



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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

EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA POBLACIONAL DE LOS ESTADÍOS DE *Bactericera cockerelli* Sûlc EN PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN LA PARROQUIA SAN PABLO, CANTÓN OTAVALO

Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniera Agropecuaria

AUTORA:

Saida Jazmín Tocagón Cañarejo

DIRECTORA:

Ing. Julia Karina Prado Beltrán, PhD.

Ibarra, Agosto del 2021

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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

**EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA POBLACIONAL DE LOS ESTADÍOS DE
Bactericera cockerelli Sûlc EN PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN LA PARROQUIA
SAN PABLO, CANTÓN OTAVALO**

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

INGENIERA AGROPECUARIA

APROBADO:



Ing. Julia Prado, PhD.

DIRECTOR

FIRMA

Lcda. Ima Sánchez, M.Sc.

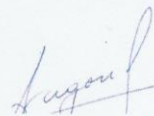
MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA

Ing. Juan Pablo Aragón, M.Sc.

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:	1004345094		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Tocagón Cañarejo Saida Jazmín		
DIRECCIÓN:	González Suarez – Comunidad Pijal – Sector bajo		
EMAIL:	sjtocagonc@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	2919-454	TELÉFONO MÓVIL:	0985715790

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA POBLACIONAL DE LOS ESTADÍOS DE <i>Bactericera cockerelli</i> Sùlc EN PAPA (<i>Solanum tuberosum</i> L.) EN LA PARROQUIA SAN PABLO, CANTÓN OTAVALO".
AUTOR (ES):	Saida Jazmín Tocagón Cañarejo
FECHA: DD/MM/AAAA	03/08/2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería Agropecuaria
ASESOR /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 3 días del mes de agosto de 2021

Saida Jazmín Tocagón Cañarejo

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. Saida Jazmín Tocagón Cañarejo, con cédula de ciudadanía N° 1004345094 bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 3 días del mes de agosto de 2021



Ing. Julia Karina Prado Beltrán, PhD.

DIRECTORA DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 3 días del mes de agosto del 2021

Saida Jazmín Tocagón Cañarejo: "EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA POBLACIONAL DE LOS ESTADIOS DE *Bactericera cockerelli* Sûlc EN PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN LA PARROQUIA SAN PABLO, CANTÓN OTAVALO" /Trabajo de titulación. Ingeniera Agropecuaria.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 3 días del mes de agosto del 2021, 113 páginas.

DIRECTORA: Ing. Julia Karina Prado Beltrán, PhD.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar la dinámica poblacional de los estadios de *Bactericera cockerelli* en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la parroquia San Pablo.

Entre los objetivos específicos se encuentran: Determinar el nivel de infestación de huevos y ninfas a través del monitoreo directo en el cultivo de papa. Determinar la población de insectos adultos a través del monitoreo indirecto en el cultivo de papa. Registrar información primaria a través de encuestas para la descripción del manejo agronómico que realiza el agricultor en el cultivo de papa.

.....
Ing. Julia Karina Prado Beltrán, PhD.

Directora de Trabajo de Grado

.....
Saida Jazmín Tocagón Cañarejo

Autor

AGRADECIMIENTO

Mi más profundo agradecimiento a Dios por ser quien guía mi camino, por permitirme hacer realidad este sueño anhelado, por darme las fuerzas necesarias para culminar esta etapa maravillosa, sobretodo afrontar todos los obstáculos que se han presentado a lo largo de mi carrera.

Un eterno agradecimiento a mis padres Antonio Tocagón y Carmen Cañarejo, por el apoyo incondicional brindado durante todos estos años, siendo el pilar fundamental y mi motivo para alcanzar uno de mis sueños, además a mis hermanas: Nori, Bethy y Esteina por el apoyo desmedido en todo momento y finalmente a mi hijo Sebastián quien ha sido mi motivo de lucha.

A mi directora de tesis Dra. Julia Prado por su paciencia y que gracias a su experiencia me ha guiado durante toda mi investigación hasta culminarla, asimismo a la Dra. Carmen Castillo del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria (INIAP) y a la Ing. Nancy Panchi del Centro Internacional de la Papa (CIP) por permitirme formar parte del proyecto.

Finalmente, a mis amigas/os de clase que con sus palabras aportaron de una u otra forma para culminar mis estudios.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	14
CAPITULO I.....	16
INTRODUCCIÓN.....	16
1.1 Antecedentes.....	16
1.2 Problema.....	17
1.3 Justificación.....	18
1.4 Objetivos.....	19
1.4.1 General.....	19
1.4.2 Específicos.....	19
1.5 Preguntas directrices.....	19
CAPITULO II.....	20
2. MARCO TEÓRICO.....	20
2.1 Generalidades.....	20
2.2 Taxonomía.....	20
2.3 Descripción botánica.....	20
2.4 Fenología del cultivo procedente de semilla asexual.....	22
2.5 Condiciones climáticas.....	22
2.6 Manejo agronómico.....	23
2.6.1 Preparación del terreno.....	23
2.6.2 Siembra.....	23
2.6.3 Fertilización.....	23
2.6.4 Retape y aporque.....	24
2.6.5 Controles fitosanitarios.....	24
2.6.6 Riego.....	24
2.6.7 Cosecha.....	24
2.6.8 Plagas.....	24
2.7 <i>Bactericera cockerelli</i> S.....	25
2.7.1 Clasificación taxonómica.....	25

2.7.2	Ciclo biológico	25
2.7.3	Hospederos	29
2.7.4	Daños.....	29
2.7.4.1	Daño directo ocasionado por <i>B. cockerelli</i> S.	29
2.7.4.2	Daño indirecto ocasionado por <i>B. cockerelli</i> S.	30
2.7.4.3	Síntomas de punta morada.....	30
2.7.5	Sistemas de monitoreo	31
2.7.5.1	Monitoreo	31
2.7.5.2	Control cultural.....	32
2.7.5.3	Control biológico.....	32
2.7.5.4	Control químico.....	33
2.8	Marco legal	33
CAPITULO III		35
3. MATERIALES Y MÉTODOS		35
3.1	Caracterización del área de estudio	35
3.2	Materiales y equipos	36
3.3	Métodos	36
3.3.1	Unidad de observación	36
3.3.2	Análisis estadístico.....	37
3.4	Indicadores.....	37
3.4.1	Número de oviposturas.....	37
3.4.2	Número de ninfas	38
3.4.3	Número de adultos	39
3.4.4	Síntomas de punta morada	39
3.4.5	Entomofauna	40
3.4.6	Descripción agronómica del cultivo.....	40
3.5	Manejo del experimento	41
3.5.1	Selección de lotes	41
3.5.2	Identificación de lotes	42
3.5.3	Ubicación de la data loggers	42
3.5.4	Monitoreo	42
3.5.5	Manejo de trampas	43
3.5.6	Evaluación de síntomas de punta morada	43

3.5.7	Manejo de la red entomológica	43
3.5.8	Identificación, clasificación y conteo de insectos	44
3.5.9	Descripción agronómica del cultivo.....	44
3.5.10	Datos climáticos	45
CAPITULO IV.....		47
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
4.1	Número de oviposturas.....	47
4.1.1	Número de oviposturas por etapas fenológicas.....	47
4.1.2	Número de oviposturas según las variedades por lote	48
4.1.3	Número de oviposturas por días después de la siembra.....	48
4.2	Número de ninfas.....	51
4.2.1	Número de ninfas por etapas fenológicas	51
4.2.2	Número de ninfas por lote y etapa fenológica.....	52
4.2.3	Número de ninfas por días después de la siembra	54
4.3	Número de adultos.....	57
4.3.1	Número de adultos por etapas fenológicas.....	57
4.3.2	Número de adultos por etapa fenológica por lote	58
4.3.3.	Número de adultos por días después de la siembra por trampa	60
4.4	Síntomas de punta morada	64
4.4.1	Incidencia de punta morada.....	64
4.4.2	Incidencia de punta morada según los días después de la siembra	65
4.5	Entomofauna.....	69
4.5.1	Entomofauna por etapa fenológica.....	69
4.5.2	Entomofauna por lote por orden.....	70
4.5.3	Entomofauna por lote según días después de la siembra	71
4.1	Entomofauna en etapa de floración	77
4.2	Manejo agronómico del cultivo	80
4.2.1	Insumos utilizados en el cultivo por objetivo.....	81
4.2.2	Insumos por variedades (lotes).....	82
4.2.3	Insumos por etapas fenológicas.....	83
4.2.4	Ingredientes activos.....	84
4.2.5	Ingrediente activo por etapa fenológica y lotes.....	84
4.2.6	Modo de acción	88

4.2.7	Modo de acción por etapas fenológicas	88
4.2.8	Modo de acción por lotes y etapas fenológicas	89
4.2.9	Modo de acción por días después de la siembra	90
4.3	Condiciones ambientales	94
4.3.1	Temperatura	94
4.3.2	Precipitación.....	95
CAPITULO V		97
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97
5.1	Conclusiones.....	97
5.2	Recomendaciones	97
REFERENCIAS.....		98
ANEXOS.....		111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Partes de la hoja de papa</i>	21
Figura 2	<i>Etapas fenológicas del cultivo de papa procedente de semilla asexual</i>	22
Figura 3	<i>Ciclo biológico de <i>Bactericera cockerelli</i> S.</i>	26
Figura 4	<i>Ovipostura de <i>Bactericera cockerelli</i> S.</i>	26
Figura 5	<i>Ninfa del cuarto instar de desarrollo</i>	27
Figura 6	<i>Ninfa del quinto instar de desarrollo.....</i>	28
Figura 7	<i>Hembra adulta de <i>Bactericera cockerelli</i> S.</i>	28
Figura 8	<i>Macho adulto de <i>Bactericera cockerelli</i> S.</i>	29
Figura 9	<i>Síntomas de punta morada.</i>	30
Figura 10	<i>Ubicación geográfica de la parroquia San Pablo.....</i>	35
Figura 11	<i>Forma de muestreo de oviposturas en el lote</i>	37
Figura 12	<i>Monitoreo de oviposturas</i>	38
Figura 13	<i>Instares de desarrollo de ninfas de <i>B. cockerelli</i> S.</i>	38
Figura 14	<i>Monitoreo de adultos</i>	39
Figura 15	<i>Síntomas de punta morada</i>	39

10

Figura 16 <i>Colecta de entomofauna en la etapa de floración</i>	40
Figura 17 <i>Entrevista al productor</i>	41
Figura 18 <i>Selección de productores en la asociación plaza pallares</i>	42
Figura 19 <i>Ubicación de las trampas en el lote</i>	43
Figura 20 <i>Recolección de entomofauna en floración</i>	44
Figura 21 <i>Clasificación de insectos por órdenes taxonómicos</i>	44
Figura 22 <i>Ubicación de la data logger</i>	45
Figura 23 <i>Número de huevos por etapa fenológica</i>	47
Figura 24 <i>Número de huevos por variedades por lote</i>	48
Figura 25 <i>Ritmo de ovoposición, lotes 1, 2, 4 y 6</i>	49
Figura 26 <i>Ritmo de ovoposición de los lotes 3, 5, 7 y 8</i>	50
Figura 27 <i>Número de ninfas por etapa fenológica</i>	51
Figura 28 <i>Número de ninfas por lote y etapa fenológica</i>	52
Figura 29 <i>Número de ninfas por día de muestreo, lotes 1, 2, 4, y 8</i>	54
Figura 30 <i>Número de ninfas por día de muestreo, lotes 3, 5, 6 y 7</i>	55
Figura 31 <i>Número de insectos adultos de <i>Bactericera cockerelli</i> S. por etapa fenológica</i> ...	58
Figura 32 <i>Número de insectos adultos de <i>Bactericera cockerelli</i> S. por lote</i>	59
Figura 33 <i>Número de adultos por día de muestreo, lote 3, 5, 6 y 7</i>	61
Figura 34 <i>Número de adultos por lote por días después de la siembra, lotes 1, 2, 4 y 8</i>	62
Figura 35 <i>Porcentaje de incidencia por lote de siembra</i>	64
Figura 36 <i>Desarrollo de incidencia, lotes 1, 2, 4 y 8</i>	66
Figura 37 <i>Desarrollo de incidencia, lotes 3, 5, 6 y 7</i>	67
Figura 38 <i>Entomofauna por etapa fenológica</i>	69
Figura 39 <i>Entomofauna por día de muestreo, lotes 3(a), 5(b), 6(c) y 7(d)</i>	73
Figura 40 <i>Entomofauna por día de muestreo, lotes 4(a), 2(b), 1(c) y 8 (d)</i>	75
Figura 41 <i>Insumos utilizados en el cultivo de papa</i>	82
Figura 42 <i>Fluctuación de la temperatura en la localidad de San Pablo</i>	94
Figura 43 <i>Variación de la precipitación en la localidad de San pablo</i>	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Recomendación general de fertilización en el cultivo de papa</i>	23
Tabla 2 <i>Características del área de estudio</i>	35
Tabla 3 <i>Materiales y equipos</i>	36
Tabla 4 <i>Número de lote, área y número de plantas</i>	36
Tabla 5 <i>Entomofauna por lote</i>	71
Tabla 6 <i>Entomofauna en etapa de floración por lote</i>	77
Tabla 7 <i>Manejo agronómico por lote</i>	81
Tabla 8 <i>Prueba Chi Cuadrado para insumos utilizados por variedad.</i>	82
Tabla 9 <i>Tabla de contingencia de frecuencias absolutas para insumos utilizados por lote</i> ... 83	
Tabla 10 <i>Prueba Chi Cuadrado para insumos en las etapas fenológicas.</i>	83
Tabla 11 <i>Tabla de contingencia de frecuencias absolutas para insumos por fase fenológica.</i>	84
Tabla 12 <i>Tabla de contingencia de frecuencias relativas para ingredientes activos para etapa fenológica</i>	85
Tabla 13 <i>Tabla de contingencia de frecuencias absolutas para ingredientes activos por lote de siembra.</i>	87
Tabla 14 <i>Prueba Chi Cuadrado para modos de acción por etapas fenológicas</i>	88
Tabla 15 <i>Tabla de contingencia de frecuencias absolutas para modos de acción en etapas fenológicas</i>	89
Tabla 16 <i>Tabla de contingencia de frecuencias absolutas para modo de acción por lotes y etapas fenológicas</i>	90
Tabla 17 <i>Tabla de contingencia absoluta para modos de acción por día de aplicación</i>	91

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Plantilla para la toma de datos del monitoreo de <i>Bactericera cockerelli</i>	111
Anexo 2. Encuesta realizada a los productores cada 15 días	113

**“EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA POBLACIONAL DE LOS ESTADIOS DE
Bactericera cockerelli Sûlc EN PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN LA PARROQUIA
SAN PABLO, CANTÓN OTAVALO”**

Autor: Saida Jazmín Tocagón Cañarejo

Universidad Técnica del Norte

Correo: sjtocagonc@utn.edu.ec

RESUMEN

Bactericera cockerelli (Sûlc) un insecto que afecta a los cultivos de la familia solanácea entre ellos la papa (*Solanum tuberosum* L.). En Ecuador, se ha encontrado un incremento poblacional de este insecto en los últimos años, originando que los agricultores realicen aplicaciones de insecticidas de manera desmedida sin previo monitoreo. El objetivo de esta investigación fue evaluar la dinámica poblacional de huevos, ninfas y adultos de *Bactericera cockerelli* S. en lotes de cultivo de papa en la parroquia San Pablo, cantón Otavalo. El monitoreo directo se realizó en 20 plantas al azar en forma de X, contabilizándose el número de huevos y ninfas (cuarto y quinto instar), además, se realizó el monitoreo indirecto para el muestreo de adultos; la evaluación se llevó a cabo en 8 lotes de cultivo de papa. Los resultados indican que existen diferencias significativas en cuanto al número de huevos, ninfas y adultos presentes en las distintas etapas fenológicas, observando altas poblaciones de los tres estadios en las etapas que comprenden floración, tuberización y maduración; el número de huevos muestreados fue 378, 653 y 409; el número de ninfas fue 38, 83, 70; el número de adultos fue 32, 38, 32 en las tres etapas respectivamente. El análisis de ingredientes activos mostró el uso de 15 productos siendo Profenofos, Carbosulfan y Methomyl los más utilizados. Se concluyó que las tres últimas etapas del cultivo fueron las más infestadas por huevos, ninfas y adultos, el manejo agronómico determinó que las labores culturales empleadas fueron limpieza de malezas, aporque, fertilización y control de plagas y enfermedades.

Palabras clave: oviposturas, ninfas, psílido, fitoplasma, entomofauna.

ABSTRACT

Bactericera cockerelli (Sûlc) an insect that affects crops of the nightshade family, including potatoes (*Solanum tuberosum* L.). In Ecuador, a population increase of this insect has been found in recent years, causing farmers to apply insecticides in an excessive way without prior monitoring. The objective of this research was to evaluate the population dynamics of eggs, nymphs and adults of *Bactericera cockerelli* S. in potato cultivation lots in the San Pablo parish, Otavalo canton. The direct monitoring was carried out in 20 random plants in the shape of an X, counting the number of eggs and nymphs (fourth and fifth instar), in addition, indirect monitoring was carried out for the sampling of adults; the evaluation was carried out in 8 batches of potato cultures. The results indicate that there are significant differences regarding the number of eggs, nymphs and adults present in the different phenological stages, observing high populations of the three stages in the stages that include flowering, tuberization and maturation; the number of eggs sampled was 378, 653 and 409; the number of nymphs was 38, 83, 70; the number of adults was 32, 38, 32 in the three stages respectively. The active ingredient analysis showed the use of 15 products being Profenofos, Carbosulfan and Methomyl the most used. It was concluded that the last three stages of the crop were the most infested by eggs, nymphs and adults. Agronomic management determined that the cultural tasks used were weed cleaning, hilling, fertilization and control of pests and diseases.

Keywords: oviposition, nymphs, psyllid, phytoplasma, entomofauna.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es un tubérculo originario de América del Sur y ocupa el cuarto lugar de alimentos de gran importancia a nivel mundial (Molina, 2009). En Ecuador es el principal cultivo que participa en la dieta de los ecuatorianos, especialmente en la generación de ingresos para las familias productoras (García y Galindo, 2014). La superficie dedicada al cultivo de papa en el 2018 fue de 23 974 hectáreas con un rendimiento de 16.28 t/ha, destacándose las provincias de Pichincha, Carchi, Tungurahua, Bolívar e Imbabura como las zonas de mayores rendimientos con 21.25, 18.84, 17.81, 17.93 y 16.26 t/ha, respectivamente (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], 2018).

Debido a que este cultivo se ha manejado como un monocultivo, ha originado una serie de plagas principales y secundarias (Yanggen et al., 2003). Una de las plagas actuales es *Bactericera cockerelli* Sulc, también conocido como psílido de la papa (Rubio et al., 2006), este insecto fue colectado por primera vez por el Dr. Cockerell en plantaciones de papa en Colorado (USA) y descrito por Sulc en 1909 (Villanueva, 2015).

B. cockerelli S. fue reportado causando daños a cultivos de la familia solanácea en América del Norte en Estados Unidos en 1920, posteriormente en América Central en México en 1941, pero fue hasta 1960 cuando fue considerado como una plaga (Rubio et al., 2013), así como también lo reportan en Guatemala, Honduras, Nicaragua, El Salvador (Villanueva, 2015), Nueva Zelanda (Teulon et al., 2009) y por primera vez en América del Sur específicamente en Ecuador, provincia Pichincha (Castillo et al., 2019).

Además, Alarcón et al. (2009), Henne et al. (2010) y Abrol y Uma. (2011) y Sumner et al. (2020) mencionan que el monitoreo rápido y preciso de plagas es el primer paso fundamental para la prevención y control de brotes de insectos que causan daños en los cultivos, de tal forma que Rubio et al. (2006) y Djaman et al. (2020) monitorearon *Bactericera cockerelli* S. utilizando trampas adhesivas amarillas en campos comerciales de papa y Wenninger et al. (2017) utilizaron una combinación de métodos como muestras de vacío, muestras de hojas y trampas amarillas para el muestreo de todas las etapas de vida del psílido.

Velázquez (2019) y Racines et al. (2019) implementaron estrategias de manejo de *Bactericera cockerelli* S. en papa basándose en varios componentes: detección y monitoreo intenso del estadio, control químico, control físico, eliminación de plantas hospederas y plantas de papa voluntarias, implementación de prácticas culturales y el uso de enemigos naturales como *Tamarixia triozidae* (Burks) (Luna et al., 2011), siendo el monitoreo en trampas el método efectivo para la captura de adultos y directamente en campo efectivo para la detección de huevos y ninfas, además consideran esta actividad como un apoyo importante para la toma de decisión dentro de los controles fitosanitarios posteriores.

Para evitar pérdidas de cosecha en papa, Walker et al. (2013), Liu y Trumble, (2006) recomiendan tratar la población de *Bactericera cockerelli* S. con un umbral de 3 adultos/trampa y 10 ninfas/planta, de tal manera que, es de gran importancia el monitoreo de los estadios del insecto, ya que facilitará la obtención de datos en cuanto al comportamiento del psílido en el cultivo y consecuentemente permitirá establecer estrategias de control.

1.2 Problema

El psílido de la papa *Bactericera cockerelli* Sulc afecta a los cultivos de la familia solanáceas tales como tomate (*Solanum lycopersicum* L.), chile (*Capsicum* spp.) (Rubio et al., 2013), papa (*Solanum tuberosum* L.) (Castillo et al., 2019), tabaco (*Nicotiana tabacum* L.), berenjena (*Solanum melongena* L.) y a plantas silvestres como hierba mora (*Solanum nigrum* L.) (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria [OIRSA], 2015).

Este insecto es un grave problema para los cultivos ya que ha limitado la producción y ha causado pérdidas hasta del 85% en plantaciones de papa y tomate en México (Cortéz, 2010). Se alimenta del floema e inyecta una toxina que causa clorosis en las plantas (Crespo et al., 2012) y es considerado como un posible vector transmisor de fitoplasmas (Xiang y Tong, 2009). En Ecuador han sido identificados 2 de estos fitoplasmas los cuales son, el 16 SrI (Castillo et al., 2017) y 16SrII *Candidatus* Phytoplasma aurantifolia el cual es reportado como el posible agente causal de la enfermedad denominada punta morada de la papa (Caicedo et al., 2015), que puede ocasionar pérdidas hasta del 100% (Cuesta et al., 2018).

Se desconoce como el insecto plaga ingresó a Ecuador y al parecer se introdujo conjuntamente con productos agrícolas dado al activo comercio de la papa entre países, por acción migratoria o transporte pasivo por vientos (Castillo et al., 2019), por tal motivo los

productores con el fin de no perder sus cosechas, han realizado un manejo del psílido basado en aplicaciones de productos químicos (Luna et al., 2011), de hasta siete veces durante todo el cultivo con un promedio de tres productos mezclados en cada aplicación (Pumisacho y Sherwood, 2002), sin conocer sus umbrales económicos, incrementando la contaminación al ambiente y problemas de salud en los trabajadores (Yanggen et al., 2003).

1.3 Justificación

Al ser una nueva plaga en el país, y debido a la escasa información sobre infestaciones y datos de porcentaje de poblaciones de *B. cockerelli* S. presente en el cultivo de papa, se ha dificultado el manejo de esta plaga en campo, ocasionando el incremento en el uso de pesticidas y por ende causando pérdidas económicas a los productores (Castillo et al., 2017).

Por otro lado, al no contar con protocolos de muestreo ni estudios de la dinámica poblacional del insecto en la provincia de Imbabura, el monitoreo es una actividad básica para estimar la abundancia y distribución de la plaga en el cultivo y a su vez conocer sus variaciones según las etapas fenológicas permitiendo posteriormente programar estrategias de control (Ripa y Larral, 2011) y disminuir el nivel de infestación (Giordannengo et al., 2013).

Según mencionan Mujica y Kroschel (2018), la detección oportuna de insectos plaga a través del monitoreo dentro de un Manejo Integrado en papa, ayudó a la reducción del uso de 16 plaguicidas categorizados como altamente peligrosos que los agricultores utilizan en todo el ciclo del cultivo, a la aplicación de 6 productos que se encuentran entre categorías toxicológicas entre moderada y levemente peligrosos.

La presente investigación se estableció en un convenio con el Centro Internacional de la Papa (CIP) y el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), con el fin de monitorear los estados de huevos, ninfas y adultos de *Bactericera cockerelli* S. de tal forma que nos permita obtener la información de la dinámica poblacional y reportar la presencia de este insecto polífago en la parroquia San Pablo, cantón Otavalo.

El monitoreo del psílido permitirá obtener la información del comportamiento de los estadios del insecto durante el ciclo del cultivo de papa y determinar si existe diferencias en cada una de las etapas fenológicas. Consecuentemente se obtendrán datos que permitan establecer estrategias de control específicamente para la comunidad de Ugsha.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

Evaluar la dinámica poblacional de los estadios de *Bactericera cockerelli* S. en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la parroquia San Pablo.

1.4.2 Específicos

- Determinar el nivel de infestación de huevos y ninfas a través del monitoreo directo en el cultivo de papa.
- Determinar la población de insectos adultos a través del monitoreo indirecto en el cultivo de papa.
- Registrar información primaria a través de encuestas para la descripción del manejo agronómico que realiza el agricultor en el cultivo de papa.

1.5 Preguntas directrices

- ¿Existe la presencia de *B. cockerelli* S. en lotes de producción de papa en las localidades de San Pablo?
- ¿Existe diferencia de infestación de *B. cockerelli* S. en los lotes de San Pablo?

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es un tubérculo originario de América del Sur, específicamente de las partes altoandinas del valle del Cuzco, Perú (Morales, 2007). Existen alrededor de 5000 variedades diferentes de papa en el mundo, de las cuales se cultivan menos de 500 en las zonas andinas (Pumisacho y Sherwood, 2002), sin embargo, en Ecuador se siembran cerca de 30 variedades siendo la Súper Chola, Única, Chola y Cecilia las más cultivadas (Monteros, 2016).

En Ecuador la papa se cultiva desde los 2400 hasta los 3800 m.s.n.m., destacando a las provincias de Pichincha, Carchi y Tungurahua como las zonas de mayor producción a nivel nacional que van desde 52 313 a 101 865 Tm/ha (INEC, 2017).

2.2 Taxonomía

Según Pumisacho y Sherwood (2002), la papa pertenece a la siguiente clasificación taxonómica:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: *Solanum*

Especie: *Solanum tuberosum* L.

2.3 Descripción botánica

La papa, es una dicotiledónea perteneciente a la familia de las solanáceas de hábito rastrero o erecto que alcanza una altura entre 0.60 – 1.50 m, con tallos grueso y entrenudos cortos (Montaldo, 1984). De acuerdo con la descripción botánica consta de las siguientes partes principales:

a) Raíz

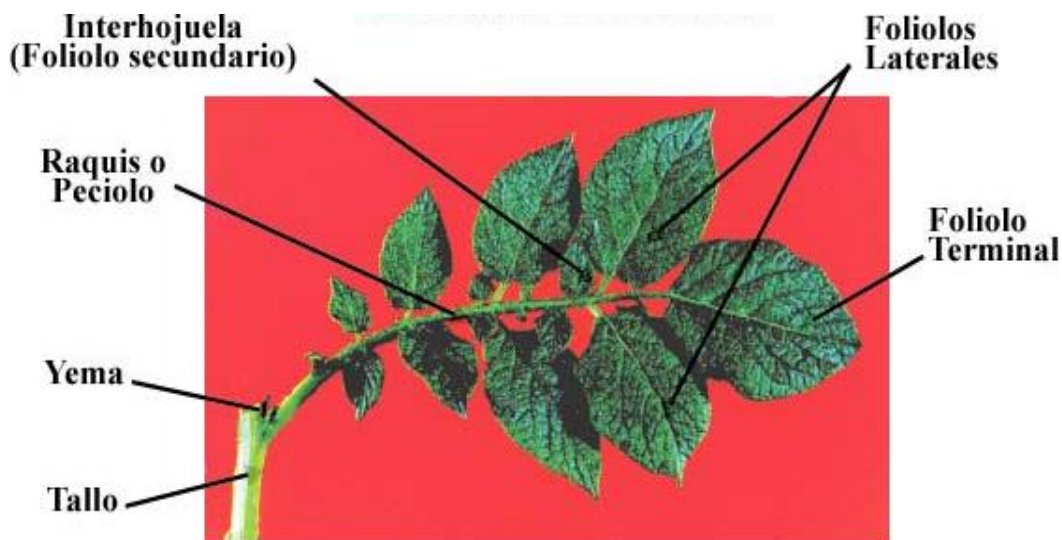
El sistema radicular de la papa depende si se utiliza semilla sexual o asexual. Cuando la planta proviene de semilla sexual presenta raíz principal, mientras que, cuando la planta proviene de semilla asexual (tubérculo) las raíces son adventicias (Pumisacho y Sherwood, 2002).

b) Hojas

La papa posee hojas compuestas y pinnadas, las primeras hojas pueden ser simples pero una planta adulta posee hojas compuestas en par y alternadas, las cuales están dispuestas de forma alterna en el tallo formando un follaje frondoso. Las partes que lo conforman son: folíolos laterales, folíolo terminal, interhojuela, raquis o peciolo y yema (Figura 1) (Egúsqiza, 2000).

Figura 1

Partes de la hoja de papa



Fuente: Egúsqiza (2000).

c) Flores

Las flores crecen en racimos y son terminales, son bisexuales, es decir que, están conformadas por androceo y gineceo por lo que la fecundación se da de forma natural, la corola tiene cinco pétalos desde blanco, rojos hasta purpuras dependiendo de la variedad (Montaldo, 1984).

d) Frutos

El fruto es una baya de color verde, es esférico y contiene en su interior más de 200 semillas, las cuales son planas, ovaladas y pequeñas.

e) Tubérculos

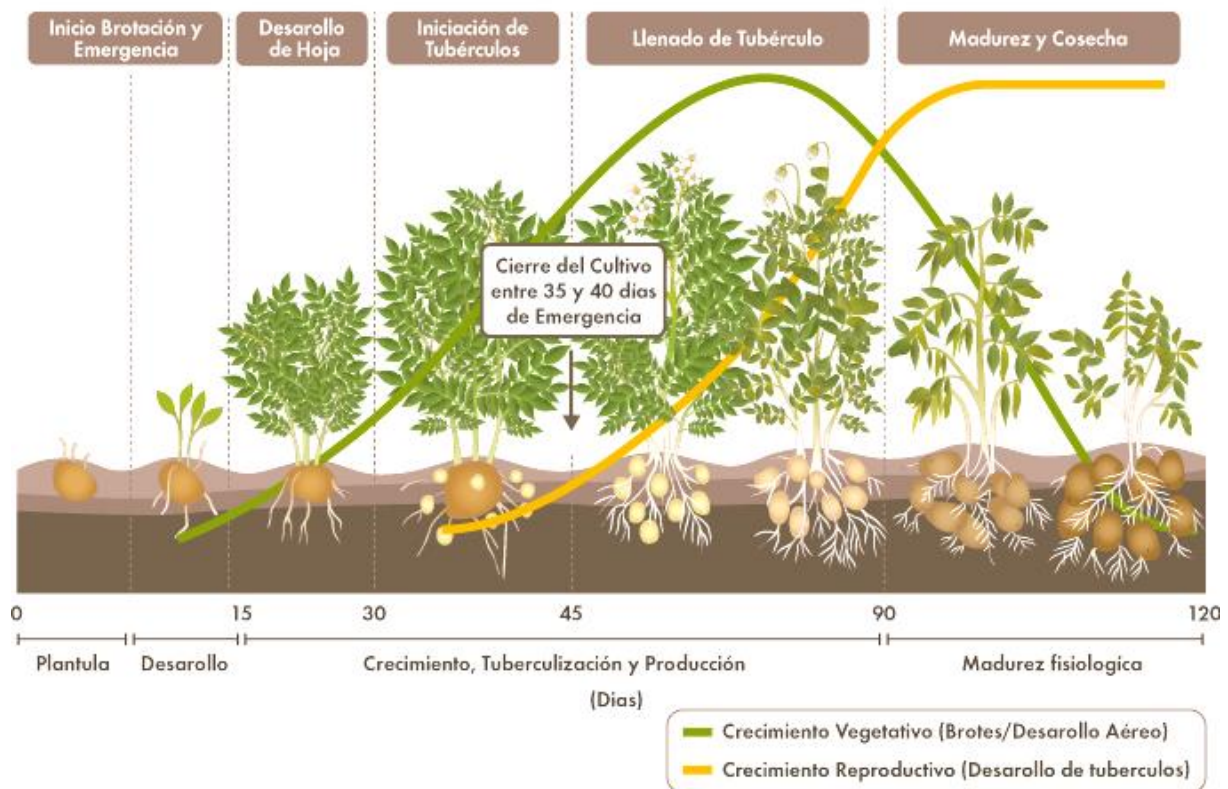
Se refiere al engrosamiento que se produce en la parte apical del estolón. Está especializado en almacenamiento de los excedentes de energía, cuyo crecimiento es fuertemente comprimido y se orienta a los costados. Es considerado como el producto aprovechable de la planta (Pumisacho y Sherwood, 2002).

2.4 Fenología del cultivo procedente de semilla asexual

El desarrollo del cultivo de papa (Figura 2), está determinado por las condiciones climáticas de la zona, el manejo del cultivo, el suelo, el pH y la variedad utilizada (Flores et al., 2014).

Figura 2

Etapas fenológicas del cultivo de papa procedente de semilla asexual



Fuente: Flores et al. (2014)

2.5 Condiciones climáticas

Gonzáles (2015) menciona que, las condiciones óptimas para el normal desarrollo del cultivo de papa se dan entre 2000 hasta 3500 m.s.n.m., con rango de temperatura de entre 6 - 18 °C, humedad relativa de 75- 80% y suelo franco, pH 5.5 – 7.0.

2.6 Manejo agronómico

2.6.1 Preparación del terreno

Velásquez et al. (2017) señalan que la preparación del suelo consiste en invertir y remover la capa superficial (capa arable 30 cm), permitiendo así, el buen desarrollo de raíces y la formación de tubérculos. Además, mencionan que depende del tipo de suelo, humedad, riesgo de erosión y las condiciones climáticas para realizar el arado, ya sea con maquinaria agrícola, tracción animal o de forma manual utilizando el azadón.

2.6.2 Siembra

La densidad de siembra por metro cuadrado es un factor determinante para la obtención de una buena producción, de tal manera que, es recomendable sembrar a una distancia de 0.40 m entre planta y 1 m entre surco, a una profundidad entre 10-15 cm (Velásquez et al., 2017).

2.6.3 Fertilización

La fertilización del cultivo de papa es una práctica importante, debido a que, permite incrementar el rendimiento y asegurar una buena producción, así como también, ayuda a reponer nutrientes que fueron removidos por cultivos anteriores. La cantidad de fertilizante depende del resultado del análisis del suelo del lote a establecer (Tabla 1) (Pumisacho y Velásquez, 2009).

Tabla 1

Recomendación general de fertilización en el cultivo de papa

	Recomendación de fertilización (Kg/ha)			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S
Bajo	150-200	300-400	100-150	40-60
Medio	100-150	200-300	60-100	20-40
Alto	60-100	100-200	40-60	0-20

Fuente: Pumisacho y Sherwood (2002)

Sin embargo, al no tener un análisis de suelo, los autores antes mencionados recomiendan el uso de 20 quintales de 10-30-10, 13 quintales de 18-46-0 y 2 quintales de Muriato de potasio por hectárea.

2.6.4 Retape y aporque

El retape tiene como finalidad incorporar al cultivo el fertilizante complementario y controlar las malezas, se realiza entre los 15 -21 días después de la siembra. Mientras que, el aporque se realiza a los 60 y 90 días después de la siembra, esta actividad consiste en arrimar la tierra, de tal forma que proporcione sostén a la planta, ayude a cubrir los estolones induciendo a una buena tuberización y finalmente facilite su cosecha (Velásquez et al., 2017).

2.6.5 Controles fitosanitarios

Pumisacho y Velásquez (2009) mencionan que, los controles fitosanitarios son actividades complementarias para el control de plagas y enfermedades tanto en el suelo como en la planta, la clave de estas labores consiste en establecer estrategias de control con productos protectantes, preventivos o curativos en momentos oportunos pero una vez evidenciada la presencia y severidad de la plaga o enfermedad en el cultivo.

2.6.6 Riego

La cantidad de agua que requiere el cultivo de papa oscila entre 600-700 mm distribuida de forma uniforme en todo el ciclo, sin embargo, los periodos de floración y tuberización son las etapas más críticas.

2.6.7 Cosecha

Para efectuar la cosecha, la planta debe haber alcanzado su madurez fisiológica es así que para variedades tempranas tendrán que realizarse pasado los 4 meses, semitardías 5 meses y tardías 6 meses o más (Barrera et al., 2020).

2.6.8 Plagas

Según menciona Pérez y Forbes (2011), las plagas más comunes que afectan al cultivo de papa son: Gusano blanco (*Premnotrypes* spp.), tres especies de polillas de la papa como *Phthorimaea operculella* Zell, *Symmetrichema tangolias* Gyen, *Tecia solanivora* Povolny, trips (*Frankliniella* spp.), Pulgilla (*Epitrix* spp.), pulgones (*Myzus persicae* Sulzer), Mosca minadora (*Liriomyza* spp.) y en los últimos años *Bactericera cockerelli* S.

2.7 *Bactericera cockerelli* S.

Bactericera cockerelli S. también conocido como psílido de la papa, psílido del tomate, pulgón saltador o salerillo (Jirón et al., 2016). Es un insecto que fue descubierto en 1909 en el estado de Colorado (USA), y el Dr. Sulc en el mismo año propuso el nombre científico *Trioza cockerelli* S., años más tarde se confirmó taxonómicamente como *Paratrioza cockerelli* S. y actualmente se le conoce como *Bactericera cockerelli* Sûlc (Ramírez et al., 2008).

2.7.1 Clasificación taxonómica

Según el Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria [OIRSA] (2015), *Bactericera cockerelli* S. tiene la siguiente clasificación taxonómica:

Reino: Animal

Phylum: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Hemiptera

Familia: Triozidae

Género: *Bactericera*

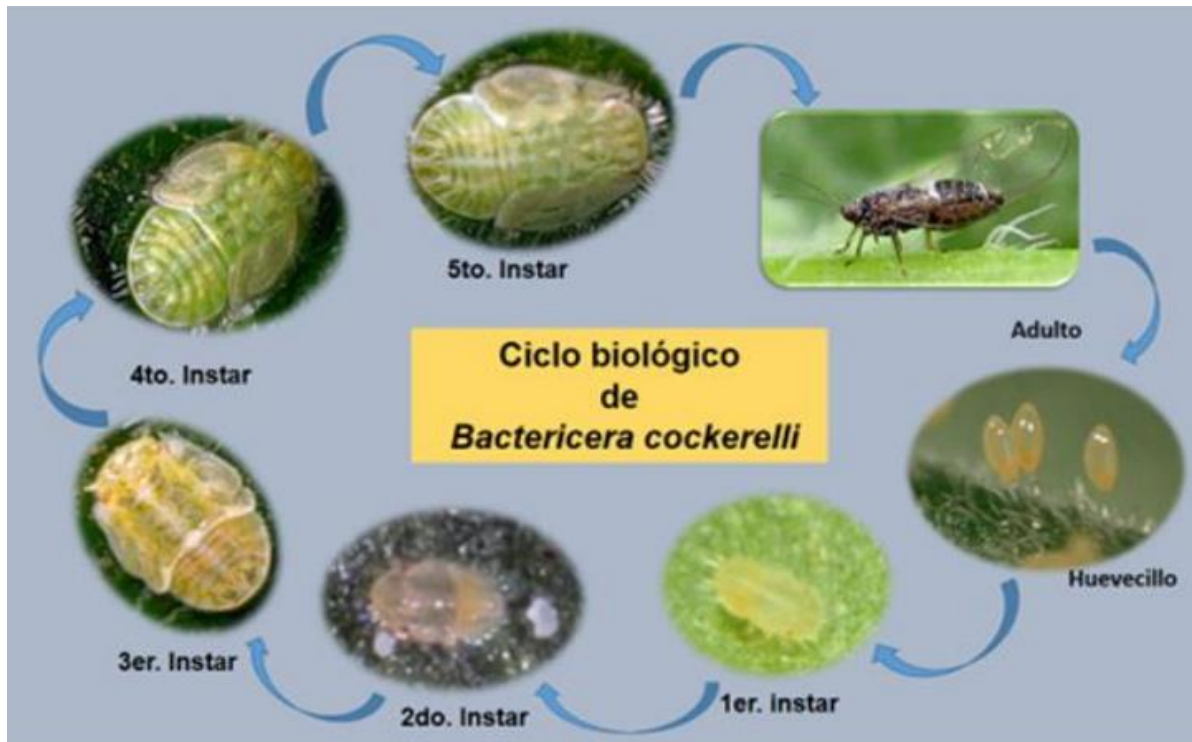
Especie: *B. cockerelli*

2.7.2 Ciclo biológico

Bactericera cockerelli S. tiene 3 estadios de desarrollo: huevo, ninfa y adulto (Figura 3).

Figura 3

Ciclo biológico de Bactericera cockerelli S.



Fuente: Gutiérrez (2017)

Huevo. - Es de color amarillo claro, mide alrededor de 0.32 – 0.34 mm de largo y 0.13 – 0.15 mm de ancho y con un pedicelo de 0.48 – 0.51 mm que se une generalmente al borde de la hoja. Su tiempo de desarrollo es de 3 – 7 días (Centro de Bociencia Agrícola Internacional [CABI], 2018) (Figura 4).

Figura 4

Ovipostura de Bactericera cockerelli S.



Ninfa. - Es de forma oval y aplanada como una escama de color verdoso, mide alrededor de 0.23 – 1.60 mm de ancho y se encuentran generalmente en la superficie inferior de la hoja debido a que prefieren lugares sombreados (González y García, 2012). Además, señalan que las ninfas pasan por 5 instares:

- Primer instar: tienen la cabeza y el tórax fusionados, antenas cortas, ojos rojos, paquetes alares poco notables; tienen poco movimiento.
- Segundo instar: se observan las divisiones entre cabeza, tórax y abdomen, los paquetes alares y la segmentación en las patas se hacen visibles.
- Tercer instar: las divisiones de cabeza, tórax y abdomen son más notorios, los paquetes alares están bien definidos y se observan con facilidad en mesotórax y metatórax.
- Cuarto instar: las segmentaciones de las patas se observan fácilmente. La cabeza y el abdomen presentan un color verde claro y el tórax un tono más oscuro, cada uno de los 4 primeros segmentos abdominales presentan un par de espiráculos (Figura 5).

Figura 5

Ninfa del cuarto instar de desarrollo



- Quinto instar: la segmentación entre cabeza, tórax y abdomen están bien definidas, las antenas están seccionadas en dos partes por una hendidura localizada en la parte media y los paquetes alares se encuentran claramente diferenciados (Figura 6).

Figura 6

Ninfa del quinto instar de desarrollo

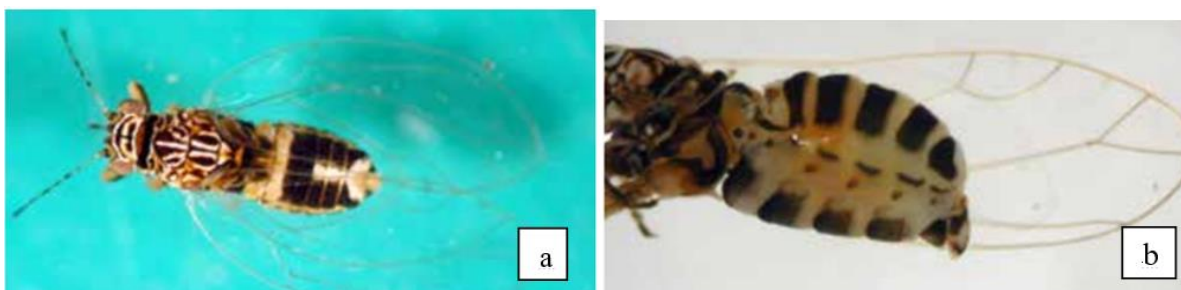


Adulto. - Mide entre 2.5-3.0 mm de largo, su apariencia es similar a la de un pulgón. Al emerger presenta un color verde- amarillento; es inactivo, alas transparentes que miden 1.5 veces el largo del cuerpo con venas propias de la familia a la que pertenece. En los próximos 7 a 10 días del estadio, la coloración del cuerpo cambia de ligeramente ámbar a café oscuro o negro (Prager y Trumble, 2018).

- Hembra: viven un promedio de 60 días y llegan a ovopositar aproximadamente 500 huevos durante su vida. Presenta el abdomen con 5 segmentos visibles y más el segmento genital, es de forma cónica en vista lateral y en la parte media dorsal se observa una mancha de color blanco en forma de “Y” (Figura 7).

Figura 7

Hembra adulta de Bactericera cockerelli S.



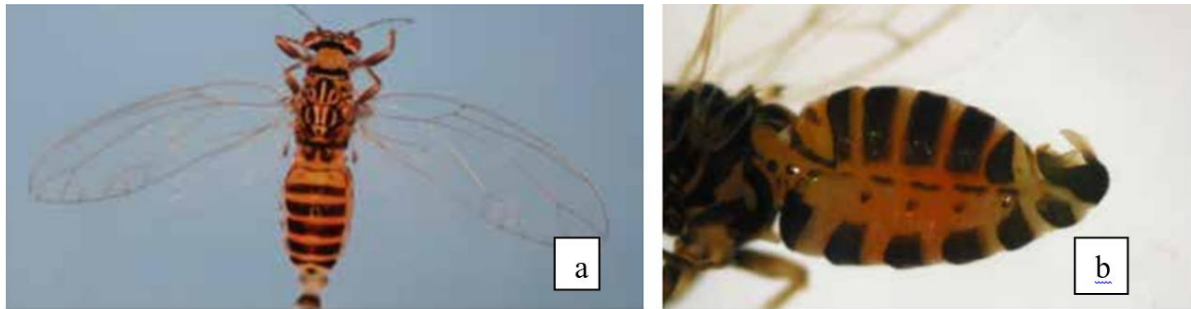
Nota: a) Mancha blanca en forma de Y en la parte media dorsal; b) Abdomen con cinco segmentos visibles y segmento genital en forma cónica.

Fuente: Gutiérrez (2017).

- Macho: viven un promedio de 20 días y presentan 6 segmentos visibles más el genital, este último segmento se encuentra plegado sobre la parte media dorsal del abdomen (Figura 8).

Figura 8

Macho adulto de Bactericera cockerelli S.



Nota. a) Vista frontal; b) Abdomen con seis segmentos visibles más el genital en forma de pinzas.

Fuente: Gutiérrez (2017)

2.7.3 Hospederos

Knowlton y Janes (1931) señalan que *B. cockerelli* S. tiene una gran variedad de plantas hospederas tanto cultivadas como silvestres, de las cuales han reportado 40 especies pertenecientes a 20 familias diferentes. Wallis (1955) informa que, tiene una preferencia general por las familias Solanaceae, Convolvulaceae y Lamiaceae. Sin embargo, Gutiérrez (2017) señala como principales plantas hospederas a especies de la familia solanácea como papa (*Solanum tuberosum* L.), chile (*Capsicum annuum* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.), tomate de cáscara (*Physalis isocarpa* Brot.), berenjena (*Solanum melongena* L.) y hierba mora (*Solanum nigrum* L.), otras especies hospederas como tabaco (*Nicotiana tabacum* L.), toluache (*Datura stramonium* L.), alfalfa (*Medicago sativa* L.), trébol (*Trifolium* spp.), amaranto (*Amaranthus* spp.) y malva (*Malva* spp.).

2.7.4 Daños

B. cockerelli S. causa dos tipos de daños en las plantas hospedantes:

2.7.4.1 Daño directo ocasionado por *B. cockerelli* S.

Este tipo de daño es causado únicamente por las ninfas y adultos, debido a que, al alimentarse introducen el estilete hasta el floema, succionan la savia de la planta y a su vez inyectan una toxina que dañan a las células ocasionando clorosis, amarillamiento de las hojas, entrenudos cortos y engrosados, debilitando y retrasando así su crecimiento (Delgado et al., 2019), afectando así el rendimiento y la calidad de los tubérculos de papa (Ramírez et al., 2008), que al llevarlos a fritura presentan patrones de necrosis radial (Cerna et al., 2018).

2.7.4.2 Daño indirecto ocasionado por *B. cockerelli* S.

Bactericera cockerelli S. es considerada como el principal vector trasmisor del fitoplasma *Candidatus Liberibacter solanacearum* que el psílido lleva en el interior de su cuerpo y que a su vez causa graves enfermedades conocidas como: “permanente del tomate” (Gastélum et al., 2014) provocando una reducción en el rendimiento comercial de hasta el 39% (Jirón et al., 2016), “amarillamiento apical de chile”, “zebra chip” siendo el mayor problema fitosanitario en el cultivo de solanáceas (Villegas et al., 2017) y punta morada de la papa (Cuesta et al., 2021).

Además, Delgado et al. (2019) señalan que, los síntomas causados por los fitoplasmas varían según el cultivar y la etapa fenológica en la que se encuentra el cultivo, de tal forma que, en México, el control del insecto vector se ha realizado mediante prácticas culturales y aplicación de agentes químicos y biológicos.

2.7.4.3 Síntomas de punta morada

Cuesta et al. (2018) sostienen que, la punta morada es una enfermedad que afecta al cultivo de papa, la transmisión se puede dar a través de la semilla y provocar pérdidas de hasta el 100%, las plantas con síntomas presentan tubérculos aéreos, papa rayada en el que los tubérculos muestran la pulpa con estrías de color marrón, el tallo crece en forma de zig zag y los entrenudos se acortan, desarrollo anormal de la planta, crecimiento erecto de brotes terminales, enrollamiento de hojas, coloración roja o púrpura de nuevas hojas, clorosis y proliferación de brotes axilares alargados y ahilados (Díaz et al., 2010; Cuesta et al., 2021) (Figura 9).

Figura 9

Síntomas de punta morada.





Nota. a) enrollamiento y clorosis de las hojas, b) tubérculos aéreos, c) hojas púrpuras, d) manchado de tubérculos, e) tallo en forma de zig zag, f) amarillamiento.

Fuente: Flores (2005), Crizón (2017) y Cuesta et al. (2018)

2.7.5 Sistemas de monitoreo

2.7.5.1 Monitoreo

Cuesta et al. (2018) señalan que, para detectar la presencia de *B. cockerelli* S. es recomendable realizar dos tipos de monitoreo.

- Monitoreo directo. -Es recomendable para estimar la presencia de huevos y ninfas en el follaje de las plantas, se debe dar seguimiento al cultivo una vez por semana desde la emergencia hasta el aporque. Después del aporque el monitoreo se debe realizar dos veces por semana.
- Monitoreo indirecto. - Para observar la presencia de psílicos adultos se utilizan trampas de color amarillo (Henne et al., 2010). En lotes de hasta una hectárea, es recomendable el uso de un mínimo de ocho trampas cuatro en los extremos exteriores y cuatro en el centro de la parcela.

Según Gastélum et al. (2014), se deben realizar monitoreos directos en el estrato medio de las plantas solanáceas aledañas antes de la siembra y durante el desarrollo del cultivo, se deben

realizar monitoreos indirectos colocando trampas en el centro y en las orillas del lote para conocer la densidad del insecto y a su vez llevar un registro continuo de la cantidad encontrada y en base a ello tomar medidas oportunas de control en áreas de mayor infestación.

Además, Rubio et al. (2006) mencionan que el uso de trampas amarillas en las etapas iniciales del cultivo es importante para detectar la presencia de las primeras generaciones del insecto y posteriormente iniciar la aplicación de insecticidas.

2.7.5.2 Control cultural

Cardona y Mesa (2016) sostienen que, el control cultural es la modificación de las prácticas de manejo del cultivo para hacer que el ambiente sea menos favorable para el insecto, afectando así la capacidad de invasión, reproducción, supervivencia y dispersión con la finalidad de reducir sus poblaciones, entre las técnicas recomendadas están:

- Rotación de cultivos entre una gramínea y una leguminosa
- Preparación del suelo antes de la siembra para evitar la supervivencia de estados inmaduros de insectos.
- Épocas de siembra y cosecha permitiendo evadir la ovoposición de ciertas plagas
- Densidades de siembra permite disminuir la colonización de insectos
- Riegos, coberturas y fertilización
- Prácticas sanitarias que permiten la poda, remoción y destrucción de plantas hospedantes de plagas.
- Cultivos trampa y cultivos intercalados o asociados.

2.7.5.3 Control biológico

Ail et al. (2012) recomiendan el uso del depredador *Chrysoperla carnea* (Stephens) como un potencial agente de controlador biológico de *B. cockerelli* S., ya que, en los resultados obtenidos el depredador presentó altas posibilidades de reducir las poblaciones de ninfas del tercer instar de desarrollo.

En el estudio realizado por Ramírez et al. (2008) señalan que para ejercer un mejor control de *B. cockerelli* S. sobre todo el estado ninfal, el cual es el estado que causa graves problemas recomiendan el uso de insecticidas alternativos como TRI-SIN (*Metarrizhium anisopliae* (Metschn), *Beauveria bassiana* (Bals) y *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) en una solución

de 2 l/ha y Soil-u- Sol a base de aceite de soya (*Glycine max* L.) y extracto de ajo (*Allium sativum* L.) en la misma concentración.

Lozano et al. (2019) en la búsqueda de una alternativa amigable con el ambiente, realizaron la aplicación de aceite de soya (*Glycine max* L.) en cultivo de tomate de mesa (*Solanum lycopersicum* L.) bajo invernadero, obtuvieron buenos resultados en cuanto a mortalidad de ninfas, ya que causó una mortalidad del 86% del segundo y tercer instar de desarrollo y una mortalidad del 9% del cuarto y quinto instar. Concluyeron que el aceite de soya es una alternativa ecológica que se puede utilizar dentro de un Manejo Integrado de Plagas (MIP).

Vega et al. (2020) mencionan que el uso de *Tamarixia triozae* Burks es una buena alternativa para contribuir en el manejo integrado de poblaciones de *B. cockerelli* S, ya que, actúa como depredador y parasitoide de ninfas del tercer y cuarto instar de desarrollo, encontrando hasta un 80% de parasitismo.

2.7.5.4 Control químico

Vásquez et al. (2016) y Contreras et al. (2016) señalan que el principal método de control de *Bactericera cockerelli* S. en campo, sobre todo cuando se tiene un monocultivo se basa en el uso de insecticidas, situación que ha desencadenado la resistencia a los productos que normalmente se aplican.

Según afirman Cerna et al. (2012) para realizar un manejo integrado de plagas sostenible con control químico y biológico es necesario conocer los riesgos, selectividad y las condiciones de uso de los insecticidas, por ello, con los resultados obtenidos en sus estudios recomiendan el uso de Abamectina en una concentración de entre 10-50% y Endosulfan en una concentración menor al 50% para el control de *Bactericera cockerelli* S. integrando *Chrysoperla carnea* S. como su depredador. Además, señalan que se puede utilizar menores concentraciones de insecticidas para obtener mayor mortalidad de *B. cockerelli* S. y menor mortalidad del depredador *C. carnea* S.

2.8 Marco legal

La presente investigación se encuentra apoyada en las leyes y artículos que se establecen en la constitución del Ecuador de 2008, donde se reconoce los derechos de la naturaleza y de las personas, mientras que en los artículos 13 y 14 mencionan que la población tiene derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el

buen vivir. A su vez en los artículos 71,72 y 73 exigen respeto a la naturaleza o pacha mama mediante el cuidado de los recursos naturales, aplicando estrategias de conservación que reduzcan el impacto ambiental, destrucción de ecosistemas, extinción de especies o alteración permanente de los ciclos naturales con la actividad agrícola y pecuaria, de tal manera que impulse el uso sostenible y agregado del patrimonio natural (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Para ello se estableció el Plan de Desarrollo Nacional 2017-2021 “Toda una vida”, dentro de los cuales se encuentra el objetivo 3 “*Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones*”, que tienen como finalidad proteger, cuidar y no agotar las reservas naturales como suelo, agua y sus entornos, los ecosistemas frágiles y amenazadas que son productos de la intervención del ser humano, de tal forma que garantice la soberanía alimentaria con base en buenas prácticas y principios agroecológicos (Plan Nacional de Desarrollo, 2017).

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Caracterización del área de estudio

El presente estudio se realizó en la provincia de Imbabura, en el cantón Otavalo, parroquia San Pablo, específicamente en la comunidad de Ugsha la cual presenta condiciones agroclimáticas aptas para el desarrollo y producción del cultivo de papa como se observa en la tabla 2.

Tabla 2

Características del área de estudio

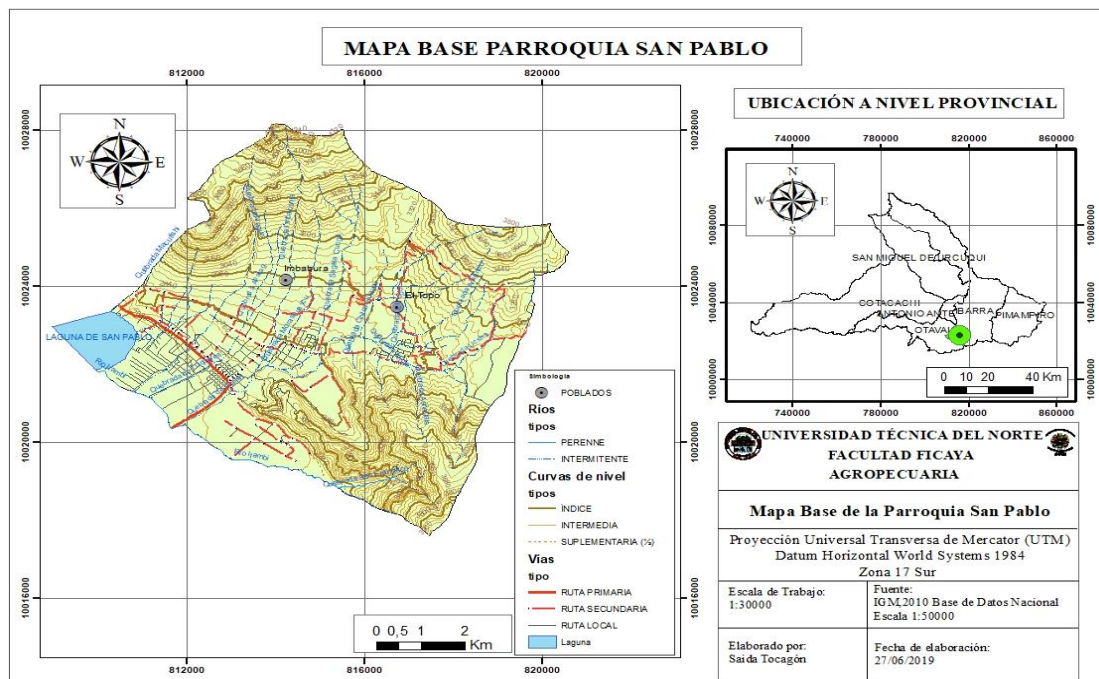
Ubicación del área de estudio	Descripción
Provincia	Imbabura
Cantón	Otavalo
Parroquia	San Pablo
Altitud	2680-3200 m.s.n.m.
Temperatura	12 -19 °C
Precipitación medio anual	750-1000 mm

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2017)

La localidad en estudio se encuentra ubicada en la provincia de Imbabura sitio donde se realizó la investigación se puede apreciar en la figura 10.

Figura 10

Ubicación geográfica de la parroquia San Pablo



3.2 Materiales y equipos

Los materiales que se utilizaron en la presente investigación para cumplir los objetivos propuestos se describen en la tabla 3.

Tabla 3

Materiales y equipos

Materiales de evaluación	Materiales de campo	Equipos
Plantas de papa	Libreta de campo	Computador
	Trampas amarillas	Estereoscopio
	Registros (INIAP)	Sensor Rugged temperature logger
	Rolopac	Cámara fotográfica
	Lupa	
	Red entomológica	
	Frascos letales	
	Etiquetas	
	Bandejas	
	Alcohol	
	Pinzas entomológicas	
	Viales de 3, 10 y 50 ml	

3.3 Métodos

El estudio fue de tipo descriptivo, se evaluaron los niveles de infestación de *B. cockerelli* S. en ocho lotes de cultivo de papa en la comunidad de Ugsha. Para registrar los datos del monitoreo en campo se utilizó la aplicación Epicollect.

3.3.1 Unidad de observación

La unidad de observación consistió en 8 lotes que fueron establecidos por pequeños productores en la comunidad de Ugsha, los lotes se seleccionaron con la condición de que no realicen altas aplicaciones de pesticidas (Tabla 4).

Tabla 4

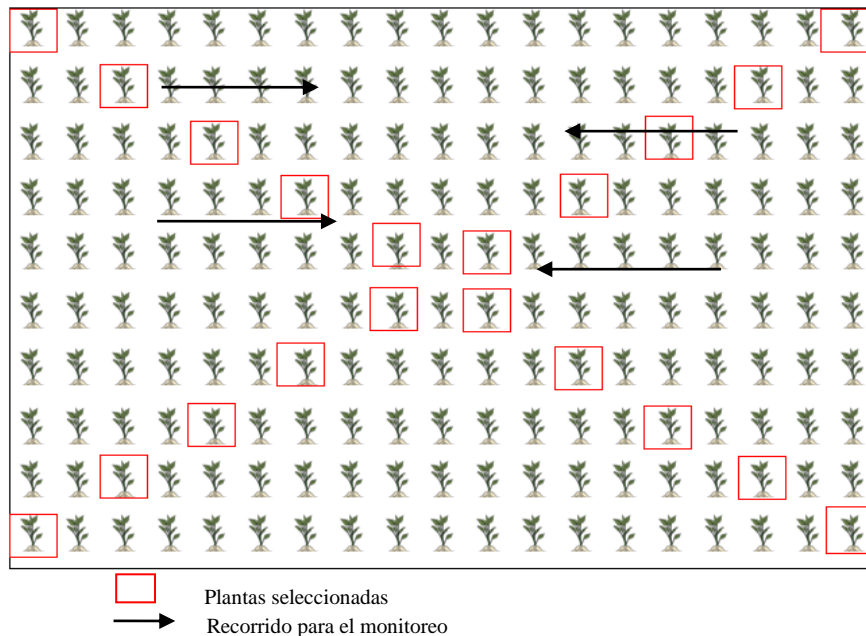
Número de lote, área y número de plantas

Número de lote	Área (m²)	Número de plantas evaluadas	Localidad	Altitud (m.s.n.m.)
1	1110	20	San Pablo, comunidad Ugsha	3162
2	480	20	San Pablo, comunidad Ugsha	3168
3	500	20	San Pablo, comunidad Ugsha	3179
4	2232	20	San Pablo, comunidad Ugsha	3180
5	240	20	San Pablo, comunidad Ugsha	3200
6	336	20	San Pablo, comunidad Ugsha	3156
7	570	20	San Pablo, comunidad Ugsha	3161
8	493	20	San Pablo, comunidad Ugsha	3150

Para el muestreo de oviposturas y ninfas se realizó el conteo en 20 plantas seleccionadas al azar en forma de X, el recorrido en el lote se hizo en forma de S para no maltratar las plantas (Figura 11).

Figura 11

Forma de muestreo de oviposturas en el lote



3.3.2 Análisis estadístico

El análisis estadístico que se realizó para las variables número de oviposturas, número de ninfas, número de adultos y entomofauna, fue a través de la prueba Kruskal Wallis, ya que los datos obtenidos en campo presentaron una amplia variabilidad y no se ajustaron a los supuestos de normalidad y homogeneidad. Para la descripción de control químico por ser una variable categórica se utilizó tablas de contingencia utilizando el chi-cuadrado (χ^2), todo esto se llevó a cabo con el programa infostat versión 2018.

3.4 Indicadores

En esta sección se indican las variables que se evaluaron según la etapa fenológica del cultivo de papa los cuales son: emergencia, desarrollo vegetativo 1, desarrollo vegetativo 2, prefloración, floración, tuberización y maduración.

3.4.1 Número de oviposturas

Las oviposturas (Figura 12) se evaluaron 30 días después de la siembra del cultivo, monitoreando cada 15 días, se seleccionaron 20 plantas por lote distribuidas en forma de X y

el recorrido se realizó en forma de S. Cada planta se observó con una lupa durante cinco minutos, iniciando con la parte apical hacia la parte basal en el haz y envés de las hojas, los conteos de oviposturas se registraron en los formatos establecidos por el INIAP (Anexo 1).

Figura 12

Monitoreo de oviposturas



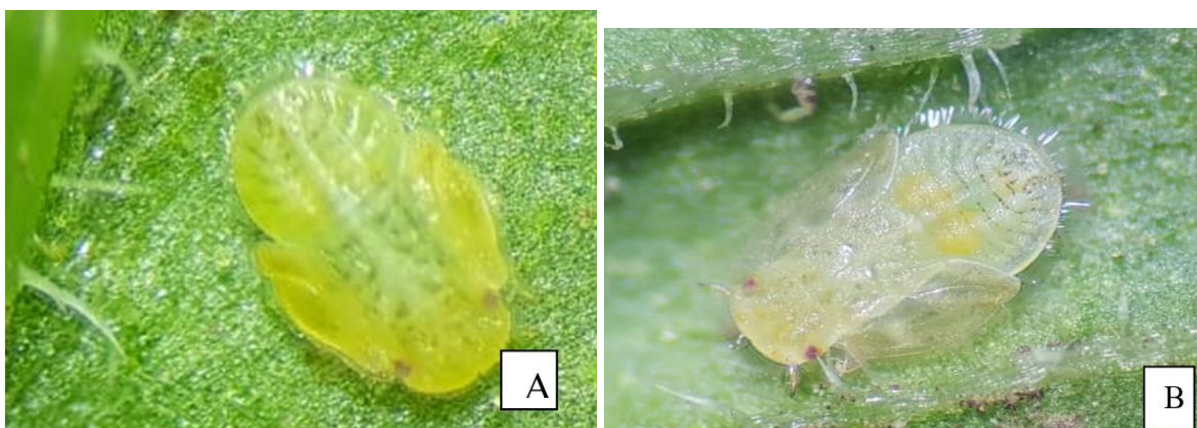
Nota. A) Conteo de oviposturas en campo, B) Huevos de *B. cockerelli* S.

3.4.2 Número de ninfas

El número de ninfas fue evaluado en las 20 plantas seleccionadas según la metodología para oviposturas, cada 15 días. El conteo se realizó en tres hojas compuestas bajas y tres de la parte media. Los estadíos a evaluar de las ninfas comprendieron el 4 – 5 instar de desarrollo (Figura 13), las mismas que se registraron en los formatos establecidos (Anexo 1).

Figura 13

Instares de desarrollo de ninfas de B. cockerelli S.



Nota. A) Cuarto instar de desarrollo ; B) Quinto instar de desarrollo.

3.4.3 Número de adultos

El conteo del número de adultos se realizó en las trampas amarillas que fueron colocadas en el borde y centro del lote, así como se observa en la figura 14. Su inicio se dio 30 días después de la siembra y fueron evaluadas cada 15 días. El número de trampas dependió del tamaño del lote y se utilizaron como referencia 8 trampas por hectárea (Cuesta et al., 2018) con un mínimo de 2 por lote.

Figura 14

Monitoreo de adultos



Nota. A) Trampa amarilla adhesiva; B) Adulto de *B. cockerelli*.

3.4.4 Síntomas de punta morada

Las plantas seleccionadas para el monitoreo de oviposturas y ninfas fueron observadas detenidamente cada 15 días para detectar los síntomas de punta morada (Figura 15) en cada uno de los lotes.

Figura 15

Síntomas de punta morada



Nota. A) Tubérculos aéreos, B) Enrollamiento de hojas, C) Tallos en zigzag, D) Entrenudos cortos.

3.4.5 Entomofauna

La evaluación de la entomofauna se llevó a cabo en la etapa floración del cultivo. Con la ayuda de una red entomológica se realizaron 3 pases al 25%, 50 % y 100% de floración (Figura 16). Las muestras colectadas se colocaron en frascos letales, los mismos que fueron transportados al laboratorio de la Universidad Técnica del Norte para su posterior categorización por orden de insecto.

Figura 16

Colecta de entomofauna en la etapa de floración



3.4.6 Descripción agronómica del cultivo

A través de encuestas cada 15 días (Figura 17), se registró datos personales del productor, características generales de lote (pendiente, tipo de suelo), cultivos aledaño, la procedencia de

semillas, frecuencia de riego, labores culturales, etapa fenológica, cultivos sembrados anteriormente y el uso de fertilizantes, fungicidas e insecticidas aplicados durante las etapas fenológicas (Anexo 2).

Figura 17

Entrevista al productor



3.5 Manejo del experimento

El monitoreo de *B. cockerelli* S. se realizó en 8 lotes de la parroquia San Pablo, para lo cual se efectuaron las siguientes actividades:

3.5.1 Selección de lotes

Para la selección de lotes fue necesario un acercamiento con técnicos del INIAP y los productores de la Asociación “Plaza Pallares” (Figura 18), posteriormente se realizó un recorrido por cada uno de los lotes en el sector “La primavera” de la comunidad de Ugsha, parroquia San Pablo.

Se seleccionaron ocho lotes con áreas de 240 a 2232 m², con base a los siguientes criterios:

- a) El lote debe pertenecer a un pequeño productor de la comunidad de Ugsha
- b) Reducidas frecuencias de aplicación de plaguicidas
- c) Compromiso del agricultor a mantener el cultivo durante la etapa de evaluación

Figura 18

Selección de productores en la asociación plaza pallares



3.5.2 Identificación de lotes

Para la identificación, se georreferenciaron cada uno de los lotes de evaluación, se registró información de: parroquia, localidad, nombre del agricultor y altitud. Los lotes fueron identificados previo al inicio del monitoreo.

3.5.3 Ubicación de la data loggers

El sensor se colocó cerca a uno de los lotes en evaluación, para lo cual se sujetó con un alambre y se colocó en el alero de una casa. Se programó el sensor para que los datos de temperatura sean tomados cada hora y al finalizar la evaluación se descargó la información.

3.5.4 Monitoreo

El monitoreo se inició 30 días después de la siembra y se realizó cada 15 días. Al ingresar a los lotes se registraron la información de longitud, latitud y altura a través de la aplicación Epicollect. Para el número de huevos se seleccionó 20 plantas al azar en forma de X en lote, posteriormente durante 5 minutos/planta se realizó el conteo con una lupa observando el haz y envés de las hojas, desde la parte apical hacia la parte basal. Para el número de ninfas, en las mismas plantas de oviposturas, se seleccionaron 3 hojas compuestas bajas y 3 hojas del tercio medio de la planta y se contabilizaron las ninfas del cuarto y quinto instar de desarrollo. El registro se realizó en los formatos establecidos por los técnicos del INIAP (Anexo 1). Para el número de adultos, se colocaron trampas en los lotes.

3.5.5 Manejo de trampas

Las trampas amarillas se colocaron en el borde y centro del lote como se observa en la figura 19, cada trampa tiene un tamaño de 10 x 26 cm, fueron colocadas a 5cm del brote apical de la planta, a medida que la planta se desarrollaba, la trampa fue reubicada. Las trampas se colectaron y se cambiaron cada 15 días, fueron envueltas en plástico rolopac debidamente identificadas con el número del lote a la que pertenecen y posteriormente fueron transportadas en un envase al laboratorio de entomología de la Universidad Técnica del Norte para la identificación y conteo del psílido y la clasificación de los insectos por órdenes.

Figura 19

Ubicación de las trampas en el lote



3.5.6 Evaluación de síntomas de punta morada

Para la detección de los síntomas característicos de punta morada, se observó detenidamente a cada una de las plantas seleccionadas para las variables oviposturas y ninfas, se observó si existe enrollamiento de hojas superiores, tubérculos aéreos, entrenudos cortos, tallos en forma de zigzag y posteriormente se registró si hay presencia o ausencia de sintomatología de punta morada en los registros establecidos (Anexo 1).

3.5.7 Manejo de la red entomológica

Durante la etapa de floración, se colectó la entomofauna presente en el cultivo. Los pases de la red entomológica se realizaron haciendo recorridos en el lote en forma de S, cada 2 surcos, cubriendo la parte central y apical de las plantas, una vez terminado este proceso por lote se colectaron los insectos y se colocaron en frascos de vidrio, posteriormente fueron transportados al laboratorio de entomología de la Universidad Técnica del Norte para identificarlos y clasificarlos (Figura 20).

Figura 20

Recolección de entomofauna en floración



3.5.8 Identificación, clasificación y conteo de insectos

La identificación de los insectos en trampas se realizó con un estereoscopio (Figura 21A), posteriormente se clasificaron según órdenes taxonómicos (Diptera, Hemiptera, Himenoptera, Thysanoptera, Coleoptera, Neuroptera y Lepidoptera). De igual forma los insectos recolectados con la red entomológica se identificaron con la ayuda del estereoscopio, luego se clasificaron en viales de 2 y 5 ml con alcohol al 70% para su conservación (Figura 21B).

Figura 21

Clasificación de insectos por órdenes taxonómicos.



Nota. A) Identificación de insectos en trampas, B) Clasificación de insectos en viales.

3.5.9 Descripción agronómica del cultivo

El manejo agronómico del cultivo se registró a través de encuestas a los productores cada 15 días (Anexo 1), recolectando la siguiente información.

- a) **Ubicación del lote:** Se registraron datos de: provincia, cantón, parroquia, localidad, nombre del agricultor, latitud, longitud y altitud.
- b) **Datos generales del lote:** Cultivo anterior, etapa fenológica (emergencia, desarrollo vegetativo 1, desarrollo vegetativo 2, prefloración, floración, tuberización, maduración), precipitación (sí, no), pendiente (quebrado, ondulado, plano).
- c) **Controles fitosanitarios:** Los controles fitosanitarios se realizaron independientemente por los productores, con la ayuda de una bomba de mochila y los productos aplicados fueron en base a su experiencia con cultivos anteriores o indicaciones de las casas comerciales. Se registró y clasificó la información de fungicidas, insecticidas y fertilizantes.
- d) **Labores culturales:** Fecha de siembra, variedad, riego, aporque, limpieza de malezas, fertilización.

3.5.10 Datos climáticos

- Temperatura

El registro de temperatura se realizó con un data logger, el equipo se ubicó cerca de uno de los lotes que se encontraban en evaluación (Figura 22). El sensor fue programado para tomar datos cada hora y toda la información se descargó una vez terminada la evaluación. Se expresó en grados centígrados (°C) por días después de la siembra, se consideró las temperaturas máximas, medias y mínimas por día.

Figura 22

Ubicación de la data logger



- Precipitación

Los datos de precipitación se estimaron diariamente, para lo cual se descargó en formato Excel del programa NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources (NASA POWER Project), la información se expresó en mm por días después de la siembra.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Número de oviposturas

Para el estudio de la variable número de oviposturas se determinó analizar los resultados desde tres perspectivas; primero, las etapas fenológicas del cultivo, segundo las variedades de papa sembradas en los lotes y tercero, los muestreos según los días después de la siembra.

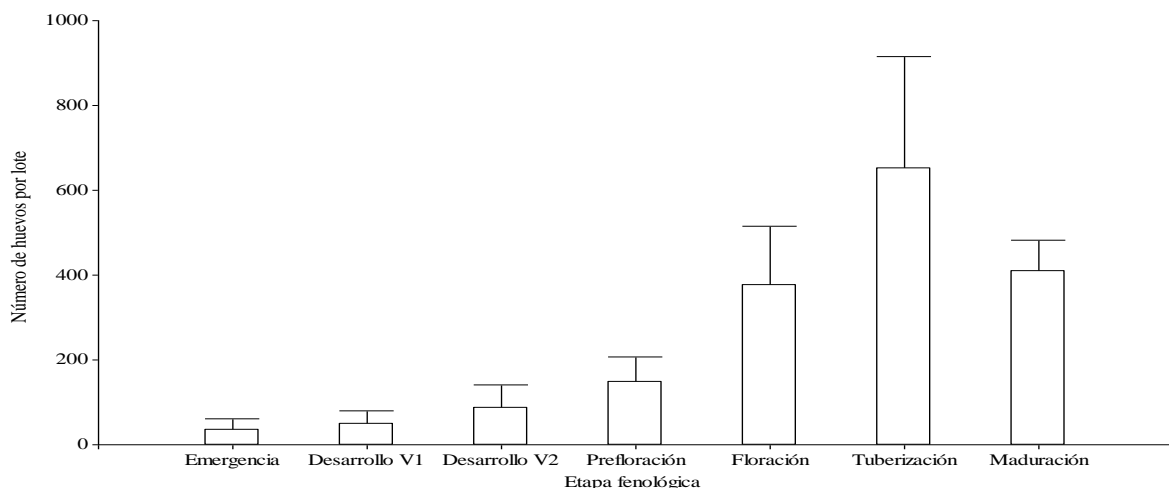
4.1.1 Número de oviposturas por etapas fenológicas

Al realizar el análisis estadístico a través de la prueba de Kruskal Wallis, se determinó que existe diferencias significativas entre el número de huevos ($p < 0.0001$) con respecto a las etapas fenológicas que comprende el cultivo de papa, las cuales son: Emergencia, desarrollo vegetativo 1 (DV1), desarrollo vegetativo 2 (DV2), prefloración, floración, tuberización y maduración.

En la figura 23 se observa que la presencia de huevos está directamente relacionada con el desarrollo del cultivo, es así que, el orden de las medias va en ascenso. Según la planta cumple con sus ciclos fenológicos en las tres primeras etapas (Emergencia, DV1 y DV2) se presenta un conteo promedio que no supera las 87 unidades; pero esta cifra llega a incrementarse en prefloración con 61 oviposturas más que en las etapas iniciales, seguido de floración que se observa un incremento de 228, en tuberización el número asciende en 276 siendo este el mayor incremento observado, alcanzando un máximo de 653 unidades y con un leve descenso de 244 en la etapa final que comprende maduración.

Figura 23

Número de huevos por etapa fenológica

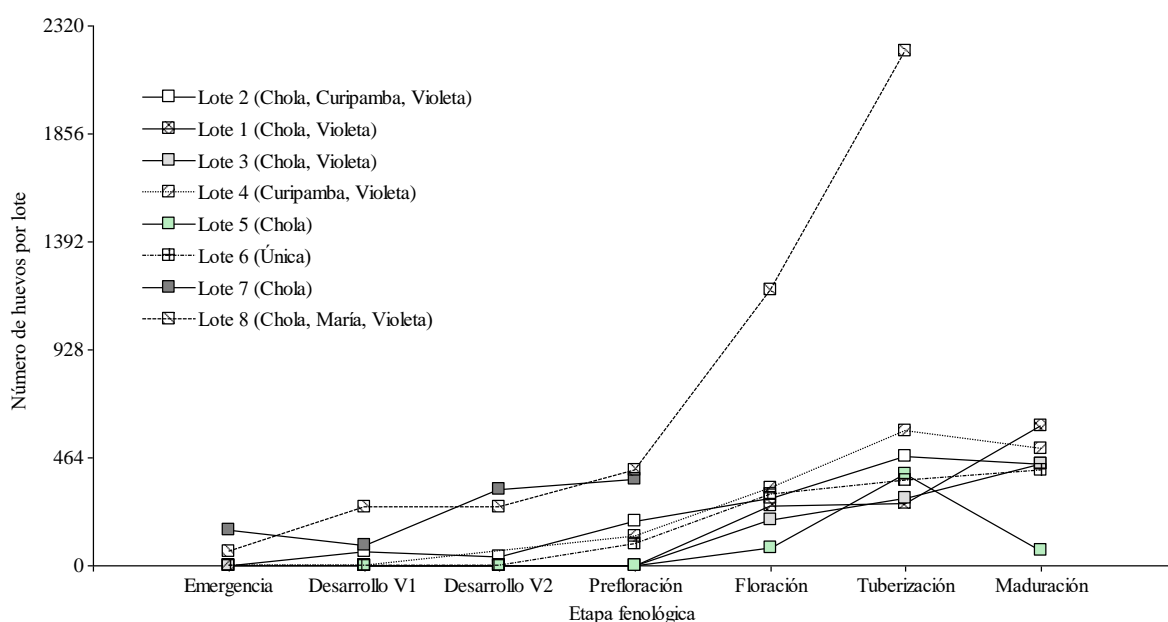


4.1.2 Número de oviposturas según las variedades por lote

Con respecto a los lotes estudiados, la prueba de Kruskal Wallis no muestra diferencias significativas para presencia de huevos ($p=0.3889$), recalcando que se utilizaron tres lotes con siembra individual y cinco lotes donde se asociaron entre dos y tres variedades, determinando que la presencia del psílido no depende de las variedades utilizadas.

Figura 24

Número de huevos por variedades por lote



En la figura 24 se observan diferencias numéricas de los promedios, donde la combinación de variedades Chola, María y Violeta mantiene la más alta presencia de huevos con un total de 2300 y una media de 728 en tuberización, demostrando de esta manera ser hasta seis veces superior con respecto de la siembra individual de un lote de la variedad Chola. Esta es la mayor diferencia entre los lotes, en tanto que, comparada con la siembra conjunta de Chola – Violeta (lotes 1 y 3) y Curipamba – Violeta (lote 4) son entre cuatro y tres veces superior para siembra individual de la variedad Chola.

4.1.3 Número de oviposturas por días después de la siembra

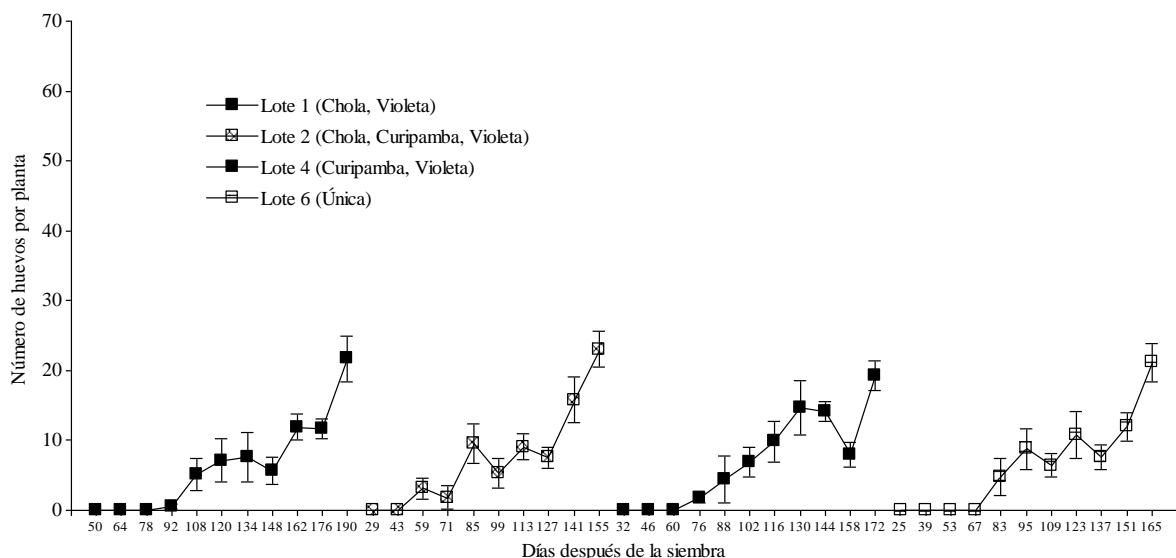
La prueba de Kruskal Wallis muestra que existe diferencias estadísticas significativas ($p<0.0001$) para el ritmo de ovoposición por días de conteo a lo largo del período del cultivo, lo que determina que la presencia del fitófago depende de los días después de la siembra.

Los días de muestreo que coinciden con mayor conteo del psílido son los estados fenológicos de floración, tuberización y maduración, que en el presente estudio están dentro de los días de conteo 80 – 167 aproximadamente. Para que exista mayor facilidad de comprensión de esta variable se ha graficado el ritmo de ovoposición en dos grupos, donde el primer grupo tiene los conteos bajos y de cierta forma uniforme y similar; en tanto que en el segundo grupo están los lotes que mostraron ovoposición más variable.

Con respecto a los conteos iniciales, el lote que muestra datos representativos de manera temprana es el lote 2 que registra 3 individuos por planta en el día 59 siendo la etapa de desarrollo vegetativo 1, seguido de los lotes 4, 6 y 1 con 2, 5 y 1 huevos/planta a los 76, 83 y los 92 días después de la siembra respectivamente. Además, se puede observar que entre los lotes mencionados no se evidencian conteos que superen los 23 individuos por planta (Figura 25).

Figura 25

Ritmo de ovoposición, lotes 1, 2, 4 y 6

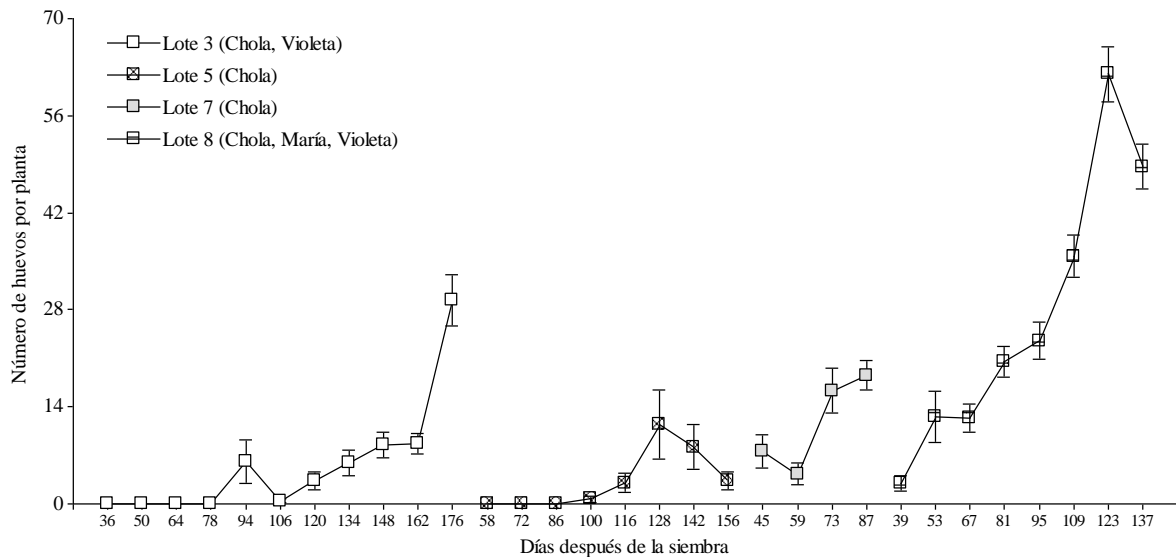


En la figura 26, se puede observar el ritmo de ovoposición para los lotes 3, 5, 7 y 8 donde únicamente el lote 8 presenta un total de 62 ovipositoras/planta, siendo esta la cifra más alta de colecta para todos los grupos estudiados; este máximo conteo tiene lugar el día 123 (tuberización). El segundo conteo más alto para este grupo corresponde al lote 3, el cual llega a 29 huevos en 176 días (maduración). Además, es necesario destacar que en los lotes 5 y 7 se evidencia la presencia más baja de *Bactericera cockerelli* S. durante el ciclo de cultivo, siendo

así considerado como los conteos más altos 11 y 19 respectivamente y que evidentemente muestra una diferencia de 51 y 42 oviposturas con respecto al lote 8.

Figura 26

Ritmo de ovoposición de los lotes 3, 5, 7 y 8.



Los resultados obtenidos del número de huevos por etapas fenológicas es que, en siete de los ocho lotes evaluados en el presente estudio y específicamente en floración no superan las 10 oviposturas/planta. Estos datos son similares con los que reporta Espinoza (2020), donde obtiene conteos entre 3 y 10 huevos/ planta en la etapa de floración con tratamientos manejados con y sin insecticidas. Además, menciona que el incremento poblacional del insecto después de floración probablemente sea por la preferencia de oviposición del adulto, ya que la etapa mencionada es más atractiva para el insecto por la producción y movimiento de azúcares hacia los tubérculos.

Asimismo, Toledo (2019) manifiesta que los factores climáticos influyen en la presencia de una mayor o menor población de *B. cockerelli*, de tal forma que, disminuyen cuando incrementa la precipitación, sin embargo, lo mencionado no concuerda con en el presente estudio, ya que, las altas precipitaciones se presentaron en los meses de octubre, noviembre y diciembre con 125, 212 y 132 mm respectivamente y a su vez coincidiendo con floración y tuberización que fueron las etapas donde se observó el mayor incremento con 377 y 653 oviposturas respectivamente.

Según lo descrito en las gráficas anteriores la mayor presencia de oviposturas se observaron en floración y tuberización con 377 y 653 unidades respectivamente, esto se debe según

Valverde, Virla y Van (2017) a que las fases mencionadas son períodos de gran importancia por el nivel de actividad fotosintética y floración, de tal forma que son atractivas para los insectos, sin embargo encontraron un promedio de 0.33 y 0.07 huevos en floración y fructificación siendo menor a lo reportado en el presente estudio.

En la dinámica de oviposturas se observa una tendencia progresiva con respecto a las etapas fenológicas del cultivo, por lo tanto, la mayor población de huevos se concentraron en floración y tuberización, que son fases que disponen de mayor área foliar y son más atractivas para el psílido (Espinoza, 2020), de tal forma que las fases del cultivo afectan fuertemente en la presencia o ausencia de insectos, así lo confirman Prager et al. (2014) y Quesada (2011) quienes señalan que la fenología de la planta hospedante y su disponibilidad cumplen un papel importante en el ciclo de vida de los insectos, de tal manera, que las hembras al ovopositar aseguran su supervivencia, desarrollo y reproducción de la descendencia con alimentos ricos en Nitrógeno (Rosset, 1988).

4.2 Número de ninfas

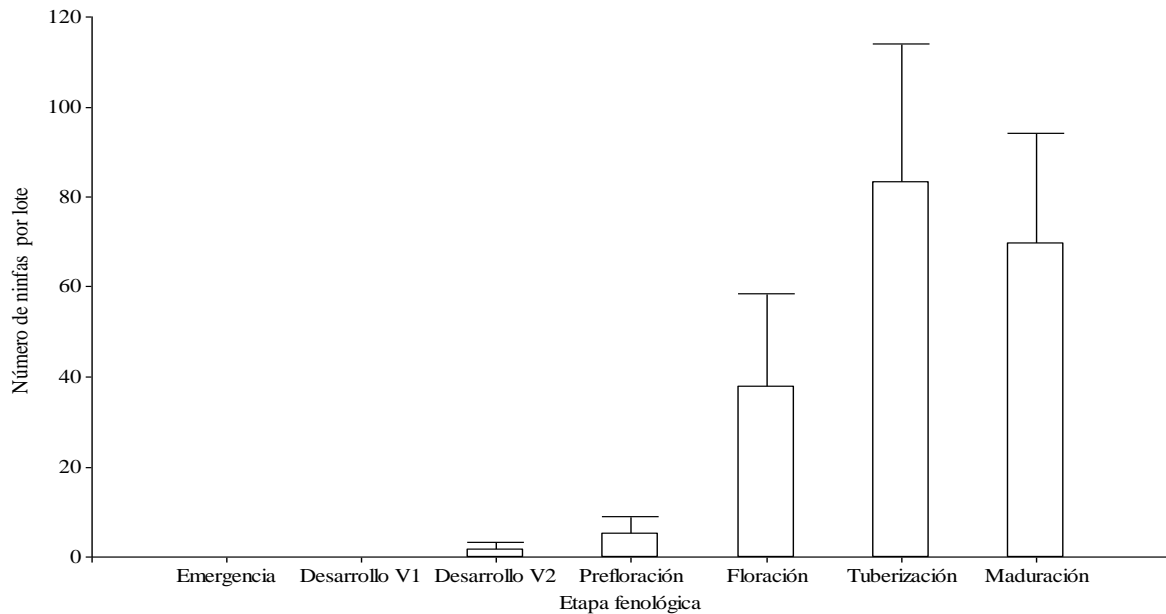
Para el análisis de la variable número de ninfas, se ha estructurado tres componentes los cuales comprenden el estudio de muestreo para: a) etapas fenológicas del cultivo excluyendo variedades, b) etapas fenológicas y lotes, donde se verifica la relación entre variedades y el desarrollo del cultivo y c) días después de la siembra.

4.2.1 Número de ninfas por etapas fenológicas

Los resultados de la prueba de Kruskal Wallis para el número de ninfas según las etapas fenológicas del cultivo de papa, determina que existe diferencias estadísticas ($p < 0.0001$). Este resultado es lógico puesto que el área foliar es determinante para la presencia del psílido.

Figura 27

Número de ninfas por etapa fenológica



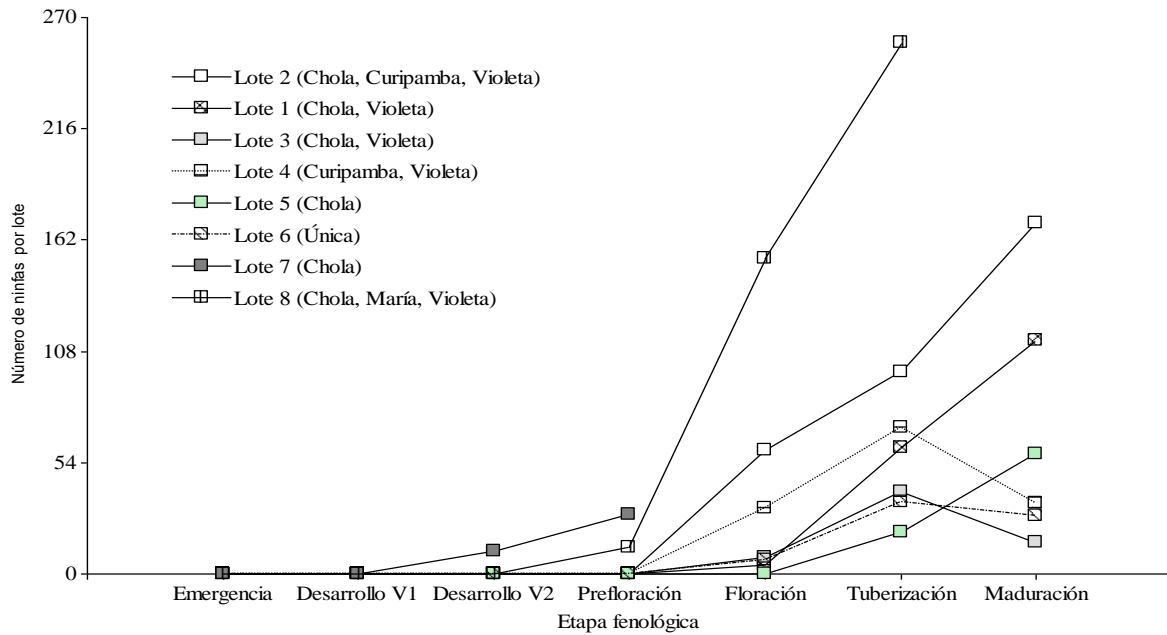
Es importante manifestar que en la fase de emergencia y desarrollo 1 no se evidenciaron la presencia de ninfas. Esta situación es una dinámica lógica, ya que corresponde a los conteos más bajos de huevos, seguido de la fase de desarrollo vegetativo 2 con la presencia de 2 ninfas. Para las siguientes etapas la tendencia es creciente observando un aumento en prefloración con 3 individuos más que en la etapa anterior, mientras que, para floración la cantidad se eleva en 32 ninfas, tuberización con un aumento de 45 insectos siendo este el mayor incremento observado con un total de 83 y finalmente maduración con un leve descenso de 13 ninfas (Figura 27). Esta disminución podría deberse según Prager et al. (2014) a que las hojas maduras son menos apetecibles para los psílicos, de tal forma que no se alimentan con frecuencia. Además, Liu y Trumble (2006) señalan que las etapas de crecimiento de las plantas proporcionan un atractivo diferente para los psílicos, encontrando diferentes densidades conforme la planta cumple con su ciclo fenológico.

4.2.2 Número de ninfas por lote y etapa fenológica

La prueba Kruskal Wallis para los lotes en comparación con la etapa fenológica del cultivo denota que no existen diferencias estadísticas ($p=0.4728$), lo cual determina que los conteos del psílido por cada fase de desarrollo del cultivo no son diferentes entre los lotes de siembra.

Figura 28

Número de ninfas por lote y etapa fenológica



En la figura 28 se observa que los conteos de ninfas en todos los lotes, en sus etapas iniciales: emergencia, desarrollo 1 y desarrollo 2, resultaron nulos, a excepción del lote 7 que en el desarrollo 2 se contabilizaron 11 especímenes, lo que infiere que existe una reducción con respecto a la ovoposición, puesto que en la anterior etapa se llegó a contabilizar una media de 400 huevos en desarrollo 2, es decir que, hubo una reducción del 97% de huevos a ninfas. Para la fase de prefloración en los lotes del 1 al 6, no hay registro del fitófago, pero los lotes 7 y 8 muestran conteos de 29 y 13 ninfas respectivamente.

Para la etapa de floración el conteo se incrementa considerablemente, evidenciando la más alta presencia en el lote 8 con 153 especímenes. Seguido se encuentran los lotes 2 y 4 que presentaron apenas el 32 y 21% respectivamente del valor del lote con más ninfas encontradas, mientras que en los lotes 1, 3, 5, 6 se encontraron nada más el 5% de ninfas.

Para la etapa tuberización el incremento es más evidente, debido a que el lote 8 presenta el mayor número con 258 especímenes/lote, seguido de los lotes 2, 4 y 1 con 98, 71 y 61 individuos respectivamente, mientras que los lotes 3, 5 y 6 el número de insectos no superan las 40 ninfas.

En la etapa final de maduración la tendencia sigue en aumento, puesto que, el lote 2 presenta el mayor número con 170 ninfas/lote. Seguido se encuentran los lotes 1 y 5 con 113 y 58

ninfas, mientras que, los lotes 3, 4 y 6 no superaron las 34 unidades. Asimismo, los registros más bajos corresponden a los lotes 1 y 7 con 4 y 7 ninfas respectivamente. Estas cifras bajas son similares con los resultados obtenidos por Wenninger et al. (2017) quienes en su estudio para monitoreo de los estadios de *Bactericera cockerelli* S. en cultivos de papa, evidenciaron la presencia no más allá de 15 ninfas al final de la temporada (maduración). Además, mencionan que, la abundancia de psílicos incrementó gradualmente durante cada temporada de crecimiento del cultivo con una alta disminución en la temporada de cosecha.

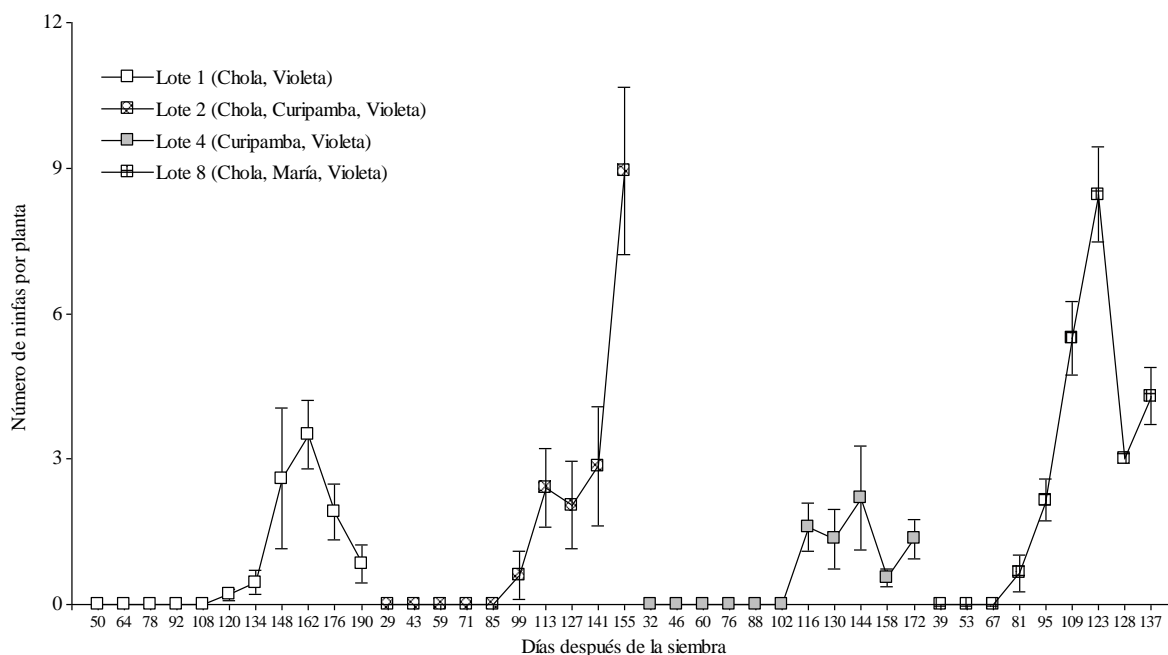
4.2.3 Número de ninfas por días después de la siembra

El análisis estadístico para la variable número de ninfas por días después de la siembra, evidencia diferencias estadísticas significativas ($p < 0.0001$). Los conteos son registrados desde 25 días después de la siembra hasta el 190.

Para mayor factibilidad de análisis de la presente variable se procedió a graficar los distintos lotes en dos grupos. La figura 29 muestra la presencia de ninfas a lo largo del cultivo, puesto que los lotes 1, 2, 4 y 8 fueron sembrados de manera conjunta entre dos y tres variedades. Este grupo de análisis muestran los conteos más elevados, ya que, corresponden a los lotes 2 y 8, y a su vez presentan las medias más altas para los días 155 y 123 respectivamente (maduración y tuberización), con 9 y 8 ninfas por planta colectadas. Estos dos lotes pertenecen a la siembra conjunta de tres variedades, dicho de otra manera, la siembra conjunta coincidió con los conteos más elevados del psílido, mientras que los lotes 1 y 4 representan únicamente el 44 y el 22% respectivamente del conteo más alto.

Figura 29

Número de ninfas por día de muestreo, lotes 1, 2, 4, y 8.

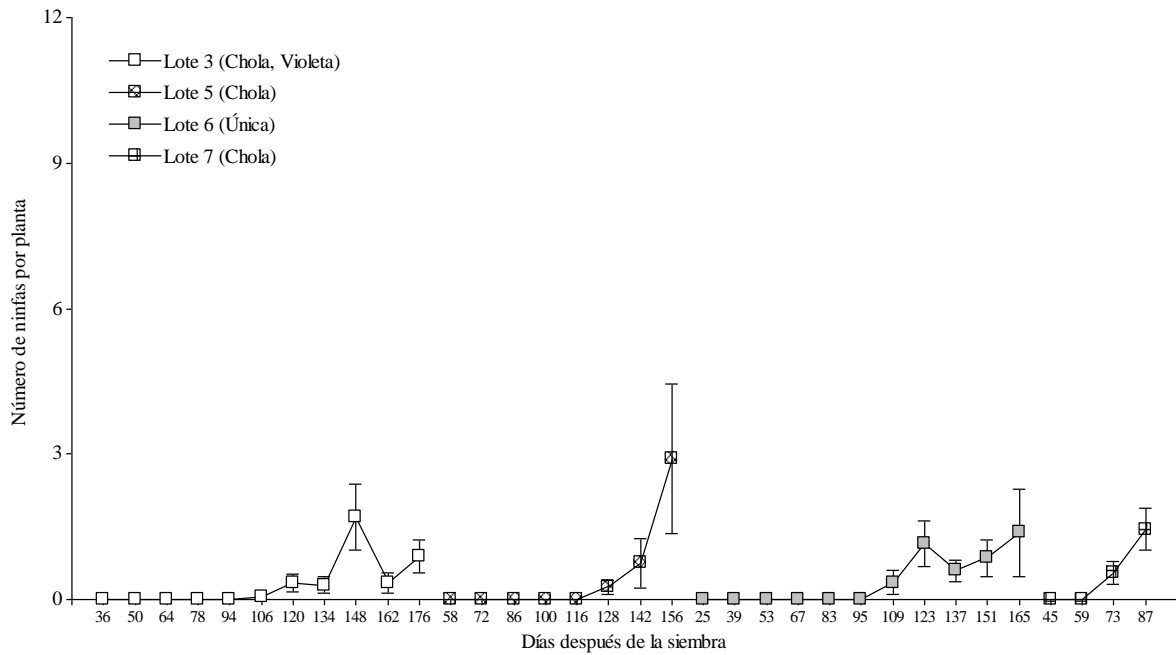


En la figura 30 se puede observar el conteo diario para los lotes 3, 5, 6, y 7 los cuales corresponden a los que fueron sembrados con una sola variedad a excepción del lote 3 que mantuvo dos variedades, en este agrupamiento de análisis es necesario informar que son los que muestran menor presencia del fitófago, ya que se encontraron 5 ninfas/planta menos con respecto al número más alto encontrado entre los lotes de 1, 2, 4 y 8.

Los conteos máximos en este grupo, muestra el lote 5 con 3 especímenes por planta a los 156 días (maduración) en tanto que los otros tres lotes mantienen cifras similares, donde lote 3 presenta 2 unidades a los 148 días después de la siembra (tuberización). Los lotes 7 y 6 evidencian el conteo máximo de 1 a los 87 y 165 días después de la siembra, correspondiendo las etapas de prefloración y maduración.

Figura 30

Número de ninfas por día de muestreo, lotes 3, 5, 6 y 7.



La cantidad de ninfas encontradas por planta es relativamente baja en todos los lotes, ya que, varían de 1 a 9 ninfas, con estos datos se podría inferir que hubo una alta mortalidad de ninfas de los primeros instares, como lo mencionan Xiang y Tong (2009) y Liu y Trumble (2006) quienes encontraron una alta mortalidad (73%) en ninfas desde el primer al tercer instar de desarrollo, estas situaciones podrían ser las causas del bajo número de ninfas por planta encontradas en la presente investigación, sin embargo, esta población baja encontrada puede ser suficiente para causar sintomatología de punta morada como lo señalan Rubio et al. (2006) que, con cantidades de 1 a 25 ninfas/planta son suficientes para observar la presencia de síntomas en el cultivo.

Además, se podría atribuir que hubo una alta mortalidad de huevos ya que, en la figuras descritas anteriormente se observa que la mayor población de oviposturas (653) fue en tuberización mientras que el número de ninfas en la misma etapa fue de 83, es decir que hubo una mortalidad del 87%, de tal forma, se infiere que las oviposturas que se encontraban en el haz de las hojas (Knowlton y Janes, 1931) y al estar expuestas directamente a radiaciones solares sufren una rápida deshidratación reduciendo la viabilidad (Giordannengo et al., 2013).

La presencia de ninfas en las etapas iniciales fue nula y se observaron a partir de la etapa DV2 (60 -75 días después de la siembra) con aproximadamente 1 ninfa/planta, estos datos encontrados son similares a lo descrito por Walker et al. (2011) quienes monitorearon huevos, ninfas y adultos de *B. cockerelli* S. durante nueve meses en el cultivo de papa y reportaron ausencia de ninfas en las etapas iniciales y observaron presencia de 1 ninfa/planta. Sin

embargo, reportaron una alta presencia de aproximadamente 100 ninfas/planta al final del cultivo.

El mayor incremento del número de ninfas se observa a partir de las fases de floración (38), tuberización (83) y maduración (70) del cultivo, estos datos son superiores a los reportados por Espinoza (2020) quien obtiene un promedio de 6 ninfas para floración, 8 para tuberización y 11 para maduración, destacando que la planta es más vulnerable al ataque del insecto a partir de floración.

Con los resultados obtenidos en cuanto a ninfas por planta, se observa que el 75% de los lotes evaluados no superan las 3 unidades/planta, de tal forma que, la población de ninfas muestreadas fue baja., estos datos tienen similitud a los conseguidos por Tipanluisa, (2020) quien reporta un promedio de 2 ninfas a los 160 días después de la siembra para el testigo y para un tratamiento con Dimetil Sulfóxido, para la variedad Superchola de procedencia de productores (semilla seleccionada) con antecedentes de punta morada.

4.3 Número de adultos

Para determinar la presencia de adultos se establecieron tres componentes de análisis que incluye: a) conteo para etapas fenológicas, b) presencia de adultos por etapa fenológica por lote y c) por día después de la siembra.

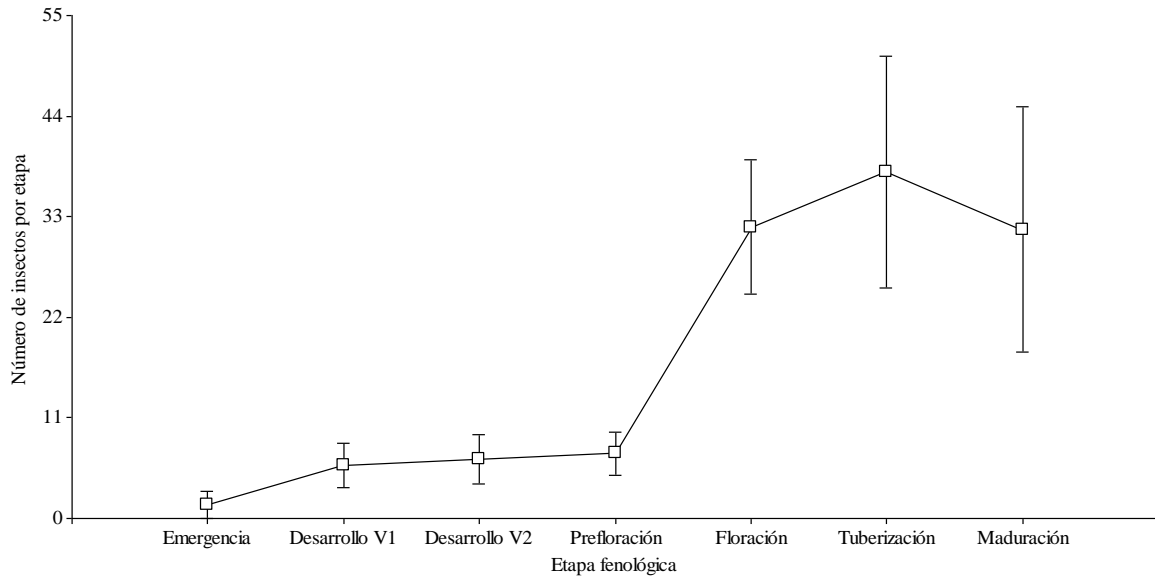
4.3.1 Número de adultos por etapas fenológicas

La prueba de Kruskal Wallis para la presencia de adultos por etapa fenológica del cultivo muestra que existe diferencias estadísticas significativas ($p=0.0009$), lo que determina que el psílido en fase de reproducción sexual su presencia es determinante a la fase de desarrollo de cultivo, para lo cual el análisis a conformado dos grupos homogéneos que coinciden las primeras 4 fases para los conteos mínimos y las tres últimas fases para los conteos máximos.

En la figura 31 se observa la distribución de los adultos de *Bactericera cockerelli* S. en las diferentes etapas fenológicas del cultivo de papa, donde el análisis estadístico denota la conformación de dos grupos homogéneos, los cuales se ordenan según el desarrollo del cultivo, es decir, el primer grupo va desde emergencia a prefloración y el segundo grupo comprende desde floración a maduración.

Figura 31

Número de insectos adultos de *Bactericera cockerelli* S. por etapa fenológica.



Las primeras fases de desarrollo del cultivo que comprenden emergencia hasta prefloración presentan datos similares, donde las medias varían desde 2 a 7 insectos. Estos resultados denotan que estas fases la presencia es relativamente baja y son etapas donde se podrían implementar estrategias de control.

Para la etapa de floración el conteo prácticamente se aumenta cuatro veces pasando de 7 a 32 individuos, es decir hubo un incremento de 25 insectos. El motivo principal sería que los psílidos encuentran mayor área foliar en el cultivo. Para tuberización se observa un incremento de 6 individuos y es la fase de mayor presencia de *Bactericera cockerelli* S. llegando a contabilizar 38 adultos, mientras que para la etapa final que corresponde a maduración, la presencia del fitófago disminuye a niveles similares a la fase de floración, observando 32 individuos. Esta situación se corrobora con lo reportado por Toledo (2019) quien menciona que adultos del psílido se encuentran principalmente en las etapas vegetativas y reproductivas del cultivo, debido a que en estas fases existe mayor presencia de tejidos jóvenes facilitando así su alimentación.

4.3.2 Número de adultos por etapa fenológica por lote

La prueba de Kruskal Wallis para la presencia de adultos en las distintas etapas fenológicas en los ocho lotes de muestreo resultó que no existen diferencias estadísticas ($p=0.4438$), lo que indica que la presencia de *Bactericera cockerelli* S. entre las etapas de desarrollo del cultivo es indistinto entre los lotes que contiene las variedades sembradas.

En la figura 32 se observa la dinámica de la presencia de adultos de *Bactericera cockerelli* S. para las distintas etapas fenológicas de los lotes de siembras utilizados para el muestreo, donde se denota la mínima presencia del psílido para la etapa de emergencia siendo únicamente el lote 2 donde se evidencia un conteo de 3 individuos. Mientras que en la fase de desarrollo 1, el lote 4 es el que mayor cantidad de individuos contiene con 16 especímenes, seguido de los lotes 7 y 8 que presentan 6 y 7 individuos respectivamente, en cambio los lotes 3 y 6 no tienen presencia del insecto.

Para las fases de desarrollo 2 y prefloración las capturas son similares, puesto que, los máximos conteos del fitófago llegan a 19 y 17 individuos respectivamente, estos conteos pertenecen a los lotes 7 (desarrollo 2) y 8 (prefloración).

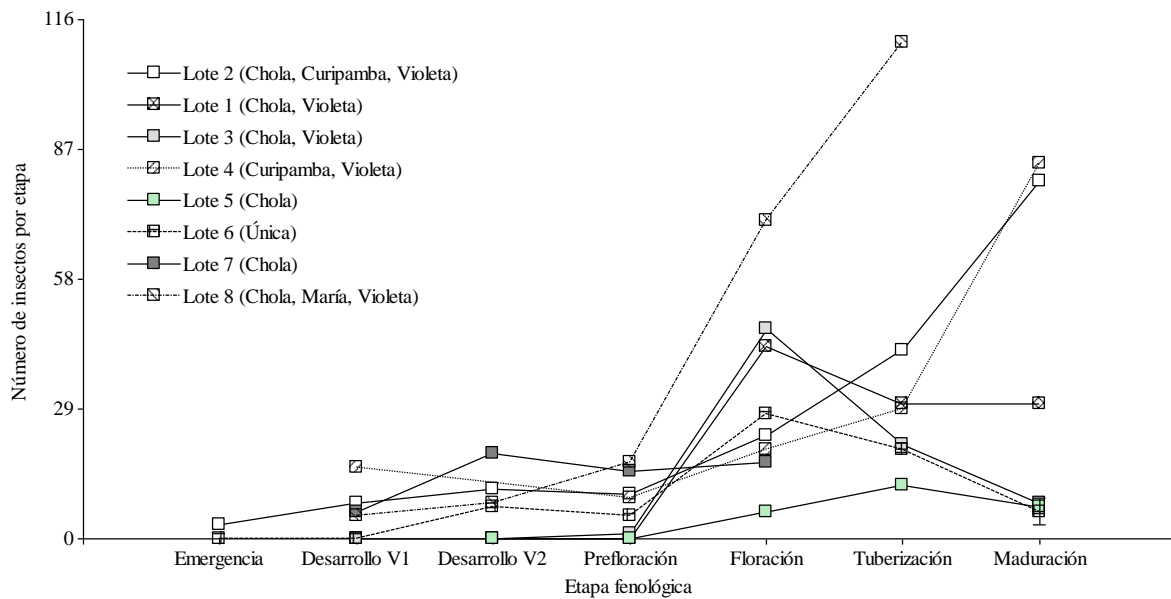
Para la etapa de floración se observa que, el número de adultos por trampa en los distintos lotes se incrementan considerablemente, alcanzando un máximo de 71 adultos correspondiente al lote 8. El lote que registra el mínimo conteo es el 5 representando apenas el 8% de individuos con respecto al máximo de individuos del lote 8. Los lotes restantes varían desde los 17 hasta los 47 especímenes.

En tuberización la tendencia creciente únicamente la presentan los lotes 8, 3, 4 y 5 con un total máximo de 111 insectos del lote 8, a comparación de los lotes 1, 2 y 6 que la tendencia fue decreciente.

La última fase fenológica de maduración los registros ascienden únicamente de los lotes 2 y 4 con 80 y 84 insectos capturados respectivamente, seguido del lote 1 con 30 insectos capturados, mientras que, los conteos mínimos pertenecen a los lotes 3, 5 y 6 los cuales presentan conteos de 8, 7 y 6 individuos correspondientemente.

Figura 32

Número de insectos adultos de Bactericera cockerelli S. por lote.



4.3.3. Número de adultos por días después de la siembra por trampa

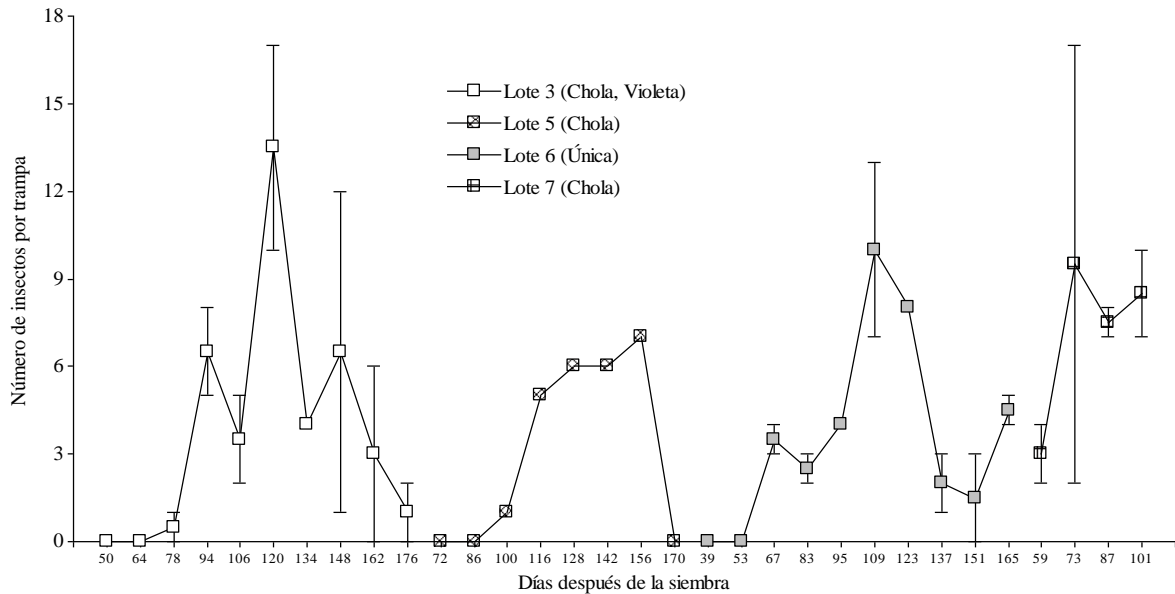
En los conteos diarios del psílido, mediante la prueba de Kruskal Wallis indica que existe diferencias estadísticas significativas ($p=0.0015$), esto determina que la presencia de *Bactericera cockerelli* S. depende del día en que se realizó el conteo.

Para facilidad de análisis se han agrupado los lotes en dos segmentos, el primero (Figura 31) corresponde a los lotes que fueron sembradas con una única variedad a excepción del lote 3 que contiene dos variedades; en tanto un segundo segmento (Figura 33) donde se observa el dinamismo de los adultos del psílido para los lotes que contienen la asociación de dos y tres variedades.

En la figura 33 se observa la dinámica de adultos en los lotes 3, 5, 6 y 7 los cuales obtuvieron los conteos más bajos, donde únicamente el lote 3 presenta 14 individuos por trampa hasta el día 120 que el cultivo se encuentra en etapa floración, mientras que los demás lotes en los mismos días no superan las 10 unidades.

Figura 33

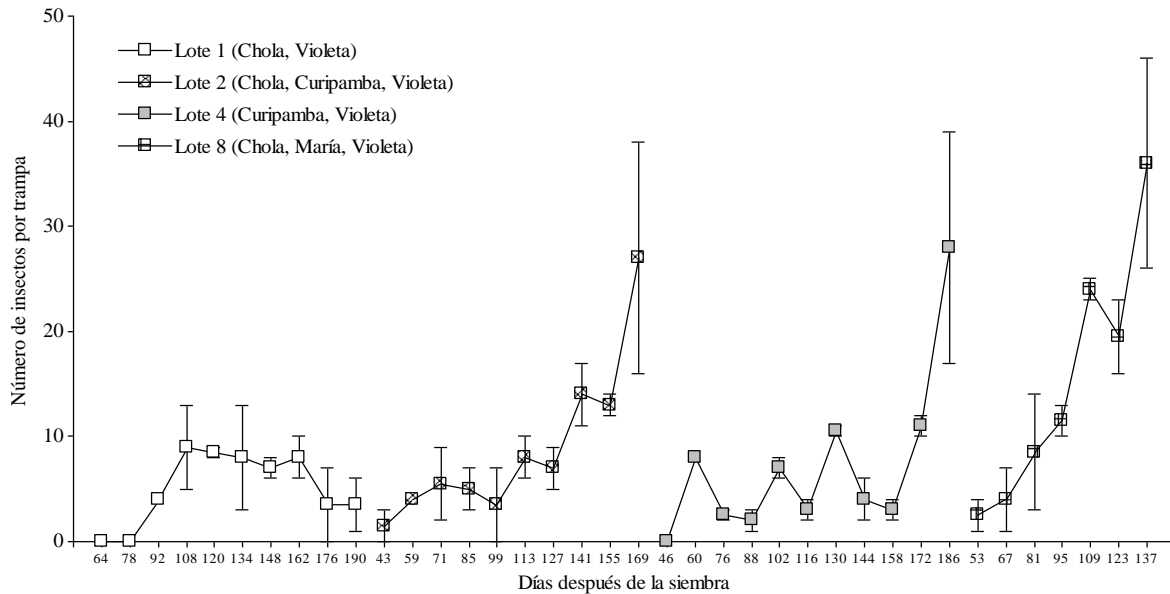
Número de adultos por día de muestreo, lote 3, 5, 6 y 7.



En la figura 34 se observa el comportamiento de los adultos de *Bactericera cockerelli* S. para los lotes 1, 2, 4 y 8, los cuales contienen la siembra asociada de dos y tres variedades que resultaron con las lecturas más altas del psílido. La tendencia de los cuatro lotes es creciente siendo el lote 8 el que mayor número de insectos presenta con 3 individuos en el día 53 incrementado 9 insectos hasta el día 95 llegando a un máximo de 24 insectos por trampa al día 109 con un descenso de 4 adultos para el día 123 y con un nuevo aumento 16 adultos por trampa para el día 137, siendo tres veces superior al lote con mayor presencia del insecto en lotes de siembra de una sola variedad. Para los lotes 2 y 4 la dinámica poblacional del insecto es muy variada, presentando ascensos y descensos según transcurren los días observando los conteos máximos de 27 y 28 adultos para los días 169 y 186 respectivamente. Mientras que el lote 1 el conteo máximo es de 9 adultos en los días 108 y 120, presentando dos descensos en los siguientes días, el primer descenso es de 1 insecto hasta el día 162 y el segundo con 4 hasta el día 190.

Figura 34

Número de adultos por lote por días después de la siembra, lotes 1, 2, 4 y 8.



En el presente estudio el número de adultos varía de 1 a 36 individuos/trampa, entre los 53 y 137 días después de la siembra (tuberización) siendo esta población inferior a lo reportado por Walker et al. (2013) quienes en un ensayo para monitoreo de *Bactericera cockerelli* S. en cultivo de papa, obtuvieron un conteo entre 1 y 50 insectos/trampa, puesto que la mayor población se presentó a los 110 días después de la siembra (floración) con un promedio de 50 adultos/trampa, descendiendo las capturas a 17 individuos en promedio a los 124 días (tuberización).

El mayor número de ovipositoras, ninfas y adultos encontrados en la presente investigación se presentan en la etapa de tuberización, donde las ovipositoras alcanzan un número de 653, mientras que el número de ninfas fue de 77 es decir hubo una reducción del 88%, y para el número de adultos se encontró un total de 32 individuos es decir la mortalidad fue del 95% con respecto al número de huevos. Esta situación de una alta mortalidad lo confirman Xiang y Tong (2009), Liu y Trumble (2006) quienes reportan que, en las etapas iniciales del insecto la mortalidad es de hasta un 73% en ninfas del primer a tercer instar de desarrollo.

En la investigación desarrollada por Cameron et al. (2009) informan que para la etapa fenológica de prefloración mantiene registros que van desde 1.07 a 3.67 adultos/trampa en tres días consecutivos de conteos, siendo estos resultados hasta 50% inferiores a los registrados en el presente estudio, ya que, el número de insectos encontrados en la etapa mencionada fue de 7 adultos. Pero el mismo autor reporta que para la fase de maduración

obtiene conteos de hasta 34 adultos/trampa, resultado que es similar a los datos obtenidos en esta investigación, ya que se reportó un total de 32 adultos en la misma etapa.

Además, en la investigación realizada por Rubio et al. (2006), se muestrearon semanalmente insectos adultos de *B. cockerelli* S. en el cultivo de papa, encontrando un promedio de 48 adultos/trampa a una altitud de 1714 m.s.n.m. con temperatura media de 21 °C durante el ciclo del cultivo. Esta situación sugiere que el insecto tiene preferencia por climas más cálidos entre 25 y 27 °C (Abdullah, 2008) y de menor elevación (Wenninger et al., 2017; Rubio et al., 2006). Sin embargo, en este estudio con temperatura media de 15°C y con altitudes de entre 3150 y 3200 m.s.n.m se reportan el promedio más alto únicamente del lote 8 con total de 36 adultos/trampa, mientras que los demás lotes oscilaron entre 7 y 28 adultos/trampa, de tal forma que se reporta la presencia del insecto en climas fríos.

Munyaneza et al. (2012) señalan que la temperatura juega un papel importante en la presencia de adultos, ya que en las etapas iniciales del cultivo encontraron un bajo número variando entre 1 y 9 adultos por trampa hasta 90 días después de la siembra con temperaturas entre 20 y 32 °C, señalando que 32°C son perjudiciales para el psílido, la temperatura de la investigación se encuentra dentro del rango mencionado, es así que, a 21°C el conteo osciló entre 2 y 7 individuos/trampa en los días mencionado.

Por otro lado, se puede atribuir que el conteo bajo de individuos es debido a la temperatura de la localidad, puesto que fueron nueve días en los que se presentaron temperaturas menores al umbral de desarrollo, a los 50, 58, 61, 62, 63, 66, 79, 180, 208 días después de la siembra coincidiendo con las etapas iniciales. Vargas et al. (2020) y González y García (2012) señalan que la temperatura es un factor crítico para el desarrollo de *B. cockerelli* S. siendo óptimo a 27°C con un umbral de 7°C, también mencionan que a mayores temperaturas y menores a 15°C la supervivencia del insecto puede verse afectada.

Al igual que Ramos (2018), señala que el factor climático como la precipitación podría haber influido en el alto y bajo número de insectos adultos de *Bactericera cockerelli* S. encontrados en su estudio, de tal forma que, con precipitaciones menores a 15mm/mes contabilizaron 40 adultos/trampa y con precipitaciones de 125mm/mes encontraron aproximadamente 13 adultos/trampa, sin embargo, lo mencionado no concuerda con la presente investigación, ya que, en el mes de agosto la precipitación fue de 10mm/mes y el número de adultos contabilizados osciló entre 1 y 10 insectos/trampa, mientras que, los meses de octubre,

noviembre y diciembre se observaron las más altas precipitaciones de 125, 212 y 132 mm/mes respectivamente y el número de adultos encontrados fueron entre 1 y 9 adultos por trampa, siendo menor a lo reportado por el citado autor.

Walker et al. (2011) mencionan que las trampas adhesivas son buenos predictores de infestaciones de cultivos afectados por adultos de *Bactericera cockerelli* S. Según reporta Al-Jabr y Cranshaw (2007) en su estudio de utilizando trampas de tonalidad amarilla resultó con capturas promedio de 5 a 6 adultos de *Bactericera cockerelli* S. lo cual coincidiría con los resultados de la presente investigación para los lotes 5 y 6 que obtuvieron en promedio 5 y 9 especímenes.

4.4 Síntomas de punta morada

4.4.1 Incidencia de punta morada

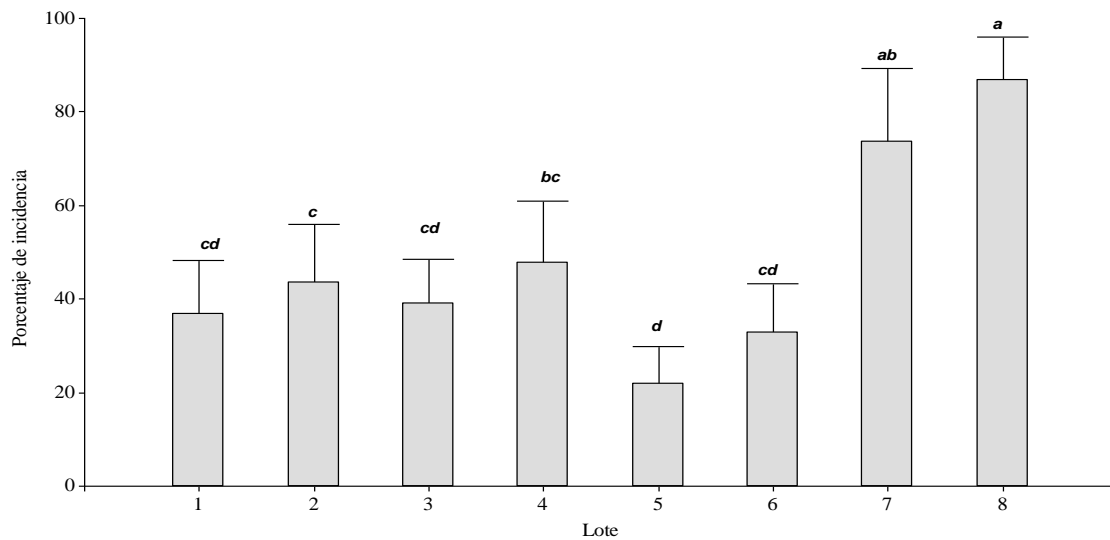
La prueba de Kruskal Wallis para incidencia de PMP en los lotes de siembra evidenció que no existen diferencias estadísticas ($p=0,0339$) estableciendo que la incidencia es indistinta dependiendo de las variedades presentes en el estudio.

En la figura 35 se observa el porcentaje de incidencia que presentan los distintos lotes de siembra, en el cual destaca el lote 8 que presenta el porcentaje de incidencia más alto del estudio con 87%. El rango que predomina en el análisis mantiene porcentajes entre 33 y 48 %, en tanto, el lote con menor incidencia corresponde al lote 5 con un porcentaje inferior al 22% con una diferencia del 65% con respecto al lote 8.

Los porcentajes más bajos para incidencia corresponden a dos lotes sembrados con una sola variedad: el 5 Chola y el 6 Única. El porcentaje con mayor incidencia de punta morada (PMP) correspondió a un lote que se cultivó de manera asociada tres variedades: Chola, María y Violeta.

Figura 35

Porcentaje de incidencia por lote de siembra



Con respecto al alto número de ninfas y adultos encontrados en los lotes coinciden con la incidencia de Punta Morada en el cultivo, siendo el lote 8 el que mayor población presentó hallando hasta 7 ninfas/planta y 36 adultos/trampa y con respecto a la PMP es el lote con la mayor incidencia con aproximadamente 85%. En el lote 5 se encontraron 3 ninfas/planta y 8 adultos/trampas, siendo el lote que la menor incidencia de PMP con un 20%. De esta manera se infiere que el número de insectos encontrados en los lotes influyeron en la presencia de PMP, así lo confirma Nava (2003) citado por López (2009) que 1 adulto/trampa es suficiente para encontrar plantas enfermas mayores o igual al 30%. En el presente estudio fue mayor al 25%, llegando a contabilizar hasta el 100%.

Los síntomas de punta morada encontrados en la investigación coinciden con el estudio de López (2009) quien menciona que, los adultos de *Bactericera cockerelli* S. fueron mejores transmisores de bacterias causantes de síntomas de punta morada que las ninfas, por ende, los síntomas como clorosis, entrenudos cortos y engrosados, hojas de color morado y tallos de color violeta en plantas. Además, al ser alimentadas con adultos se presentaron 20 días después del trasplante, mientras que con ninfas a los 30 días, en este estudio se observaron síntomas a los 39 días después de la siembra. Por otro lado, el autor citado señala que solo el 25% de plantas alimentadas con ninfas presentaron sintomatologías, concluyendo que no todas son capaces de producir una reacción tóxica.

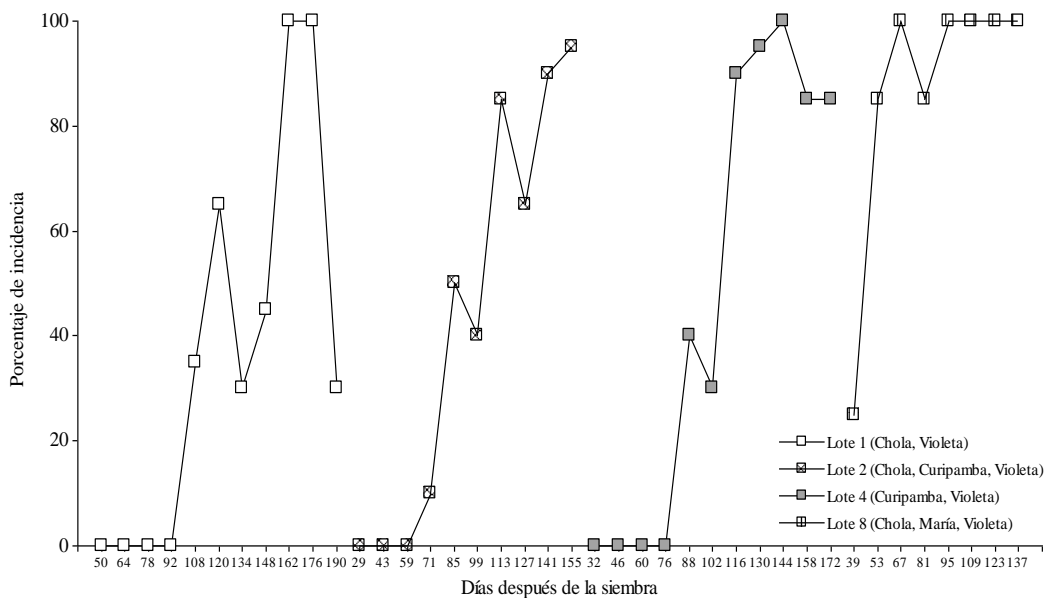
4.4.2 Incidencia de punta morada según los días después de la siembra

En la Figura 36 están representados la evolución de PMP para los lotes 1, 2, 4 y 8 que corresponde a los lotes con siembra asociada. El desarrollo de la presencia de los síntomas en

los cuatro lotes mantiene un crecimiento que coincide con el número creciente de ninfas y adultos, y que a su vez logra llegar a lo más alto de presencia en las tres últimas etapas fenológicas del cultivo.

Figura 36

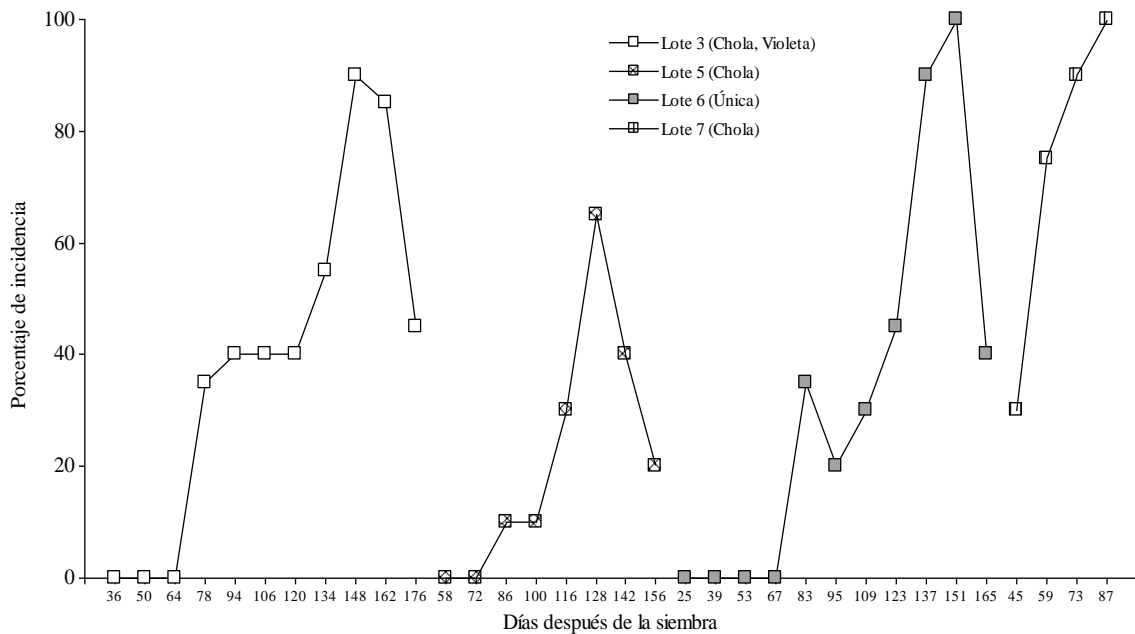
Desarrollo de incidencia, lotes 1, 2, 4 y 8.



Se evidencia que el desarrollo de la incidencia en el cultivo es rápido, por ejemplo, en el lote 1 desde el día 92 al 120 la incidencia alcanza un incremento de 65% a pesar de que en este segmento recibió dos aplicaciones para el control de plagas. Otro caso que hay que destacar es el lote 2, desde el día 71 al 155, que en 84 días la incidencia alcanza el 100%, algo similar ocurre con el lote 4. En el lote 8 los síntomas aparecen más temprano y se encuentran presentes desde el día 39 siendo la etapa de emergencia, esto podría representar una grave amenaza según Rush et al. (2012) quienes mencionan que, los síntomas son más graves cuando las plantas se infectan temprano en la temporada de crecimiento, ya que las plantas permanecieron pequeñas con síntomas foliares severos.

Figura 37

Desarrollo de incidencia, lotes 3, 5, 6 y 7.



En figura 37 se observa el desarrollo de la incidencia de los síntomas de la enfermedad de la punta morada correspondiente a los lotes 3, 5, 6 y 7. En este grupo de análisis el lote 5 presenta una incidencia baja que no supera el 63%, pero esta variable evoluciona desde el día 72 al 128, es decir, alcanza este porcentaje 56 días que representa el proceso de incidencia más lento del estudio, además, es necesario mencionar que este lote recibió tres controles con insecticidas. El lote 3 es el único que presenta un lento desarrollo de los síntomas siendo evidente desde el día 78 al 120 donde el porcentaje se ubica aproximadamente en un 40%, pero después se eleva bruscamente hasta por encima del 90%.

El lote 7 es el segundo segmento en presentar síntomas de la enfermedad en etapa temprana a los 45 días después de la siembra, en tanto que los lotes 3, 5 y 6 presentaron los signos de la enfermedad a los 78, 86, 83 días respectivamente. En todos los lotes se evidencia que el mayor porcentaje de incidencia está en las últimas etapas del cultivo que comprenden floración, tuberización y maduración.

Hernández (2011) en su investigación menciona que existe una estrecha relación entre las poblaciones de *Bactericera cockerelli* S. y la incidencia de Punta Morada. Con los resultados obtenidos señala que los síntomas aparecieron entre los 40 y 50 días después de la emergencia y recomienda realizar un estricto monitoreo y control entre estos días, de esta manera coincidiendo con el presente estudio donde los síntomas se presentaron a partir de los 39 días

después de la siembra (Lote 8) en adelante. Además, menciona que las pérdidas por Punta Morada se incrementaron linealmente conforme se redujo la edad de la planta. En este estudio no se realizó cálculos en cuanto a pérdidas, sin embargo, los lotes evaluados superaron el 80% de incidencia.

En todos los lotes evaluados, se observó la presencia de ninfas y adultos al igual que los síntomas de punta morada, con una alta población e incidencia en las etapas finales del cultivo, de tal forma que se corrobora con el estudio realizado por Rubio et al. (2006) quienes encontraron la presencia de ninfas y adultos de *B.cockerelli* S. en todos los lotes de papa de las cuales el 100% de plantas muestreadas presentaron síntomas de punta morada. De igual forma Flores (2005) reportó una incidencia del 100% para las etapas de maduración y cosecha del cultivo de papa donde se evidenció plantas con engrosamiento de entrenudos y tubérculos aéreos, siendo similar con el presente estudio, ya que, alcanzó una incidencia del 100% en la fase de maduración.

Rubio et al. (2011) señalan que la población de *Bactericera cockerelli* y la presencia de síntomas de punta morada disminuyeron con la altura (m.s.n.m.), en alturas mayores a 3200 m.s.n.m. no reportaron problemas significantes en cuanto a la enfermedad, sin embargo, en la presente investigación se observó que los síntomas PMP superaron el 85% en las tres etapas finales del cultivo en alturas que van desde los 3150 a 3200 m.s.n.m.

Hernández et al. (2018) mencionan que las estrategias de control para *Bactericera cockerelli* S. deben ser preventivas y no deben estar basadas en la detección de la enfermedad en campo, debido a que, cuando los síntomas se manifiestan varias plantas ya se encuentran infectadas, de tal forma que recomiendan realizar controles en los primeros días después de la emergencia. En el presente estudio se observa que las mayores aplicaciones se dieron entre las etapas de DV2, Prefloración y Floración del cultivo donde las plantas probablemente ya se encontraban infectadas.

Al mismo tiempo, recomiendan eliminar plantas arvenses hospedantes y plantas de papas sobrantes de los anteriores ciclos en las parcelas de producción, en lo posible a un radio entre 80 y 100m del cultivo, ya que estos constituyen una fuente de inóculo.

4.5 Entomofauna

En el presente capítulo se pone en consideración el conteo de entomofauna que fue capturado conjuntamente con el psílido *Bactericera cockerelli* S. Para conocer el entorno de la fauna insectil y para comprender de mejor manera el análisis se presenta cuatro segmentos de estudios que son a) Entomofauna por etapa fenológica, b) La presencia de órdenes de insectos por lote c) Los órdenes de insectos por día de muestreo después de la siembra.

4.5.1 Entomofauna por etapa fenológica

La prueba de Kruskal Wallis para entomofauna por etapa fenológica determina que existe diferencias estadísticas ($p=0.0001$), estableciendo que la presencia de los distintos órdenes depende de la fase de desarrollo del cultivo.

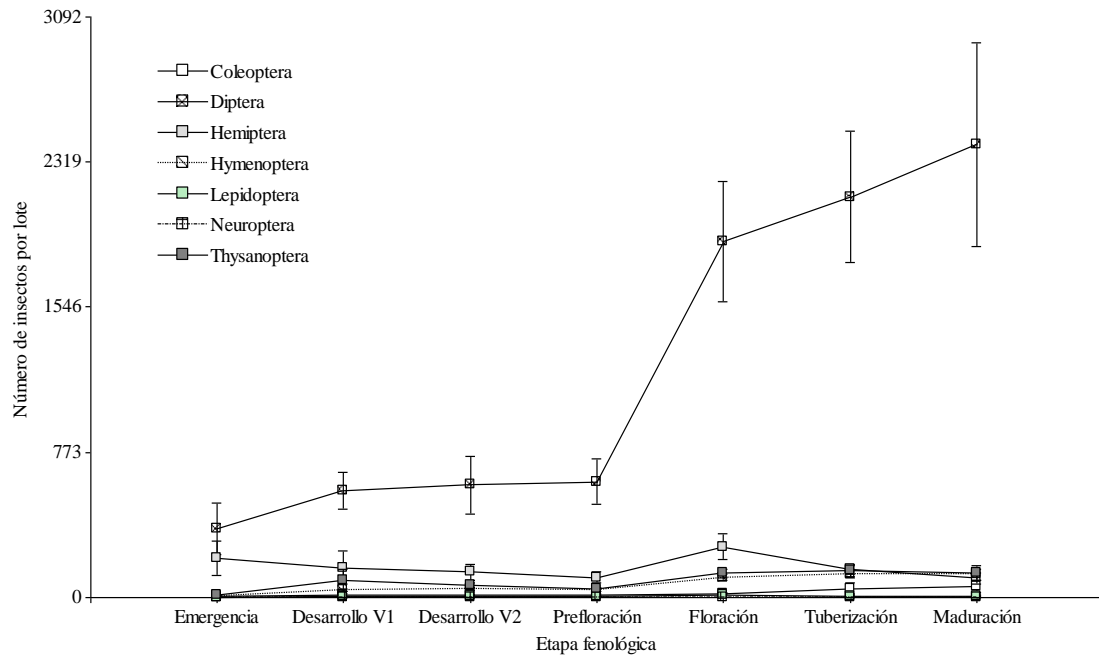
En la figura 38 se observa que el orden Diptera es el orden que mayor número de insectos presenta, mostrando en emergencia 368 insectos con un incremento de 249 hasta la etapa prefloración, 1281 hasta floración y 513 hasta maduración, siendo así que en la etapa floración fue donde mayor incremento se observó.

En menor proporción, continúa la secuencia el orden Hemiptera con un conteo inicial de 209 individuos en emergencia, disminuyendo 102 insectos hasta la etapa prefloración donde nuevamente se observa un aumento de 164 insectos hasta floración, presentando nuevamente un leve incremento de 168 insectos hasta maduración.

Adicionalmente los órdenes Coleoptera, Hymenoptera, Lepidoptera, Neuroptera y Thysanoptera, mostraron poblaciones similares en las etapas fenológica del cultivo, con promedios máximos de 58, 124, 13, 2 y 142 respectivamente.

Figura 38

Entomofauna por etapa fenológica.



4.5.2 Entomofauna por lote por orden

Para la presencia de entomofauna en los ocho lotes de siembra se aplicó la prueba de Kruskal Wallis y se evidencia que existe diferencias estadísticas significativas ($p=0.0001$), lo que determina que la entomofauna en los lotes influye en la presencia de los siete órdenes que se han colectado en el sistema de monitoreo indirecto.

En la Tabla 5, se puede observar la dinámica de la presencia de los distintos órdenes de insectos estudiados, donde se destaca la mayor presencia de dípteros en todos los lotes, siendo hasta 7 veces superior el conteo con respecto del segundo orden más representativo que corresponde a los hemípteros.

El lote 1, se destaca porque mantiene los conteos más elevados del estudio con un total de 2620 insectos, de los cuales, dípteros (2029), hemípteros (301), himenopteros (128) y thysanopteros (119), esto quiere decir que en este lote la entomofauna es abundante, seguido se tiene el lote 4 con un total de 1962 individuos, de los cuales presentan las mayores cantidades los órdenes Diptera, Hemiptera, Thysanoptera con 1379, 244 y 184 respectivamente, luego se tienen los lotes 2, 3, 6 y 7 donde los órdenes mencionados siguen la misma tendencia y finalmente se tienen los lotes 8 y 5 que presentan nada más el 46 y 28% del lote 1 el cual es el que mayor número del orden Diptera presenta.

Tabla 5*Entomofauna por lote*

Orden/lote	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Lote 5	Lote 6	Lote 7	Lote 8	Total
Coleoptera	30	12	16	67	7	20	17	51	220
Diptera	2029	1433	1515	1379	575	1286	1280	940	10437
Hemiptera	301	122	131	244	87	226	63	73	1247
Hymenoptera	128	75	95	76	36	78	61	56	605
Lepidoptera	12	3	20	11	4	6	1	1	58
Neuroptera	1	1	1	1	1	1	1	1	8
Thysanoptera	119	49	117	184	73	61	86	101	790
Total	2620	1695	1895	1962	783	1678	1509	1223	13365

4.5.3 Entomofauna por lote según días después de la siembra

La prueba Kruskal Wallis para entomofauna por lotes según los días después de la siembra determina que existe diferencias estadísticas significativas ($p=0.0001$), estableciendo que la presencia de los órdenes de artrópodos depende de los días después de la siembra y del lote muestreado.

Para el análisis de la entomofauna según el día de muestreo se ha establecido la formación de dos grupos. Para los lotes 3, 5, 6 y 7 se muestran en la figura 39 que contiene los gráficos de la dinámica de los artrópodos. En este agrupamiento se encuentran los lotes que están constituidos por una sola variedad sembrada, a excepción del lote 3 que mantiene dos variedades.

El orden Diptera muestra el mayor número en todos los lotes, sin excepción alguna. Para el caso del lote 3 el conteo más alto para el orden mencionado es de 814 capturas en el día 148. Desde el día 106 los conteos para este orden se mantienen por encima de los 500 insectos, lo cual es significativamente superior para la lectura más alta del orden Hemiptera que contempla 80 insectos para el día 94. Los registros más bajos en este lote corresponden al orden Neuroptera que mantiene apenas 2 especímenes en el día 148, siendo este su mejor registro.

Para el lote 5 los registros confirman que Diptera es el orden más abundante en el ecosistema donde se desarrolló el estudio, su máximo conteo se establece en el día 156 con 613 insectos

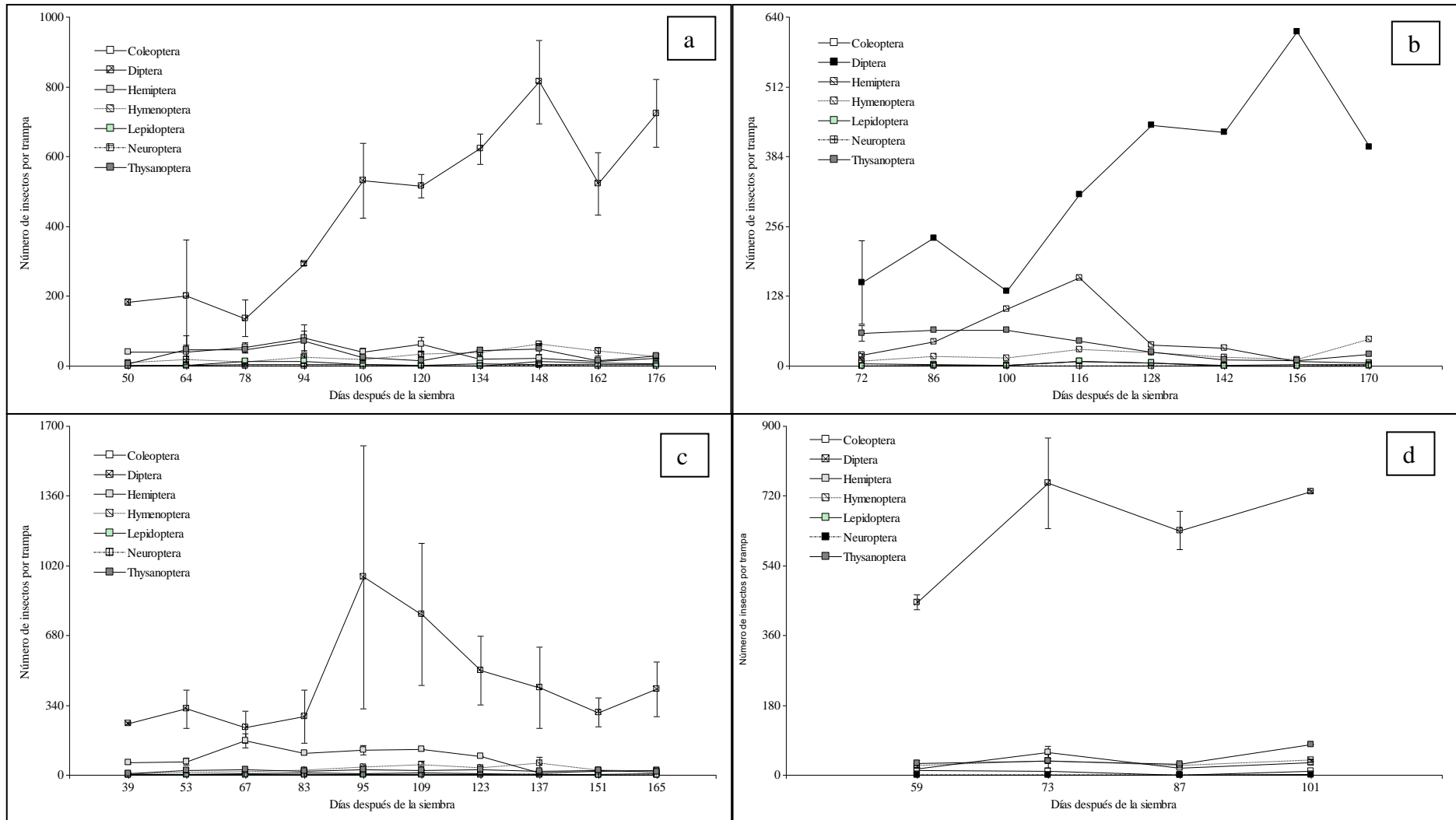
capturados. Otro orden con presencia importante es el orden Hemiptera que presenta registros altos para los días 100 y 116 con 104 y 161 insectos capturados. En este lote se destaca la presencia del orden Thysanoptera que desde el día 72 al 116 presenta conteos por encima 46 individuos, pero desde el día 128 al 170 los conteos permanecen no más allá de las 26 unidades. Neuroptera se consolida como el orden de menor presencia ya que evidencia una sola captura al día 170.

Para el lote 6, los dípteros muestran su supremacía evidenciando conteos que llegan a 966 y 783 insectos en los días 95 y 109, respectivamente, siendo estos registros los más altos de este lote. Desde el día 123 al día 165 los conteos están por encima de los 306 individuos. Los hemípteros muestran que son el segundo orden con mayor presencia en este lote, pero muy por debajo de los dípteros, con conteos desde el día 67 al 123 que se encuentran por encima de los 106 individuos. El orden Thysanoptera mantiene registros por debajo de las tres decenas, Lepidoptera por debajo de la decena y los órdenes más bajos en los conteos es para los neurópteros con capturas en los días 123 y 137 con 15 y 3 insectos y los lepidópteros que no superan los 5 individuos en todo el monitoreo.

El lote 7, el alto número del orden díptero es la más evidente de este grupo de análisis, la diferencia con el resto de los órdenes es hasta 400 veces, además en este segmento se presenta el conteo más bajo de los lepidópteros puesto que solo se muestra una única captura en el día 101 con dos insectos y Neuroptera que presenta el conteo más bajo de todos los lotes en estudio con 1 espécimen en el día 73. En tanto que los himenópteros, hemípteros y thysanopteros mantienen conteos entre dos y tres decenas, con una excepción en el día 73 para hemípteros donde alcanza el conteo más alto para este lote con 59 capturas. El día excepcional para el orden Thysanoptera es el 101 con 105 individuos.

Figura 39

Entomofauna por día de muestreo, lotes 3(a), 5(b), 6(c) y 7(d).



En la figura 40 se observan las dinámicas de la entomofauna de los lotes 4(a), 2(b), 1(c) y 8 (d). En el lote 4 se evidencia un comportamiento de los órdenes que sale del esquema que ha implantado el orden de los díptero, de tal manera que los órdenes Hemiptera y Thysanoptera contabilizan 210 y 162 capturas en el día 60, en tanto que Diptera llega a 130 insectos. Los coleópteros presentan conteos menores a una docena, solo existe un dato atípico en el día 172 con 97 unidades. Los conteos más bajos son para neurópteros con dos registros en los días 130 y 144 con 1 y los lepidópteros que mantienen registros que no superan 5 individuos.

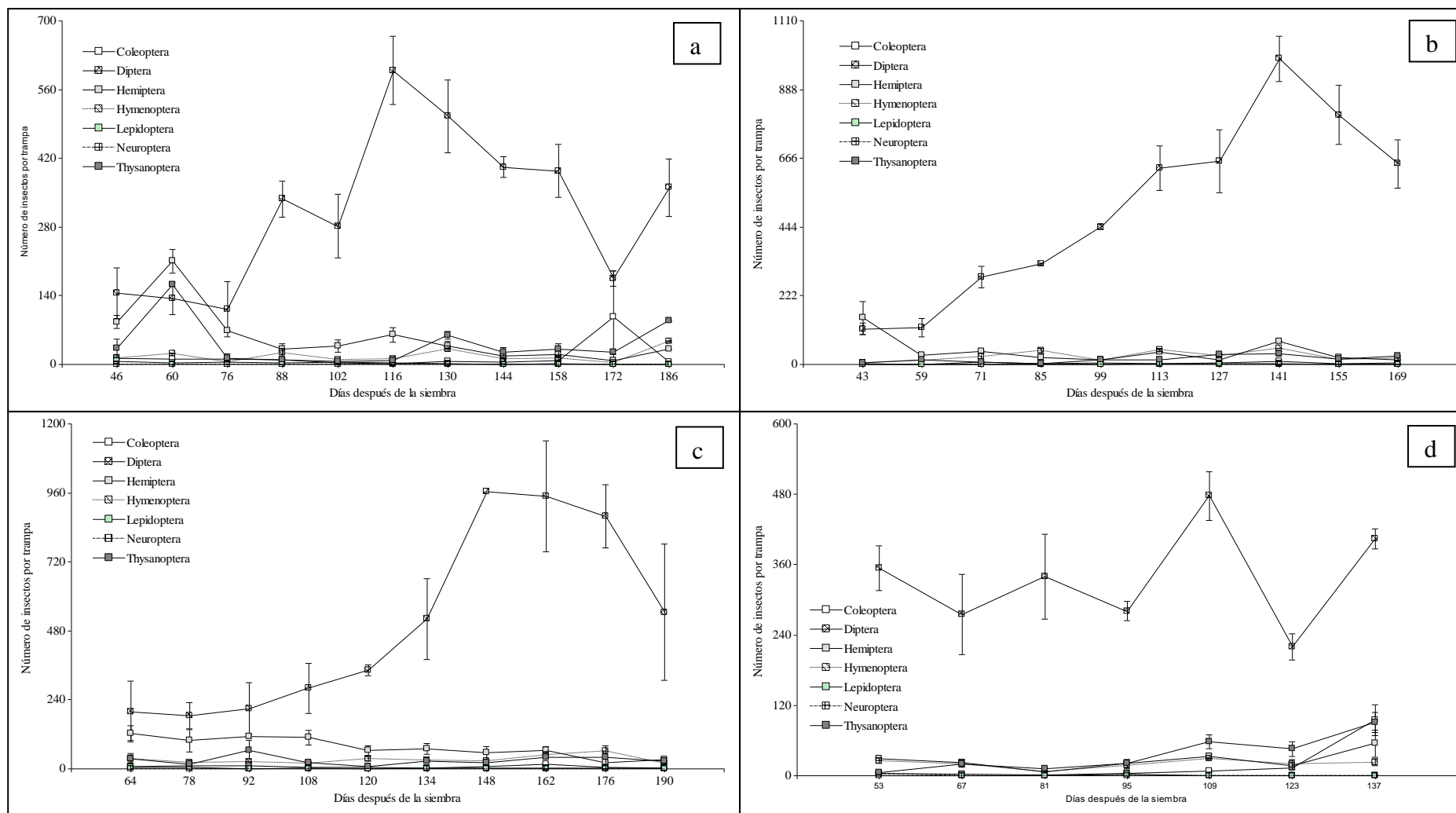
En el lote 2 también se observó un conteo superior a una lectura de los dípteros y corresponde a los hemípteros que en el día 43 registraron 150 capturas y los dípteros 115, pero en los siguientes monitoreos, estos recuperan el incremento y se conserva la tendencia creciente. El orden Lepidoptera presentan conteos bajos y su máximo registro alcanza las 4 unidades en el día 113 y Neuroptera que solo presenta tres registros inferiores a uno.

Para el lote 1 la presencia de los dípteros se lo puede interpretar en dos segmentos, el primero desde el día 64 al 120, donde se aprecia un rango de 200 a 343 insectos; el segundo segmento esta entre el día 148 y 190 con rango entre 521 y 948 individuos capturados. El resto de los órdenes se mantienen con conteos relativamente bajos, en el cual sobresale el orden Hemiptera que presenta registros por debajo de la centena y destaca la lectura del día 64 donde alcanza 125 unidades. Además, se confirman que los órdenes Neuroptera y Lepidoptera son los menos representativos con lecturas que apenas alcanzan los 5 individuos.

En el lote 8, los dípteros presentan su máximo conteo al día 109 con 477 capturas y su menor registro es para el día 123 con 220 individuos. Los otros órdenes se mantienen con lecturas bajas, siendo Neuroptera y Lepidoptera con menos representatividad pues su mayor registro de dos unidades para neurópteros en el día 67 coleópteros, hemípteros, hymenópteros y thysanopteros conservan presencia hasta tres decenas de individuos, con excepción de las lecturas del 137, donde los coleópteros llegan a 93 capturas, los thysanopteros a 91 y los hemípteros a 51.

Figura 40

Entomofauna por día de muestreo, lotes 4(a), 2(b), 1(c) y 8 (d).



Los resultados obtenidos en esta investigación coinciden con los reportados por Walker et al. (2011), quienes indican que depredadores tales como coleópteros *Coccinella undecimpunctata* L., *Harmonia conformis* B., hemípteros: *Nabis kinbergii* Reuter, *Oechalia schellenbergii* sp. y thysanopteros como el trips depredador *Aeolothrips fasciatus* L., fueron rara vez encontrados, particularmente cuando se realizó la comparación con la abundancia de crisopas (Neuroptera) y moscas (Diptera). Esta situación fue común en el presente estudio, ya que la presencia de dípteros fue más abundante que los otros órdenes estudiados principalmente en relación con los coleópteros y neurópteros. Jiménez y Sandino Díaz, 2009) señala que los órdenes Diptera con 8000 especies e Hymenoptera con 50000 especies son los grupos más importantes dentro de los enemigos naturales. En nuestro estudio no se realizaron identificación de especies, sin embargo se reporta la presencia de los órdenes dípteros, hemípteros, coleópteros e himenópteros.

Adicionalmente, cabe mencionar que, los registros de entomofauna comienzan a disminuir o ausentarse de todos los lotes de siembra en la etapa de maduración, donde cinco de los siete órdenes decrecen las capturas a excepción del orden Diptera y Hemiptera, puesto que se observa que la tendencia es creciente. Esta situación sugiere que los insectos buscan plantas de mejor vigor para su supervivencia, así lo confirma Walker et al. (2011), quienes encontraron una gran disminución de especies de insectos al final del ciclo, sobre todo de depredadores de *B. cockerelli* S. señalando además que, esto pudo deberse a que el cultivo mostraba mucho daño en el follaje debido a la presencia de los síntomas de amarillamiento foliar.

Por otro lado, Zalazar y Salvo (2007) realizan un hincapié en que la abundancia del Orden Diptera en un cultivo, es un indicador de que las prácticas de manejo son menos agresivas al ambiente, ya que las larvas de este orden son fitosaprófagas y se encuentran principalmente en el suelo, esto podría ser una de las razones para encontrar una alta población de orden mencionado en el presente estudio, ya que únicamente en dos lotes en estudio se realizaron cuatro aplicaciones de insecticidas, de tal manera que, las prácticas de manejo fueron poco agresivas. Además, señalan que el uso constante de insecticidas, extinguen especies sensibles y propician el aumento de insectos resistentes.

4.1 Entomofauna en etapa de floración

Para el análisis de la presente variable se plantea discernir la presencia de la entomofauna exclusivamente en la fase de floración, para lo cual a esta etapa fenológica se la ha clasificado en tres secciones, 25%, 50% y 100% de floración. Este criterio se implementó porque la existencia de flores en el cultivo impulsa la presencia de la entomofauna y se la puede considerar como la fase de mayor diversidad artrópoda en los cultivos agrícolas.

Tabla 6

Entomofauna en etapa de floración por lote

Orden	Lote 1			Lote 2			Lote 3			Lote 4			Lote 5			Lote 6			Lote 7			Lote 8			Total
	25 %	50 %	100 %	25 %	50 %	100 %	25 %	50 %	100 %	25 %	50 %	100 %	25 %	50 %	100 %	25 %	50 %	100 %	25 %	50 %	100 %	25 %	50 %	100 %	
Coleoptera	22	0	12	11	4	3	0	3	42	6	61	12	10	4	8	1	25	5	25	0	0	23	6	4	287
Diptera	159	0	87	56	91	132	0	9	149	123	76	9	66	98	82	23	31	49	86	62	0	115	53	48	1604
Hemiptera	40	0	7	9	6	7	0	7	16	37	108	13	36	30	25	10	19	3	8	17	0	16	14	9	437
Hymenoptera	35	0	4	10	8	18	0	10	10	7	16	3	7	14	6	1	5	6	12	1	0	22	27	15	237
Lepidoptera	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	5
Neuroptera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
Thysanoptera	0	0	54	0	57	86	0	0	94	0	83	0	21	32	7	0	7	44	88	51	0	98	39	37	798
<i>B. cockerelli</i> S.	0	0	5	6	8	14	0	0	7	2	4	4	0	4	0	1	0	0	17	8	0	29	36	45	190
Total	256	0	169	92	174	261	0	29	318	175	349	41	140	182	128	36	90	107	236	139	0	305	175	158	3560

En la tabla 6 se observa una alta presencia del orden Diptera con un total de 1604 insectos representando el 45% del total encontrado, seguido del orden Thysanoptera con 798 unidades representando el 22%, Hemiptera con 437 individuos representado el 12%, coleóptera con 287 representando el 8%, Hymenoptera con 237 representando el 7%, *B. cockerelli* S. con 190 representando el 5%, Lepidoptera con 5 y Neuroptera con 2 estos dos últimos órdenes representado menos del 1%. Con respecto a los dos último órdenes, la baja población encontrada es desalentador puesto que estos ordenes se caracterizan por tener representantes que usualmente actúan como depredadores y pueden considerarse como potenciales controladores biológicos (Nicholls, 2008). .

En cuanto a la población por lotes, se observa la mayor presencia de entomofauna en el lote 8 con un total de 638 insectos de los cuales se concentraron en altas cantidades al 25% de floración con un total de 305 unidades, seguido se encuentra el lote 4 con un total del 565 unidades concentrándose en mayor cantidad al 50% de floración del cultivo con 349 individuos, continuando con el lote 2 donde se observa un total de 527 insectos con la mayor población al 100% de floración con 261 individuos, seguido se tiene el lote 5 con 450 insectos con una alta población al 50% de floración observando un total de 180 individuos, seguido se tiene el lote 1 con 425 insectos concentrándose en mayor cantidad al 25% de floración con 256 individuos, posteriormente se tiene el lote 3 con un total de 347 donde al 100% de floración se observa las mayores cantidades con 318 unidades, para el lote 7 se observa un total de 375 individuos con su mayor población al 25% de floración con 236 insectos, finalmente se tiene el lote 6 con 233 insectos, concentrándose en cantidades altas al 100% de floración con 107 individuos.

El segundo orden más encontrado es Thysanoptera representando el 22% del total, puesto que su mayor representante los trips (*Frankliniella* spp.) se alojan exclusivamente en las flores, así lo confirman Vincini et al. (2014) quienes muestrearon trips en todo el ciclo del cultivo y en floración en dos variedades de papa, encontrando mayor abundancia de insectos en la etapa de floración del cultivo con 62% para la variedad Innovator y 58% en la variedad Shepody.

Por otro lado, es importante resaltar que la presencia del orden de neurópteros fue relativamente baja en las tres fases de la floración, y solo se logró evidenciar dos capturas, esto hace presumir la baja presencia de enemigos naturales de este orden para *Bactericera cockerelli* S. en el sitio de estudio.

Los órdenes de insectos encontrados en la presente investigación coinciden con los órdenes que reportan Vázquez et al. (2008) quienes señalan que el orden Diptera, Hemiptera, Coleoptera, Neuroptera, Hymenoptera, Thysanoptera y Dermáptera son considerados como los predadores de mayor importancia dentro del grupo de enemigos naturales, debido a que consumen un amplio rango de presas. El orden Diptera controla poblaciones de trips, cóccidos, aleuródidos, áfidos y ácaros, el orden Hemiptera se alimenta de huevos y formas móviles de ácaros, trips y larvas de lepidópteros, el orden Neuroptera en el estado de larva se alimenta de insectos de cuerpo blando, dentro del orden Coleoptera son predadoras de larvas de lepidóptero, áfidos, grillos, hormigas y termitas, y el orden Hymenoptera parasitan estados inmaduros de cóccidos, áfidos y huevos de ortópteros.

Además, señalan que el uso de los enemigos naturales nativos es una de las estrategias principales para la supresión de plagas en un sistema agrario, ya que en estudios realizados regulan hasta el 90% de especies plagas de un cultivo. En el presente estudio, se realizó el monitoreo con red entomológica de *Tamarixia triozae* principal enemigo natural que parasita ninfas del psílido (Rodríguez y Lomeli, 2021), sin embargo, no se observó la presencia de esta especie en ningún lote evaluado.

Grutzmacher y Link (2000) realizaron un estudio sobre la presencia de artrópodos en un agroecosistema del cultivo de papa y reportan alta presencia de los órdenes Diptera y Hemiptera con el 44% y 30 % del total de artrópodos encontrados, seguidos de los órdenes Coleoptera y Hemiptera-Heteroptera con 21 y 3% respectivamente, los órdenes Lepidoptera, Hymenoptera, Neuroptera, Dermaptera, Odonata y Orthoptera representaron valores menores al 1%. Estos datos coinciden con los órdenes encontrados en la presente investigación, que tanto en el monitoreo con trampas y con la red entomológica se reportan una alta presencia de Diptera, representando el 78%, seguido del orden Hemiptera con el 10%, Thysanoptera 7% del total de insectos encontrados, mientras que los demás órdenes no superan el 4%. También recalcan que el orden Diptera presentó mayor abundancia al final de ciclo del cultivo y sugieren que fue debido a las recolecciones realizadas en la temporada de invierno donde se

presentaron altas precipitaciones de hasta 150mm y con drásticas variaciones de temperatura que oscilaron entre 2°C y 25°C en 24 horas.

En la investigación realizada, las altas precipitaciones fueron entre los meses de octubre, noviembre y diciembre con 125, 211 y 132 mm respectivamente, mismos que coinciden con el alto número del orden Diptera encontrado en el monitoreo con trampas y con la red entomológica, de tal forma que se infiere que la precipitación influyó en la presencia de este orden en los lotes.

Al igual que Lozano et al. (2018) estudiaron la entomofauna en seis tipos de ají (*Capsicum annumm* L.) utilizando la red entomológica para el muestreo encontraron la presencia de siete órdenes: Coleoptera, Hemiptera, Lepidoptera, Neuroptera, Diptera, Thysanoptera, Orthoptera e Hymenoptera, y señalan que los órdenes Coleoptera y Hemiptera fueron las más abundantes, de los cuales el 30% y el 29% de las especies identificadas pertenecían a insectos depredadores, y consideran que este grupo son muy importantes dentro de los enemigos naturales que atacan a artrópodos plaga. Los órdenes encontrados en la mencionada investigación coinciden con los identificados en nuestro estudio, pero lastimosamente no se puede realizar una comparación más detallada, ya que esta investigación no identificó la presencia de enemigos naturales a nivel de especie.

Por otro lado, Mohammedi et al. (2019) evaluaron la entomofauna en cuatro agroecosistemas y encontraron una alta diversidad de insectos en campos no cultivados reportando 936 individuos y una limitada biodiversidad en un huerto de cítricos (*Citrus sp.* L.) con 803 individuos, en un campo de cereal (*Triticum durum* Dest) con 715 y en un campo de papa (*Solanum tuberosum* L.) con 465. Con los resultados obtenidos señalan que la baja diversidad entomológica es debido a las prácticas agrícolas empleadas y a la expansión de monocultivos, siendo estas actividades las causantes de una alta población de insectos plaga (Zalazar y Salvo, 2007), de tal forma que, en el presente estudio el monocultivo pudo haber influenciado en la baja presencia de los órdenes Coleoptera, Himenoptera, Neuroptera e Hymenoptera.

4.2 Manejo agronómico del cultivo

En la tabla 7 se observa la información del manejo agronómico de cada lote evaluado, los agricultores para no desaprovechar las semillas realizaron la siembra de una y tres variedades mezcladas; en cuanto al riego no aplicaron en ningún lote, ya que no poseen agua de riego para sus cultivos, las labores culturales consistieron en limpieza de malezas, medio aporque,

aporque, fertilización y control de plagas y enfermedades, esta dos últimas actividades lo realizaban en base a su experiencia con anteriores ciclos de cultivo o recomendaciones de las casas comerciales.

Tabla 7

Manejo agronómico por lote

Nº Lote	Fecha de siembra	Variedad	Riego	Pendiente	Cultivo anterior	Labores culturales
1	29/06/2019	Chola, Violeta	No aplica	Plano	maíz	Limpieza de malezas, medio aporque, aporque, fertilización, control de plagas y enfermedades
2	17/08/2019	Chola, Curipamba, Violeta	No aplica	Ondulado	avena y vicia	Limpieza de malezas, medio aporque, aporque, fertilización, control de plagas y enfermedades
3	13/07/2019	Chola, Violeta	No aplica	Ondulado	avena y vicia	Limpieza de malezas, medio aporque, aporque, fertilización, control de plagas y enfermedades
4	01/08/2019	Curipamba, Violeta	No aplica	Ondulado	papa	Limpieza de malezas, medio aporque, aporque, fertilización, control de plagas y enfermedades
5	22/06/2019	Chola	No aplica	Ondulado	uvilla	Limpieza de malezas, medio aporque, aporque, fertilización, control de plagas y enfermedades
6	25/07/2019	Única	No aplica	Ondulado	avena y vicia	Limpieza de malezas, medio aporque, aporque, fertilización, control de plagas y enfermedades
7	25/10/2019	Chola	No aplica	Ondulado	maíz	
8	30/10/2019	Chola, María, Violeta	No aplica	Ondulado	maíz	Limpieza de malezas, medio aporque, aporque, fertilización, control de plagas y enfermedades

4.2.1 Insumos utilizados en el cultivo por objetivo

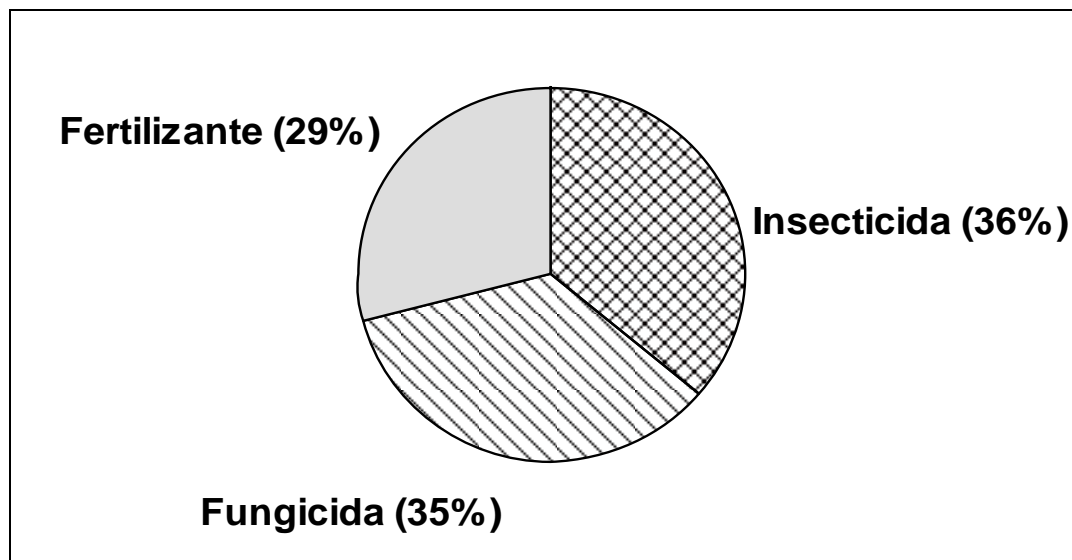
Según la información levantada se pudo determinar que los insumos utilizados en el cultivo de papa mantienen una distribución homogénea en lo que respecta al manejo de plagas y enfermedades. La fertilización es el porcentaje más bajo con 7% menos que el uso de insecticidas, mientras que en el uso de insecticidas solo supera en 1% al uso de fungicidas, esto se debe a que siempre en el manejo de plagas el productor lo hace de manera combinada entre insectos y fitopatógenos (Figura 41).

Ramírez et al. (2013) mencionan que, debido al desconocimiento de la biología y distribución del insecto en campo, los agricultores invierten altos recursos económicos la utilización de plaguicidas, provocando la resistencia de la plaga y consecuentemente causando pérdidas de

hasta el 80% en producción. Esta situación corrobora con la investigación realizada, puesto que el uso de fertilizantes, insecticidas y fungicidas fue evidente en todos los lotes evaluados.

Figura 41

Insumos utilizados en el cultivo de papa.



4.2.2 Insumos por variedades (lotes)

La frecuencia de aplicación de insumos en los distintos lotes de siembra no difiere entre sí, debido a que no existe asociación con la prueba de Chi Cuadrado ($\chi^2= 12.53$; $gl=12$; $p=0.4042$) (Tabla 8), lo que determina que el suministro de insumos al cultivo no difiere en cantidad.

Tabla 8

Prueba Chi Cuadrado para insumos utilizados por variedad.

Estadístico	Valor	gl	p
Chi Cuadrado Pearson	12.53	12	0.4042

Para los lotes de siembra las frecuencias de aplicación de insumos en el cultivo de papa mantienen diferencias numéricas. Los lotes que reciben insumos con mayor frecuencia son los lotes 2, 3 y 8 con 12, 15 y 12 usos de Ingredientes Activos (IA) respectivamente, seguido se tiene los lotes 1 y 5 con 10 y 11 uso correspondientemente, en tanto que los lotes 4 y 6 son los sembríos con menor número de uso de IA que corresponde a 6.

En relación con las frecuencias con respecto del tipo de insumo, las diferencias entre fungicidas e insecticidas es mínima con tan solo una unidad y los fertilizantes se ubican con

un total de 21 ingredientes activos donde únicamente el lote 8 fue el que recibió la frecuencia más alta con 6 (Tabla 9).

Tabla 9

Tabla de contingencia de frecuencias absolutas para insumos utilizados por lote

Lote	Fertilizante	Fungicida	Insecticida	Total
1	2	2	6	10
2	3	6	3	12
3	2	8	5	15
4	2	3	1	6
5	3	3	5	11
6	3	1	2	6
8	6	2	4	12
Total	21	25	26	72

4.2.3 Insumos por etapas fenológicas

La prueba de Chi Cuadrado para los insumos aplicados según la etapa fenológica del cultivo determina que no existe asociación ($\chi^2= 19.57$; $gl=38$; $p=0.9942$) (Tabla 10), por lo que se puede establecer que el grupo de agricultores no mantienen un criterio idóneo técnico para la aplicación de los insumos.

Tabla 10

Prueba Chi Cuadrado para insumos en las etapas fenológicas.

Estadístico	Valor	gl	p
Chi Cuadrado Pearson	19.57	38	0.9942

En la tabla 11 se detallan los valores de los insumos aplicados según la etapa fenológica en el cual las diferencias numéricas posicionan a los insecticidas y fungicidas como los insumos mayormente utilizados, teniendo una representatividad de 36% y 35% respectivamente y distando de los fertilizantes con 7 puntos porcentuales.

Las frecuencias más recurrentes en los lotes son el uso de 3 y 4 IA en todas las etapas del cultivo, a excepción de la etapa de maduración, donde no hay aplicaciones. Las frecuencias más elevadas se presentan con 5 IA en las etapas fenológicas que comprenden entre desarrollo vegetativo y floración, mientras que con menor frecuencia con 2 IA se presentan en emergencia y tuberización, pero únicamente en los lotes 3 y 4 respectivamente.

Tabla 11

Tabla de contingencia de frecuencias absolutas para insumos por fase fenológica.

Lote	Etapa fenológica	Fertilizante	Fungicida	Insecticida	Total
1	Prefloración	1	1	3	5
1	Floración	1	1	3	5
2	Desarrollo V1	1	2	1	4
2	Desarrollo V2	1	2	1	4
2	Floración	1	2	1	4
3	Emergencia	0	1	1	2
3	Desarrollo V2	0	3	2	5
3	Floración	1	2	1	4
3	Tuberización	1	2	1	4
4	Prefloración	1	2	1	4
4	Tuberización	1	1	0	2
5	Desarrollo V2	1	1	2	4
5	Floración	1	1	2	4
5	Tuberización	1	1	1	3
6	Emergencia	1	0	2	3
6	Tuberización	2	1	0	3
8	Emergencia	1	1	1	3
8	Desarrollo V1	1	1	1	3
8	Prefloración	2	0	1	3
8	Floración	2	0	1	3
	Total	21	25	26	72

4.2.4 Ingredientes activos

Es de gran importancia comprender la frecuencia de aplicación de los diferentes pesticidas para el control de plagas y enfermedades, pero sobre todo en función de su ingrediente activo que es el agente que actúa sobre los organismos patógenos y que en la gran mayoría de los casos no tiene una coherencia técnica en su aplicación. En este sentido se ha organizado la información para contextualizarla en función de la etapa fenológica del cultivo y las variedades.

4.2.5 Ingrediente activo por etapa fenológica y lotes

La prueba de Chi Cuadrado para la utilización de ingredientes activos (IA) por etapa fenológica determina que no se presentan asociación ($\chi^2= 61.92$; $gl=70$; $p=0.7435$), lo que implica que no se establece el uso de los compuestos químicos en determinada fase de cultivo,

sino que, se distribuye de manera equitativa durante la fase de cultivo. Además, no se encontró asociación entre IA por lote de siembra ($\chi^2= 100.91$; $gl=84$; $p=0.1008$).

Tabla 12

Tabla de contingencia de frecuencias relativas para ingredientes activos para etapa fenológica

Nº	Ingrediente activo	Emergencia.	DV1	DV2	Prefloración	Floración	Tuberización	Total
1	Abamectin	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.02
2	Carbosulfan	0.00	0.00	0.09	0.13	0.14	0.00	0.08
3	Chlorpyrifos	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.02
4	Chlorpyrifos + Cypermethrin..	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.02
5	Cypermethrin	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.02
6	Lambda cyhalothrin	0.00	0.00	0.00	0.13	0.07	0.00	0.04
7	Malation	0.00	0.00	0.09	0.00	0.07	0.00	0.04
8	Methomyl	0.00	0.00	0.09	0.13	0.07	0.00	0.06
9	Profenofos	0.67	0.40	0.09	0.13	0.14	0.14	0.22
10	Cymoxanil	0.00	0.20	0.00	0.13	0.00	0.00	0.04
11	Difenoconazole	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.02
12	Mancozeb	0.00	0.00	0.09	0.00	0.07	0.00	0.04
13	Mancozeb+Cymoxanil	0.33	0.20	0.27	0.13	0.36	0.71	0.33
14	Propineb + Cymoxanil	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.02
15	Thiofanato metilico	0.00	0.20	0.00	0.13	0.00	0.00	0.04
	Total	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

En la tabla 12 se observa que los agricultores de la localidad de Ugsha, utilizaron 15 ingredientes activos de los cuales 9 fueron insecticidas y 6 fungicidas, donde 2 productos presentaron las más altas frecuencias, el fungicida Mancozeb+Cymoxanil con el 33% y el insecticida Profenofos con el 22% del total de las aplicaciones, seguido del IA Carbosulfan con el 8% y Methomyl con 6%. Además, hay que recalcar que, el IA Profenofos fue aplicado en todas las etapas fenológicas del cultivo, a comparación de los IA como Abamectin, Chlorpyrifos, Chlorpyrifos+Cypermethrin, Cypermethrin que fueron aplicados una sola vez. Vega et al. (2020) señalan que al aplicar Profenofos provocó una mortalidad del 50% de adultos del psílido, sin embargo, se observó que el número de adultos fue incrementando según la planta cumple con sus ciclos fenológicos. Por otro lado, Vásquez et al. (2016) recomiendan el uso de Abamectin para el control de ninfas y adultos de *Bactericera cockerelli*

S. ya que este ingrediente activo a dosis entre 0.5 y 1 l/ha, ha provocado una mortalidad más del 80% y no ha generado resistencia. Sin embargo, Cerna et al. (2013) recomiendan que el uso de este producto no debe superar las 2 aplicaciones por ciclo para evitar la resistencia del psílido.

Además, cabe mencionar que la presencia del psílido y la aplicación de productos fueron en todas las etapas fenológicas del cultivo, al igual que Munyaneza et al. (2012) encontraron que la presencia del insecto en campo fue durante todo el ciclo del cultivo y para su control los agricultores realizaron entre seis y diez aplicaciones. En el presente estudio, donde más variaron el uso de insecticidas y fungicidas fueron en las etapas de DV2, prefloración y floración entre 9, 8 y 8 usos respectivamente que realizaron los productores, en el cual del 100% de insecticidas el 56, 75 y 75% fueron utilizados entre las etapas mencionadas.

En cuanto al uso exclusivamente de insecticidas, se utilizaron un total de 9 IA, de los cuales los productos Profenofos, Carbosulfan y Methomyl fueron los más aplicados con mayor concentración en las etapas DV2, prefloración y floración, a pesar de ello, la población de huevos, ninfas y adultos del psílido fue incrementando en todos los lotes en las etapas mencionada. Según Cuesta et al. (2021) estos productos están registrados y son recomendados en Ecuador para el control de *B. cockerelli* S. sin embargo, no se observó un descenso de la población.

Los resultados obtenidos muestran que la presencia del psílido fue en todas las etapas fenológicas del cultivo, con una mayor población de huevos, ninfas y adultos en las tres últimas que comprenden floración, tuberización y maduración; y con respecto a las aplicaciones de insecticidas se concentraron en las fases de DV2, prefloración y floración del cultivo, es decir se realizaron aplicaciones preventivas, sin embargo, no se observó la disminución en cuanto a la población del insecto en las posteriores etapas, similar comportamiento observó Ramos (2014) donde la presencia del psílido fue en todos los meses evaluados y señala que, a pesar de que los lotes muestreados recibieron aplicaciones semanales de insecticidas cada 4 y 5 días, el incremento poblacional de ninfas y adultos fue evidente en las posteriores fases del cultivo y concluye que, la efectividad de los productos disminuye conforme crece el follaje.

El ingrediente activo Carbosulfan fue mayormente aplicado en las etapas de DV2, prefloración y floración y Lambda cyhalothrin en prefloración y floración, Cuesta et al.

(2021) recomiendan el uso de estos dos productos para el control del ninfas de *B. cockerelli* S. ,sin embargo, se observa que la población incrementa en las etapas mencionadas, de tal forma que una de las causas de incremento podría ser la ubicación de las ninfas en la planta como lo señala Rubio et al. (2006) que al encontrarse generalmente en el envés de las hojas se hace más difícil su control con el insecticida asperjado.

Por otro lado, Prabhaker et al. (2006) en un estudio realizado en insectos de *Homalodisca coagulata* (Say) (Hemiptera: Cicadellidae) señalan que los estados ninfales son más susceptibles a los insecticidas, por ello recomiendan el uso de pesticidas en las primeras etapas que en las últimas. Sin embargo, en el presente trabajo no se podría atribuir que el bajo número de ninfas encontradas en las etapas fenológicas iniciales sea debido al uso de insecticidas, ya que los agricultores realizaron mayores aplicaciones en las etapas DV2, prefloración y floración, no obstante, la tendencia del número de ninfas es creciente en las siguientes etapas.

En la tabla 13 se detallan las diferencias numéricas de los IA utilizados, donde se establecen que los lotes con mayor frecuencia de aplicación son los lotes 2 y 3 en el que los agricultores han utilizado entre 9 y 13 veces respectivamente con 4 y 6 IA, siendo los insecticidas Chlorpyrifos, Methomil, Profenofos y los fungicidas Difenoconazole, Mancozeb+Cymoxanil y Propineb + Cymoxanil los más aplicados en el lote 3 y los fungicidas Cymoxanil, Mancozeb+Cymoxanil y Thiofanato metílico y el insecticida Profenofos los más utilizados en el lote 2.

También cabe mencionar que el número de IA utilizados en todos los lotes varían entre 4 y 5 IA, a excepción del lote 6 donde únicamente se utilizaron 2 IA que son el Mancozeb+Cymoxanil y Profenofos.

Tabla 13

Tabla de contingencia de frecuencias absolutas para ingredientes activos por lote de siembra.

Nº	Ingrediente_activo	1	2	3	4	5	6	8	Total
1	Abamectin	0	0	0	0	1	0	0	1
2	Carbosulfan	2	0	0	0	2	0	0	4
3	Chlorpyrifos	0	0	1	0	0	0	0	1
4	Chlorpyrifos + Cypermetrin.	0	0	0	0	0	0	1	1

5	Cypermethrin	0	0	0	0	0	0	1	1
6	Lambda cyhalothrin	2	0	0	0	0	0	0	2
7	Malation	0	0	0	0	2	0	0	2
8	Methomyl	2	0	1	0	0	0	0	3
9	Profenofos	0	3	3	1	0	2	2	11
10	Cymoxanil	0	1	0	1	0	0	0	2
11	Difenoconazole	0	0	1	0	0	0	0	1
12	Mancozeb	0	0	0	0	2	0	0	2
13	Mancozeb+Cymoxanil	2	4	6	1	1	1	2	17
14	Propineb + Cymoxanil	0	0	1	0	0	0	0	1
15	Thiofanato metilico	0	1	0	1	0	0	0	2
	Total	8	9	13	4	8	3	6	51
	Total, IA	4	4	6	4	5	2	4	

4.2.6 Modo de acción

4.2.7 Modo de acción por etapas fenológicas

La utilización de insecticidas para el control de plagas en el presente estudio se contextualiza haciendo énfasis en la comprensión de la frecuencia de determinados modos de acción aplicados en el cultivo. Los resultados se sometieron a la prueba Chi Cuadrado que demuestra que no existe asociación ($\chi^2= 20.30$; $gl=15$; $p=0.1606$) (Tabla 14).

Tabla 14

Prueba Chi Cuadrado para modos de acción por etapas fenológicas

Estadístico	Valor	gl	p
Chi Cuadrado Pearson	20.30	15	0.1606

En la tabla 15 se aprecia la distribución de los modos de acción utilizados en el control de plagas. En el presente estudio se limitan a cuatro, donde el inhibidor de la acetilcolinesterasa I(AChE) que actúa sobre el sistema nervioso del insecto representa el 81 % del total con 6 ingredientes activos y se distribuye en todas las fases fenológicas del cultivo, siendo la más recurrente en la etapa de floración, estadio que muestra seis utilidades, seguido del Modulador del canal del Sodio MC(Na) que actúa sobre el sistema nervioso con 12% con 2 ingredientes activos, Activador del canal de Cloro ACC 4% que actúa sobre el sistema nervioso con un ingrediente activo y finalmente la combinación del inhibidor de la acetilcolinesterasa/modulador de canal de Sodio I(AChE)/MC(Na) 4% que actúa sobre el sistema nervioso, siendo estos tres últimos los que mantienen frecuencias bajas.

Con los resultados obtenidos se observa que existe muy baja rotación, ya que los organofosforados como Chlorpyrifos, Chlorpyrifos+Cypermetrin, Malation y Profenofos y Carbamatos como Carbosulfan y Methomyl tienen el mismo modo de acción que es Inhibidores de la Acetilcolinesterasa (Cárdenas et al., 2010), de tal forma que Cloyd y Cowles (2010) recomiendan rotar los productos no solo por clases químicas sino por modos de actividad, evitando así la posibilidad de desarrollar resistencia de insectos. De ahí la importancia de la rotación de pesticidas, ya que Badii y Garza (2015) señala que en los últimos años el aumento más grande de especies resistentes ha ocurrido con organofosforados y carbamatos, reportando a los órdenes Coleoptera, Diptera, Hemiptera y Lepidoptera como los más representativos.

Tabla 15

Tabla de contingencia de frecuencias absolutas para modos de acción en etapas fenológicas

Código Modo acción	Em.	DV1	DV2	Preflo.	Flor.	Tuber.	Total
ACC*	0	0	0	0	0	1	1
I(AChE)**	4	2	5	3	6	1	21
I(AChE)/MC(Na)	0	0	0	0	1	0	1
MC(Na)***	0	0	0	2	1	0	3
Total	4	2	5	5	8	2	26

*Activadores del canal de cloro

**Inhibidor de la acetilcolinesterasa

***Moduladores del canal de sodio

4.2.8 Modo de acción por lotes y etapas fenológicas

Para comprender de manera específica el manejo de plagas del cultivo, se desarrolló un análisis de los modos de acción por cada lote de siembra, donde se aplicó la prueba de Chi Cuadrado evidenciando como resultado que ningún lote presentó asociación para las frecuencias de aplicación.

En la tabla 16 se visualiza las frecuencias absolutas de los modos de acción utilizados en cada lote y en etapa fenológica, donde hay que destacar que en todos los lotes se utilizó el modo de Inhibidor de la acetilcolinesterasa I(AChE). Los lotes 1, 5 y 8 fueron los únicos en el que se rotaron entre dos modos de acción que comprendieron Moduladores del canal de Sodio MC(Na) y Activadores del Canal de Cloro ACC.

La suma de las frecuencias deriva que la fase fenológica que mayoritariamente recibió los modos de acción corresponde a la floración la cual representa el 31% de las aplicaciones, en

tanto que, en desarrollo vegetativo 2 y prefloración representaron el 19% cada etapa, mientras que, en emergencia el 15%, y DV1 y tuberización les correspondió el 8% cada uno.

Tabla 16

Tabla de contingencia de frecuencias absolutas para modo de acción por lotes y etapas fenológicas

Lote	Modos de acción	Fases fenológicas						Total
		Emergencia	DV1	DV2	Prefloración	Floración	Tuberización	
Lote 1	I(AChE)	-	-	-	2	2	-	4
	MC(Na)	-	-	-	1	1	-	2
Lote 2	I(AChE)	-	1	1	-	1	-	3
Lote 3	I(AChE)	1	-	2	-	1	1	5
Lote 4	I(AChE)	-	-	-	1	-	-	1
Lote 5	ACC	-	-	0	-	0	1	1
	I(AChE)	-	-	2	-	2	0	4
Lote 6	I(AChE)	2	-	-	-	-	-	2
Lote 8	I(AChE)	1	1	-	0	0	-	2
	I(AChE)/MC(Na)	0	0	-	0	1	-	1
	MC(Na)	0	0	-	1	0	-	1
Total		4	2	5	5	8	2	26

El lote que recibió la frecuencia más alta de modos de acción de insecticidas durante el periodo de cultivo fue el lote 8, que entre el inhibidor de la acetilcolinesterasa I(AChE), el modulador del canal del sodio MC(Na) y los dos modos de acción en un solo producto suman el uso de 3 IA distribuidos en cuatro aplicaciones, y en la evaluación de presencia de huevos, ninfas y adultos de *Bactericera cockerelli* S. se ubicó en el primer lugar de capturas con 728, 258 y 111 individuos respectivamente, mientras que en lote 5 a pesar de que aplicaron 3 diferentes IA rotando en dos modos de acción con I(AChE) y Activadores del Canal de Cloro ACC y distribuidos en 3 aplicaciones durante el ciclo, se observó el conteo más bajo en cuanto al número de huevos, ninfas y adultos encontrados representando nada más el 12, 22 y 11% respectivamente al número de individuos reportados en el lote 8.

4.2.9 Modo de acción por días después de la siembra

El análisis complementario para comprensión de la utilización de los modos de acción en el cultivo tiene que ver con el día específico de la aplicación del insecticida, para lo cual se aplicó la prueba de Chi Cuadrado por lote y día del control, dando como resultado que no existe asociación.

Los lotes con mayor número de aplicación de insecticidas son los lotes 3 y 8 con 4 aplicaciones, usando 3 IA cada una con un solo modo de acción el lote 3 y con 3 modos de acción el lote 8. Cabe recalcar que el manejo de insecticidas en el lote 3 es crítico ya que en todas las aplicaciones se dan con un solo modo de acción, esta es una de las razones para fomentar la resistencia y que estos productos pierdan eficiencia (Tabla 17).

Es necesario indicar que existen lotes que reciben una sola aplicación, esto corresponde a los lotes 4 y 6. Los controles para estos segmentos son aplicados en los días 71 y 35 correspondientemente, además cabe resaltar que el lote 4 presenta una siembra asociada de dos variedades y es el segundo espacio con mayor presencia de adultos, en tanto que, el lote 6 se cultivó individualmente y presentó como una de las dos áreas con menor captura de adultos.

Con los resultados obtenidos se reporta un promedio de 2.5 aplicaciones de insecticidas por ciclo, siendo menor a lo que recomiendan Yanggen et al. (2003) quienes mencionan que el cultivo de papa recibió un promedio de seis y un máximo de 15 aplicaciones por ciclo.

Tabla 17

Tabla de contingencia absoluta para modos de acción por día de aplicación.

Nº Lote	Modos de acción	Día de aplicación/ Nº de Aplicaciones				Total
		76	112	112	147	
Lote 1	I(AChE)	2	2			4
	MC(Na)	1	1			2
Lote 2	I(AchE)	1	1	1		3
		35	69	107	147	5
Lote 3	I(AchE)	1	2	1	1	5
Lote 4	I(AchE)	1				1
		71				
Lote 5	ACC	0	0	1		1
	I(AchE)	2	2	0		4
Lote 6	I(AchE)	2				2
		35				
Lote 8	I(AchE)	1	1	0	0	2
	I(AchE)/MC(Na)	0	0	0	1	1
	MC(Na)	0	0	1	0	1
Total		42	54	84	109	26

Por otro lado, en el lote 1 se aplicaron dos modos de acción I(AChE) que corresponde a los insecticidas Methomyl y Carbosulfan; Modulador del Canal de sodio MC(Na) que pertenece a

Lambda cyhalotrin distribuidos los 3 IA en dos aplicaciones a los 76 y 112 día después de la siembra.

En el lote 2 aplicaron un solo modo de acción que corresponde al I(AChE) utilizando 1 IA (Profenofos) distribuido en 3 aplicaciones a los 55, 72 y 112 días después de la siembra.

En el lote 3 también se aplicó un solo modo de acción que corresponde al I(AChE) utilizando 3 IA distribuidos en 4 aplicaciones, Profenofos aplicado a los 35, 107 y 147 días después de la siembra, Methomyl y Chlorpyrifos aplicados a los 69 días después de la siembra.

En los lotes 4 y 6 manipularon un solo modo de acción I(AChE) utilizando 1 IA que corresponde al Profenofos distribuido en una sola aplicación a los 71 y 35 días después de la siembra respectivamente.

En el lote 5 utilizaron dos modos de acción distribuidos en 3 aplicaciones I(AChE) que corresponde a Carbosulfan y Malation aplicados a los 68 y 111 días después de la siembra, Activador del Canal de Cloro ACC que corresponde al uso de Abamectin aplicado a los 141 días después de la siembra.

El lote 8 utilizaron 3 modos de acción distribuidos en 4 aplicaciones durante el ciclo del cultivo, I(AChE) que corresponde al Profenofos aplicado a los 42 y 54 días después de la siembra, MC(Na) que corresponde a Cypermetrin aplicado a los 84 días después de la siembra e I(AChE/ MC (Na)) que corresponde Chlorpyrifos+ Cypermetrin aplicado a los 109 días después de la siembra.

Rubio et al. (2013) recomiendan que la aplicación de insecticidas se debe realizar en base a un monitoreo en trampas y no se deben esperar a encontrar ninfas en el cultivo, ya que eso implica que han pasado dos semanas desde que arribaron los primeros insectos adultos los cuales ya pudieron haber transmitido el fitoplasma. En nuestra investigación las primeras aplicaciones se iniciaron a los 35 días después de la siembra coincidiendo con la etapa emergencia, sin embargo la población de huevos, ninfas y adulto fue creciente según la planta cumplía con sus fases fenológicas.

Es importante mencionar que el manejo químico que realizaron los agricultores de la localidad de Ugsha no tuvo un criterio técnico de aplicación de pesticidas, ya que emplearon los productos sobrantes de los anteriores ciclos y que a su vez obtuvieron buenos resultados

en cuanto a cosechas. Los productores utilizaron un total de 9 IA a lo largo de la investigación, donde en el 100% de los lotes en estudio aplicaron el modo de acción Inhibidor de la acetilcolinesterasa I(AChE) que actúa sobre el sistema nervioso del insecto, que según Fishel (2018) la enzima acetilcolinesterasa es fundamental para el normal funcionamiento del sistema nervioso del insecto, de tal forma que, los Ingredientes Activos con este modo de acción impiden esta actividad y conllevan a la muerte. Además, cabe mencionar que únicamente el 38% siendo los lotes 1, 5 y 8 realizaron rotaciones de insecticidas según el modo de acción, alternando entre Activadores del canal del Cloro (ACC) y Moduladores del Canal de Sodio MC(Na).

Cerna et al. (2012) mostraron que los insecticidas Abamectin y Profenofos fueron altamente tóxicos sobre ninfas del cuarto y quinto instar de desarrollo en el cultivo de papa provocando altas mortalidades, mientras que en el presente estudio a pesar de que las aplicaciones de Profenofos se realizaron en todas las etapas fenológicas la tendencia poblacional de ninfas fue creciente, de tal forma que el uso intensivo pudo ser la causa de desencadenar la resistencia del insecto (Comité de Acción de Resistencia de Insecticidas, 2019), acumulación y persistencia de los compuestos en el ambiente y la disminución de las poblaciones de los insectos benéficos (Dent y Binks, 2020).

Por otro lado, Vega et al. (2008), informan que el control de *B. cockerelli* S. en campo ha dependido del uso de insecticidas, sin embargo, en su evaluación mencionan que los agricultores recalcan que la aplicación de insecticidas no fue satisfactoria e infieren que fue debido a la calibración del equipo de fumigación y a la deficiente cobertura del follaje, ya que al aplicar los productos cubren el haz de las hojas, situación crítica para aquellos insecticidas que no tienen acción traslaminar, ya que, las ninfas se alojan principalmente en el envés, por lo que su desarrollo se da de forma normal (Toledo, 2019), concluyendo que el control deficiente de esta plaga no fue debido a la resistencia sino al uso inadecuado de los insecticidas, así mismo Ramírez et al. (2013) menciona que debido a una deficiente técnica de aplicación de agroquímicos observaron pérdidas hasta del 80% en producción. Esta situación podría haber influenciado en la presente investigación ya que los productores desconocían la presencia de esta plaga en sus cultivos y su desarrollo, y al aplicar los insecticidas lo realizaban cubriendo nada más el haz de las hojas.

Además, Walker et al. (2014) señalan que, para iniciar aplicaciones de insecticidas, una buena combinación es el monitoreo del psílido en el cultivo mediante trampas adhesivas y la

exploración en campo, actividad que no fue realizada por parte de los productores en los lotes en estudio, ya que desconocían la presencia del insecto y las fumigaciones lo realizaban en base a experiencia con ciclos anteriores.

4.3 Condiciones ambientales

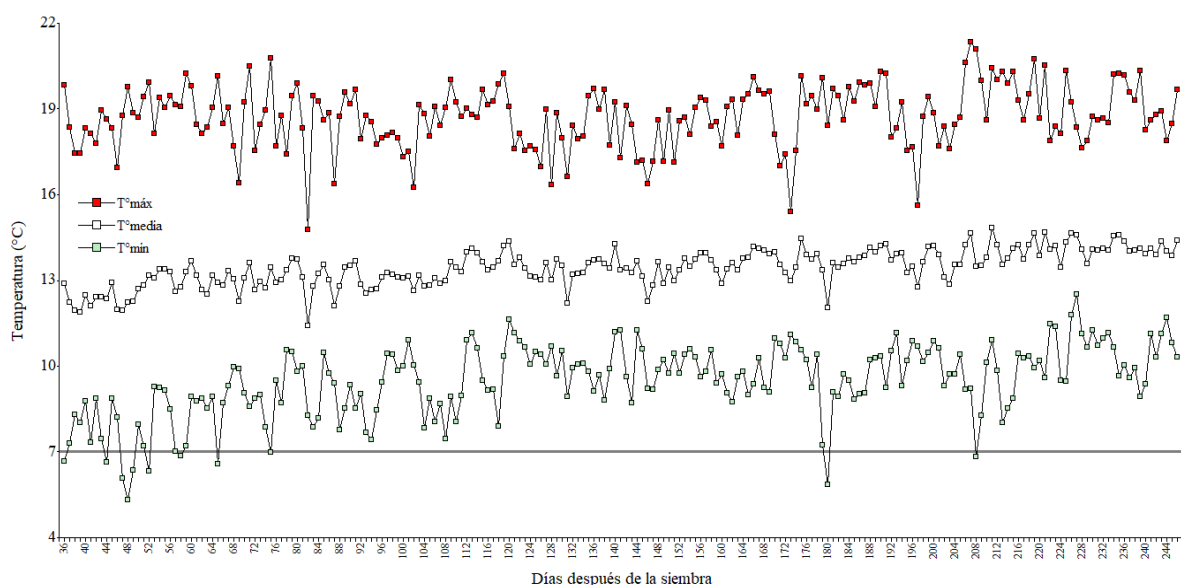
El comportamiento de las plagas en gran medida depende de las condiciones ambientales donde se establecen las zonas productivas (Coscollá, 1980). En el presente estudio se determina la dinámica de la temperatura en tres rangos: máxima, mínima y media. Del mismo modo se determinó la presencia de precipitaciones.

4.3.1 Temperatura

La temperatura de la zona de estudio osciló entre los 5.3 y 21.3 °C, registrando las temperaturas máximas diarias a los 71, 75, 206, 207, 208, 219, 221 días después de la siembra con 20.5, 20.8, 20.6, 21.3, 21.1, 20.8 y 20.5 °C respectivamente, mientras que las temperaturas mínimas por debajo del umbral de desarrollo se presentaron entre los 34 y 65 ; 180, 208 días después de la siembra con 6.7 - 6.6 °C; 5.9, 6.8 °C correspondientemente (Figura 42).

Figura 42

Fluctuación de la temperatura en la localidad de San Pablo



La temperatura es fundamental para el desarrollo de los ciclos biológicos de los insectos ya que son organismos ectotérmicos. Los procesos bioquímicos que constituyen su actividad

vital tienen una temperatura mínima para desarrollarse, una óptima y una máxima por encima del cual no se desarrollan (Quesada, 2011).

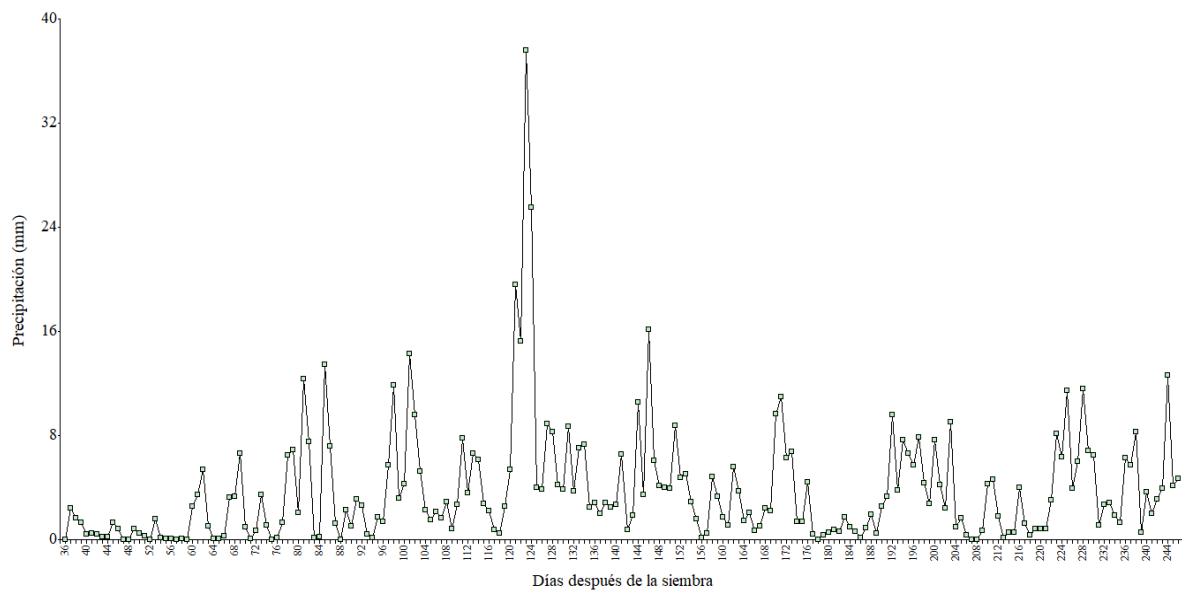
La temperatura en la zona de estudio fluctuó entre 5.3 y 21.3 °C, estas condiciones podrían haber afectado la supervivencia de algunos estadios del psílido, así lo confirman Xian et al. (2013) quienes señalan que, las condiciones climáticas fluctuantes afectan en gran medida el desarrollo inmaduro de *B. cockerelli* S. y provocan una muerte inesperada en el campo, de tal manera que, observaron una mortalidad del 74% de huevos cuando las temperaturas fluctuaron entre 8,5 a 36,6 ° C, situación similar podría haber afectado a la población de huevos, ya que, al inicio del monitoreo fueron 9 días donde la temperatura sobrepasaron el umbral de desarrollo, coincidiendo con las etapas de emergencia, DV1 y DV2 donde la población fue de 35, 50 y 87 unidades respectivamente, mientras que el número de ninfas en las mismas etapas fue nula, observando únicamente dos unidades en DV2, de tal forma que la mortalidad fue del 100% en las dos primeras fases y 98% en DV2.

4.3.2 Precipitación

Las mayores precipitaciones en la localidad de San Pablo se registraron entre los meses de octubre, noviembre y diciembre con 125, 211 y 132 mm respectivamente coincidiendo con las etapas de floración, tuberización y maduración del cultivo. Además cabe, resaltar que las precipitaciones diarias más altas fueron a los 121, 122, 123 y 124 días después de la siembra (noviembre) con 19.6, 15.2, 37.6 y 25.5 mm (Figura 43). Mientras que las precipitaciones bajas se presentaron en los meses de agosto, septiembre, enero, febrero y marzo con 10, 50, 98, 97 y 64 mm/mes correspondientemente.

Figura 43

Variación de la precipitación en la localidad de San pablo



A pesar de la existencia de diferentes rangos de precipitación óptimos para el sano desarrollo, estos dependen de la especie vegetal, de las condiciones del entorno y de los patógenos o síntomas en estudio (Posada y Ramos, 2012). De tal forma que, no se puede generalizar el aumento o disminución del insecto plaga sea específicamente por las condiciones de precipitación presentes en la localidad de estudio. El aumento de la incertidumbre y variabilidad del clima a nivel regional, en particular en lo referente a las precipitaciones, podría ser excepcionalmente alterado (Quesada, 2011).

Las precipitaciones realizan una acción indirecta al variar la humedad atmosférica y el suelo, y que además junto con el rocío tiene importancia en la determinación de algunas enfermedades cuyo inicio está dado por el tiempo de mojado de la hoja, en general, puede afirmarse que esta no es un factor crítico, como lo es la temperatura para los insectos (Martínez, 2017).

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El monitoreo directo determinó que la mayor cantidad de huevos se concentraron en las etapas de floración con 377, tuberización con 653 y maduración del cultivo con 409.
- El monitoreo directo en cuanto a ninfas mostró altas poblaciones en las tres últimas etapas del cultivo que comprenden floración con 38 insectos, tuberización con 83 y maduración con 70.
- El monitoreo indirecto reveló que la mayor población de adultos se concentraron en las mismas tres etapas finales del cultivo que comprenden floración con 32, tuberización con 38 y maduración con 32 individuos.
- Para los órdenes estudiados en entomofauna, el orden Diptera presentó la más alta población con el 78% del total de insectos encontrados, seguido del orden Hemiptera con el 10%, Thysanoptera con el 6%, Hymenoptera 4%, Coleoptera 2%, mientras que los órdenes Lepidoptera y Neuroptera no alcanzaron ni el 1%.
- La labores culturales dentro del manejo agronómico fueron limpieza de malezas, aporque, fertilización y controles fitosanitarios, donde se observó la utilización de 15 ingredientes activos, 9 insecticidas y 6 fungicidas distribuidos en cuatro modos de acción siendo el Inhibidor de la acetilcolinesterasa que actúa sobre el sistema nervioso del insecto el más aplicado.

5.2 Recomendaciones

- Es necesario desarrollar investigaciones enfocadas a la clasificación de insectos por especies, de tal forma que, permita conocer los enemigos naturales para *B. cockerelli* S y de esta manera validar nuevas alternativas de control en la zona.
- Es necesario realizar capacitaciones a los productores sobre el uso de ingredientes activos y modos de acción.

REFERENCIAS

- Abdullah N, M. (2008). Life history of the potato psyllid *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) in controlled environment agriculture in Arizona. *African Journal of Agricultural research*, 3(1), 60-67.
- Abrol, D. y Uma, S. (2011). *Integrated pest management: Principles and practice*. USA: Gwenan Spearing.
- Ail Catzim, C., Cerna Chávez, E., Landeros Flores, J., Aguirre Uribe, L., Flores Dávila, M., Badii Zabeh, M. y Ochoa Fuentes, Y. (2012). Respuesta funcional de diferentes instares larvales de *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) sobre ninfas de *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Homoptera: Psyllidae). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 44(2), 279-288.
- Alarcón Rodríguez, N., Lozoya Saldaña, H. y Valadez Moctezuma, E. (2009). Caracterización de ADN de clones de papa e identificación de fitoplasmas asociados al síndrome de la punta morada. *Agrociencia*, 43, 357-370.
- Al-Jabr, A. y Cranshaw Whitney, S. (2007). Trapping tomato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Psyllidae), in greenhouses. *Southwestern Entomologists*, 32(1), 25-30. <https://doi.org/10.3958/0147-1724-32.1.25>
- Badii Mohammad, H. y Garza Almanza, V. (2015). Resistencia en insectos, plantas y microorganismos. *Cultura Científica y Tecnológica*, 18, 1-17.
- Barrera, V., Delgado, J., Alwang, J., Escudero, L., Arévalo, J. y Cartagena, Y. (2020). *Prácticas de agricultura de conservación que promueven la productividad y sostenibilidad del sistema de producción papa-pastos en la microcuenca del río Illangama, Ecuador*. Boletín divulgativo N° 448. ARCOIRIS Producción gráfica. Quito, Ecuador. 38 pp.
- Caicedo, J., Crizón, M., Pozo, A., Cevallos, A., L, S., Rivera, L. y Arahana, V. (2015). First report of '*Candidatus* Phytoplasma aurantifolia' (16SrII) associated with potato purple top in San Gabriel-Carchi, Ecuador. *New Disease reports*, 32, 20.

- Cameron J, P., Surrey R, M., Wigley J, P., Anderson D, J., Hartnett E, D. y Wallace R, 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>
- Cárdenas Omayda, S. y Ortiz, J. (2010). Uso de plaguicidas inhibidores de acetilcolinesterasa en once entidades territoriales de salud en Colombia, 2002-2005. *Biomédica*, 30, 95-106.
- Cardona Mejía, C. y Mesa Cobo, N. (2016). *Entomología económica y manejo de plagas*. Universidad Nacional de Colombia. https://books.google.com.ec/books?id=kTSrDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Castillo, C., Buitrón, J., Insuasti, M., Catillo, N., Rivadeneira, J. y Cuesta, X. (29 y 30 de Junio de 2017). *Avances en el diagnóstico del agente causal del problema de punta morada en papa en Ecuador*. VII Congreso Ecuatoriano de la papa: Adaptación al cambio climático, Tulcán, Carchi, Ecuador.
- Castillo Carillo, C., Zhen, F. y Burckhardt, D. (2019). First record of the tomato potato psyllid *Bactericera cockerelli* from South America. *Bulletin of insectology*, 72(1), 85-91.
- Centro de Biociencia Agrícola Internacional. (2018). *Bactericera cockerelli* (tomato/tomato psyllid). Obtenido de Invasive Species Compendium: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/45643>
- Cerna Chávez, E., Ail, C., Landeros Flores, J., Sánchez Prieto, S., Badii Mohammad, H., Aguirre Uribe, L. y Ochoa Fuentes, Y. (2012). Comparación de la toxicidad y selectividad de insecticidas para la plaga *Bactericera cockerelli* y su depredador *Chrysoperla carnea*. *Agrociencia*, 46, 783-793.
- Cerna Chávez, E., Hernández Bautista, O., Ochoa Fuentes, Y., Landeros Flores, J., Aguirre Uribe, L. y Hernández Juárez, A. (2018). Morfometría de inmaduros y tablas de vida de *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae) de poblaciones del noreste de México. *Revista Colombiana de Entomología*, 44(1), 53-60. <https://doi.org/10.25100/socolen.v44i1.6543>.

- Cerna Chávez, E., Ochoa Fuentes, Y., Aguirre Uribe, L., Flores, M. y Landeros Flores, J. (2013). Determinación de la resistencia a insecticidas en cuatro poblaciones del psílido de la papa *Bactericera cockerelli* (Sulc.) (Hemiptera: Triozidae). *PHYTON*, 82(1), 63-68.
- Cloyd R. A. y Cowles R. S. (2010). Manejo de resistencia: principios de resistencia, modo de acción y rotación de insecticidas. *The Connecticut Agricultural Experiment Station. Valley Laboratory, Windsor*.
- Comité de Acción de Resistencia de Insecticidas. (2019). Clasificación del modo de acción de insecticidas y acaricidas. 1-28.
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Registro oficial*, 449, 20 de Octubre.
- Contreras Rendón, A., Gutiérrez Ibáñez, A., Silva Rojas, H., Sánchez Pale, J., Laguna Cerda, A. y Ramírez Dávila, J. (2016). Distribución espacial de *Candidatus Liberibacter solanacearum* y *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae) en papa (*Solanum tuberosum* L.). *Southwestern*, 41(1), 105-114. <https://doi.org/10.3958/059.041.0112>
- Cortéz Madrigal, H. (2010). Evaluación de aislamientos de hongos entomopatógenos y su virulencia hacia *Bactericella cockerelli*, según su origen. *Fitopatología Colombiana*, 34(1), 21-25.
- Coscollá R, R. (1980). Incidencia de los factores climatológicos en la evolución de las plagas y enfermedades de las plantas. *Boletín de sanidad vegetal, plagas*, 6(2), 123-139.
- Crespo Herrera, L., Vera Graziano, J., Bravo Mojica, H., López Collado, J., Reyna Robles, R., Peña Lomelí, A., Manuel Pinto, V. y Garza García, R. (2012). Distribución espacial de *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae) en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Agrociencia*, 46, 289-298.
- Crizón Domínguez, M. G. (2017). *Identificación molecular del fitoplasma causante de la punta morada de la papa y ensayos de resistencia sistémica adquirida* [tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13057/1/T-UCE-0004-43-2017.pdf>

- Cuesta, X., Peñaherrera, O., Velásquez, J. y Castillo, C. (2018). Guía de manejo de la punta morada de la papa. *INIAP*. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5345/1/iniapscmt104.pdf>.
- Cuesta, X., Velásquez, J., Peñaherrera, D., Racines, M. y Castillo, C. (2021). Guía de manejo de la punta morada de la papa. 20. Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
- Delgado Ortiz, J., Beltrán Beache, M., Cerna Chávez, E., Aguirre Uribe, L., Landero Flores, J., Rodríguez Pagaza, Y. y Ochoa Fuentes, Y. (2019). *Candidatus Liberibacter solanacearum* patógeno vascular de solanáceas: diagnóstico y control. *Revista especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 22, 1-12. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2019.177>
- Dent, D., y Binks, R. (2020). *Insect Pest Management*. Boston, USA: CAB Internacional.
- Díaz Valasis, M., Cadena Hinojosa, M., Rojas Martínez, R., Zavaleta Mejía, E., Ochoa Martínez, D. y Bujano Muñiz, R. (2010). Etiología y efecto en genotipos del pardeamiento y la brotación anormal asociados con fitoplasmas en tubérculos de papa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(4), 525-540.
- Djaman, K., Higgins, C., Begay, S., Koudahe, K., Allen, S., Lombard, K. y Oneill, M. (2020). Seasonal occurrence of potato psyllid (*Bactericera cockerelli*) and risk of zebra chip pathogen (*Candidatus Liberibacter Solanacearum*) in Northwestern New Mexico. *Insects*, 11(1), 1-13. <https://doi.org/10.3390/insects11010003>
- Egúsqüiza B, R. (2000). *La papa: producción, transformación y comercialización*. Lima, Perú: PRISMA.
- Espinoza Quisaguano, J. D. (2020). *Evaluación de tres estrategias de manejo de punta morada de la papa en dos categorías de semilla en Tumbaco Pichincha* [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/21456/1/T-UCE-0004-CAG-245.pdf>
- Fishel, F. (2018). University of Florida. (The Institute of Food and Agricultural Sciences (IFAS)) Obtenido de Pesticidas y Colinesterasa: <https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/PI/PI24200.pdf>

- Flores Magdaleno, H., Flores Gallardo, H. y Ojeda Bustamante, W. (2014). Predicción fenológica del cultivo de papa mediante tiempo térmico. *Revista Fitotec*, 37(2), 149-157.
- Flores Torres, L. M. (2005). *Virus del enrollamiento de la hoja de papa, y su detección en el síndrome de la punta morada* [Tesis de posgrado, Universidad autónoma Agraria Antonio Narro].
http://sipco.ica.gov.co:8080/bitstream/123456789/17812/2/Monserrat_2005.pdf
- García Tapia, N. y Galindo Bucheli, E. (2014). *Propuesta de mejoramiento e integración de la cadena de comercialización de papa nativa en el mercado de Quito, para pequeños productores del cantón Saquisilí, Provincia de Cotopaxi, a través del modelo asociativo* [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3151/1/T-UCE-0005-456.pdf>
- Gastélum, R., Godoy, T., López, M., y Medina, R. (2014). Manejo del psílido del tomate *Bactericera cockerelli* (Sulc). En Guerra, J., Cruz, J., García, J. y López, M. (Ed), *tópicos selectos de agronomía* (pp.107-122). México.
- Giordannengo, P., Vincent, C. y Alyokhin, A. (Ed.). (2013). *Insect pests of potato global perspectives on biology and management*. The Boulevard: Elsevier Inc.
- Gonzáles Gamboa, J. R. (2015). *Evaluación agronómica de papa, variedad superchola (Solanum tuberosum), con el uso de semilla prebásica , bajo dos modalidades de fertilización edáfica, complementada con fertilización foliar* [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/4550>
- González Maldonado, M. y García Gutiérrez, C. (2012). Uso de Biorracionales para el control de plagas de hortalizas en el norte de Sinaloa. *Ra Ximhai*, 8(3), 31-45.
- Grutmacher Dionei, A. y Link, D. (2000). Levantamento da entomofauna associada a cultivares de batata em duas épocas de cultivo. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 35(3), 653-659. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2000000300023>
- Gutiérrez Guerra, R. (2017). *Detección de “Candidatus Liberibacter solanacearum” en poblaciones de Bactericera cockerelli y su relación con la temperatura* [tesis de pregrado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro].

<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/42456/K%2064924%20GUTIERREZ%20GUERRA%20RUBI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Henne C, D., Paetzold, L., Workneh, F. y Rush M, C. (2010). Evaluation of potato psyllid cold tolerance, overwintering survival, sticky trap sampling, and effects of *liberibacter* on potato psyllid alternate host plants. *Proc. 10th Annual Zebra chip Rep. Session. Dallas, TX*, 149-153.

Hernández García, V. (2011). *Monitoreo de insectos vectores y efecto de fuentes de inóculo en el desarrollo de la epidemia punta morada de la papa* [tesis de maestría, Universidad Autónoma Agraria Antonio Navarro]. [http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4033/K%2062358%20Hern%
c3%a1ndez%20Garc%c3%ada%2c%20Vidal.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4033/K%2062358%20Hern%c3%a1ndez%20Garc%c3%ada%2c%20Vidal.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Hernández García, V., Salas Marina, M., Frías Treviño, G., Aguirre Uribe, L., Flores Olivas, A. y Almeyda León, I. (2018). Importancia de la semilla-tubérculo y la arvense *Lycium berlandieri* (Dunal) para la epidemia de punta morada/zebra chip de la papa. *Revista Bio Ciencias*, 5(1), 1-21. <https://doi.org/10.15741/revbio.05.nesp.e442>

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2017). *Datos meteorológicos e hidrológicos*. Ecuador: INAMHI: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2017). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2017*. (INEC), Quito, Ecuador 22 pp.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2018). *Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua*. (INEC), Quito, Ecuador 33 pp.

Jiménez Martínez, E. y Sandino Díaz, V. (2009). Entomología. Universidad Nacional Agraria.

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) e incidencia del “Permanente del Tomate” en diferentes condiciones de producción del tomate. *Southwestern Entomologist*, 41(4), 1085-1094. <https://doi.org/10.3958/059.041.0408>

Knowlton, G. y Janes, M. (1931). Studies on the biology of *Paratrioza cockerelli* (Sulc). *Annals of the entomological Society of América*, 24(2), 283-392.

- Liu Deguang, L. y Trumble, J. T. (2006). Differential responses to feeding by the tomato/potato psyllid between two tomato cultivars and their implication in establishment of injury levels and potential of damaged plant recovery. *Insect Science*, 13, 195-204. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2006.00082.x>
- López Durán, M. (2009). *Efectividad biológica de insecticidas contra el psílido de la papa (Bactericera cockerelli Sulc.) en Metepec* [tesis de maestría, Colegio de postgraduados]. http://ftp.cm.colpos.mx/inicio/images/tesis_p/entomologia/tesis_cq.pdf
- Lozano Gutiérrez, J., Reyes López, W., Ortiz Ramírez, H., España Luna, M. y Balleza Cadengo, J. (2019). Mortalidad de *Bactericera cockerelli* Sulc 1909 (Hemiptera: Triozidae) con aceite de soya en cultivo de jitomate. *Entomología agrícola*, 6, 248-252.
- Lozano Gutiérrez, J., Salas Montes, J., España Luna, M., Lara Herrera, A., Balleza Cadengo, J. y Martínez Contreras, C. (2018). Entomofauna asociada a seis tipos de chile (*Capsicum annum* L.) en Morelos, Zacatecas, México. *Entomología Mexicana*, 5(1), 95-99.
- Luna Cruz, A., Lomeli Flores, R., Rodríguez Leyva, E., Ortega Arenas, L. y Huerta de la Peña, A. (2011). Toxicidad de cuatro insecticidas sobre *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae) y su hospedero *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozae). *Acta zoológica Mexicana*, 27(3), 509-526.
- Martínez, S. (2017). El tiempo, las plagas (animal o vegetal) y las plantas. Pronóstico de enfermedades y plagas. *Climatología y fenología agrícola*, 1-7.
- Mohammedi, A., Ali, S. y Kerrouzi, M. (2019). Entomofaunal diversity and similarity indices of different agroecosystems in northwest Algeria. *Journal of insect biodiversity and systematics*, 5(2), 143-152.
- Molina, O. (2009). La papa: Diversos elementos que intervienen en la cuantificación de sus costos de producción. *Actualidad Contable FACES*, 12(18), 73-80.
- Montaldo, A. (1984). *Cultivo y mejoramiento de la papa*. San José, Costa Rica: IICA.

- Monteros, A. (2016). Rendimientos de papa en el Ecuador primer ciclo 2016. Obtenido de http://sipa.agricultura.gob.ec/descargas/estudios/rendimientos/papa/rendimiento_papa_2016.pdf
- Morales Garzón, F. (2007). Sociedades precolombinas asociadas a la domesticación y cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en Sudamérica. *Revista Latinoamericana de la papa*, 14(1), 1-9. <https://doi.org/10.37066/ralap.v14i1.139>
- Mujica, N. y Kroschel, J. (2018). Ecological, economic, and environmental assessments of integrated pest management in potato: A case study from the Cañete Valley, Perú. *Food and Energy Security*, 8(1), 1-25. <https://doi.org/10.1002/fes3.153>
- Munyaneza, J., Buchman, J., Sengoda, V., Goolsby, J., Ochoa, A., Trevino, J. y Schuster, G. (2012). Impact of potato planting time on incidence of potato zebra chip disease in the lower Rio Grande Valley of Texas. *Southwestern*, 7(3), 253-262. <https://doi.org/10.3958/059.037.0301>
- Nicholls, C. (2008). Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico (Vol. 2). Universidad de Antioquia.
- Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. (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. El Salvador: Corporativo Editorial Tauro.
- Plan Nacional de Desarrollo 2017 - 2021. (2017). Toda una vida. Quito-Ecuador.
- Posada, R. y Ramos, C. (Junio de 2012). *Efecto de la precipitación en la distribución de insectos plaga y síntomas de enfermedades en el arbolado urbano de Bogotá* [Primer congreso latinoamericano de ecología urbana]. Desafíos y escenarios de desarrollo para las ciudades latinoamericanas, Bogotá, Colombia.
- Prabhaker, N., Castle, S. y Toscano, N. (2006). Susceptibility of immature stages of homalodisca coagulata (Hemiptera: Cicadellidae) to selected insecticides. *Journal of Economic Entomology*, 99(5), 1805-1812. <https://doi.org/10.1093/jee/99.5.1805>
- Prager M, S., Lewis Milo, O., Michels, J. y Nansen, C. (2014). The influence of maturity and variety of potato plants on ovoposition and probing of *Bactericera cockerelli*

- (Hemiptera: Triozidae). *Environmental entomology*, 43(2), 402-409.
<https://doi.org/10.1603/EN13278>
- Prager M, S. y Trumble, J. (2018). Psyllids: biology, ecology and management. En W. Wakil, G. Brust y T. Perring, *Sustainable management of arthropod pests of tomato* (págs. 163-181). Academic press.
- Pumisacho, M. y Sherwood, S. (2002). *El cultivo de la papa en Ecuador*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).
- Pumisacho, M. y Velásquez, J. (2009). *Manual del cultivo de papa para pequeños productores*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) - Agencia Suiza para el Desarrollo (COSUDE). Quito, Ecuador.
- Quesada Moraga, E. (2011). Plagas de insectos y cambio climático. *Phytoma España: La revista profesional de sanidad vegetal*, 232, 21-31.
- Racines, M., Jaramillo, P., Rivadeneira, J., Monteros, C. y Cuesta, X. (27-28 de Junio de 2019). *Implementación de una estrategia para el manejo de Bactericera cockerelli en papa*. Artículos del Octavo Congreso Ecuatoriano de la papa, Ambato, Tungurahua, Ecuador.
- Ramírez, J., Porcayo Camargo, E. y Sánchez, J. (2013). Modelización de la distribución espacial de *Bactericera cockerelli* Sulc. (Hemiptera: Triozidae) en *Solanum tuberosum* L. (Solanales: Solanaceae). *Rev. FCA UNCUYO*, 45(2), 13-27.
- Ramírez Gomez, M., Santamaría Cesar, E., Mendez Rivera, J., Ríos Flores, J., Hernandez Salgado, J. y Mendez J, P. (2008). Evaluación de insecticidas alternativos para el control de paratrioza (*Bactericera cockerelli* B. y L.) (Homoptera:Triozidae) en el cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annum* L.). *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 7(1), 47-56.
- Ramos Andino, R. A. (2014). *Fluctuación poblacional de Bactericera cockerelli Sulc. (Hemíptera: Triozidae) e incidencia de punta morada (Candidatus Liberibacter solanacearum) en lotes comerciales de papa (Solanum tuberosum L.)* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria].
<https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnh10r175.pdf>

- Ripa S, R. y Larral D, P. (2011). *Manejo de plagas en palto y cítricos*. Instituto de investigaciones agropecuarias . Centro regional de Investigacion La Cruz. <https://frutales.files.wordpress.com/2011/01/cit-16-manejo-de-plagas-en-paltos-y-cc3adtricos.pdf>
- Rodríguez Leyva, E. y Lomeli Flores, J. (2021). *Parasitoides y depredadores de *Bactericera cockerelli*, y sus agentes potenciales de control biológico en México*. Memorias del II congreso de control biológico aplicado. Quito, Ecuador.
- Rosset, P. (1988). Aprovechamiento de la ecología y el comportamiento de los insectos mediante las técnicas de control cultural en el manejo integrado de plagas. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, (10), 1-12.
- Rubio Covarrubias, O., Almeyda León, I., Cadena Hinojosa, M. y Lobato Sanchez, R. (2011). Relación entre *Bactericera cockerelli* y presencia de *Candidatus Liberibacter psyllaurens* en lotes comerciales de papa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(1), 17-28.
- Rubio Covarrubias, O., Almeyda León, I., Ireta Moreno, J., Sánchez Salas, J., Fernández Sosa, R., Borbón Soto, J., Díaz Hernández, C., Garzón Tiznado, J., Rocha Rodríguez, R. y 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.
- Rubio Covarrubias, O., Cadena Hinojosa, M. y Vázquez Carrillo, M. (2013). Manejo integrado de la punta morada de la papa en el estado de México. INIFAP-CIRCE Campo experimental valle de México. Sitio experimental Metepec. Folleto técnico N° 2.
- Sumner Kalkun, J., Sjolund, M., Arnsdorf, M., Carnegie, M., Highet, F., Ouvrad, D., Greenslade, A., Bell, J., Sigvald, R. y Kenyo, D. (2020). A diagnostic real-time PCR assay for the rapid identification of the tomato-psyllid, *Bactericera cockerelli* (Sulc, 1990) and development of a psyllid barcoding database. *Plos One*, 15(3), 1-18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230741>
- Teulon, D., Workman, P., Thomas, K. y Nielsen, M. (2009). *Bactericera cockerelli*: Incursion, dispersal and current distribution on vegetables crops in New Zealand. *New Zealand plant protection*, 62, 136-144. <https://doi.org/10.30843/nzpp.2009.62.4783>

- Tipanluisa Garzón, E. B. (2020). *Evaluación del Dimetil sulfóxido y rutina flavonoide complementarios al manejo de punta morada de la papa para incrementar el peso de tubérculos* [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/21508/1/T-UCE-0004-CAG-271.pdf>
- Toledo Perdomo, C. E. (2019). *Factores que afectan la proporción sexual y comportamiento poblacional de *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae)* [Tesis doctoral, Universidad de San Carlos de Guatemala]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/21508/1/T-UCE-0004-CAG-271.pdf>
- Valverde, L., Virla, E. y Van Nieuwenhove, G. (2017). Distribución de los huevos de lepidópteros defoliadores (Lepidoptera: Noctuoidea) en plantas de soja y su relación con la fenología del cultivo. *Revista FCA Uncuyo*, 49(2), 319-330.
- Vargas Madriz, H., Guzmán Martínez, M., Acuña Soto, J., Azuara Domínguez, A., Grifaldo Alcántara, P., Luna Cruz, A. y Lázaro Dzul, M. (2020). Effects of temperature and tomato variety on development stages of *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae). *Acta zoológica mexicana*, 36, 1-10. <https://doi.org/10.21829/azm.2020.3612178>
- Vásquez Martínez, O., Martínez López, E., García Munguía, A., García Munguía, C. y Enríquez García, F. (2016). Susceptibilidad de *Bemisia tabaci* Gen. y *Bactericera cockerelli* Sulc en *Solanum lycopersicum* a insecticidas, en Aguascalientes, México. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 4(1), 188-201. <https://doi.org/10.47808/revistabioagro.v4i1.49>
- Vázquez, L., Matienzo, Y., Veitía, M. y Alfonso, J. (2008). *Conservación y manejo de enemigos naturales de insectos fitófagos en los sistemas agrícolas de Cuba*. Centro de Información y Documentación de Sanidad Vegetal (CIDISAV).
- Vega Chávez, J., Cerna Chávez, E., Ochoa Fuentes, Y., Alvarado Cepeda, Y., 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). *Novoa scientia*, 12(25), 1-19. <https://doi.org/10.21640/ns.v12i25.2618>
- Vega Gutiérrez, M., Rodríguez Maciel, J., Díaz Gómez, O., Bujano Muñiz, R., Mota Sánchez, D., Martínez Carrillo, J., Lagunes Tejeda, A. y Garzón Tisnado, J. (2008).

- Susceptibilidad a insecticidas en dos poblaciones mexicanas del salerillo, *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae). *Agrociencia*, 42, 463-471.
- Velázquez González, J. (2019). Bioecología de *Bactericera cockerelli* Sulc, y métodos de detección, monitoreo y manejo en el cultivo de tomate en México. *Phytoma España: La revista profesional de sanidad vegetal*, 1(314), 84-89.
- Velásquez, J., Ney, P., Racines, M., Cruz, E. y Araujo, A. (2017). *El cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) en el Ecuador: Tecnología de producción y manejo de semillas*. VII Congreso Ecuatoriano de la papa: Adaptación al cambio climático, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Tulcán, Carchi, Ecuador:
- Villanueva Segura, O. K. (2015). *Caracterización molecular del receptor de la vitelegenia en Bactericera cockerelli* [Sulc 1909] (Hemiptera: Triozidae) [tesis pregrado, Universidad Autónoma de Nuevo León]. <http://eprints.uanl.mx/9183/1/1080215140.pdf>
- Villegas Rodríguez, F., Díaz Gómez, O., Casas Flores, S., Moreal Vargas, C., Tamayo Mejía, F. y Aguilar Medel, S. (2017). Actividad de dos hongos entomopatógenos, identificados molecularmente, sobre *Bactericera cockerelli*. *Revista Colombiana de Entomología*, 43(1), 27-33.
- Vincini, A., Jacobsen, B., Tulli, M., Carmona, D. y López, R. (2014). Dinámica poblacional de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) y *Thrips tabaci* Lindeman en cultivos de papa (*Solanum tuberosum*). *Entomotropica*, 29(1), 17-27.
- Walker, G. P., MacDonald, F. H., Larsen, N. J. y Wallace, A.R. (2011). Monitoring *Bactericera cockerelli* and associated insect populations in potatoes in South Auckland. *New Zealand Plant Protection*, 64, 269-275. <https://doi.org/10.30843/nzpp.2011.64.6009>
- Walker, G. P., MacDonald, F. H., Puketapu, A. J., Wright, P. J., Connolly, P. G. 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>
- Walker, G. P., MacDonald, F. H., Wright, P. J, Puketapu, A. J., Gardner Gee, R., Connolly, P. G. y Anderson, J. (2014). Development of action thresholds for management of

- Bactericera cockerelli* and Zebra Chip disease in potatoes at Pukekohe, New Zealand. *American Journal of Potato Research*, 92(2), 266-275.
- Wallis, R. (1955). Ecological Studies on the Potato Psyllid as a Pest of Potatoes. (1107), 1-24. USDA Technical Bulletin.
- Wenninger, E., Carrol, A., Dahan, J., Karasev, A., Thronton, M., Miller, J., Nolte, P., Olsen, N. y Price, W. (2017). Phenology of the potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae), and “*Candidatus Liberibacter solanacearum*” in commercial potato fields in Idaho. *Environmental Entomology*, 46(6), 1179-1188.
<https://doi.org/10.1093/ee/nvx158>
- Xiang Bing, Y. y Tong Xian, L. (2009). Life history and life tables of *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) on eggplant and bell pepper. *Entomological Society of America*, 38, 1661-1667. <https://doi.org/10.1603/022.038.0619>
- Xiang, B. Y., Yong Mei, Z., Henne Donald, C. y Tong Xian, L. (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://doi.org/10.1653/024.096.0326>
- Yanggen, D., Crissman, C. y Espinosa, P. (2003). *Los plaguicidas impactos en producción, salud y medio ambiente en Carchi, Ecuador*. CIP e INIAP
<https://books.google.com.ec/books?id=8VIXgJpC2PsC&lpg=PA24-IA8&ots=Kx0btePzqc&dq=Los%20plaguicidas%20impactos%20en%20producci%C3%B3n%20salud%20y%20medio%20ambiente%20en%20Carchi%20Ecuador.%20&lr&hl=es&pg=PP1#v=onepage&q=Los%20plaguicidas%20impactos%20en%20producci%C3%B3n,%20salud%20y%20medio%20ambiente%20en%20Carchi,%20Ecuador.&f=false>
- Zalazar, L. y Salvo, A. (2007). Entomofauna asociada a cultivos horticolas orgánicos y convencionales en Córdoba, Argentina. *Neotropical Entomology*, 36(5), 765-773.

ANEXOS

Anexo 1. Plantilla para la toma de datos del monitoreo de *Bactericera cockerelli* S.

Ubicación del lote					
Provincia		Cantón		Parroquia	
Localidad			Agricultor		
Latitud		Longitud		Altitud	
Datos generales del lote					
Fecha de siembra	Cultivo anterior		Étapa fenológica	Variedad	
Riego	Si () No ()	Frecuencia	Precipitaciones	Si () No ()	Frecuencia
Pendiente	Quebrada ()	Ondulada ()		Plano ()	

Controles fitosanitarios			
Fecha de aplicación	Ingredientes activos	Dosis	Cantidad utilizadas

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

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

Observaciones:

Anexo 2. Encuesta realizada a los productores cada 15 días

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

Ubicación del lote					
Provincia	Imbabura	Cantón	Otavalo	Parroquia	San Pablo
Localidad	Primavera - Ugsha		Agricultor	Rosa María Pachto Casco	
Latitud		Longitud		Altitud	3162 msnm
Datos generales del lote					
Fecha de siembra	Cultivo anterior		Étapa fenológica	Variedad	
29/ Junio/2019	maíz		Refloración (80da)	chola violeta	
Riego	Si () No (x)	Frecuencia	Precipitaciones	Si () No ()	Frecuencia
Pendiente	Quebrada ()		Ondulada ()	Plano (x)	

Controles fitosanitarios			
Fecha de aplicación	Ingredientes activos	Dosis	Cantidad utilizadas
13/Sep/2019 (78 días)	• Mancozeb (fungicida) Cymoxanil Eto Excipientes	1 Kg /200L /ha	4 cucharas /bomba 60g/20L
	• methomyl (Insecticida) <small>Endosulfan</small> Excipientes csp	0,5 a 1Kg/200L/ha	4 cucharadas /bomba 60g/20L
	• bamba Cythalothon (Insecticida) Xylene Aditivos csp	0,25 L / 200L	4 cucharas 60ml/20L
	• Metil fenol Ultronec (fitocida) Espalmat - Aditivo, csp	50 cc / 100 Litros	40cc /bomba 40ml/20L
	• Carboalfen (Insecticida) Salvessa Aditivo	500-800ml / 200 L	20 cc / bomba 20ml/20L
	• Oxido de calcio (CaO) base etanolamina	200-300 cc/200L/ha	50 cc / bomba

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

