencia. Por su parte, Tuquerres (2022) menciona que es necesario tomar acciones de control cuando en las trampas se reporte entre 60 a 100 adultos/trampa por semana.

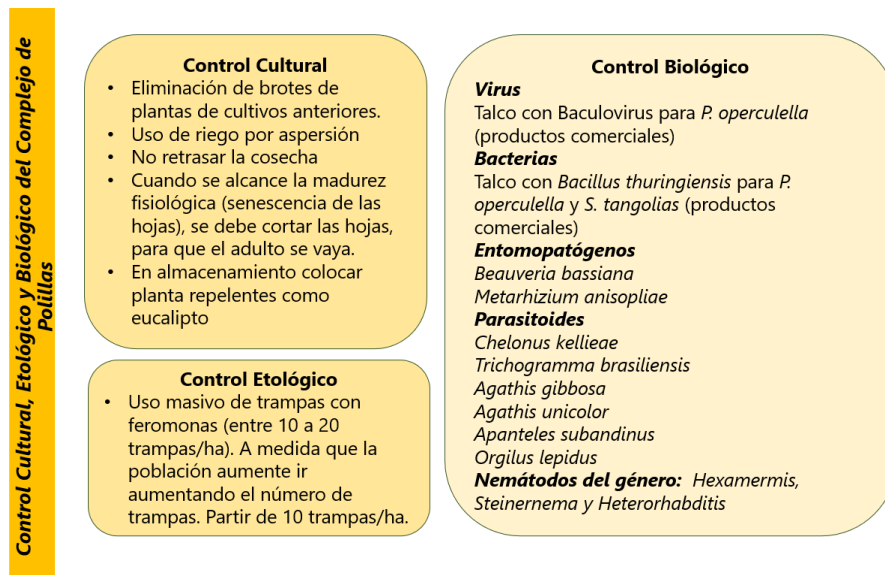
4.9.9.1 Control Cultural, Etológico y Biológico.

En la figura 68 se muestran tres tipos de control alternativos al químico para disminuir los daños del complejo de polillas. En el control cultural se busca mantener el área libre de factores que pudieran viabilizar la supervivencia de las polillas, en el etológico se ofrece una alternativa de control mediante el uso masivo de trampas de feromonas sexuales y en el control

biológico se indican enemigos naturales como virus, bacterias, entomopatógenos, parasitoides y nemátodos.

Figura 68

Controles alternativos al químico para el complejo de polillas



Nota. Información obtenida de Torres (1998), Kroschel y Lacey (2006), Suquillo et al. (2010) y Rondon y Gao (2018).

4.9.9.2 Control Químico.

Usar 5 g de malatión por kilogramo de semilla durante el almacenamiento (Herrera y Rodríguez, 2022). Aplicar en la base de la planta acefato o profenofos con dosis de 2 g/l y 2.5 ml/l respectivamente (Gallegos et al., 2015). Además, se pueden usar insecticidas de amplio espectro (Kroschel et al., 2020), como tiametoxam + lambda-cihalotrin, carbofuran, clorpirifos, permetrina, entre otros., tomando en cuenta los factores de la figura 65, para no afectar al agroecosistema, al ser humano y generar resistencias.

4.9.10 Evaluación

Mediante los monitoreos directos e indirectos se debe evaluar la dinámica poblacional de las polillas, el efecto de los controles y la sostenibilidad de las prácticas e insumos aplicados (económica, ambiental y socialmente). Además, es importante llevar un registro de todas las prácticas y estrategias implementadas dentro del MIP para implementar mejoras en posteriores siembras del cultivo de papa (Anexo 4).

CAPÍTULO V

Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

- El manejo agronómico del cultivo de papa fue común en todos los productores y consistió en la preparación del suelo, desinfección de la semilla, siembra, retape, aporque, deshierba, fertilización edáfica y foliar, riego según la disponibilidad del agua en cada localidad, detección visual de plagas o enfermedades y controles fitosanitarios.
- Según los datos recolectados en las encuestas a 20 productores de papa, el 100 % conoce a *B. cockerelli*, pero el 40 % no identifica todos los daños que este psílido puede causar. Por otro lado, todos los productores conocen a la polilla como plaga del cultivo, pero sólo el 15 % identifica a las tres especies que componen al complejo. En el control de las dos plagas, el 70 % conoce lo que es el manejo integrado de plagas, no obstante, el 60 % aplica como única medida de control a los agroquímicos y el 40 % restante lo asocia al control químico con la implementación de barreras vivas, rotación de cultivos, eliminación de residuos de cultivos anteriores, aplicación de extractos vegetales, ubicación de trampas de feromonas sexuales y trampas caseras de melaza.
- En la zona sureste de la provincia del Carchi existe la presencia de las tres especies que conforman el complejo de polillas (*Tecia solanivora*, *Phthorimaea operculella* y *Symmetrischema tangolias*) y el psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*), debido a que la temperatura media en la zona se encontró dentro del rango de desarrollo de las dos plagas (14 y 15 °C).
- El comportamiento poblacional del complejo de polillas cambió según la localidad y la etapa fenológica. La mayor presencia de las tres especies polillas se encontró en la localidad con la altitud más baja (Cuesaca), con preferencia en las etapas de emergencia, floración y maduración.
- La presencia de *B. cockerelli* en sus tres etapas de vida no superó los 7 huevos por planta y 2 ninfas/planta en la tuberización y 13 adultos por trampa en la maduración, debido a que la temperatura de la zona no fue la adecuada para que el psílido se desarrolle óptimamente.
- En el manejo integrado de plagas existen estrategias y prácticas que permiten reducir la dependencia a los agroquímicos, en las que se incluyen los controles culturales, biológicos y etológicos, mediante la aplicación de principios que incluyen al monitoreo.

5.2 Recomendaciones

- Una vez que se ha identificado la presencia del complejo de polillas y el psílido de la papa, se sugiere que su dinámica poblacional se evalúe en tiempos más prolongados, para conocer su comportamiento durante varios calendarios estacionales en Carchi.
- Se propone que en otros estudios se identifique por especie a la entomofauna presente durante todo el cultivo de papa en Carchi, para conocer si la población de insectos entomófagos es superior o inferior a la de los fitófagos. Además, se debería identificar si existe la presencia de otras especies de psílicos que estén causando daños directos o estén transmitiendo fitoplasmas a otros tipos de cultivos como el de zanahoria.
- Se debería realizar investigaciones en las que se evalúe la susceptibilidad o resistencia al complejo de polillas y el psílido de las variedades de papa disponibles en la zona altoandina del Ecuador, para que los productores puedan identificar la variedad menos vulnerable para su zona agroecológica.
- A los productores de la zona se debería promover el uso de semillas certificadas, con el objetivo de evitar sembrar materiales que se encuentren contaminados con larvas de polillas o con los fitoplasmas *Candidatus Liberibacter solanacearum* y/o *Candidatus Phytoplasma aurantifolia* (16SrII).
- Es importante dar a conocer a los agricultores la importancia del manejo integrado de plagas y su aplicación en campo, para incluir todas las estrategias existentes y reducir la dependencia a los agroquímicos.
- En el uso de pesticidas se sugiere capacitar a los productores sobre la rotación de ingredientes activos en función de su modo de acción, para evitar generar resistencia en las dos plagas.

Referencias Bibliográficas

- Abdullah, N. (2008). Life history of the Potato Psyllid *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) in Controlled Environment agriculture in Arizona. *African Journal of Agricultural Research*, Vol. 3(1), 60-67.
- Abrol, D. y Uma, S. (2012). *Integrated Pest Management: Principles and Practice*. CABI Internacional ISBN: 9781845938086.
- Aguilar, J., Martínez, J., Volke, V., Etchevers, J., Grajeda, O. y Solís, E. (2004). Rendimiento, Materia Seca y Absorción del Cultivo de Papa Bajo Fertirriego por Goteo. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 10(2), 111-117.
- Alcon, D., Bonifacio, A. y Taboada, C. (2019). Caracterización morfológica de tubérculos de la papa amarga según el Diálogo de Saberes. *Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, Vol. 6(2), 7-20.
- Alvarado, S., Valverde, F., Novoa, V., Cartagena, Y. y Parra, R. (2009). *Guía de Recomendaciones de Fertilización para los Principales Cultivos del Callejon Interandino*. INIAP.
- Ansari, M., Moraiet, M. y Ahmad, S. (2014). *Insecticides: Impact on the Environment and Human Health*. Environmental Deterioration and Human Health: Chapter 6, Publisher: Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7890-0_6
- Araque, C. (1999). Biología y hábitos de la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Povolny). *Manual del Manejo Integrado de la Polilla Guatemalteca de la papa*, 15-22.
- Arce, A. (2008). *El cultivo de la Patata*. Mundi-Prensa .
- Aregbesola, O., Legg, J., Lund, O., Sigsgaard, L., Sporleder, M., Carhuapoma, P. y Carhuapoma, C. (2020). Life history and temperature-dependence of cassava-colonising populations of *Bemisia tabaci*. *Journal of Pest Science* 93, 1225-1241. <https://doi.org/10.1007/s10340-020-01249-z>.
- Arismendi, N., Carrillo, R., Andrade, N., Riegel, R. y Rojas, E. (2009). Evaluación del Color y la Posición de Trampas en la Captura de Cicadélidos en *Gaultheria phillyreifolia* (Ericaceae) Afectadas por Fitoplasmas. *Neotropical Entomology*, 38(6), 754-761.
- Aupas, L. (2020). *Evaluación de la población de insectos polinizadores en plantas arvenses en la granja experimental "La Pradera" Chaltura, Imbabura* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10339>.

- Barzman, M. B. (2015). Eight principles of integrated pest management. *Agronomy for Sustainable Development*, Vol. 35, 1199–1215. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-015-0327-9#citeas>.
- Bravo, R., Zela, K. y Lima, I. (2020). Efficiency of color sticky traps in the insect capture of leafy vegetable. *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 61-66.
- Burckhardt, D. y Lauterer, P. (1997). A taxonomic reassessment of the triozid genus *Bactericera* (Hemiptera:Psylloidea). *Journal of Natural History*, 31(1), 99-153.
- Burgos, G. y De Hann, S. (2019). *Potencial nutricional de la papa*. Centro Internacional de la Papa. <https://cipotato.org/wp-content/uploads/2019/08/CIP-PANAMERICANOS-LIMA-2019.pdf>
- Butler, C. y Trumble, J. (2012). The potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae): life history, relationship to plant diseases, and management strategies. *Terrestrial Arthropod Reviews*, 87-111.
- Cabello, T., Abad, M. y Pascual, F. (1991). Capturas de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thys.: Thripidae) en trampas de distintos colores en cultivos en invernaderos. *Boletín de sanidad vegetal. Plagas*, 17(2), 265-270.
- Caicedo, J., Crizón, M., Pozo, A., Cevallos, A., Simbaña, L., Rivera, L. y Arahana, V. (2015). *Primer informe de 'Candidatus Fitoplasmaaurantifolia' (16SrII) asociado con la punta morada de la papa en San Gabriel-Carchi*. New Disease Reports: <https://www.researchgate.net/deref/http%3A%2F%2Fdx.doi.org%2F10.5197%2Fj.2044-0588.2015.032.020>
- Calderón, J. (2022). *Evaluación de la aplicación de silicio en el control de bactericera cockerelli (sulc) en el cultivo de pimiento (capsicum annuum l.) en San Vicente de Pusir, Carchi* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/12500>.
- Cameron, P., Surrey, M., Wigley, P., Anderson, J., Hartnett, D. y Wallace, A. (2009). Seasonality of *Bactericera cockerelli* in potatoes (*Solanum tuberosum*) in South Auckland, New Zealand. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 37 (4), 295-301. <https://doi.org/10.1080/01140671.2009.9687584>.
- Cañedo, V., Alfaro, A. y Kroschel, J. (2011). *Manejo integrado de plagas de insectos en hortalizas. Principios y referencias técnicas para la Sierra Central de Perú*. Centro Internacional de la Papa (CIP).

- Capinera, J. (2001). Order Homoptera—Aphids, Leaf- and Planthoppers, Psyllids and Whiteflies. *Handbook of Vegetable Pests*, 279-346. <https://doi.org/10.1016/B978-012158861-8/50009-0>.
- Carod, E. (2002). Insecticidas organofosforados: "De la guerra química al riesgo laboral y doméstico". *Medifam*, 12(5), 51-62.
- Carrillo, D. y Torrado, E. (2013). *Tecia solanivora* Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae), an invasive pest of potatoes *Solanum tuberosum* L. in the Northern Andes. *Potential Invasive Pests of Agricultural crops*, 126-16.
- Castillo-Carrillo, C. (2020). Biodiversity in Ecuador and Its Immense Potential for Agricultural Pest Control. In: Chong, P., Newman, D., Steinmacher, D. (eds) *Agricultural, Forestry and Bioindustry Biotechnology and Biodiscovery*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51358-0_9.
- Castillo, C. (2020). *Situación y perspectivas punta morada de la papa y Bactericera cockerelli en Ecuador*. <https://nqxms1019hx1xmtstxk3k9sko-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2020/01/C.Castillo-Day-1.pdf>
- Castillo, C. y Llumiquinga, P. (2021). *Manual para reconocer e identificar al psílido de la papa (Bactericera cockerelli Šulc), en campo y laboratorio. Manual Técnico No.121*. INIAP.
- 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*, Vol. 37(3), 17-27.
- Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal [CENTA]. (2017). *Plagas y Enfermedades del Cultivo de Papa en El Salvador*. <http://centa.gob.sv/docs/guias/planta%20sana/GUIA%20PLAGAS%20Y%20ENFERMEDADES%20DE%20PAPA%202018%2029-05-2018.pdf>.
- Cerna, E., Ail, C., Landeros, J., Sánchez, S., Badii, M., Aguirre, L. y Ochoa, Y. (2012). Comparación de la toxicidad y selectividad de insecticidas para la plaga *Bactericera cockerelli* y su depredador *Chrysoperla carnea*. *Agrociencia*, 46(8), 783-793. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952012000800004&lng=es&tlng=es.
- Cerna, E., Hernández, O., Landeros, J., Aguirre, L. y O. Y. (2015). Insecticide-resistance ratios of three populations of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Psylloidea: Triozidae) in

- regions of northern Mexico. *Florida Entomologist*, 98(3), 950 - 953.
<https://journals.flvc.org/flaent/article/view/84788/84020>.
- Christensen, C., Reyes, J., Zotarelli, L., Dahl, W., Gergela, D., Pack, J., . . . Hutchinson, C. (2019). *Creciendo Papas en el Jardín de su Hogar en la Florida*. Institute of Food and Agricultural Sciences (IFAS)
- Clavijo, A., Karlsson, M., Bosa, C., Proffit, M., Bengtsson, M., Zuluaga, M., . . . Witzgall, P. (2012). Mating Disruption of Guatemalan Potato Moth *Tecia Solanivora* by Attractive and Non-Attractive Pheromone Blends. *Journal of Chemical Ecology* volume 38, 63-70.
- Constitución de la República del Ecuador [Const]. Art. 14. 20 de octubre de 2008 (Ecuador).
- Covarrubias, O., Almeida, I., Cadena, M. y Lobato, R. (2011). Relación entre *Bactericera cockerelli* y presencia de *Candidatus Liberibacter psyllaurosus*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(1), 17-28.
- Covarrubias, O., Almeyda, I., Moreno, J., Sánchez, J., Fernández, R., Borbón, J., . . . 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*, Vol. 32 Núm. 2, 201-211.
- Cuesta, X., Peñaherrera, D., Velásquez, J. y Castillo, C. (2018). *Guía de manejo de la punta morada de la papa*. INIAP
- Dávila Medina, M. D., Cerna Chávez, E., Aguirre Uribe, L. A., García Martínez, O., Ochoa Fuentes, Y. M., Gallegos Morales, G. y Landeros Flores, J. (2012). Susceptibilidad y mecanismos de resistencia a insecticidas en *Bactericera cockerelli* (Sulc.) en Coahuila, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(6), 1145-1155.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000600007&lng=es&tlng=es.
- Delgado, J., Beltrán, M., Cerna, E., Aguirre, L., Landero, J., Rodríguez, Y. y Ochoa, Y. (2020). *Candidatus Liberibacter solanacearum* patógeno vascular de solanáceas: Diagnóstico y control. *Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 22, e177.
<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2019.0.177>.
- Diaz, J., Vindola, D., Drew, N., Novy, R., Creighton, J. y Trumble, J. (2014). Resistance of selected Potato Genotypes to the Potato Psyllid (Hemiptera: Triozidae). *American Journal of Potato Research*, 363–367.
- Domínguez, I., Carrero, C., Ramírez, W., Segovia, P. y Pino, H. (2009). Evaluación del efecto de insecticidas sobre larvas de *Tecia solanivora*. *Agricultura Andina* 17, 61-73.

- <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/32309/articulo5.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Edifarm. (2016). *Vademecun Agrícola 2016-2017*. Ecuador: División de Publicaciones Técnicas.
- Espitia, E., Luque, E. y Osorio, P.-A. (2001). *Reconocimiento de enemigos naturales de tecia solanivora (Lepidoptera: gelechiidae) en localidades productoras de papa en Colombia*. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/18534>.
- Estay, P., López, H., Aguilar, V. y Morales, J. (2008). Manejo Integrado de la Polilla de la Papa. *INIA TIERRA ADENTRO*, 17-19.
- Falconi, C. (2013). *Manual de cultivo paso a paso PAPA (Solanum tuberosum L.)*. Edifarm.
- Feng, H., Wu, X., Wu, B. y Wu, K. (2009). Seasonal migration of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) over the Bohai Sea. *Journal of Economic Entomology*, 95-104.
- Fernández, D., Mancipe, L. y Fernández, D. (2010). Intoxicación por Organofosforados. *Revista Med.*, 18(1), 84-91.
- Fischbein, D. (2012). Introducción a la teoría del control biológico de plagas. *Serie Técnica: Manejo Integrado de Plagas Forestales*. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-control_biologico_de_plagas.pdf
- Gallegos, P., Asaquibay, C., Chamorro, F., Rodríguez, P. y Williams, R. (2005). *Asolación de los tubérculos de semilla de papa como método de control para la polilla, Tecia solanivora: Una tecnología tradicional para la solución a un nuevo problema*. INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Departamento Nacional de Protección Vegetal. (Plegable no. 260).
- Gallegos, P., Asaquibay, C. y Villamar, I. (2015). En D. Brown, S. Ortega Andrade, y G. Yaguana (Eds.), Control químico de polilla de papa *Tecia solanivora* en campo y su efecto en tubérculos semilla en almacenamiento. *Memorias del VI Congreso Ecuatoriano de la Papa* (pp. 66-68), INIAP -CIP.
- Gamarra, H. (2019). *Introducción y aplicación del software Insect Life Cycle Modeling (ILCYM) para el modelamiento de la fenología de plagas y la evaluación de riesgo*. <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/108536/HGAMARRA-Introduccion-al-Software-ILCYM-para-modelamiento-fenologia-plagas.pdf?sequence=1&isAllowed=yg>

- Gamarra, H., Carhuapoma, P., Fonseca, C., Flores, P., Panchi, N., Gonzalez, M., . . . Velasco, C. (2020). El software ILCYM 4.0. *CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS)*. <https://hdl.handle.net/10568/111452>.
- Giordanengo, P., Vincent, C. y Alyokhin, A. (2013). *Insect Pests of Potato Global Perspectives on Biology and Management*. Elseiver. https://www.researchgate.net/publication/273316451_Insect_Pests_of_Potato_Global_Perspectives_on_Biology_and_Management
- Glick, P. (1939). The distribution of insects, spiders, and mites in the air. *USDA Technical Bulletin 673.*, 150.
- Golizadeh, A. y Esmaeili, N. (2012). Comparative Life History and Fecundity of *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae) on Leaves and Tubers of Different Potato Cultivars. *Journal of Economic Entomology, Vol. 105*, 1809-1815.
- Gomes, F., Moraes, J., Dos santos, C. y Antunes, C. (2008). Use of silicon as inductor of the resistance in potato to *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). *Neotrop. entomol.*, 37(2). <https://www.scielo.br/j/ne/a/K5YFdkmyDJhHrxDR8kSW7pF/abstract/?lang=en#>
- Goolsby, J., Adamczyk, J., Bextine, B., Line, D., M. J., & Bester, G. (2007). Development of an IPM Program for Management of the Potato Psyllid to Reduce Incidence of Zebra Chip Disorder in Potatoes. *Subtropical Plant Science*, 59, 85-94. https://www.researchgate.net/publication/252750425_Development_of_an_IPM_Program_for_Management_of_the_Potato_Psyllid_to_Reduce_Incidence_of_Zebra_Chip_Disorder_in_Potatoes
- Goolsby, J., Bextine, B., Munyaneza, J., Setamou, M., Adamczyk, J. y Bester, G. (2007). Seasonal Abundance of Sharpshooters, Leafhoppers, and Psyllids Associated with Potatoes Affected by Zebra Chip Disorder. *Subtropical Plant Science*. 59, 15-23.
- Griepink, F., T A van Beek, T., Visser, J., Voerman, S. y De Groot, A. (1995). Isolation and identification of sex pheromone of *Symmetrischema tangolias* (Gyen) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Chemical Ecology* 21. <https://doi.org/10.1007/BF02033858>.
- Guachalla, L. (2011). *Efecto económico de cuatro especies de polilla de la papa sobre el beneficio de agricultores en tres comunidades del municipio de Sica* [Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés].
- Guambo, D. (2022). *Evaluación de la fluctuación de *Bactericera cockerelli* Sulc. y las palomillas en cultivos establecidos de *Solanum tuberosum* L. en Mulanleo,*

- Chiquikahua, Yatzaputzan, Tungurahua* [Tesis pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/17419>
- Guenther, J., Goolsby, J., Greenway y Greenway, G. (2012). Use and Cost of Insecticides to Control Potato Psyllids and Zebra Chip on Potatoes. *Southwestern Entomologist*, 37(3), 263-270.
- Guerrera, H. (2020). *Contenido técnico impartido en el curso virtual sobre genética de agroquímicos, conceptos básicos para un mejor uso*. Imprenta Ideaz. <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/120093/Gu%C3%ADa%20Manejo%20Agroqu%C3%ADmicos%20final.pdf?sequence=1>
- Guillén, L., Alcalá de M, D., Fernández, S., Pire, A. y Alvarez, C. (2008). Percepción de los agricultores sobre el manejo integrado de plagas en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Revista de la Facultad de Agronomía* v.25 n.2 Caracas, 222-242.
- Hawkes, J. (1990). *The Potato: Evolution, Biodiversity and Genetic Resources*. <https://doi.org/10.1007/BF03044023>.
- Hawkes, J. (1992). History of the potato. *The Potato Crop. World Crop Series. Springer, Dordrecht*. https://doi.org/10.1007/978-94-011-2340-2_1.
- Herrera, A. y Rodríguez, E. (2022). *Evaluación de la eficiencia de productos alternativos para el control de Tectia solanivora y Symmetrischema tangolias en diferentes estadios larvarios* [Tesis pregrado, Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/38518>.
- Hodge, S., Bennett, J., Merfield, C. y Hofmann, R. (2019). Effects of sticky trap colour, UV illumination and within-trap variation on tomato potato psyllid captures in glasshouses. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 47(1), 48-62. <https://doi.org/10.1080/01140671.2018.1508043>
- Hodkinson, I. (2009). Life cycle variation and adaptation in jumping plant lice (Insecta: Hemiptera:Psylloidea): a global synthesis. *Journal of Natural History*, 43, 65-179.
- Huamán, Z. (1986). *Systematic Botany and Morphology of the Potato*. Technical information Bulletin 6. Centro Internacional de la Papa [CIP].
- Huarte, M. y Capezio, S. (2013). *Cultivo de Papa*. Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INTA]. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-huarte_capezio_papa2013.pdf
- Inostroza, J. (2019). Almacenaje de Tuberculos Semilla de Papa . *Temuco: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 414*. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6871> (Consultado: 10 febrero 2023).

- Inostroza, J., Méndez, P. y Sotomayor, L. (2016). I. Botánica y morfología de la papa. *Manual de Papa Para La Araucanía*, 7-13
- Insecticide Resistance Action Committee [IRAC]. (2022). *Mode of action classification, Edition 10.4*. <https://irac-online.org/documents/moa-brochure/>.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC]. (2022). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC)*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2021/Principales%20resultados-ESPAC_2021.pdf
- Instituto Nacional de Investigación Agraria [INIA]. (1994). *Papa compendio de Información Técnica*. Dirección de Comunicaciones Técnicas [INIA].
- International Potato Center [CIP]. (2017). *Hechos y cifras sobre la papa*. Centro Internacional de la Papa (CIP). 2p.
- Irbansyah, B., Triwiyono, A. y Sastrosis-Wojo, S. (1994). Rational insecticide applications for the management of Thrips palmi on potato using control threshold and spray alternation strategy. 4th MAPPS International Conference on Plant Protection in the Tropics/Proceedings, 383 p.
- Iwama, K. (2008). Physiology of the Potato: New Insights. *Potato Research*, 333-353.
- Jiménez-Martínez, E. y Moncada, A. (2022). Fluctuación poblacional de *Bactericera cockerelli* Sulcer e incidencia de *Candidatus Liberibacter Solanacearum* en papa, Jinotega 2014. *Revista Universitaria del Caribe*, 28(1), <http://portal.amelica.org/ameli/journal/415/4153298010/>
- Jirón-Rojas, R., Nava-Camberos, U., Jiménez-Díaz, F., Alvarado-Gómez, O., Ávila-Rodríguez, V. y García-Hernández, J. (2016). Densidades de *Bactericera cockerelli* (Sulc)1 e Incidencia del “Permanente del Tomate” en Diferentes Condiciones de Producción del Tomate. *Southwestern Entomologist*, 41(4), 1085-1094. https://www.researchgate.net/publication/311215358_Densidades_de_Bactericera_cockerelli_Sulc_e_Incidencia_del_Permanente_del_Tomate_en_Diferentes_Condiciones_de_Produccion_del_Tomate.
- Johnson, D. A. (2008). *Potato Health Management, 2nd ed.* American Phytopathological Society.
- Jorgensen, N., Butler, R. y Vereijssen, J. (2013). Biorational insecticides for control of the tomato potato psyllid. *New Zealand Plant Protection*, 66, 333-340.

- Karlsson, M., Magali, B. y Birgersson, G. (2017). Host-plant location by the Guatemalan potato moth *Tecia solanivora* is assisted by floral volatiles. *Chemoecology*, Vol. 27, 187–198. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00049-017-0244-2#citeas>.
- Kato, M., Itioka, T., Sakai, S., Momose, K. Yamane, S., Hamid, A. y Inoue, T. (2000). Various population fluctuation patterns of light-attracted beetles in a tropical lowland dipterocarp forest in Sarawak. *Population Ecology*, 42, 97-104
- Khan, S., Uddin, M., Rizwan, M., Khan, W., Farooq, M., Sattar Shah, A., . . . Muhammad, M. (2020). Mechanism of Insecticide Resistance in Insects/Pests. *Pol. J. Environ. Stud.* 29(3), 2023-2030. <http://www.pjoes.com/pdf-108513-48364?filename=Mechanism%20of%20Insecticide.pdf>
- Kiani, M., Fu, Z. y Szczepaniec, A. (2022). ddRAD Sequencing Identifies Pesticide Resistance-Related Loci and Reveals New Insights into Genetic Structure of *Bactericera cockerelli* as a Plant Pathogen Vector. *Insects* 2022, 13(3), <https://doi.org/10.3390/insects13030257>.
- Klein, M. y Rondon, S. (2019). Captures of *Bactericera cockerelli* (Šulc) (Hemiptera: Triozidae) Adults Affected by the Presence of Volunteer Potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *American Journal of Potato Research* 96, 285–293 .
- Kroschel, J. y Lacey, L. (2006). *Integrated Pest Management for the Potato Tuber Moth, Phthorimaea operculella (Zeller) - A Potato Pest of Global Importance*. Centro Internacional de la Papa CIP and USDA.
- Kroschel, J. y Schaub, B. (2013). Chapter 6 - Biology and Ecology of Potato Tuber Moths as Major Pests of Potato. Editor(s): Andrei Alyokhin, Charles Vincent, Philippe Giordanengo. *Insect Pests of Potato*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386895-4.00006-5>
- Kroschel, J., Cañedo, V., Alcázar, J. y Miethbauer, T. (2012). *Manejo de plagas de la papa en la región andina del Perú*. Centro Internacional de la Papa (CIP).
- Kroschel, J., Mujica, N., Okonya, J. y Alyokhin, A. (2020). Insect Pests Affecting Potatoes in Tropical, Subtropical, and Temperate Regions. In: Campos, H., Ortiz, O. (eds) *The Potato Crop*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5_8.
- Kroschel, J., Sporleder, M. y Carhuapoma, P. (2016). Potato tuber moth. *Pest distribution and risk atlas for Africa.*, 7-23.
- Kroschel, J., Sporleder, M., Tonnang, H., Juarez, H., Carhuapoma, P., Gonzales, J. y Simon, R. (2013). Predicting climate-change-caused changes in global temperature on potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) distribution and abundance using

- phenology modeling and GIS mapping. *Agricultural and Forest Meteorology*, Vol. 170, 228-241. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2012.06.017>.
- Larral, P. y Ripa, R. (2008). Monitoreo de plagas y registros. *Manejo de plagas en Paltos y Cítricos*, 51-60.
- Ley Orgánica de Sanidad Agropecuaria. 3 de julio del 2017. Oficio No. SAN-2017-0324.
- Liefting, L., Southerland, P., Ward, L., Paice, K., Weir, B. y Clover, G. (2009a). A new “Candidatus Liberibacter” species associated with diseases of solanaceous crops. *Plant Disease* 93, 208-214.
- Liefting, L., Weir, B., Pennycook, S. y Clover, G. (2009b). ‘Candidatus Liberibacter solanacearum’, associated with plants in the family Solanaceae. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 2274–2276.
- López, A. (1982). Biología y ecología de la palomilla de la papa *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera : Gelechiidae). *Sociedad Colombiana de Entomología*, 14-22.
- Lucero, H. (2017). *Evaluación de la eficiencia de protección del bioinsecticida Bacu-Turin al ataque del complejo de polillas, en sistemas de manejo de semilla de papa de los agricultores del cantón Paute* [Tesis de Posgrado, Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/26518>.
- Mancero, L. (2008). *Estudio de la cadena de la papa en Ecuador*. Fao-Esa / Cip, 28.
- Marín, J., Garzón, T., Becerra, F., Mejía, A., Bujano, M. y Byerly, M. (1995). Ciclo biológico y morfología del salerillo *Paratrioza cockerelli* (Sulc.) (Homoptera: Psyllidae) vector de. *Catie, Manejo Integrado de Plagas, Revista Técnica*, 25-32.
- Márquez, Y., Salomón, J. y Acosta, R. (2020). Analysis of the genotype environment interaction in the potato crop (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos Tropicales*, vol. 41, no. 1, ISSN digital: 1819-4087.
- Martínez, B. (2006). *Evaluación de insecticidas bajo condiciones de laboratorio contra adultos de palomila de la papa Phthorimaea operculella (Zeller)* [Tesis de Pregrado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4235/T15819%20MARTINEZ%20HERNANDEZ%2c%20BIANCA%20LUCERO%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Melgoza, C., León, C., López, J., Hernández, L., Velarde, S. y Garzón, J. (2018). Presencia de *Candidatus Liberibacter solanacearum* en *Bactericera cockerelli* Sulc asociada con enfermedades en tomate, chile y papa. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.*, Vol. 9(3), 499-509.

- Merfield, C., Geary, I., Hale, R. y Hodge, S. (2015). Field evaluation of the effectiveness of mesh crop covers for the protection of potatoes from tomato potato psyllid. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 43(2), 123-133. <https://doi.org/10.1080/01140671.2015.1015576>.
- Merril, S., Gebre-Amlak, A., Armstrong, J. y Pearirs, F. (2010). Nonlinear degree-day models of the sunflower weevil (Curculionidae: Coleoptera). *Journal of Economic Entomology*, 103, 303-307.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MinAgricultura], Corporación Colombiana de Investigación Colombiana [Corpoica] y Federación Colombiana de Productores de Papa [Fedepapa]. (1998). *Manejo integrado de la polilla guatemalteca de la papa (Tecia solanivora)*. En *Cartilla Técnica (Tercera ed.)*. Produmedios.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG]. (2022a). *Sistema de Información Pública (SIPA)*. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/papa>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG]. (2022b). Boletín Situacional Cultivo de la Papa. http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/situacionales/2021/boletin_situacional_papa_2021.pdf.
- Ministerio del Ambiente. (2019). *Línea de base de la diversidad genética de la papa peruana con fines de bioseguridad*. Servicios Graficos Rosales. ISBN N.º 978-612-4174-34-6.
- Mkenda, P., Mandela, N., Pandey, S., Johnson, A., & Gurr, G. (2019). Advances in conservation biological control and habitat management for IPM. En *Integrated Management of insects pests*. Burleigh Dodds Science Publishing. <https://doi.org/10.1201/9780429275395>.
- Molina, J. (2019). *Botánica Aplicada*. DEXTRA.
- Molina, J. d., Mairena, B. y Aguilar, L. (2004). *Guía MIP en el Cultivo de Papa*. Impresión Comercial La Prensa.
- Montaldo, A. (1984). *Cultivo y Mejoramiento de la Papa*. IICA.
- Munyanza, J. (2015). Zebra Chip Disease, Candidatus Liberibacter, and Potato Psyllid: A Global Threat to the Potato Industry. *Am. J. Potato Res.* (2015), 92, 230-235.
- Munyanza, J. y Henne, D. (2013). Leafhopper and Psyllid Pests of Potato. *Insect Pests of Potato: Global Perspectives on Biology and Management*, 65-102.
- Munyanza, J., Buchman, J., Upton, J., Goolsby, J., Crosslin, J., Bester, G., . . . Sengoda, V. (2008). Impact of different potato psyllid populations on Zebra Chip disease incidence, severity, and potato yield. *Subtropical Plant Science* 59, 30-37.

- Muñoz, F. y Cruz, L. (1984). *Manual del cultivo de la papa*. INIAP.
- Navarre, R. y Pavék, M. (2014). *The Potato Botany, Production and Uses*. ISBN-13: 978 1 78064 280 2.
- Ngamaleu-Siewe, B., Fouelifack-Nintidem, B., Yetchom-Fondjo, J., Moumite, B., Tsekane, J., Laure, E., . . . Kenne, M. (2021). Diversity and Abundance of Pest Insects Associated with *Solanum tuberosum* L. 1753 (Solanaceae) in Balessing (West-Cameroon). *American Journal of Entomology* 5 (3), pp. 51-69. doi: 10.11648/j.aje.20210503.13.
- Nicholls, C. y Altieri, M. (2006). Manejo de la fertilidad de suelos e insectos plaga: armonizando la salud del suelo y la salud de las plantas en los agroecosistemas. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) No. 77*, 8-16. <http://agroeco.org/wp-content/uploads/2010/10/Catie-suelos-plagas.pdf>.
- Organización de las Naciones Unidas (2018), La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G. 2681-P/Rev. 3), Santiago.
- Organisation for Economic Cooperation and Development [OECD]. (2006). *Safety Assessment of Transgenic Organisms, Volume 1. OECD Consensus Documents, Harmonisation of Regulatory Oversight in Biotechnology*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264095380-en>.
- Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria [OIRSA]. (2015). *El psílido de la papa y tomate Bactericera (=Paratrioza) cockerelli (Sulc) (Hemiptera:Triozidae): ciclo biológico; la relación con las enfermedades de las plantas y la estrategia del manejo integrado de plagas en la región del OIRSA*. Corporativo Editorial Tauro S.A. de C.V.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (1968). *Report of the First Session of FAO Panel of Experts on Integrated Pest Control*. FAO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2008). *Año Internacional de la Papa*. Tesoro Enterrado. <http://www.fao.org/potato-2008/es/mundo/index.html>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2022). *FAOSTAT: Datos sobre alimentación y agricultura*. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- Padilla, M., Mora, F. y Bonilla, N. (2012). Costa Rica adopta medidas para evitar ingreso de “Zebra chip”. *Actualidad Fitosanitaria*, n° 52.

- Pérez, W. y Forbes, G. (2011). *Guía de identificación de las plagas que afectan a la papa en la zona Andina*. Centro Internacional de la Papa CIP.
- Pitre, L. (). Toxicidad de 8-endotoxinas recombinantes de *Bacillus thuringiensis* sobre larvas de la polilla guatemalteca (*Tecia solanivora*) (Lepidóptera: Gelechiidae). *Revista Colombiana de Biotecnología*, 10 (2), D- Universidad Nacional de Colombia, 85-96.
- Puma, B. (2021). *Evaluación de la dinámica poblacional de bactericera cockerelli sulc en el cultivo de papa (solanum tuberosum l.) en el cantón Cotacachi* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11571>
- Pumisacho, M. y Sherwood, S. (2002). *El cultivo de la papa en Ecuador*. CIP-INIAP.
- Raman, K. (1988). Control of potato tuber moth *Phthorimaea operculella* with sex pheromones in Peru. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 85-99.
- Ramani, W. y Mouille, B. (2019). The contribution of potatoes to global food security, nutrition and healthy diets. *Am J Potato Res.*, 96, 139–149.
- Ramírez, J. F., Porcayo-Camargo, E. y Sánchez, J. R. (2013). Modelización de la distribución espacial de *Bactericera cockerelli* Sulc. (Hemiptera: Triozidae) en *Solanum tuberosum* L. (Solanales: Solanaceae). *Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 45(2), 11-20. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-86652013000200002.
- Ramírez, M., Santamaria, E., Mendez, J., Rios, J., Hernandez, J. y Mendez, P. (2008). Evaluación de insecticidas alternativos para el control de paratíozoa (*Bactericera cockerelli* B.y L.) (Homoptera: Triozidae) en el cultivo del chile Jalapeño (*Capsicum annum* L.). *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, vol. VII, núm. 1, 47-56.
- Rikolto. (2019). *Producción de papas con Buenas Prácticas Agrícolas, Guía Técnica n°4*. https://assets.rikolto.org/paragraph/attachments/guia_papa_1.pdf.
- Rios, E. (2006). Evaluación de insecticidas, para el control de *Bactericera cockerelli* Sulc., en estado adulto, colectados en el cultivo de papa *Solanum tuberosum* L., en el área productora de Coahuila-Nuevo León [Tesis pregrado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4237/T15829%20%20%20%20RIOS%20CRUZ%2C%20EMMANUEL%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Rivadeneira, J., Racines, M. y Cuesta, X. (2019). *Artículos del Octavo Congreso Ecuatoriano de la Papa*. ISBN 978-9942-22-449-1.

- Rodríguez, L. (2010). Origen y evolución de la papa cultivada. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 28(1), 9-17.
- Román, M. y Hurtado, G. (2002). *Guía Técnica de la Papa*. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal.
- Rondon, S. (2010). The Potato Tuberworm: A Literature Review of Its Biology, Ecology, and Control. *Am J Potato Res.*, 87, 149-166.
- Rondon, S. y Gao, Y. (2018). *The Journey of the Potato Tuberworm Around the World*. DOI:10.5772/intechopen.81934.
- Rowe, J. y Knowlton, G. (1935). Studies upon the Morphology of *Paratrioza cockerelli* (Sulc). *Proceedings of the Utah Academy of Sciences*, 233-239.
- Rubio Covarrubias, O., Almeyda León, I., Ireta Moreno, J., Sánchez Salas, J., Fernández Sosa, R., Borbón Soto, J., . . . Cadena Hinojosa, 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. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172006000200008#:~:text=Las%20altas%20poblaciones%20de%20los,producci%C3%B3n%20de%20papa%20en%20M%C3%A9xico
- Sahair, R., Sneha, S., Raghu, N., Gopenath, T., Murugesan, K., Ashok, G., . . . Kanthesh, M. (2018). *Solanum tuberosum* L: Botanical, Phytochemical, Pharmacological and Nutritional Significance. *International Journal of Phytomedicine*, 10(3), 115-124.
- European Food Safety Authority [EFSA]., Schrader, G., Camilleri, M., Diakaki, M. y Vos, S. (2019). Pest survey card on *Tecia solanivora*. *EFSA Supporting Publications*. doi: 10.2903/sp.efsa.2019.EN-1570.
- Silverio, F., Chaves, M., Bastin, S. y Hernandez, E. (2017). *ZEBRA CHIP 'Candidatus Liberibacter solanacearum'*.
- Sistema de Información Pública Agropecuaria SIPA. (2021). *Boletín Situacional Papa*. Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Sood, S., Bhardwaj, V., Pandey, S. y Chakrabarti, S. (2017). *History of Potato Breeding: Improvement, Diversification, and Diversity*. The Potato Genome. Compendium of Plant Genomes. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66135-3_3.
- Soto, J., Medina, T., Aquino, Y. y Estrada, R. (2013). Diversidad genética de papas nativas (*Solanum* spp.) conservadas en cultivares nativos del Perú. *Revista Peruana de Biología*, 20(3), 215-222.

- Sporleder, M., Kroschel, J., Gutiérrez, M. y Lagnaoui, A. (2004). A Temperature-Based Simulation Model for the Potato Tuberworm, *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera; Gelechiidae). *Environmental Entomology*, Vol. 33, 477–486. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-33.3.477>
- Sporleder, M., Carhuapoma, P. y Kroschel, J. (2016a). Andean potato tuber moth, *Symmetrischema tangolias* (Gyen 1913). *Pest Distribution and Risk Atlas for Africa*, 39-53.
- Sporleder, M., Schaub, B., Aldana, G. y Kroschel, J. (2016b). Temperature-dependent phenology and growth potential of the Andean potato tuber moth, *Symmetrischema tangolias* (Gyen) (Lep., Gelechiidae). *Journal of Applied Entomology*, 141(3), 202-218.
- Suquillo, J., Pumisacho, M., Gallegos, P., Rodríguez, P. y Sevillano, C. (2010). *¿La polilla es un problema en su semilla de papa?: Conozca cómo controlarla con Baculovirus JLZ9f*. INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Departamento Nacional de Protección Vegetal. (Plegable no. 328).
- Suquillo, J., Rodríguez, P., López-Guerrero, V. y Sevillano, C. (2011). Monitoreo de poblaciones de polillas, especies de polillas y daños en semilla almacenada y cultivos de papa en la provincia del Carchi. Ponencia presentada en Memorias del IV Congreso Ecuatoriano de la Papa, Guaranda, Ecuador
- Surendra, K. (2019). The New Integrated Pest Management Paradigm for the Modern Age. *Journal of Integrated Pest Management*, 10 (1), 12. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmz010>.
- Szczepaniec, A., Varela, K., Kiani, M., Paetzold, L. y Rush, C. (2019). Incidence of resistance to neonicotinoid insecticides in *Bactericera cockerelli* across Southwest U.S. *Crop Protection Volume*, 116, 188 - 195. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.11.001>
- Tariq, M., Ali, H., Hussain, N., Nasim, W., Mubeen, M., Ahmad, S. y Hasanuzzaman, M. (2019). Fundamentals of Crop Rotation in Agronomic Management. In: Hasanuzzaman, M. (eds) *Agronomic Crops*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-32-9151-5_24
- Thinakaran, J., Pierson, E., Longnecker, M., Tamborindeguy, C., Munyaneza, E., Rush, C. y Henne, D. (2015). Settling and Ovipositional Behavior of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae) on Solanaceous Hosts Under Field and Laboratory Conditions. *Journal of Economic Entomology*, 108 (3), 904–916. <https://doi.org/10.1093/jee/tov058>

- Toledo-Perdomo, C. y Rodas, A. (2022). Comportamiento poblacional y proporción sexual de *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae) en papa (*Solanum tuberosum* L.). *Revista Científica De FAREM-Estelí*, 11(42), 191-203.
- Toledo, M. (2016a). *El cultivo de papa en Honduras*. Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, DICTA.
- Toledo, M. (2016b). *Manejo de la polilla de la papa (Tecia solanivora)*. <http://repiica.iica.int/docs/B4173e/B4173e.pdf>
- Torres, F. (1998). *Biología y Manejo Integrado de la Polilla Centroamericana de la Papa Tecia solanivora (Povolny) en Venezuela*. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias/ Fundación para el desarrollo de la ciencia y la tecnología del estado Táchira.
- Torres, J., Villanueva, D., Cadavid-Restrepo, G. y Arango, R. (2012). Phenotypic evaluation of two transgenic potato varieties for control of *Tecia solanivora*. *Agronomía Colombiana*, 30(1), 7-14.
- Tuquerres, M. (2022). *Evaluación del control etológico de polilla en cultivo de papa (Solanum Tuberosum L.) en tres localidades de Imbabura* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/13349>.
- Valencia, H. (2016). *Guía de Síntomas y Daños de la “Palomilla Guatemalteca”, Tecia solanivora (Povolny, 1973)*. México: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/172815/Guia_de_s_ntomas_y_da_o_s_de_Palomilla_Guatemalteca.pdf.
- Vásquez, E. y Villatoro, W. (2017). *Análisis de distribución espacial, comportamiento de Bactericera cockerelli Sulc. y presencia de Candidatus Bactericera cockerelli Sulc. y presencia de Candidatus liberibacter solanacearum en Quetzaltenango*. <http://www.agromip.com.gt/ponencias%20/CONFERENCIAS%20SALON%20JADE/4.%20Presentacion17MIPERickVasquez.pdf>.
- Vega-Chávez, J. L., Cerna-Chávez, E., Ochoa-Fuentes, Y. M., Alvarado-Cepeda, Y. A., Mayo Hernández, J. y Hernández-Bautista, O. (2020). Selectividad de insecticidas con el parasitoide *Tamarixia triozae* (Hymenoptera: Eulophidae) para el control de *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae). *Nova scientia*, 12(25), <https://doi.org/10.21640/ns.v12i25.2618>.

- Vega, M., Rodríguez, C., Díaz, O., Bujanos, R., Mota, D., Martínez, L., . . . Garzón, J. (2008). Susceptibilidad a insecticidas en dos poblaciones mexicanas del salerillo, *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae). *Agrociencia*, 42(4), 463-471.
- Velásquez, J., Andrade, V., Araujo, A., Rivadeneira, J. y Tinoco, K. (2021). *Manual de Producción de Semilla de Papa*. INIAP.
- Vera, V., Gonzales, M., Chambilla, C. y Garrett, K. (2009). Efecto de las variaciones climáticas en el comportamiento de dos polillas (*Phthorimaea operculella* y *Symmetrischema tangolias*) en el cultivo de papa en comunidades del Altiplano Central. *Sustainable Agriculture and Natural Resource Management (SANREM) Knowledgebase*, 1-38.
- Vereijssen, J. (2020). Ecology and management of *Bactericera cockerelli* and *Candidatus Liberibacter solanacearum* in New Zealand. *Journal of Integrative Agriculture*, 19(2), 333-337. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62641-9](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62641-9).
- Vereijssen, J., Smith, G. y Weintraub, P. (2018). *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae) and *Candidatus Liberibacter solanacearum* in Potatoes in New Zealand: Biology, Transmission, and Implications for Management. *Journal of Integrated Pest Management, Volume 9, Issue 1*, <https://doi.org/10.1093/jipm/pmy007>.
- Villanueva, D. y Saldamando, C. (2013). *Tecia solanivora*, Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae): una revisión de su origen, dispersión y estrategias de control biológico. *Ingeniería y Ciencia*, 9(18), 197-214.
- Vinchira, D. y Moreno, N. (2019). Control biológico: Camino a la agricultura moderna. *Rev. Colomb. Biotecnol. Vol. XXI No. 1 E*, 2-5.
- Vinueza, B. (2021). *Evaluación de la dinámica poblacional de Bactericera Cockerelli Šulc. en plantaciones de pimienta (Capsicum Annuum L.) en el Valle del Chota* [Tesis pregrado, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11055>
- Vivas, L. (2017). El Manejo Integrado de Plagas (MIP): Perspectivas e importancia de su impacto en nuestra región. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 5(2), 67-69.
- Walker, G., MacDonald, F., Larsen, N. y Wallace, A. (2011). Monitoring *Bactericera cockerelli* and Associated Insect Populations in Potatoes in South Auckland. *New Zealand Plant Protection*, 64, 269–275. <https://www.journal.nzpps.org/index.php/nzpp/article/view/6009>
- Walker, G., MacDonald, F., Puketapu, A., Wright, P., Connolly, P. y Anderson, J. (2013). A field trial to assess action thresholds for management of *Bactericera cockerelli* in main crop processing potatoes at Pukekohe. *New Zealand Plant Protection*, 66, 349–355. <https://doi.org/10.30843/nzpp.2013.66.5710>.

- Wilches-Ortiz, W., Espitia-Malagón, E. M. y Vargas-Díaz, R. E. (2022). Elementos del clima y su relación con la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Povolný, 1973) (Lepidoptera: Gelechiidae) en cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Agronomía Mesoamericana*, 33(3).
<https://www.redalyc.org/journal/437/43771129014/43771129014.pdf>.
- Yang, X. y Liu, T. (2009). Life history and life tables of *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) on eggplant and bell pepper. *Journal of Environmental Entomology* 38,, 1661–1667.
- Yang, X., Zhang, Y., Leihua y Liu, T. (2010). Life History and Life Tables of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Psyllidae) on Potato Under Laboratory and Field Conditions in the Lower Rio Grande Valley of Texas. *Journal of Economic Entomology*, 103(5), 1729–1734. <https://doi.org/10.1603/EC10083>
- Yang, X.-B., Zhang, Y.-M., Henne, D. C. y Liu, T.-X. (2013). Life Tables of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae) on Tomato Under Laboratory and Field Conditions in Southern Texas. *Florida Entomologist*, 96(3), 904-913.
<https://bioone.org/journals/florida-entomologist/volume-96/issue-3/024.096.0326/Life-Tables-of-Bactericera-cockerelli-Hemiptera--Triozidae-on-Tomato/10.1653/024.096.0326.full>
- Yen, A., Madge, D., Berry, N. y Yen, J. (2012). Evaluating the effectiveness of five sampling methods for detection of the tomato potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Šulc) (Hemiptera: Psylloidea: Triozidae). *Australian Journal of Entomology*, 52 (2), 168-174.
<https://doi.org/10.1111/aen.12006>
- Zalazar, L. y Salvo, A. (2007). Entomofauna asociada a cultivos hortícolas orgánicos y convencionales en Córdoba, Argentina. *Neotropical entomology*, 36(5), 765–773.
<https://doi.org/10.1590/s1519-566x2007000500019>

Anexos

Anexo 1. Plantilla para la toma de datos del manejo agronómico, *B. cockerelli* y el complejo de polillas.

M.A (PARTE A)					
Ubicación del lote					
Provincia		Cantón		Parroquia	
Localidad			Agricultor		
Latitud		Longitud		Altitud	
Datos generales del lote					
Fecha de siembra	Cultivo anterior		Variedad	Otros	
Pendiente:	Quebrada ()		Ondulada ()	Plano ()	

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

Observaciones:

(M.A) PARTE B			
Controles fitosanitarios			
Etapa fenológica			
Riego		SI () NO ()	Precipitaciones
Fecha de aplicación	Ingredientes activos	Dosis	SI () NO ()
		Cantidad utilizadas	

Observaciones:

Monitoreo del Complejo de Polillas			
Fecha de evaluación		Días desde el inicio del monitoreo	

Datos del monitoreo del complejo de polillas				
Fecha de monitoreo	Número de adultos/trampa <i>Symmetrischema tangolias</i>	Número de adultos/trampa <i>Tecia solanivora</i>	Número de adultos/trampa <i>Phthorimaea operculella</i>	Observaciones
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

Observaciones:

Anexo 2. Plantilla para la toma de datos en ODK®

16:29 ▲

4_EncuestaProductoresPapa_ENERO...
2) Plagas 3) Manejo integrado de
Plagas 4) Producción

* A.0 Indique la Fecha

* A.1 Nombre del Agricultor

* A.2 Seleccione la Ubicación

Parte 1. Generalidades

1.1 Indique el área que generalmente
usted dedica al cultivo de papa
(hectárea)

* 1.2 ¿Qué tipo de semilla usa?

1.3 ¿Qué variedad de papa,
regularmente prefiere sembrar ud.?

1.4 ¿Frecuencia con las que siembra
el cultivo de papa?

Parte 2. Plagas

Ir al Inicio Ir al Final

III ○ <

Anexo 3. Encuesta aplicada a los productores de papa



Universidad Técnica del Norte
Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales
Carrera de Agropecuaria

Investigación: Evaluación de la dinámica poblacional del Complejo de Polillas y *Bactericera cockerelli* (Šulc) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la zona sureste de la Provincia del Carchi.

Objetivos Específicos:

- Describir el manejo agronómico para el control de plagas establecido por los productores de papa en las zonas monitoreadas.
- Proponer estrategias de manejo integrado de plagas en el cultivo de papa

ENCUESTA PRODUCTORES DE LA PROVINCIA DEL CARCHI

Nombre*:	Cantón:
Sector:	Fecha:

**El encuestado autoriza el uso de la información para su posterior uso, en la Tesis de Pregrado del Sr. Jorge Solano.*

1. Generalidades

1.1 Indique el área que generalmente usted dedica al cultivo de papa

- a) Menos de 1 hectárea
- b) Entre 1 a 5 hectáreas
- c) Más de 5 Hectáreas

1.2 ¿Qué tipo de semilla usa?

- a) Certificada
- b) Común (Cosechas Anteriores)

1.3 ¿Qué variedad siembra?

- a) Capiro b) Super Chola c) Única Pera d) Otras

1.4 Indique la frecuencia con la que usted siembra el cultivo de papa

- a) No rotación de cultivos: papa- papa- cultivo x
- b) Rotación de cultivos en un ciclo: papa – cultivo x- papa
- c) Rotación de cultivos mayor a dos ciclos: papa- cultivo x – cultivo y- papa

2. Plagas

2.1 ¿Conoce al insecto plaga conocido como paratrioza (*B. cockerelli* S.)?

- a. Sí () b. No ()

2.1.1 ¿Qué síntomas de daño a identificado?

- a) amarillamiento
- b) tubérculos aéreos
- c) punta morada
- d) estrés de la planta
- e) Otros _____
- f) Ninguno
- g) Todas

2.2 ¿Conoce al insecto plaga conocido como polilla?

a. Sí () b. No ()

2.2.1 ¿Conocía ud. que existen tres especies de polillas que afectan al cultivo de papa en Carchi?

a. Sí () b. No ()

2.2.2 ¿Qué síntomas de daño a identificado ud. por polilla?

- a) Daño en hojas
- b) Daño en tallos
- c) Daño en tubérculos: cosecha y almacenamiento
- d) Otros _____
- e) Ninguno
- f) Todos

3. Manejo Integrado de Plagas

3.1 ¿Conoce usted en que consiste un manejo integrado de plagas MIP?

a. Sí () b. No ()

3.2 Tipos de Control en el cultivo de Papa: De los siguientes tipos de control ¿cuál usted aplica?

Marque con una X

- a) Control Cultural: eliminación de residuos, rotación de cultivos, prácticas culturales, zanjas, otros _____
- b) Control Biológico: uso de hongos entomopatógenos, agentes de control biológico, extractos otros _____
- c) Control Etológico: trampas de feromonas, trampas de luz, trampas amarillas, otros _____
- d) Control Químico: uso de pesticidas químicos (insecticidas, fungicidas, otros).

3.1.2 Si escogió Control Cultural indique que prácticas, estrategias y/o insumos usted utiliza:

3.1.2 Si escogió Control Biológico indique que prácticas, estrategias y/o insumos usted utiliza:

3.1.3 Si escogió Control Etológico indique que prácticas, estrategias y/o insumos usted utiliza:

3.1.4 Si escogió Control Químico indique que prácticas, estrategias y/o insumos usted utiliza:

3.1.4.1 Indique el nombre de los insecticidas (ingredientes activos) para el control del psílido de la papa y polillas.

¡Gracias por su colaboración!

Anexo 4. Hoja de evaluación para el MIP del complejo de polillas y *B. cockerelli*

Hoja de Seguimiento y Evaluación del MIP para el Complejo de Polillas y *B. cockerelli* en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.)

Propiedad de: _____

Provincia:	Fecha:
Cantón:	Área de Siembra:
Parroquia:	Coordenadas geográficas:
Localidad:	Nombre del evaluador:

1. Indique las actividades implementadas para la prevención y supresión de las dos plagas

Actividad/Práctica	Insumos utilizados	Costo

2. Monitoreo

2.1 Complejo de Polillas

Número de trampas de feromonas: ___ Días después de la siembra (dds): ___

Código/Identificación de la trampa de feromona	# Adultos	¿Supera el umbral de referencia?
T.s		
P.o		
33S.t		

2.2 *B. cockerelli* dds: ___

Número de plantas muestreadas: ___ Número de trampas amarillas: ___

# planta	# de huevos	# de ninfas	¿Supera el umbral de referencia?

# trampa	# de adultos	¿Supera el umbral de referencia?

3. Tomar decisiones e intervención

Actividad/Práctica	Insumos utilizados	Costo

Para el Control Químico

Ingrediente Activo	Modo de acción	Mecanismo de acción	Dosis	Orden de mezcla	Costo

4. Evaluación mediante el monitoreo

4.1 Complejo de Polillas

Número de trampas de feromonas: ____

Código/Identificación de la trampa de feromona		# Adultos	¿Supera el umbral de referencia?
T.s			
P.o			
S.t			

4.2 *B. cockerelli*

Número de plantas muestreadas: ____ Número de trampas amarillas: ____

# planta	# de huevos	# de ninfas	¿Supera el umbral de referencia?

# trampa	# de adultos	¿Supera el umbral de referencia?

El monitoreo y evaluación se lo realizará hasta terminar todas las etapas fenológicas del cultivo

5. Al finalizar el cultivo.

Valoración de aspectos generales del cultivo de papa en función del MIP aplicado (Escala del 1 a 5 ascendente. Donde 1: pésimo y 5: excelente). **Marque con una X.**

Aspecto	1	2	3	4	5
Calidad del tubérculo					
Rendimiento del Cultivo					
Relación Costo-Beneficio					
Sanidad del Cultivo					

Indique que actividades se podrían mejorar

Anexo 5. Fotografías de la investigación



Siembra



Emergencia



Desarrollo vegetativo



Monitoreo de Plagas



Selección de tubérculos para el almacenamiento



Encuesta a productores



Presentación de resultados en el IV Encuentro Ecuatoriano Entomológico en Quito. (Imagen obtenida de la página oficial de la Carrera Agropecuaria UTN)



Capacitación a productores sobre el monitoreo en Yuracruz, Imbabura.