



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

**“FLUCTUACIÓN Y DIVERSIDAD DE CICADELLIDAE EN
CULTIVOS DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) Y PIMIENTO
(*Capsicum annuum* L.) EN LAS LOCALIDADES DE SAN LUIS Y
PUNÍN, CHIMBORAZO”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA AGRÓNOMA

AUTORA: SANDRA LUCRECIA PALTAN GUACHO

DIRECTOR: Dr. PABLO ISRAEL ALVAREZ ROMERO Ph.D

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, **Sandra Lucrecia Paltán Guacho**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Sandra Lucrecia Paltán Guacho, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 14 de diciembre de 2021



Sandra Lucrecia Paltán Guacho

060520907-1

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de Integración Curricular; tipo Proyecto de Investigación “**FLUCTUACIÓN Y DIVERSIDAD DE CICADELLIDAE EN CULTIVOS DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) Y PIMIENTO (*Capsicum annuum* L.) EN LAS LOCALIDADES DE SAN LUIS Y PUNÍN, CHIMBORAZO**”, realizado por la señorita: **SANDRA LUCRECIA PALTAN GUACHO** ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

| | FIRMA | FECHA |
|--|--|--------------|
| Dr. Víctor Lindao PRESIDENTE DEL TRIBUNAL |  Firmado digitalmente por: VICTOR ALBERTO LINDAO CORDOVA | 2021/11/25 |
| Dr. Pablo Israel Álvarez Romero Ph.D DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN | PABLO ISRAEL ALVAREZ ROMERO Firmado digitalmente por PABLO ISRAEL ALVAREZ ROMERO | 2021/11/25 |
| Ing. Carlos Carpio MIEMBRO DEL TRIBUNAL |  Firmado digitalmente por: CARLOS FRANCISCO CARIO COBA | 2021/11/25 |

DEDICATORIA

A mi Padre Celestial quien me ha dado la sabiduría, inteligencia, conocimiento y ciencia para alcanzar este sueño más anhelado.

A mis Padres Marcelino Paltán y María Guacho por haberme dado todo su amor y apoyo incondicional en todo momento a pesar de las adversidades de la vida.

A mis hermanos Luis, David, Beatriz, Norma, Ruth, Diana, Viviana, Abigaíl y a mis cuñados César Caín, Johana Cepeda, Luis Charicando y Arturo Balseca por estar siempre conmigo en las buenas y en las malas dándome amor y palabras de aliento.

A toda mi familia en especial a mis tíos Lorenzo Guacho, Pedro Guacho, María Puma, Elizabeth Guacho y a mis primos Franklin Guacho, Moisés Guacho, Delia Guacho, Karen Guacho, Erika Guacho y Bryan Guacho quienes de una u otra manera me han brindado su apoyo incondicional para cumplir con mis propósitos.

Sandra

AGRADECIMIENTO

Mi gratitud infinita a mi amado Padre Celestial por darme la vida, salud y felicidad, por guiarme y protegerme, por ser mi fortaleza y mi refugio en todo momento de mi vida. Le agradezco tanto a mi Dios quien ha sido mi inspiración para culminar esta carrera, quien en los momentos difíciles de mi vida nunca me ha desamparado.

A mis queridos padres Marcelino Paltán y María Guacho por brindarme el amor y apoyo incondicional y que a pesar de las circunstancias de la vida lucharon y trabajaron duro día a día para darme una mejor educación y un hogar donde crecer, gracias al esfuerzo y sacrificio de mis padres pude escalar un peldaño más. Agradezco por darme ánimo, palabras de aliento tanto en los momentos difíciles de mi vida estudiantil como personal y los consejos sabios para enfrentar todas las barreras y obstáculos.

A mis queridos hermanos Luis, David, Beatriz, Norma, Ruth, Diana, Viviana y a mis cuñados César Caín y Johana Cepeda gracias por ofrecerme el amor incondicional y estar siempre a mi lado apoyándome, nunca me han dejado sola, que de una u otra forma me han ayudado en el transcurso de mi vida estudiantil. Mi familia ha sido el motor principal que me ha impulsado a cumplir mis sueños. Los amo mucho.

A mi querido tío Pedro Guacho quien ha sido como mi segundo padre y mi querida tía María Puma quien ha sido como mi segunda madre gracias por darme el amor y el apoyo incondicional, estoy eternamente agradecida por haberme ayudado en todo momento.

A toda mi familia especialmente a mis tíos Lorenzo Guacho, Elizabeth Guacho y a mis primos Franklin Guacho, Moisés Guacho y David Guaranga por estar siempre ahí para mí en todo momento apoyándome y motivándome para cumplir mis sueños.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por abrirme las puertas y permitir formarme profesionalmente.

A mis compañeros y amigos en especial a Fernando Chuquiana y Mercy Chimbo quienes con su conocimiento me han ayudado en todo el proceso y han sido el apoyo fundamental para lograr los objetivos propuestos.

A los Docentes de la carrera de Ingeniería Agronómica, en especial a mi director de Tesis Dr. Pablo Álvarez y a mi asesor de Tesis Ing. Carlos Carpio quienes con su sabiduría, conocimiento y experiencia me supieron orientar para alcanzar los objetivos planteados.

Al Ing. Diego Muñoz quien con su experiencia, conocimiento y paciencia me supo guiar eficientemente en el desarrollo del presente trabajo con herramientas vitales para realizar de la mejor manera este trabajo de investigación.

A la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario (AGROCALIDAD – Chimborazo) por haberme confiado este trabajo y por su interés en el desarrollo de la investigación.

A la Ing. Ximena Chango por su gran amistad, ayuda, apoyo incondicional y coordinación en el desarrollo del presente trabajo de investigación. Agradezco por hacer posible la realización de esta Tesis.

Al Ing. Marco Flores quien durante este proceso me brindó su apoyo incondicional para poder culminar esta investigación.

A los agricultores quienes colaboraron con los lotes de cultivos de papa y pimiento para llevar a cabo la investigación.

Gratitud a todos ustedes

Sandra

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|-------------------------|------|
| ÍNDICE DE TABLAS..... | xi |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | xii |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS..... | xiii |
| ÍNDICE DE ANEXOS..... | xiv |
| RESUMEN..... | xvi |
| ABSTRACT..... | xvii |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |

CAPÍTULO I

| | |
|--|----------|
| 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL..... | 4 |
| 1.1. Cultivo de papa..... | 4 |
| 1.1.1. <i>Origen</i> | 4 |
| 1.1.2. <i>Fases fenológicas</i> | 5 |
| 1.1.2.1. <i>Fase de emergencia o brotación</i> | 5 |
| 1.1.2.2. <i>Fase de crecimiento de brotes laterales</i> | 5 |
| 1.1.2.3. <i>Fase de inicio de tuberización</i> | 5 |
| 1.1.2.4. <i>Fase de llenado de tubérculos</i> | 6 |
| 1.1.2.5. <i>Fase de maduración</i> | 6 |
| 1.2. Plagas y enfermedades..... | 6 |
| 1.2.1. <i>Plagas</i> | 6 |
| 1.2.1.1. <i>Gusano blanco (Premnotrypes vorax)</i> | 6 |
| 1.2.1.2. <i>Polilla de la papa (Tecia solanivora)</i> | 7 |
| 1.2.1.3. <i>Pulgón (Myzus persicae y Macrosiphum euphorbiae)</i> | 7 |
| 1.2.1.4. <i>Pulguilla (Epitrix spp.)</i> | 8 |
| 1.2.1.5. <i>Trips (Frankliniella tuberosi)</i> | 8 |
| 1.2.1.6. <i>Mosca minadora (Liriomyza huidobrensis)</i> | 8 |
| 1.2.1.7. <i>Paratrioza (Bactericera cockerelli)</i> | 8 |
| 1.2.2. <i>Enfermedades</i> | 9 |
| 1.2.2.1. <i>Tizón tardío, lancha</i> | 9 |
| 1.2.2.2. <i>Tizón temprano, lancha temprana</i> | 9 |
| 1.2.2.3. <i>Oidiosis, Oidium o mildiu polvoso</i> | 10 |
| 1.2.2.4. <i>Roya</i> | 10 |
| 1.2.2.5. <i>Septoriosis</i> | 10 |

| | | |
|-----------|--|----|
| 1.2.2.6. | <i>Rizoctoniasis</i> | 10 |
| 1.2.2.7. | <i>Marchitez</i> | 11 |
| 1.2.2.8. | <i>Roña o sarna polvorienta</i> | 11 |
| 1.2.2.9. | <i>Nematodo de quiste</i> | 11 |
| 1.2.2.10. | <i>Pierna negra o pie negro</i> | 12 |
| 1.2.2.11. | <i>Virosis</i> | 12 |
| 1.2.2.12. | <i>Punta morada</i> | 12 |
| 1.3. | Cultivo de pimiento | 13 |
| 1.3.1. | Origen | 13 |
| 1.3.2. | Fases fenológicas | 13 |
| 1.4. | Plagas y enfermedades | 14 |
| 1.4.1. | Plagas | 14 |
| 1.4.1.1. | <i>Pulgones (Myzus persicae)</i> | 14 |
| 1.4.1.2. | <i>Araña Roja (Tetranychus urticae)</i> | 14 |
| 1.4.1.3. | <i>Gusano soldado (Spodoptera exigua)</i> | 15 |
| 1.4.1.4. | <i>Mosca Blanca (Trialeurodes vaporariorum)</i> | 15 |
| 1.4.1.5. | <i>Trips (Frankliniella occidentalis, Thrips tabaci)</i> | 15 |
| 1.4.2. | Enfermedades | 15 |
| 1.4.2.1. | <i>Cercosporiosis</i> | 15 |
| 1.4.2.2. | <i>Antracnosis</i> | 16 |
| 1.4.2.3. | <i>Sancocho (damping-off)</i> | 16 |
| 1.4.2.4. | <i>Tizón del pimiento (Phytophthora capsici)</i> | 16 |
| 1.4.2.5. | <i>Pudrición por alternaría (Alternaria sp.)</i> | 16 |
| 1.4.2.6. | <i>Pudrición por Cladosporium</i> | 17 |
| 1.4.2.7. | <i>Mancha Bacteriana</i> | 17 |
| 1.4.2.8. | <i>Marchitez bacteriana</i> | 17 |
| 1.5. | Cicadélidos | 18 |
| 1.5.1. | Descripción y biología | 18 |
| 1.5.2. | Vectores de fitoplasmas | 19 |
| 1.5.3. | Vectores de la punta morada | 20 |

CAPÍTULO II

| | | |
|--------|--|----|
| 2. | MARCO METODOLÓGICO | 21 |
| 2.1. | Caracterización del lugar | 21 |
| 2.1.1. | Localización | 21 |
| 2.1.2. | Ubicación Geográfica | 22 |

| | | |
|----------|---|----|
| 2.1.3. | <i>Condiciones climáticas</i> | 22 |
| 2.1.3.1. | <i>San Luis</i> | 22 |
| 2.1.3.2. | <i>Punín</i> | 22 |
| 2.1.4. | <i>Clasificación ecológica</i> | 23 |
| 2.1.4.1. | <i>San Luis</i> | 23 |
| 2.1.4.2. | <i>Punín</i> | 23 |
| 2.1.5. | <i>Materiales y equipos</i> | 23 |
| 2.1.5.1. | <i>Materiales de campo</i> | 23 |
| 2.1.5.2. | <i>Materiales de laboratorio</i> | 24 |
| 2.2. | Metodología | 24 |
| 2.2.1. | Fase de campo | 24 |
| 2.2.1.1. | <i>Reconocimiento de sitios con cultivos de papa y pimiento ya establecidos</i> | 24 |
| 2.2.1.2. | <i>Implementación de trampas</i> | 25 |
| 2.2.1.3. | <i>Recolecta de las trampas</i> | 25 |
| 2.2.1.4. | <i>Colecta manual</i> | 26 |
| 2.2.2. | Fase de laboratorio | 26 |
| 2.2.3. | Registro del manejo agronómico y fitosanitario | 26 |
| 2.2.4. | Análisis de pruebas de biología molecular | 26 |
| 2.2.5. | Identificación de <i>Empoasca fabae</i> | 28 |
| 2.2.6. | Identificación de los enemigos naturales de los cicadélidos | 29 |
| 2.2.7. | Análisis de datos | 29 |
| 2.2.7.1. | <i>Registro de datos</i> | 29 |
| 2.2.7.2. | <i>Tipo de variable</i> | 30 |
| 2.2.7.3. | <i>Determinación de la normalidad de los datos</i> | 30 |
| 2.2.7.4. | <i>Análisis paramétrico</i> | 30 |
| 2.2.7.5. | <i>Medidas de resumen</i> | 31 |
| 2.2.8. | Diseño experimental anidado | 31 |
| 2.2.8.1. | <i>Esquema del diseño anidado</i> | 32 |

CAPÍTULO III

| | | |
|--------|---|----|
| 3. | MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 33 |
| 3.1. | Determinación de la fluctuación poblacional de los cicadélidos | 33 |
| 3.1.1. | <i>Fluctuación de la población de los cicadélidos por colecta</i> | 33 |
| 3.1.2. | <i>Fluctuación de la población de cicadélidos por localidad</i> | 34 |
| 3.1.3. | <i>Fluctuación de la población de cicadélidos por cultivo</i> | 34 |
| 3.1.4. | <i>Fluctuación de la población de cicadélidos por campo</i> | 35 |

| | | |
|-----------------|--|----|
| 3.1.5. | <i>Abundancia total de los cicadélidos por cultivos y localidades</i> | 36 |
| 3.1.5.1. | <i>Abundancia total de los cicadélidos por variedad de cultivos y frecuencia de aplicaciones de insecticidas</i> | 37 |
| 3.1.6. | <i>Evaluación de la diversidad de morfoespecies de Cicadellidae en cultivos de papa (Solanum tuberosum L.) y pimiento (Capsicum annum L.)</i> | 38 |
| 3.1.7. | <i>Manejo realizado por los agricultores en la fluctuación de las poblaciones de los cicadélidos durante todo el estudio.</i> | 41 |
| 3.1.8. | <i>Análisis de biología molecular de los cicadélidos</i> | 45 |
| 3.1.8.1. | <i>Resultado del análisis de biología molecular de los cicadélidos de la localidad de San Luis</i> | 45 |
| 3.1.8.2. | <i>Resultado análisis de biología molecular de los cicadélidos de la localidad Punín</i> ... | 46 |
| 3.1.9. | <i>Identificación de los enemigos naturales de los cicadélidos</i> | 47 |
| 3.1.10. | <i>Identificación de <i>Empoasca fabae</i></i> | 50 |
| 3.2. | <i>Discusiones de resultados</i> | 51 |
| | CONCLUSIONES | 54 |
| | RECOMENDACIONES | 55 |
| | GLOSARIO | 56 |
| | BIBLIOGRAFÍA | |
| | ANEXOS | |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1-1: Fase metamórfica de <i>Premnotrypes vorax</i> | 7 |
| Tabla 2-1: Fase metamórfica de Cicadellidae..... | 19 |
| Tabla 1-2: Ubicación geográfica de los sitios de muestreo | 22 |
| Tabla 2-2: Sectores de investigación..... | 25 |
| Tabla 3-2: Datos de la muestra de campo dos Guaslán de la localidad San Luis | 27 |
| Tabla 4-2: Datos de la muestra de campo tres Las Palmas de la localidad San Luis. | 27 |
| Tabla 5-2: Datos de la muestra de campo uno Tzalarón de la localidad Punín. | 27 |
| Tabla 6-2: Datos de la muestra de la localidad San Luis campo uno Guaslán. | 28 |
| Tabla 7-2: Datos de la muestra de la localidad San Luis campo dos Guaslán..... | 28 |
| Tabla 8-2: Datos de la muestra de campo tres Las Palmas de la localidad San Luis. | 29 |
| Tabla 9-2: Número de cicadélidos encontrados por muestreo | 30 |
| Tabla 10-2: Estadística descriptiva de la población de los cicadélidos por muestreo..... | 31 |
| Tabla 1- 3: Medias de la población de cicadélidos entre los cultivos | 35 |
| Tabla 2- 3: Diversidad de morfoespecies de Cicadellidae en cultivos de papa y pimiento en las localidades de San Luis y Punín | 38 |
| Tabla 3- 3: Registro fitosanitario y labores culturales | 42 |
| Tabla 4- 3: Resultados del análisis de biología molecular de <i>Empoasca fabae</i> de la localidad San Luis..... | 46 |
| Tabla 5- 3: Resultados del análisis de biología molecular de <i>Empoasca fabae</i> de la localidad Punín | 47 |
| Tabla 6- 3: Parasitoides asociados a los cultivos de papa y pimiento en las localidades de San Luis y Punín. | 48 |
| Tabla 7- 3: Resultado de la identificación de <i>Empoasca fabae</i> | 50 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1- 2: Ubicación del proyecto de tesis | 21 |
| Figura 2- 2: Esquema del diseño anidado | 32 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1-3: Abundancia de los cicadélidos totales por muestreo. | 33 |
| Gráfico 2-3: Abundancia de los cicadélidos totales por localidad. | 34 |
| Gráfico 3-3: Abundancia de los cicadélidos totales por cultivo. | 34 |
| Gráfico 4-3: Abundancia de los cicadélidos totales por campo y por colecta. | 35 |
| Gráfico 5-3: Abundancia total de los cicadélidos por cultivos y localidades | 36 |
| Gráfico 6-3: Abundancia total de los cicadélidos por variedad de cultivos y frecuencia | 37 |
| Gráfico 7-3: Abundancia total de los cicadélidos por número de aplicaciones. | 41 |
| Gráfico 8-3: Resultados del primer análisis de biología molecular de <i>Empoasca fabae</i> . Campo uno Las Palmas (a). Campo dos Guaslán (b). Resultados del segundo análisis de biología molecular de <i>Empoasca fabae</i> . Campo uno Guaslán (c). Campo dos Guaslán (d). | 45 |
| Gráfico 9-3: Resultado del análisis de biología molecular de | 46 |

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** CAMPOS DE MUESTREO DE LA LOCALIDAD DE PUNÍN
- ANEXO B:** CAMPOS DE MUESTREO DE LA LOCALIDAD DE SAN LUIS
- ANEXO C:** IMPLEMENTACIÓN DE TRAMPAS
- ANEXO D:** RECOLECTA DE INSECTOS DE LAS TRAMPAS
- ANEXO E:** IDENTIFICACIÓN DE CICADÉLIDOS EN EL LABORATORIO
- ANEXO F:** LMACENAMIENTO DE INDIVIDUOS CICADÉLIDOS EN EL LABORATORIO
- ANEXO G:** ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA LA MEDIA DE LA POBLACIÓN DE CICADÉLIDOS
- ANEXO H:** PRUEBA DE NORMALIDAD SHAPIRO-WILKS
- ANEXO I:** PRUEBA DE NORMALIDAD Q-Q PLOT
- ANEXO J:** FLUCTUACIÓN DE CICADÉLIDOS TOTALES
- ANEXO K:** FLUCTUACIÓN DE CICADÉLIDOS EN CULTIVO DE PAPA
- ANEXO L:** FLUCTUACIÓN DE CICADÉLIDOS EN CULTIVO DE PIMIENTO
- ANEXO M:** FLUCTUACIÓN DE CICADÉLIDOS EN LA LOCALIDAD DE SAN LUIS
- ANEXO N:** FLUCTUACIÓN DE CICADÉLIDOS EN LA LOCALIDAD DE PUNÍN

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|--------------|---|
| PMP | Punta morada de la papa |
| PCR | Reacción en cadena de la polimerasa |
| INIAP | Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias |
| FAO | Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura |
| GAD | Gobierno Autónomo Descentralizado |

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la fluctuación y diversidad de Cicadellidae en cultivos de papa (*Solanum tuberosum* L.) y pimiento (*Capsicum annum* L.) en las localidades de San Luis y Punín, Chimborazo. Se realizaron muestreos cada siete días durante tres meses en cultivos ya establecidos en tres campos de papa y tres campos de pimiento en San Luis y Punín. Para determinar la fluctuación de la población de los cicadélidos se implementaron trampas de platos amarillos con solución jabonosa, los cuales fueron colocados cuatro por campo en cuatro puntos cardinales, ubicados en los bordes de los cultivos y también se utilizó una red entomológica. Las muestras fueron llevadas al laboratorio de GDETERRA ubicado en la ESPOCH para la identificación de los cicadélidos y los posibles enemigos naturales de los mismos. Los cicadélidos atrapados por las trampas y la red entomológica fueron identificados con el uso del estereoscopio, posterior a ello se almacenó en microtubos con alcohol etílico al 70%. Para el análisis de biología molecular, los cicadélidos fueron conservados en microtubos con alcohol etílico al 96%, los cuales fueron enviados a los laboratorios especializados para análisis de detección de la presencia de fitoplasmas causante de la punta morada de la papa. Para el análisis estadístico se utilizó un diseño experimental anidado en donde los cultivos y los campos se anidaron a las localidades. Hubo mayor abundancia de Cicadellidae en cultivo de papa en la localidad San Luis. Basado en los análisis moleculares de detección de fitoplasmas en los cicadélidos estudiados, se sugiere que estos insectos no tienen papel activo como vectores en la transmisión de la punta morada. Este es uno de los primeros estudios realizados en Ecuador sobre entomofauna asociada al cultivo de papa y pimiento y la asociación de esta con nuevas enfermedades emergentes como fitoplasmas.

Palabras clave: <ANÁLISIS MOLECULAR>, <DISEÑO ANIDADO>, <FITOPLASMA>, <PUNTA MORADA DE LA PAPA>, <TRAMPA AMARILLA>.



Firmado electrónicamente por:
**CRISTHIAN
FERNANDO
CASTILLO RUIZ**



2210-DBRA-UTP-2021

ABSTRACT

This study objective was to evaluate the fluctuation and diversity of Cicadellidae in potato (*Solanum tuberosum* L.) and pepper (*Capsicum annum* L.) crops in *San Luis* and *Punín*, *Chimborazo*. Sampling was carried out every seven days during three months in established crops in three potato and three pepper fields. Traps with yellow plates with soap solution were implemented to determine the population fluctuation of the Cicadellidae, which were placed four per field in four cardinal points, located at the edges of the crops and an entomological net was also used. The samples were taken to the *GDETERRA* laboratory located at *ESPOCH* to identify the cicadellids and their possible natural enemies. The cicadellids trapped by the traps and the entomological net were identified with the use of a stereoscope, after they were stored in microtubes with 70% ethyl alcohol. For the analysis of molecular biology, the cicadellids were preserved in microtubes with 96% ethyl alcohol, which were sent to specialized laboratories for analysis of detection of the presence of phytoplasmas causing the potato purple top. For statistical analysis, a nested experimental design was used where crops and fields were nested to locations. There was a higher abundance of Cicadellidae in potato crop in *San Luis*. Based on the molecular analysis of phytoplasma detection in the studied cicadellids, it is concluded that these insects have no active role as vectors in the transmission of potato purple top. It is recommended to carry out more molecular analyses in different laboratories using different methodologies. This is one of the first studies carried out in Ecuador on entomofauna associated with potato and pepper crops and their association with new emerging diseases such as phytoplasmas.

Keywords: <MOLECULAR ANALYSIS>, <NESTED DESIGN>, <PHYTOPLASM>, <POTATO PURPLE-TOP>, <YELLOW TRAP>.



Firmado electrónicamente por:
ESTHELA ISABEL
COLCHA GUASHPA

INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) y el pimiento (*Capsicum annuum* L.) son los alimentos básicos más importantes que forman parte de la dieta alimenticia de la población mundial, *Solanum tuberosum* L., ocupa el cuarto lugar entre los alimentos de gran importancia después de maíz, trigo y el arroz. A nivel global los países que producen la papa con mayor extensión son: China con 3,5 millones ha, la Federación Rusa con 3,4 millones ha, Ucrania con 1,6 millones ha, Polonia con 1,4 millones ha y la India con 1,1 millones ha. En América Latina se cultivan aproximadamente 1,1 millones ha de papa cada año de las cuales Ecuador cultiva 66000 ha (Pumisacho et al., 2002).

Cuesta et al., (2018) indican que en el Ecuador y en otros países, la aparición de la enfermedad denominada como punta morada ha llamado mucho la atención de los papicultores, esta enfermedad es causada por un fitoplasma la cual es transmitida por los psílidos y los cicadélidos. En nuestro país esta enfermedad ha sido reportada por primera vez en la provincia de Carchi en el año 2013, identificada formalmente por Caicedo et al., (2015) como *Candidatus Phytoplasma aurantifolia* 16SrII (los fitoplasmas son microorganismos que no se los ha conseguido cultivar in vitro, por tal motivo reciben el nombre de *Candidatus*), también Castillo et al., (2018) reportaron la presencia de *Candidatus Phytoplasma* del grupo 16SrI. La punta morada de la papa (PMP) es considerada como uno de los principales problemas que afecta al cultivo de papa, esta enfermedad ocasiona pérdidas hasta el 100% tanto en rendimiento y económico.

Las plantas infectadas presentan síntomas como desarrollo anormal, enanismo, enrollamiento de las hojas superiores, coloración morada, ensanchamiento de los peciolo, engrosamiento de los nudos del tallo, crecimiento del tallo en zigzag, formación de tubérculos aéreos y muerte temprana (Cuesta et al., 2018).

El pimiento (*Capsicum annuum* L.) es una hortaliza de gran importancia mundial en la alimentación de millones de personas. A lo largo de tiempo se ha convertido en una de las hortalizas de mayor expansión junto con el tomate (Censo Nacional Agropecuario, 2000). En nuestro país el pimiento se siembra aproximadamente 1420 has con un rendimiento promedio de 4,58 ton/ha, en comparación a otros países a pesar de sembrar cantidades altas se obtiene un promedio bajo debido a varios factores: variedades, deficiencias nutricionales y presencia de plagas y enfermedades (Guato, 2017).

Los cicadélidos son insectos plaga que juegan un papel muy importante en la transmisión de agentes fitopatógenos, varias de sus especies ocasionan daños económicos a cultivos tales como

frijol, maíz, betabel, jitomate, remolacha, alfalfa, vid, tabaco, arroz y entre otros. Es mínimo el daño que causa al alimentarse en comparación a la transmisión de agentes fitopatógenos causantes de diversas enfermedades, entre los que se mencionan el virus del enrollamiento de la punta, amarillamiento del aster y punta morada (Bujanos et al., 2009).

PROBLEMA

En el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) se ha presentado la enfermedad conocida como punta morada que es causada por el fitoplasma *Candidatus Phytoplasma aurantifolia* la cual es transmitido por psílidos y cicadélidos. Son pocos los estudios en nuestro país relacionados a los cicadélidos y a los fitoplasmas que causa la punta morada de la papa, a pesar de que en la entomofauna asociada siempre están presentes. En cuanto al pimiento (*Capsicum annuum* L.) los cicadélidos tanto ninfas y adultos ocasionan daños que llevan a reducir su producción y causan un déficit económico a los pequeños agricultores que se dedican a este cultivo. Debido a la ausencia de investigación relacionada con la temática planteada y a pedido de AGROCALIDAD – Chimborazo, esta investigación estuvo enfocada a generar conocimiento relacionado con cicadélidos y su potencial rol en la transmisión de patógenos en el cultivo de papa y pimiento.

JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se enfocó en estudiar la fluctuación y la diversidad de los cicadélidos en cultivos de papa (*Solanum tuberosum* L.) y pimiento (*Capsicum annuum* L.) en las localidades de San Luis y Punín ya que la papa y el pimiento son los productos básicos que forman parte de la dieta alimenticia de los ecuatorianos. Considerando que en los últimos años en el cultivo de papa se ha visto el problema de la enfermedad conocida como punta morada causada por un fitoplasma que puede ser transmitida por los cicadélidos, con este trabajo de investigación se verificó el posible papel de los cicadélidos en la transmisión de fitoplasmas. De igual forma en el cultivo de pimiento se estudió el papel de cicadélidos como posibles vectores de fitopatógenos.

HIPÓTESIS

Nula

La fluctuación de la población de cicadélidos va a ser igual en ambos cultivos

Alternativa

La fluctuación de la población de cicadélidos va a ser diferente en ambos cultivos.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la fluctuación y diversidad de Cicadellidae en cultivos de papa (*Solanum tuberosum* L.) y pimiento (*Capsicum annum* L.) en las localidades de San Luis y Punín, Chimborazo.

Objetivos específicos

- Determinar la fluctuación de la población de los Cicadélidos.
- Contrastar como afecta el manejo que realiza el agricultor en la fluctuación de las poblaciones de los Cicadélidos.
- Comprobar si los Cicadélidos son vectores de fitoplasmas.
- Identificar enemigos naturales de los Cicadélidos.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Cultivo de papa

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es considerada como el cuarto cultivo alimenticio que se produce a nivel mundial, los tres primeros más cultivados son el trigo, arroz y el maíz (Roberquí, et al., 2017). Es un alimento que forma parte de la dieta alimenticia y presenta diversas ventajas, entre ellos su valor nutritivo, la diversidad de formas de consumo, la diversidad de variedades criollas y mejoradas, su rendimiento por unidad de área y fácil manejo (Fao, 2010). En el Ecuador la papa se cultiva casi en toda la región sierra ecuatoriana en zonas templadas a frías con un rango de temperatura entre 6°C y 18°C y una precipitación de 600 a 1200 mm. Tradicionalmente es un cultivo de altura entre los 2000 a 3000 m.s.n.m., se obtiene mejores rendimientos en suelos francos ricos en materia orgánica y nutrientes (Iniap, 2002, P. 35).

1.1.1. Origen

El cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) se ha convertido en uno de los alimentos más importantes del mundo por ello es muy importante conocer sus ancestros, el lugar de origen y como este cultivo ha ido evolucionando. Al norte del lago Titicaca, en los andes del sur de Perú aproximadamente entre 6000 a 10000 años atrás, se cultivaron las primeras papas las cuales probablemente fueron seleccionadas entre los mismos años. Así, a partir de las especies silvestres *Solanum bukasovii*, *S. canasense* y *S. multisectus*, pertenecientes al *S. brevicaulis*, se indica que se originó *S. stenotomum*, que fue considerada como la primera papa domesticada. Con respecto a las especies silvestres la mayoría de ellos presenta estolones largos cada cual con un tubérculo al final mientras que algunas especies de la serie *Piruwana* los tienen a lo largo del estolón. En la domesticación de la papa se redujo la longitud de estolones lo que favoreció la concentración de los tubérculos al final del tallo, también se seleccionó los tubérculos menos tóxico y con menores niveles de glicoalcaloides (Rodríguez, 2010, P. 45).

Seguidamente “seleccionaron poblaciones de madurez temprana (precocidad), periodo de dormancia adecuado y resistencia a diferentes tipos de estrés biótico y abiótico, en una amplia gama de ambientes, buscando siempre tubérculos de mejor sabor y mayor tamaño” (Chávez, 2019). A finales del siglo XVI, la papa fue llevada a Europa desde América del Sur. La papa cultivada y sus ancestros poseen una gran diversidad genética, del género *Solanum* han sido identificados

aproximadamente más de 200 especies silvestres tuberíferas y también agrupadas en una serie de poliploidia desde diploides hasta hexaploides (Chávez, 2019).

De acuerdo con Chávez (2019), todas las especies cultivadas en la actualidad se encuentran distribuidas en distintos lugares del mundo abasteciendo la alimentación a nivel mundial. Con los programas de mejoramiento genético cada vez se obtienen nuevas variedades de papas con resistencia a plagas y enfermedades.

1.1.2. Fases fenológicas

La duración del ciclo fenológico de la papa depende de la variedad y las condiciones climáticas como la temperatura, precipitación, humedad en cada uno de los sitios de producción. El ciclo fenológico consta de 5 fases, dando inicio desde la fase de emergencia o brotación denominada fase 1 hasta la fase de maduración y la cosecha designada fase 5 (Vignola et al., 2017).

1.1.2.1. Fase de emergencia o brotación

Esta fase comienza después de la siembra, la duración de esta etapa fenológica está determinada por las condiciones de almacenamiento, la variedad y la calidad de la semilla. En este proceso la semilla sufre cambios bioquímicos, inicia la formación de una nueva planta con el crecimiento acelerado de las raíces seguido de la emergencia de tallos y hojas (Vignola et al., 2017).

1.1.2.2. Fase de crecimiento de brotes laterales

Según Vignola et al., (2017), la segunda fase inicia seguidamente de la emergencia de la plántula donde da inicio el proceso de la fotosíntesis que es primordial para el desarrollo de tallos, ramas y hojas. En cambio, en la parte subterránea se da la expansión de estolones que posterior da paso a la formación de los tubérculos.

1.1.2.3. Fase de inicio de tuberización

En esta fase “la planta sigue su crecimiento vegetativo en sus partes aérea, consecuentemente en la parte radicular subterránea se están formando los tubérculos que comienzan su desarrollo en la punta de los estolones” (Vignola et al., 2017).

1.1.2.4. Fase de llenado de tubérculos

Esta fase da inicio con la floración “donde las células de los tubérculos comienzan a expandirse por la acumulación de agua, nutrientes y carbohidratos, ya en esta etapa los tubérculos absorben la mayor cantidad de nutrientes y carbohidratos disponibles para la planta” (Vignola et al., 2017).

1.1.2.5. Fase de maduración

Vignola et al., (2017), en la última fase la planta alcanza su máximo desarrollo y crecimiento también la tasa fotosintética se disminuye considerablemente, las hojas tienden a amarillarse hasta que senescen completamente. Cuando el tubérculo madura forma la piel externa y alcanza el máximo contenido de materia seca para la cosecha.

1.2. Plagas y enfermedades

1.2.1. Plagas

A continuación, se detalla sobre los insectos plaga que atacan el cultivo de la papa causando pérdidas considerables tanto en económico como en rendimiento. Para la realización de un manejo efectivo de estas plagas “es preciso identificarlas y conocer las alternativas de manejo integrado” (Iniap, 2002).

*1.2.1.1. Gusano blanco (*Premnotrypes vorax*)*

Se encuentra distribuida en toda la región andina desde Chile hasta Venezuela, a nivel de Ecuador se conoce con el nombre de gusano blanco o arrocillo en cambio en otros países recibe el nombre de gorgojo de los andes. Las larvas provocan daños en los tubérculos causando pérdidas económicas que oscilan entre 20 y 50% (Iniap, 2002). Fase metamórfica del gusano blanco (Tabla 1-1).

Tabla 1-1: Fase metamórfica de *Premnotrypes vorax*

| Fase | Días |
|--------------------------|------|
| Huevo | 35 |
| Larva | 38 |
| Prepupa | 18 |
| Pupa | 26 |
| Endurecimiento de cuerpo | 17 |
| Adulto | 270 |

Fuente: Iniap, 2002.

Realizado por: Paltán, Sandra, 2021.

Son insectos caminadores, por las noches los adultos se alimentan de las hojas bajas dejando en el foliolo un corte en forma de media luna, mientras que en el día permanecen escondidos en la base de la planta y debajo de los terrones. También se alimenta de plantas tales como la coloradilla, la tzera, la pacta y el nabo (Iniap, 2002).

1.2.1.2. Polilla de la papa (Tecia solanivora)

Es endémico de Guatemala, debido al comercio internacional su diseminación fue rápida en Ecuador fue reportada en 1996 en la provincia de Carchi y el mismo año el SESA declaró emergencia fitosanitaria en la misma provincia. En la actualidad en Ecuador se encuentra dispersado en otras provincias de la sierra ecuatoriana donde se cultiva la papa. Este insecto presenta un ciclo de vida en cuatro fases: huevo, larva, pupa, y adulto. Cuyas larvas causan daños en el tubérculo y los adultos se alimentan de los exudados de la planta, aparte de vivir en los cultivos de papa también se encuentran en los lugares de almacenamiento de la semilla, en el cultivo los adultos están presentes desde el periodo de tuberización (Iniap, 2002).

1.2.1.3. Pulgón (Myzus persicae y Macrosiphum euphorbiae)

Estos insectos succionadores poseen un cuerpo suave en forma de pera. En la parte dorsal posterior del abdomen tienen dos prolongaciones denominada cornículos y llegan a medir alrededor de tres mm. Generalmente los pulgones no presentan alas cuando ya han iniciado a colonizar una nueva planta u otro cultivo. Normalmente no se le considera como una plaga grave en el campo, sin embargo puede ser vector de virus. Durante el almacenamiento puede transmitir virus entre brotes y tubérculo-semilla (Iniap, 2002).

1.2.1.4. *Pulguilla (Epitrix spp.)*

Es un coleóptero perteneciente a la familia Crysomelidae que llega a medir entre 1.5 a 2 mm de largo. Presenta una coloración negro brillante y salta con facilidad. Habita en casi todas las regiones donde se cultiva la papa. En cuanto al daño, las larvas se alimentan de las raíces y de la parte externa del tubérculo, ahí es donde ocasiona cicatrices poco reconocibles. Mientras que los adultos de las plantas jóvenes es decir de los primeros brotes y folíolos sanos, producen perforaciones circulares que a medida que va creciendo el folíolo esta se aumenta. La alta incidencia de estos insectos afecta al productor causando grandes pérdidas económicas (Iniap, 2002).

1.2.1.5. *Trips (Frankliniella tuberosi)*

Es un insecto de tamaño pequeño que mide alrededor de 1,5 mm presenta el cuerpo alargado que posee dos pares de alas formadas por bultos rodeados de flecos. Los adultos se movilizan por toda la planta son de color negro, pero prefieren el envés de las hojas viejas y la flor. Las hojas afectadas presentan manchas plateadas, en algunos casos con una coloración rojiza sobrepuesta. Además por las deyecciones de los insectos las hojas presentan puntos de color negro (Iniap, 2002).

1.2.1.6. *Mosca minadora (Liriomyza huidobrensis)*

Esta plaga fue reportada en Ecuador en la provincia de Carchi en el año 1997. El adulto presenta manchas amarillentas en los costados del tórax y en la parte dorsal posee una sola mancha, además en la parte cefálica se divisa áreas de color amarillo. La población de esta se incrementa durante la sequía. El daño más grave es ocasionado por las larvas, cuando la población de esta es elevada provoca la destrucción total de las hojas (Iniap, 2002).

1.2.1.7. *Paratrioza (Bactericera cockerelli)*

En los últimos años se ha convertido en la plaga de mayor importancia en el cultivo de la papa. Causa reducción en rendimiento, mala calidad de semilla, así mismo incrementa los costos de producción. Este insecto origina enfermedades como el amarillamiento del psílido y papa rayada. Las plantas infectadas presentan amarillamiento generalizado, hojas nuevas achinadas, enrolladas y con los bordes morados. Además en los tubérculos se divisa una coloración parda o café en el tejido vascular donde coloniza la bacteria provocando la muerte de las células (IICA, 2016).

La paratrioza en Ecuador aún se encuentra en estudio, en pocas investigaciones realizadas se ha comprobado que este insecto es el vector de la enfermedad punta morada la cual está causando

mucha preocupación a los papicultores ya que aún no se ha comprobado un tratamiento eficiente para reducir la incidencia de esta enfermedad. Esta enfermedad está causando grandes pérdidas tanto en rendimiento y económicamente (Iniap, 2018).

1.2.2. Enfermedades

A continuación se detalla las enfermedades a las cuales es susceptible la papa. Las enfermedades resultan de los cambios en los procesos fisiológicos de la planta, cuya manifestación se denomina síntoma. Hasta la actualidad no todas las enfermedades han sido estudiadas, en el caso de la punta morada en el Ecuador aún se desconoce los tratamientos efectivos para el control de esta. Para el control de cualquier enfermedad es muy necesario conocer cuál es el agente causal y los síntomas dependiendo de ello buscar alternativas de control de bajo costo, efectivo y que no sea nocivo para el medio ambiente (Iniap, 2002).

1.2.2.1. Tizón tardío, lancha

Esta enfermedad es causada por el hongo *Phytophthora infestans*, los síntomas se presentan en las hojas con manchas necróticas de color marrón claro a oscuro, en cambio en el tallo se divisa manchas alargadas que lo hacen frágiles. En los tubérculos se observa manchas irregulares de color marrón rojizo y de apariencia húmeda en la superficie de los mismos. Al realizar el corte de forma longitudinal se observan estrías necróticas que van de la superficie al centro del tubérculo. Este oomiceto se prolifera rápidamente en condiciones ambientales favorables, en temperaturas entre 15-21°C y humedad relativa mayor a 90%. Ataca desde la fase de emergencia hasta después de la floración, la transmisión de esta enfermedad se da por medio de semilla infectada (Pérez et al., 2011).

1.2.2.2. Tizón temprano, lancha temprana

Es causada por el hongo fitopatógeno *Alternaria solani*, las hojas presentan manchas necróticas de color marrón claro a oscuros con la presencia de anillos concéntricos y manchas restringidas en las nervaduras, en los tallos se divisa manchas necróticas y en los tubérculos manchas circulares o irregulares de color marrón oscuro, ligeramente hundidas. Las condiciones favorables para su desarrollo son los días calurosos, alternada entre días lluviosos y secos, variedades precoces. Invaden el cultivo desde antes de la floración hasta la cosecha, se trasmite mediante semillas infectadas y rastros de plantas afectadas (Pérez et al., 2011).

1.2.2.3. Oidiosis, *Oidium o mildiu polvoso*

Según Iniap (2002), destaca que el agente causal de esta enfermedad es *Erysiphe chichoracearum*, aparece en los cultivos de papa en condiciones de alta humedad, especialmente ataca las plantas con deficiencias nutricionales. Esta enfermedad se desarrolla en cualquier fase fenológica del cultivo pero muy rara veces se presenta cuando hay precipitación o bajas condiciones de riego. El hongo está presente en forma de pequeñas masas blancas de micelio y esporas a ambos lados de la hoja dándole el aspecto polvoriento.

El mismo autor recomienda que rara vez es necesario controlar esta enfermedad con fungicidas. Para prevenir se debe utilizar productos azufrados, también el riego por aspersión es efectivo ya que lava las esporas del hongo y detiene la proliferación.

1.2.2.4. Roya

La roya es una enfermedad causada por el hongo *Puccinia pittieriana* la incidencia de esta enfermedad es mayor en las zonas altas y en los páramos andinos desde la provincia de Carchi hasta Loja. Entre sus síntomas presenta infección en hojas, tallos y peciolas. Las lesiones se presentan en el envés se manifiestan en forma de manchas redondas que van de color blanco al verde, posterior aparecen pústulas ovaladas o redondas de color café rojizo que pueden alcanzar más de 0,5 cm de diámetro. La formación de las esporas o uredospora en las pústulas le da un aspecto rojizo al follaje, las maduras son transportadas por el aire (Iniap, 2002).

1.2.2.5. Septoriosis

Según Iniap (2002) considera que la enfermedad Septoriosis es causada por *Septoria lycopersici*. Su incidencia es baja por ello no han sido considerados en los últimos años. En el año 1976 fue reportada por primera vez en el país en las provincias de Chimborazo y Pichincha. Al igual que roya estas aparecen en zonas altas donde hay demasiada humedad. El hongo se dispersa mediante las gotitas de agua por la acción del viento. Entre sus síntomas se destacan la presencia de manchas alargadas de color marrón oscuro en el tallo y manchas circulares de color café muy oscuro con anillos concéntricos en las hojas, siendo ésta su característica típica.

1.2.2.6. Rizoctoniasis

También denominada como costra negra cancro del tallo está presente en todas las zonas paperas del mundo, esta enfermedad afecta tanto como a las plantas jóvenes, estolones, raíces, la base del tallo y tubérculos. Su agente causal es el *Rhizoctonia solani*, se mantiene de un año y a otro como

esclerocios (GA3) y como micelio (GA4) en residuos de cosecha que se encuentran en el suelo (Torres, 2002).

En condiciones favorables “los esclerocios germinan y el micelio desarrolla infectando los brotes y tallos que se encuentran en estado de pre y/o post emergencia. Las raíces y los estolones son también afectados durante el desarrollo de la planta (Torres, 2002).

1.2.2.7. *Marchitez*

La Marchitez es causada por *Fusarium spp.*, aunque en la sierra Ecuatoriana no hay mayor incidencia de esta enfermedad por las temperaturas moderadas y las precipitaciones los cuales no permiten su desarrollo. “La marchitez por *Fusarium* se caracteriza por el amarillamiento precoz de las hojas inferiores, retraso en el crecimiento, moteado de las hojas superiores y en casos extremos muerte por desecación” (Iniap, 2002).

1.2.2.8. *Roña o sarna polvorienta*

Esta enfermedad aparece con más frecuencia donde se cultiva la papa en forma intensiva o en monocultivos. El agente causal es un protozoario denominado *Spongospora subterránea* puede estar vivo en el suelo por más de seis largos años. Sobreviven en suelos livianos y también puede estar en suelos arcillosos. En cuanto al daño, las raíces presentan pequeñas agallas claras de 2 a 15 mm, posterior se va tomando color oscuro y con el tiempo estas se rompen. Sin embargo una raíz infectada no siempre desarrolla agallas. En los tubérculos aparecen ampollas de color claro, luego esta se desprende dando lugar a pústulas de aspecto polvoriento y posee masas de esporas de color café oscuro (Iniap, 2002).

El agente causal de la roña “se caracteriza porque forma soras, las cuales contienen esporangios de descanso” (Torres, 2002).

1.2.2.9. *Nematodo de quiste*

Enfermedad causada por el nematodo *Globodera pallida*, en las plantas infectadas se identifica síntomas como el enanismo, amarillamiento, mal formación de las hojas y rigidez de la planta. En el tubérculo se divisa la deformidad, rajaduras, necrosis y de tamaño pequeño. Muchas de las veces no se presentan síntomas, esta enfermedad se desarrolla desde la emergencia hasta el final del desarrollo vegetativo (Pérez et al., 2011). Este patógeno se encuentra diseminada en casi toda las provincias de la región sierra, específicamente en las provincias de Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, y Chimborazo. Las pérdidas tanto en rendimiento como en económico dependen de la población inicial del nematodo, calidad de semilla y la época de siembra (Iniap, 2002).

1.2.2.10. Pierna negra o pie negro

Es una enfermedad bacteriana que está distribuida ampliamente en el país, es un habitante típico del suelo y muy difícil de controlar. En el año 1999 el daño causado por *Erwinia* fue grave, en el mismo año con altas precipitaciones la incidencia fue mayor al 20% en las provincias de Carchi y Chimborazo. Presenta como síntoma la pudrición suave en la parte basal del tallo, al inicio se torna de color café claro a medida que avanza esta se cambia a color negro, como consecuencia se detiene el crecimiento de la planta, obtiene un aspecto marchito, al final toma un color amarillento y muere la planta (Iniap, 2002).

1.2.2.11. Virosis

La virosis es causada por APLV, APMV, PVY, PVX, PLRV, PYVV, PVS, afecta desde la fase de emergencia hasta la fase vegetativa y también por el contacto entre tubérculos durante el almacenamiento. Este virus se trasmite a través de la semilla infectada, contacto entre plantas, áfidos y cigarritas. Las plantas infectadas presentan síntomas como el enanismo, deformación de los folíolos, amarillamiento, rigidez de la planta, mosaicos, moteados, necrosis de nervaduras, tubérculos de tamaño pequeño, deformes y con rajaduras. En algunos casos no se manifiestan los síntomas (Pérez et al., 2011).

La detección e identificación de los diversos virus se realiza mediante las pruebas biológicas basadas en el análisis de la virulencia y la agresividad, para la cual se aíslan los virus utilizando plantas hospedantes con una gama de síntomas (Gonzales et al., 2013).

1.2.2.12. Punta morada

La punta morada de la papa PMP es uno de las principales enfermedades de gran importancia que afectan el cultivo de la papa en países de Centroamérica, México y Estados Unidos, los daños ocasionados por esta enfermedad pueden alcanzar pérdidas de hasta el 100%. En el Ecuador se reporta que la enfermedad punta morada es causada por los fitoplasmas *Candidatus Phytoplasma aurantifolia* perteneciente al grupo 16SrII y otro *Candidatus Phytoplasma aurantifolia* perteneciente al subgrupo 16SrI-F, estos patógenos son microorganismos similares a las bacterias, se encuentran localizados en el floema de la planta y son transmitidos por insectos vectores (Cuesta et al., 2018). Los mismos autores señalan que las plantas infectadas presentan un desarrollo anormal, enanismo, coloración morada en sus hojas, enrollamiento de las hojas superiores, ensanchamiento de los peciolo, engrosamiento de los nudos de los tallos, crecimiento del tallo en forma de zigzag, formación de tubérculos aéreos y muerte temprana dando como consecuencia pérdidas en el rendimiento de la cosecha.

Los psílidos y los cicadélidos tienen un papel importante en la transmisión de agentes fitopatógenos causantes de la enfermedad denominada la punta morada de la papa (PMP) (Bujanos et al., 2009). La diseminación de PMP ocurre mediante la semilla usado para la siembra y por insectos vectores. En la actualidad la enfermedad está presente en Canadá, Estados Unidos, México, Rusia, Pakistán y Ecuador, en este último país se reportó en las provincias de Carchi y Pichincha provocando pérdidas del 50% en la producción (Contexto ganadero, 2018).

1.3. Cultivo de pimiento

El pimiento *Capsicum annuum* L. es una de las hortalizas de mayor expansión en el mundo junto con el tomate, a medida que pasa el tiempo se ha convertido en cultivo de gran importancia en la alimentación para la población mundial (Buñay, 2017).

1.3.1. Origen

Es originario de Sudamérica específicamente de la zona de Bolivia y Perú, que fue llevada a España por Cristóbal Colón en su primer viaje en el año 1493 (Buñay, 2017). En el siglo XVI, con la llegada de Colón a España el pimiento se expandió rápidamente en ese país, por lo que tenía la posibilidad de reemplazar la carísima pimienta (*Piper nigrum* L.) y se adaptaba rápidamente a condiciones agroecológicas (García et al., 2015). Los portugueses al principio trataron de evitar el comercio y el cultivo de pimiento, pero al final se rindieron y fundaron su propia producción del pimiento y lo llamaron pimienta de Pernambuco. Se cultivó a gran escala para su exportación, de esta manera se distribuyó en la India. Desde España llegó a Italia, desde allí se difundió a los países de antigua Yugoslavia y Centroeuropa, sin embargo a mediados de siglo XVI se introdujo a Inglaterra mediante la acción de piratería. De la misma manera las plantas de pimiento procedentes de Italia y de Oriente fue difundido en los Balcanes, este se convirtió en centro secundario de difusión desde que se distribuyó a Hungría, Polonia, Ucrania, Sur de Rusia, Norte de África, Siria, Líbano e Irak (García et al., 2015). A medida que el comercio del pimiento iba creciendo este se distribuyó a diversos países a nivel mundial. En el Ecuador se conoce diversas variedades del pimiento, entre ellos los más importantes son el pimiento verde, rojo y amarillo. Esta es cultivada tanto en la región Costa y en la Región Interandina de nuestro país (Buñay, 2017).

1.3.2. Fases fenológicas

La fenología comprende el cambio fisiológico que presenta la planta en cierto periodo a medida que pasa el tiempo. Está en estrecha relación con el genotipo, condiciones ambientales en que se

desarrollan y la interacción entre sí. La duración de las etapas fenológicas se basa en el periodo que transcurre entre fases específicas que depende de la siembra directa o trasplante (Buñay, 2017). La fase fenológica del pimiento consta de emergencia, séptima hoja, botón floral, floración fructificación y maduración. La fase de emergencia consiste en la aparición de los cotiledones por encima del suelo, botón floral radica en la aparición del primer botón floral, en la floración se observa las primeras flores en las plantas que luego da paso a la fructificación donde se divisa los primeros frutos y por último tenemos la fase de maduración, en esta fase el fruto adquiere la forma, tamaño y color típico de la variedad (Yzarra et al., 2011).

1.4. Plagas y enfermedades

1.4.1. Plagas

1.4.1.1. Pulgones (Myzus persicae)

Estos insectos poseen cuerpos flexibles en forma de pera, algunos tienen alas en cambio otros no presentan alas. El *Myzus persicae* es conocido como áfido verde, es una de las más comunes en pimientos, son de color amarillo pálido a verde que llegan a medir de 1,6 a 2,4 mm. Los pulgones también conocidos con el nombre de piojos de planta se alimentan de la savia succionando de las hojas. Como consecuencia de esta las hojas se enrollan hacia abajo y se arrugan, dando paso al marchitamiento y la decoloración de las hojas, la mayor incidencia del daño se da en hojas jóvenes. El daño ocasionado reduce la calidad y cantidad del fruto ya que las plantas gravemente afectadas tienden a morir. Estos áfidos transmiten diversas enfermedades virales rápidamente de un cultivo a otro, entre ellos se destacan varios tipos de mosaico (Productores de hortalizas, 2004).

1.4.1.2. Araña Roja (Tetranychus urticae)

Los adultos son casi microscópicas que solamente llegan a medir de 0,3 a 0,5 mm de largo, poseen 8 patas, mientras que las larvas poseen 6 patas. Las hembras tienen la forma oval son de coloración amarillento verdoso con manchas dorsales oscuras. En cambio el macho es más activo presenta un cuerpo más angosto y el abdomen más apuntado. Al inicio los huevos son transparentes con forma de esferas. Estos insectos ocasionan daños al alimentar de la savia del envés de la hoja. Los follajes completamente infectados se tornan de color bronceado, en cambio las hojas ligeramente infectadas presentan manchas pálidas transparentes, también pueden estar cubiertas de telarañas (productores de hortalizas, 2004).

1.4.1.3. Gusano soldado (*Spodoptera exigua*)

Los adultos del gusano soldado miden de 25 a 32 mm, presentan a las delanteras de color marrón grisáceo con una mancha pálida en el centro de cada ala. Las alas traseras son blanquecinas con venas oscuras y franjas en las orillas. Generalmente las larvas son de color verde con franjas amarillentas. Este gusano ataca follajes, tallos, raíces, y frutos principalmente dañan los brotes tiernos de las plantas (Productores de hortalizas, 2004).

1.4.1.4. Mosca Blanca (*Trialeurodes vaporariorum*)

Es una plaga de invernadero que cuando atacan cubren todas las plantas, se alimentan de la savia de las hojas las cuales se vuelven amarillentas e impiden su desarrollo y crecimiento. Las plantas infectadas demuestran las hojas cubiertas con mielecilla, pierden su vigor y tienden a marchitarse. Cabe acotar que en las hojas cubiertas del rocío viscoso la mosca blanca permite el desarrollo de un hongo similar a hollín (Productores de hortalizas, 2004).

1.4.1.5. Trips (*Frankliniella occidentalis*, *Thrips tabaci*)

Los adultos *Frankliniella occidentalis* llegan a medir 1,5 mm de largo, sus ojos presentan un pigmento rojo. Las hembras depositan los huevos en los tejidos de la plantas por ello no se puede divisar, en cambio los *Thrips tabaci* miden hasta 1,3 mm de largo, sus ojos son de color gris, estos insectos depositan los huevos en las hojas, el cotiledón o el tejido floral. Los huevos son blanquecinos de 25 mm de largo. Los trips en los últimos tiempos se ha convertido en una de las especies que más atacan a los cultivo de invernadero. *Frankliniella occidentalis* se alimenta de las flores extrayendo los fluidos de la planta y es uno de los vectores de virus del broceado de tomate que afecta también al cultivo de pimiento y a otras hortalizas en general. Por otro lado el *Thrips tabaci* es conocida como trips de la cebolla, ataca a los cultivos de invernadero como también a los de campo abierto, se alimentan de la base de las hojas nuevas, en el suelo se presentan en forma de pupa y en las flores cuando son adultos (Productores de hortalizas, 2004).

1.4.2. Enfermedades

1.4.2.1. Cercosporiosis

Esta enfermedad es causada por *Cercospora capsici* en presencia de alta humedad en el ambiente, los síntomas que se presentan en los folíolos son pequeñas lesiones de forma circular se encuentra delimitada del tejido sano por un halo de color amarillento. Cuando la infección es severa puede provocar perforación en los tejidos infectados (Vivas et al., 2009).

1.4.2.2. Antracnosis

Es causada por el hongo entomopatógeno *Colletotrichum sp.*, cuyos síntomas se divisa tanto en las hojas como en los frutos. Los frutos presentan pudrición seca y es donde se da el crecimiento del micelio (Vivas et al., 2009). Los síntomas surgen en los frutos tales como magulladuras acuosas de tamaño pequeño y este se extiende rápidamente por todo el fruto, las lesiones causadas son profundas de color rojo oscuro a bronce o negro. A medida que avanza la infección, aparecen esporas de color rosa anaranjado en forma de anillo concéntricos sobre las lesiones (Productores de hortalizas, 2004).

1.4.2.3. Sancocho (*damping-off*)

Es una enfermedad causada por los hongos del suelo, entre ellos *Phytophthora*, *Rhizoctonia* y *Pythium*. Cuyos síntomas son la pudrición y muerte de las plántulas antes de emerger. Ya cuando la planta emerge se observa lesiones necróticas, hundidas y acuosas, también se pudren las raíces de las plantas infectadas. Los hongos causantes de esta enfermedad se dispersan mediante semilla y suelo infectado, al salpicar las gotas de lluvia, agua de escorrentía y herramientas de trabajo. La alta humedad en el suelo, temperaturas moderadas, aireación baja, alta densidad de plántulas y suelos de pobre drenaje favorecen la propagación de esta enfermedad (Rosa, 2005).

1.4.2.4. Tizón del pimiento (*Phytophthora capsici*)

Es una enfermedad originada por el hongo *Phytophthora capsici*, los síntomas se manifiestan en las plantas adultas específicamente en la base de tallos en forma de canchales de color verde oscuro y de apariencia acuosa, a medida que avanza la infección las lesiones causadas cambian a color café oscuro y cubren completamente la base del tallo principal, en las hojas se visualiza manchas grandes e irregulares de color café. Las plantas severamente infectadas se secan e inclusive se muere con rapidez. Este hongo habita en el suelo y puede sobrevivir por varios años, la transmisión de esta enfermedad se da a través de la semilla y el sistema de riego por surco puede favorecer si diseminación (Rosa, 2005).

1.4.2.5. Pudrición por alternaria (*Alternaria sp.*)

El hongo *Alternaria sp.*, causa pequeñas lesiones en forma de círculos con apariencia acuosa y de color verde grisáceo, luego las lesiones se agrandan y se van oscureciendo hasta que en algunas ocasiones pueden tornarse negras. Es en esta etapa la infección y lesiones profundas son muy visibles las cuales se encuentran parcial o completamente cubiertas por un micelio de color gris. Los tejidos dañados fisiológicamente a causa de muy bajas temperaturas o por efectos del sol son

más susceptibles a la pudrición por *Alternaria*. En algunos casos también existe donde la pudrición es interna por la contaminación de la fruta a causa de daños ocasionados en la floración (Rosa, 2005).

1.4.2.6. Pudrición por *Cladosporium*

El hongo *Cladosporium herbarum* al inicio provoca lesiones color bronceado claro en la fruta. A medida que avanza la enfermedad avanza las lesiones toman color marrón oscuro con bordes de color marrón claro. Condición como la alta humedad favorece al desarrollo del hongo, es aquí donde las lesiones se cubren por una masa de esporas en forma aterciopelada de color verde olivo. Este patógeno puede infectar en las heridas. Las lesiones internas del tejido presentan una apariencia esponjosa de color marrón grisáceo (Rosa, 2005).

1.4.2.7. Mancha Bacteriana

La mancha bacteriana es causada por la bacteria *Xanthomonas campestris pv. Vesicatoria* que ataca en cualquier etapa de desarrollo de la planta. Cuyos síntomas se manifiestan en las hojas en forma de manchas irregulares de color verde oscuro y de aspecto acuosa. A medida que la enfermedad se desarrolla las hojas se vuelven amarillentas y da paso a la defoliación. En cambio los tallos, peciolo y frutos presentan pústulas de color café y áspero. Las temporadas cálidas y de lluvias favorecen al desarrollo de esta enfermedad. Esta bacteria puede ser transmitida a través del viento, al salpicar las gotas de lluvia y también mediante la semilla, insectos y prácticas culturales (Rosa, 2005).

1.4.2.8. Marchitez bacteriana

Esta enfermedad en el cultivo del pimiento es ocasionada por la bacteria *Ralstonia solanacearum*, se encuentra dispersa en el campo en diversos grupos de plantas específicamente en lugares donde hay alta humedad. Al inicio los síntomas se manifiestan en las plantas adultas con una marchitez leve en las hojas bajas de la planta, sin embargo en las plantas jóvenes la marchitez se divide en las hojas de la parte alta de la planta que posterior puede demostrar un marchitamiento total y permanente, también cabe recalcar que no siempre muestran síntomas de amarillamiento en las hojas antes de su muerte. Las plantas afectadas presentan un decaimiento en el tejido externo de la base del tallo. Al realizar un corte transversal de la zona infectada, el tejido vascular del tallo muestra una coloración parda y oscura. La propagación de esta enfermedad se ve favorecida en temperaturas entre 86 a 95 °F y suelos con alta humedad (Rosa, 2005).

1.5. Cicadélidos

Los Cicadellidae también conocidos generalmente como cicadélidos, salta hojas o chicharritas, son considerados de gran importancia agrícola y económica a nivel mundial debido a que son transmisores de virus, bacterias y ocasionan daños directos al succionar la savia de las células y tejidos, lo cual provoca debilitamiento de las plantas (Arroyo et al., 2015). En todo el mundo se ha encontrado alrededor de 22000 especies de las cuales cerca de 1100 especies agrupadas en 160 géneros se encuentran en el continente Americano (Paradell et al., 2011).

Entre los cicadélidos más importantes se describen a los del género *Oncometopia* con especies tales como *Oncometopia facialis*, *Oncometopia sp.*, *Oncometopia clarior* (Alvarez et al., 2012) y otras especies y géneros como *Carneocephala sp.*, *Empoasca kraemeri* Ross & Moore, *E. mexara* Ross & Moore y *E. solana* de Long, *Elymana sp.*, *Oncopsis sp.*, *Phera centrolineata*, *Scaphytopius sp.*, *Agallia barretti* Ball, *Paraphlepsius sp.*, *Agalliopsis sp.*, *Aceratagallia sp.*, y *Draeculacephala minerva* Ball (Bujanos et al., 2009).

1.5.1. Descripción y biología

Según Pineda et al., (2018) corroboran que la familia Cicadellidae del orden Hemiptera posee individuos de diversos tamaños y formas que fluctúan entre 0,2mm a 15 mm en estado adulto, igualmente demuestra numerosos patrones de coloración pero algunos grupos presentan una tonalidad uniforme. Los cicadélidos generalmente se identifican por la uniformidad de sus alas anteriores, por presentar antenas cortas y setáceas, tibias traseras con dos a más hileras de espinas (Paradell et al., 2011). Hasta llegar al estado adulto durante su desarrollo pasan por 4 fases (**Tabla 2-1**), las hembras depositan huevos en pequeños grupos de 2 a 3 huevos y estas se localizan en el envés de las hojas, cerca de los nervios principales o los peciolo. Al principio se puede confundir con exudados de la hoja ya que casi son transparentes y alargadas, apenas con 0,4mm de diámetro que luego toman una coloración más acaramelada (Martín, 2019).

Inicialmente los huevos son blanquecinas, poco transparentes que llegan a medir más o menos 0,75mm, al momento que salen del huevo perduran inmóviles y sus tegumentos por ser blancos son muy sensibles a las influencias ambientales. Después empiezan a succionar la savia de las plantas a través de las picaduras en el limbo foliar y cabe añadir que al primer día de su nacimiento obtienen la coloración amarilla que es típica de la especie (Martín, 2019).

Aproximadamente a los seis días en el segundo estadio larval se tornan de color amarillo verdosa, los cuales miden 1,25 mm y ahí es donde aparecen los muñones alares. Al pasar de 10 a 12 días

el insecto plaga alcanza su primer estado ninfal, toman una coloración verdosa a la vez aumentan en tamaño de 1,5 a 1,6 mm y se presencia la aparición de las alas, que llegan al extremo del segundo segmento abdominal (Martín, 2019). Fase metamórfica de Cicadellidae (Tabla 2-1).

Tabla 2-1: Fase metamórfica de Cicadellidae

| Fase | Días |
|------------------------|-------|
| Segundo estadio larval | 6 |
| Primer estadio ninfal | 10-12 |
| Segundo estadio ninfal | 15-17 |
| Adulto | 25-30 |

Fuente: Martín, 2019

Realizado por: Paltán, Sandra, 2021

1.5.2. Vectores de fitoplasmas

Los fitoplasmas son parásitos intracelulares que habitan en especies vegetales y en insectos vectores. Se encuentran localizadas en los tubos cribosos y son capaces de atravesar los poros de las células cribosas del floema. La célula del fitoplasma está cubierta por una membrana plasmática trilaminar, que llega a medir alrededor de 10 nm de grosor, lo cual está compuesta de dos tercios de proteínas y un tercio de lípidos. En su citoplasma ocurre la síntesis de proteínas, esto por la acción de los ribosomas y contiene una molécula doble de ADN de forma circular (Camarena et al., 2008).

Los insectos vectores que transmiten los fitoplasmas pertenecen a la orden hemíptera, específicamente son de la familia Cicadellidae, Cixidae, Cercopidae, Psyllidae, y Fulgoridae, los fitoplasmas se propagan en el interior de los insectos y permanecen en ellos hasta la muerte. La transmisión de fitoplasmas se da a través de uno o varios vectores, esto depende del grado de especificidad en la interacción fitoplasma – insecto. Hay fitoplasmas con especificidad baja, como en el caso de la enfermedad X del melocotonero, CP o AY, entre los insectos transmisores ya se conocen varias especies. Por otro lado existen fitoplasmas que solo se transmiten por un vector, como ejemplo se menciona el fitoplasma FD de la vid la cual es transmitida por el cicadélido *Scaphoideus titanus* Ball (Camarena et al., 2008).

De acuerdo con Camarena et al., (2008) indican que el rango de plantas hospederas para cada fitoplasma del comportamiento alimenticio del vector. Existen vectores monófagos u oligófagos que diseminan el fitoplasma entre una o pocas especies vegetales, como es el caso de *Cacopsylla pyri* y el fitoplasma PD. Sin embargo, cuando los insectos se alimentan de diversas especies

vegetales, el fitoplasma afectará a gran número de plantas, como ejemplo está el vector *Macrosteles fascifrons* que trasmite el fitoplasma AAY a más de 191 especies vegetales.

1.5.3. Vectores de la punta morada

La producción de la papa se ve afectada por distintos problemas parasitológicos, especialmente las de origen viral y por las enfermedades causadas por fitoplasmas como es el caso de la enfermedad punta morada. Los insectos denominados como vectores de virus y fitoplasmas que causan enfermedades que llevan a la obtención de baja calidad fitosanitaria de la semilla y además reducen su rendimiento ocasionando pérdidas económicas. Entre los insectos vectores que transmiten la enfermedad punta morada se conocen a los psílidos *Bactericera cockerelli* (Sulc) y las chicharritas de la familia Cicadellidae (Almeyda et al., 2008).

La punta morada de la papa es transmitida por insectos vectores de la familia Cicadellidae, en el que se incluyen a *Macrosteles quadrilineatus* (Stal), chicharritas de género *Aceratagallia spp.* También se ha reportado a la chicharrita de la remolacha *Circulifer tenellus* (Baker) como vector del agente causal de la punta morada de la papa (Almeyda et al., 2008).

Los síntomas se manifiestan en los bordes del lote del cultivo y luego avanza hacia el centro, por ende la captura de insectos vectores se debe realizar en las orillas del cultivo. En un estudio realizado en el Estado de México indican que los cicadélidos de los géneros *Graminiella spp.*, *Deltocephalus spp.*, *Dalbulus maidis*, *D. elimatus* y *Empoasca spp.*, no tenían efectos positivos en la transmisión de la enfermedad (Almeyda et al., 2008).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Caracterización del lugar

2.1.1. Localización

El trabajo investigativo de la fluctuación y diversidad de los Cicadellidae se realizó en cultivos ya establecidos de papa (*Solanum tuberosum* L.) y pimiento (*Capsicum annum* L.), en las localidades de San Luis y Punín pertenecientes a cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. Para llevar al cabo la investigación se efectuó muestreos en 3 campos de papa y 3 campos de pimiento en San Luis y de la misma manera en Punín (Figura 1-2). Para la realización de las pruebas de biología molecular de los cicadélidos, se enviaron las respectivas muestras a los laboratorios de AGROCALIDAD – Tumbaco.



Figura 1- 2: Ubicación del proyecto de tesis

Realizado por: Paltán, S. 2021.

2.1.2. Ubicación Geográfica

A continuación se detalla las latitudes y longitudes de los sectores donde se realizó los muestreos (Tabla 3-2).

Tabla 1-2: Ubicación geográfica de los sitios de muestreo

| Localidades | Cultivos | Campos | Sectores | Latitud | Longitud |
|-------------|----------|--------|------------------|----------------|-----------------|
| San Luis | Pimiento | 1 | Corazón de Jesús | 1°44'05.5464"S | 78°38'42.8532"O |
| San Luis | Pimiento | 2 | Corazón de Jesús | 1°44'05.6328"S | 78°38'44.4876"O |
| San Luis | Pimiento | 3 | Corazón de Jesús | 1°44'00.8304"S | 78°38'45.3120"O |
| San Luis | Papa | 1 | Guaslán | 1°44'15.1368"S | 78°38'53.9880"O |
| San Luis | Papa | 2 | Guaslán | 1°44'03.3216"S | 78°38'52.4040"O |
| San Luis | Papa | 3 | Las Palmas | 1°42'52.3116"S | 78°37'20.4564"O |
| Punín | Pimiento | 1 | San Isidro | 1°44'22.5168"S | 78°38'45.7152"O |
| Punín | Pimiento | 2 | San Isidro | 1°44'20.7096"S | 78°38'35.8584"O |
| Punín | Pimiento | 3 | Santa Bárbara | 1°44'03.9264"S | 78°39'03.4812"O |
| Punín | Papa | 1 | Tzalarón | 1°47'30.5700"S | 78°41'14.9244"O |
| Punín | Papa | 2 | Tzalarón | 1°47'15.6048"S | 78°41'23.4600"O |
| Punín | Papa | 3 | Tzalarón | 1°47'21.1992"S | 78°41'20.2128"O |

Realizado por: Paltán, Sandra, 2021.

2.1.3. Condiciones climáticas

2.1.3.1. San Luis

- **Clima:** Templado Sub andino.
- **Temperatura:** máxima 18°C, mínima 10°C, promedio 14°C.
- **Precipitación:** máxima 1000 mm, mínima 43 mm, promedio 520 mm.
- **Humedad relativa:** 75-80 %.
- **Viento:** 2,3 m/seg (GAD parroquial San Luis, 2016).

2.1.3.2. Punín

- **Clima:** Templado y frío
- **Temperatura:** máxima 16°C, mínima 12°C.
- **Precipitación:** máxima 500 mm, mínima 250 mm (GAD parroquial Punín, 2015).

2.1.4. Clasificación ecológica

2.1.4.1. San Luis

Según su clasificación ecológica de GAD parroquial San Luis (2016), la parroquia San Luis se encuentra en rango de altura que va de los 2500 a 2800 msnm, está conformado por suelos rústicos de la clase durustolls y haplustolls, es decir son suelos fértiles de textura franca o franco arenosa con una profundidad que supera los 50cm, contiene poca materia orgánica, pH ligeramente ácida y suelos con poca pendiente aptos para la mecanización.

2.1.4.2. Punín

Según la clasificación ecológica de GAD parroquial Punín (2015), los suelos y relieve de la parroquia Punín se clasifican en tres zonas diferentes:

Zona baja: se caracteriza por tener suelos planos a ondulados con la pendiente que va desde 6% a 12%. Posee un 60% de suelo limo-arenoso sobre cangahua con materia orgánica menos del 1%, pH neutro, baja retención de humedad.

Zona media: son suelos franco arenoso con una capa arable mínima con pendientes regulares o irregulares de grado 4(26 a 50%), grado 5 (51 a 70%) y algunos sectores de grado 6 (71-100%), son suelos que se encuentran sobre la cangahua a menos de 1m de profundidad. La cangahua consta de carbonato de calcio, con colores claros característicos con una erosión severa.

Zona alta: son suelos ondulados de color negro con pendientes de grado 4 (26 a 50%), no disponen de riego. Al encontrarse en parte más alta de la cordillera se halla con gran diversidad de pendientes, existen lugares con pendientes de grado 7 y varias combinaciones de pendientes.

2.1.5. Materiales y equipos

2.1.5.1. Materiales de campo

- 24 Estacas de 1 m
- 22 Estacas de 0,7 m
- Combo
- 230 Platos desechables de color amarillo
- Tachuelas
- Agua
- Sal en grano

- Detergente
- 1 Cooler
- 48 Frascos de muestreo
- Fundas
- Marcador
- Lápiz
- Libreta de campo
- Cámara fotográfica
- 1 Red entomológica
- Láminas amarillas

2.1.5.2. Materiales de laboratorio

- Estereoscopio
- Microtubos de 1,5 mL
- Frascos de almacenamiento
- Alcohol al 70%
- Alcohol al 96 % (Pruebas de biología molecular)
- Pinza entomológica
- Pincel
- Cernidora
- Cinta masquín

2.2. Metodología

2.2.1. Fase de campo

2.2.1.1. Reconocimiento de sitios con cultivos de papa y pimiento ya establecidos

Conjuntamente con los técnicos de Agrocalidad- Chimborazo se acudió a las localidades de San Luis y Punín a reconocer los campos con cultivos de papa y pimiento ya establecidos para llevar a cabo la investigación prevista, a continuación se detalla los sectores en los cuales se realizaron los muestreos respectivos (Tabla 4-2).

Tabla 2-2: Sectores de investigación

| Cultivo | Localidad | Campo | Sector |
|----------|-----------|-------|------------------|
| Papa | San Luis | 1 | Guaslán |
| | | 2 | Guaslán |
| | | 3 | Las Palmas |
| | Punín | 1 | Tzalarón |
| | | 2 | Tzalarón |
| | | 3 | Tzalarón |
| Pimiento | San Luis | 1 | Corazón de Jesús |
| | | 2 | Corazón de Jesús |
| | | 3 | Corazón de Jesús |
| | Punín | 1 | San Isidro |
| | | 2 | San Isidro |
| | | 3 | Santa Bárbara |

Realizado por: Paltán, Sandra, 2021.

2.2.1.2. Implementación de trampas

Las trampas con platos desechables de color amarillo se elaboraron utilizando estacas de 2x2 de 0,7 m de altura para el cultivo de papa y de 1m de altura para el cultivo de pimiento, en la parte superior de cada estaca se colocó dos platos amarillos, la primera como base que fue unida a la estaca con una tachuela y en el segundo plato se agregó $\frac{3}{4}$ de solución jabonosa para los respectivos muestreos. La solución jabonosa se preparó en 4.5 L de agua agregando media cucharada de detergente en polvo y 1 Kg de sal en grano (para conservar los insectos), esta solución se preparó por cada muestreo (Bujanos et al., 2009). Las trampas fueron implementadas cuatro por campo en cuatro puntos cardinales ubicados en los bordes de los cultivos cada uno con sus respectivos códigos.

A partir de la séptima semana de muestreo se implementaron trampas de láminas amarillas pegajosas, ya que los platos amarillos no fueron efectivas por las intensas lluvias. En el cultivo de pimiento dos trampas por campo y en el cultivo de papa una trampa por campo. Las trampas fueron colocadas en la parte central de los cultivos y cada semana se registró el número de cicadélidos capturados por sitio.

2.2.1.3. Recolecta de las trampas

Los muestreos se realizaron cada siete días durante tres meses, se recolectó las soluciones jabonosas en frascos de muestreos con sus respectivos códigos e inmediatamente fueron colocados en un cooler que posteriormente fue transportado a laboratorio de GDETERRA ubicado en la ESPOCH para la identificación de los cicadélidos y los posibles enemigos naturales de los mismos.

2.2.1.4. Colecta manual

La colecta manual se realizó en el mismo periodo de tiempo con una red entomológica. En cada uno de los campos se realizó el barrido con la red entomológica en la parte interna de las hileras a una distancia de 15 m en cuatro hileras al azar. Todos los insectos colectados con la jama fueron transportados en fundas transparentes respectivamente etiquetadas al laboratorio de Grupo de desarrollo de tecnologías para la reducción y racionalización de agroquímicos (GDETERRA) ubicado en la ESPOCH.

2.2.2. Fase de laboratorio

Los insectos atrapados por las trampas fueron extraídos usando un cernidero para eliminar la solución jabonosa, luego con el uso de un estereoscopio se identificó a los cicadélidos y los posibles enemigos naturales, los cuales fueron almacenados en los microtubos con alcohol etílico al 70%. De igual forma los cicadélidos capturados con la jama fueron extraídos de las fundas con un pincel y almacenados en los microtubos con alcohol etílico al 70%. Para las pruebas de biología molecular se almacenaron en alcohol etílico al 96%.

2.2.3. Registro del manejo agronómico y fitosanitario

En una libreta de campo se llevó un registro del manejo agronómico y fitosanitario que realizaban los agricultores y la frecuencia con la que realizaron las aplicaciones de insecticidas, fungicidas para el control de plagas y enfermedades, mediante una entrevista a cada uno de los productores de cada sector (Tabla 15-3).

2.2.4. Análisis de pruebas de biología molecular

Para el análisis de biología molecular, los cicadélidos fueron conservados en microtubos con alcohol etílico al 96%. Las muestras de los cicadélidos de la especie *Empoasca fabae* de los distintos campos fueron enviadas a los laboratorios de Agrocalidad - Tumbaco para detectar la presencia de *Candidatus Phytoplasma* causante de la enfermedad punta morada de la papa,

mediante PCR en tiempo real según los protocolos estandarizados por los laboratorios de Agrocalidad.

El primer envío de las muestras se realizó el 30 de enero de 2021, de la localidad de San Luis de campo dos Guaslán se envió cinco cicadélidos y de campo tres Las Palmas siete cicadélidos. De la localidad de Punín de campo uno Tzalarón se envió dos cicadélidos, cabe recalcar que en esta localidad hubo baja población de estos insectos.

A continuación se detalla los datos de las muestras que fueron enviadas para el análisis de biología molecular (Tabla 5-2), (Tabla 6-2) y (Tabla 7-2):

Tabla 3-2: Datos de la muestra de campo dos Guaslán de la localidad San Luis

| | |
|--|--|
| Condiciones de llegada la muestra: Ambiente | Conservación de la muestra: Natural |
| Tipo de muestra: Insectos adultos | Tipo de cultivo: Papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) |
| Provincia/Estado: Chimborazo/Ecuador | Latitud: 1°44'03.3216"S |
| Cantón: Riobamba | Longitud: 78°38'52.4040"O |
| Parroquia: San Luis | Altitud: 2762 msnm |
| Responsable de la toma de muestra: Sandra Paltán | |
| Fecha de toma de muestra: 29/01/2021 | Fecha de inicio de análisis: 11/02/2021 |
| Fechas de recepción de la muestra: 09/02/2021 | Fecha de finalización de análisis: 12/02/2021 |
| Identificación de campo de la muestra 1 | CHI-1612-4483-317299-1 |
| Identificación de campo de la muestra 2 | CHI-1612-4491-157297-1 |

Realizado por: Paltán, Sandra, 2021

Tabla 4-2: Datos de la muestra de campo tres Las Palmas de la localidad San Luis.

| | |
|--|--|
| Condiciones de llegada la muestra: Ambiente | Conservación de la muestra: Natural |
| Tipo de muestra: Insectos adultos | Tipo de cultivo: Papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) |
| Provincia/Estado: Chimborazo/Ecuador | Latitud: 1°42'52.3116"S |
| Cantón: Riobamba | Longitud: 78°37'20.4564"O |
| Parroquia: San Luis | Altitud: 2635 msnm |
| Responsable de la toma de muestra: Sandra Paltán | |
| Fecha de toma de muestra: 29/01/2021 | Fecha de inicio de análisis: 11/02/2021 |
| Fechas de recepción de la muestra: 09/02/2021 | Fecha de finalización de análisis: 12/02/2021 |
| Identificación de campo de la muestra | CHI-1612-4476-607268-1 |

Realizado por: Paltán, Sandra, 2021

Tabla 5-2: Datos de la muestra de campo uno Tzalarón de la localidad Punín.

| | |
|---|--|
| Condiciones de llegada la muestra: Ambiente | Conservación de la muestra: Natural |
| Tipo de muestra: Insectos adultos | Tipo de cultivo: Papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) |
| Provincia/Estado: Chimborazo/Ecuador | Latitud: 1°47'30.5700"S |
| Cantón: Riobamba | Longitud: 78°41'14.9244"O |

| | |
|--|---|
| Parroquia: Punín | Altitud: 3581 msnm |
| Responsable de la toma de muestra: Sandra Paltán | |
| Fecha de toma de muestra: 29/01/2021 | Fecha de inicio de análisis: 11/02/2021 |
| Fechas de recepción de la muestra: 09/02/2021 | Fecha de finalización de análisis: 12/02/2021 |
| Identificación de campo de la muestra | CHI-1612-4505-544836-1 |

Realizado por: Paltán, Sandra, 2021

El segundo envío se efectuó el 17 de marzo de 2021, en esta ocasión se envió diez cicadélidos de campo uno y siete cicadélidos de campo dos Guaslán de la localidad San Luis.

A continuación se detalla los datos de las muestras que fueron enviadas para el análisis de biología molecular (Tabla 8-2) y (Tabla 9-2):

Tabla 6-2: Datos de la muestra de la localidad San Luis campo uno Guaslán.

| | |
|--|--|
| Condiciones de llegada la muestra: Ambiente | Conservación de la muestra: Natural |
| Tipo de muestra: Insectos adultos | Tipo de cultivo: Papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) |
| Provincia/Estado: Chimborazo/Ecuador | Latitud: 1°44'15.1368"S |
| Cantón: Riobamba | Longitud: 78°38'53.9880"O |
| Parroquia: San Luis | Altitud: 2744 msnm |
| Responsable de la toma de muestra: Sandra Paltán | |
| Fecha de toma de muestra: 16/03/2021 | Fecha de inicio de análisis: 22/03/2021 |
| Fechas de recepción de la muestra: 18/03/2021 | Fecha de finalización de análisis: 29/03/2021 |
| Identificación de campo de la muestra | CHI-1615-9158-885514-1 |

Realizado por: Paltán, Sandra, 2021

Tabla 7-2: Datos de la muestra de la localidad San Luis campo dos Guaslán.

| | |
|--|--|
| Condiciones de llegada la muestra: Ambiente | Conservación de la muestra: Natural |
| Tipo de muestra: Insectos adultos | Tipo de cultivo: Papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) |
| Provincia/Estado: Chimborazo/Ecuador | Latitud: 1°44'03.3216"S |
| Cantón: Riobamba | Longitud: 78°38'52.4040"O |
| Parroquia: San Luis | Altitud: 2762 msnm |
| Responsable de la toma de muestra: Sandra Paltán | |
| Fecha de toma de muestra: 16/03/2021 | Fecha de inicio de análisis: 22/03/2021 |
| Fechas de recepción de la muestra: 18/03/2021 | Fecha de finalización de análisis: 29/03/2021 |
| Identificación de campo de la muestra | CHI-1615-9160-084882-1 |

Realizado por: Paltán, Sandra, 2021.

2.2.5. Identificación de *Empoasca fabae*

En el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en ambas localidades se encontró en mayor población, insectos con características típicas de la familia Cicadellidae. Por ende para su identificación se envió una muestra a laboratorio de entomología Agrocalidad-Tumbaco. La muestra fue obtenida de campo tres Las Palmas de la localidad San Luis.

La identificación fue basada en la observación directa al estéreo microscopio con el uso de claves taxonómicas según Harris, (1841), utilizando un estéreo-microscopio de marca Olympus modelo SZX16 (que tiene un objetivo máximo de 11.5X).

A continuación se detalla los datos de la muestra que fue enviada para la identificación de *Empoasca fabae* (Tabla 10-2).

Tabla 8-2: Datos de la muestra de campo tres Las Palmas de la localidad San Luis.

| | |
|--|--|
| Condiciones de llegada la muestra: Ambiente | Conservación de la muestra: Natural |
| Tipo de muestra: Insectos adultos | Tipo de cultivo: Papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) |
| Provincia/Estado: Chimborazo/Ecuador | Latitud: 1°42'52.3116"S |
| Cantón: Riobamba | Longitud: 78°37'20.4564"O |
| Parroquia: San Luis | Altitud: 2635 msnm |
| Responsable de la toma de muestra: Sandra Paltán | |
| Fecha de toma de muestra: 16/02/2021 | Fecha de inicio de análisis: 05/03/2021 |
| Fechas de recepción de la muestra: 05/03/2021 | Fecha de finalización de análisis: 13/05/2021 |
| Identificación de campo de la muestra | CHI-1614-8033-318253-1 |

Realizado por: Paltán, Sandra, 2021

2.2.6. Identificación de los enemigos naturales de los cicadélidos

Para la identificación de los enemigos naturales de los cicadélidos, con la ayuda de una red entomológica se recolectaron ninfas y adultos cicadélidos (*Empoasca fabae*) luego fueron puestos en cámara de crianza conjuntamente con hojas sanas de papa (*Solanum tuberosum* L.) por un periodo de dos meses. La revisión de cámara de crianza se realizó cada 5 días, esto con el fin de encontrar cicadélidos parasitados por algún entomopatógeno.

2.2.7. Análisis de datos

2.2.7.1. Registro de datos

La toma de datos se realizó en el campo y en el laboratorio, en el campo se registraron el número de cicadélidos capturados por las trampas de lámina amarilla, y en el laboratorio fueron registrados en una hoja electrónica Excel (Tabla 11-2) mediante el análisis destructivo donde se buscó los cicadélidos y los posibles enemigos naturales de los mismos.

Tabla 9-2: Número de cicadélidos encontrados por muestreo

| Localidades | Cultivos | Campos | Tom a 1 | Tom a 2 | Tom a 3 | Tom a 4 | Tom a 5 | Tom a 6 | Tom a 7 | Tom a 8 | Tom a 9 | Tom a 10 | Tom a 11 |
|-------------|----------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|
| San Luis | Pimiento | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| San Luis | Pimiento | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| San Luis | Pimiento | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| San Luis | Papa | 1 | 1 | 0 | 9 | 0 | 1 | 10 | 12 | 26 | 24 | 48 | 96 |
| San Luis | Papa | 2 | 0 | 0 | 8 | 1 | 0 | 2 | 1 | 10 | 7 | 39 | 124 |
| San Luis | Papa | 3 | 18 | 2 | 18 | 14 | 24 | 39 | 13 | 3 | 6 | 10 | 1 |
| Punín | Pimiento | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Punín | Pimiento | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Punín | Pimiento | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Punín | Papa | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 |
| Punín | Papa | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| Punín | Papa | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |

Realizado por: Paltán, Sandra, 2021.

2.2.7.2. Tipo de variable

Debido a que los datos registrados fueron de conteo de naturaleza discreta, fue necesario realizar la transformación de datos para someter estos al análisis de varianza y para utilizar pruebas paramétricas.

2.2.7.3. Determinación de la normalidad de los datos

Los datos registrados no cumplieron con la prueba de normalidad, por ende se realizó la transformación de datos por el método de Logaritmo natural (Ln), con la ayuda del programa Infostat Versión 2020I. La normalidad de los datos se evaluó mediante la prueba de normalidad Shapiro-Wilk (Anexo H) y el gráfico de Q-Q plot (Anexo I).

2.2.7.4. Análisis paramétrico

El análisis de la varianza se realizó con los datos transformados con la ayuda del programa Infostat Versión 2020I, con el siguiente código de modelo anidado:

Localidad\Localidad>Cultivo

Localidad>Cultivo\Localidad>Cultivo>Campo

Localidad>Cultivo>Campo

Para la separación de medias de la población de cicadélidos se utilizó la diferencia mínima significativa (DMS) con un nivel de significancia al 5%.

2.2.7.5. Medidas de resumen

Las medidas de resumen se calcularon con el programa Infostat Versión 2020I (Tabla 12-2).

Tabla 10-2: Estadística descriptiva de la población de los cicadélidos por muestreo

| | Toma 1 | Toma 2 | Toma 3 | Toma 4 | Toma 5 | Toma 6 | Toma 7 | Toma 8 | Toma 9 | Toma 10 | Toma 11 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| n | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 |
| Media | 1,58 | 0,25 | 2,92 | 1,25 | 2,25 | 4,5 | 2,25 | 3,42 | 3,25 | 8,33 | 18,67 |
| D.E | 5,18 | 0,62 | 5,78 | 4,03 | 6,86 | 11,23 | 4,81 | 7,67 | 6,98 | 16,79 | 43,08 |
| E.E | 1,49 | 0,18 | 1,67 | 1,16 | 1,98 | 3,24 | 1,39 | 2,21 | 2,02 | 4,85 | 12,44 |

* **n:** Número de campos de muestreo, **Media:** Promedio de la población de cicadélidos, **D.E:** Desviación estándar, **E.E:** Error estándar.

Realizado por: Paltán, Sandra, 2021.

2.2.8. Diseño experimental anidado

En esta investigación se aplicó un diseño experimental anidado en donde se anidó los cultivos y campos a las localidades, considerando:

a. Factor A: Localidades

Niveles

- San Luis
- Punín

b. Factor B: Cultivos

Niveles

- Papa (*Solanum tuberosum* L.)
- Pimiento (*Capsicum annum* L.)

Subniveles

- Campo 1
- Campo 2
- Campo 3

2.2.8.1. Esquema del diseño anidado

A continuación, se presenta el esquema del diseño anidado (Figura 2-2).

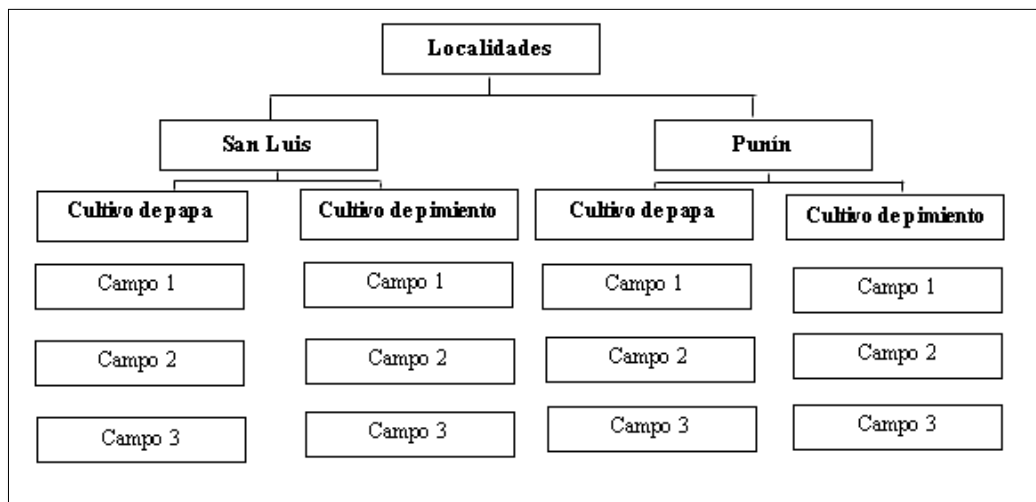


Figura 2- 2: Esquema del diseño anidado

Realizado por: Paltán, S. 2021.

Se utilizó el diseño anidado, ya que este estudio se realizó en dos localidades diferentes. Dentro de cada localidad se escogió tres campos diferentes de cultivo de papa y tres campos distintos de cultivo de pimiento al azar, generando seis campos de muestreo por localidad.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. Determinación de la fluctuación poblacional de los cicadélidos

3.1.1. Fluctuación de la población de los cicadélidos por colecta

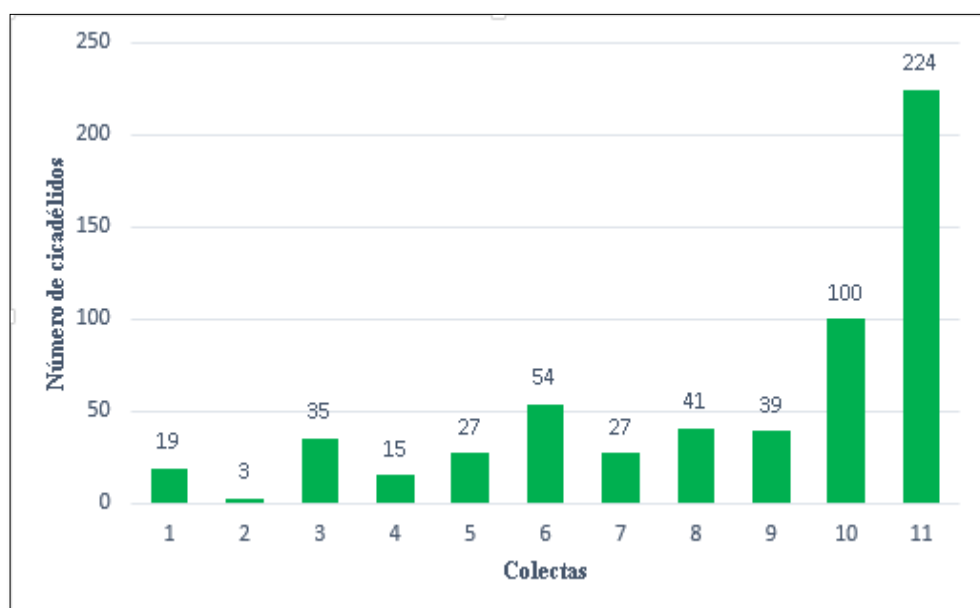


Gráfico 1-3: Abundancia de los cicadélidos totales por muestreo.

Realizado por: Paltán, S. 2021.

En todas las 11 colectas se obtuvo un total de 584 individuos cicadélidos, en la última colecta se encontró el mayor número de cicadélidos (224 individuos cicadélidos) mientras que en la segunda colecta se obtuvo el menor número de cicadélidos (3 individuos cicadélidos) (Gráfico 1-3).

3.1.2. Fluctuación de la población de cicadélidos por localidad

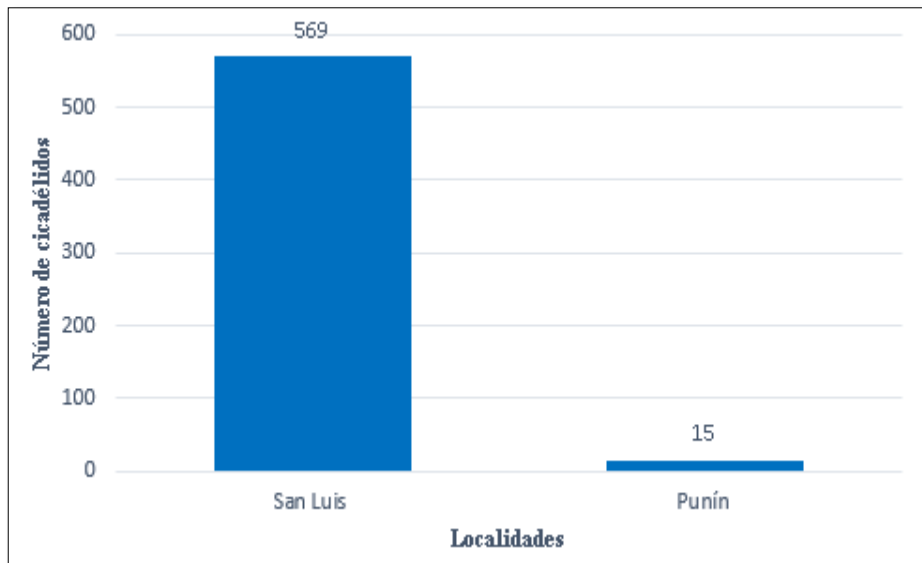


Gráfico 2-3: Abundancia de los cicadélidos totales por localidad.

Realizado por: Sandra, L.; Paltán, G. 2021

El mayor número de cicadélidos colectados de 569 individuos cicadélidos se obtuvo en la localidad San Luis, por otro lado el menor número de cicadélidos se encontró en la localidad Punín con 15 individuos cicadélidos (Gráfico 2-3).

Para las medias de la población de cicadélidos no hubo un efecto de las localidades sobre esta variable (valor $p = 0,1358$) (ANEXO G).

3.1.3. Fluctuación de la población de cicadélidos por cultivo

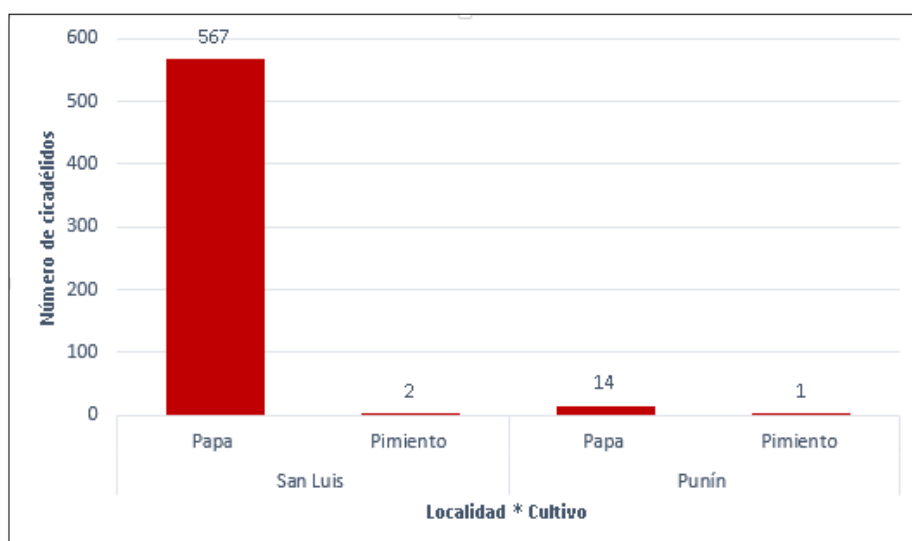


Gráfico 3-3: Abundancia de los cicadélidos totales por cultivo.

Realizado por: Sandra, L.; Paltán, G. 2021

El mayor número de cicadélidos se encontró en el cultivo de papa en la localidad San Luis con 567 individuos cicadélidos, mientras que el menor número de cicadélidos se obtuvo en el cultivo de pimiento en la localidad Punín con 1 individuo cicadélido (Gráfico 3-3).

Se evidenció un efecto de los cultivos sobre las medias de la población de cicadélidos (valor $p = 0,0059$) (ANEXO G). En la localidad de San Luis en el cultivo de papa se encontró mayor cantidad de cicadélidos con una media de 2,17 y error estandar de 0,10 por muestreo (Tabla 13-3).

Tabla 1- 3: Medias de la población de cicadélidos entre los cultivos

| Localidad | Cultivo | Medias | n | E.E | |
|-----------|----------|--------|----|------|---|
| San Luís | Pimiento | 0,00 | 2 | 0,51 | a |
| Punín | Pimiento | 0,00 | 1 | 0,51 | a |
| Punín | Papa | 0,20 | 10 | 0,21 | a |
| San Luís | Papa | 2,17 | 28 | 0,10 | b |

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($\alpha: 0,05$)

Realizado por: Paltán, Sandra, 2021.

3.1.4. Fluctuación de la población de cicadélidos por campo

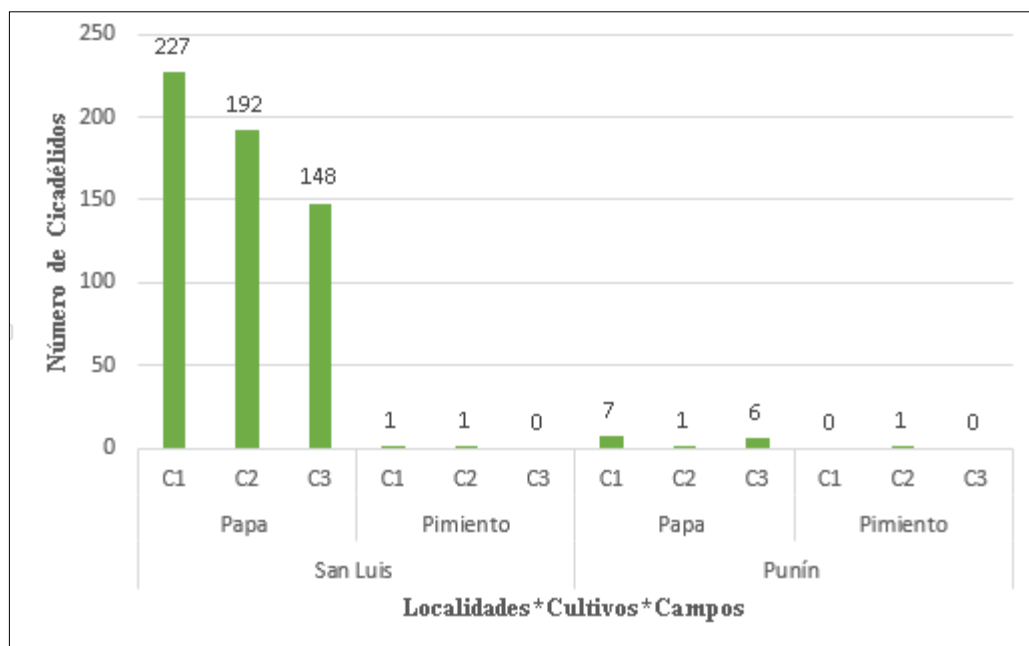


Gráfico 4-3: Abundancia de los cicadélidos totales por campo y por colecta.

Realizado por: Sandra, L.; Paltán, G. 2021

En el campo uno en el cultivo de papa en la localidad San Luis se encontró el mayor número de cicadélidos (227 individuos cicadélidos), por otro lado en los campos uno y tres en el cultivo de pimiento en la localidad Punín y en el campo tres en el cultivo de pimiento en la localidad San Luis no hubo la presencia de estos insectos (Gráfico 4-3).

Para las medias de la población de cicadélidos no existió un efecto de los campos sobre esta variable (valor $p = 0,9772$) (ANEXO G).

3.1.5. Abundancia total de los cicadélidos por cultivos y localidades

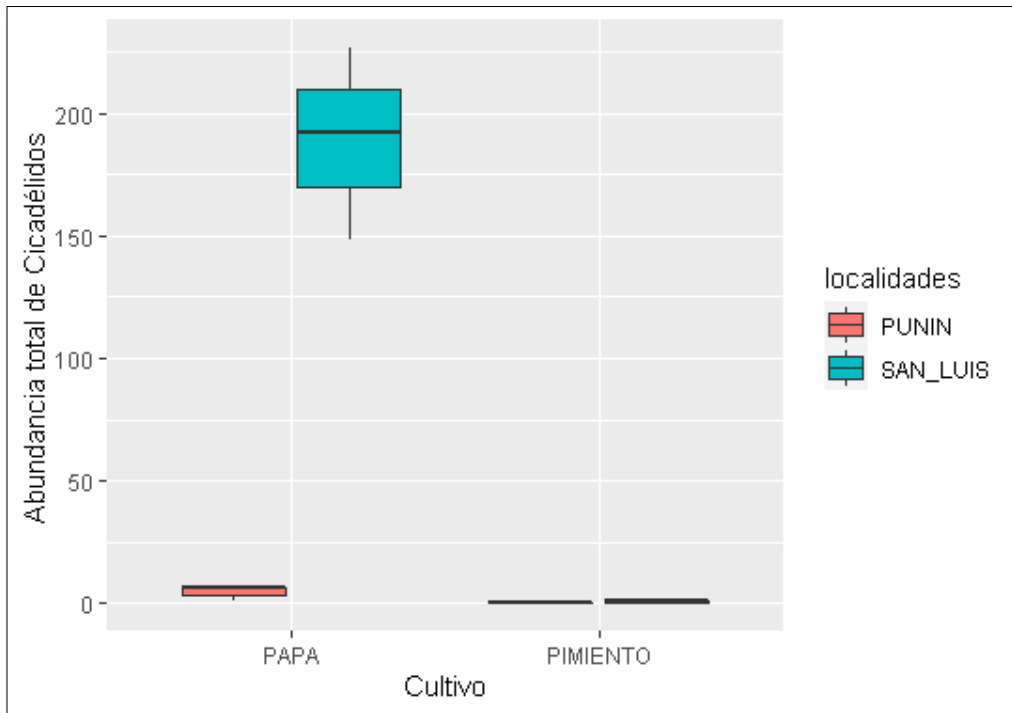


Gráfico 5-3: Abundancia total de los cicadélidos por cultivos y localidades

Realizado por: Sandra, L; Paltán, G. 2021

Mediante los datos totales registrados del conteo de los cicadélidos se determinó que hubo mayor población de cicadélidos en cultivo de papa en San Luis en relación a Punín, en cambio en el cultivo de pimiento se pudo encontrar un bajo número de cicadélidos en ambas localidades (Gráfico 5-3).

3.1.5.1. Abundancia total de los cicadélidos por variedad de cultivos y frecuencia de aplicaciones de insecticidas

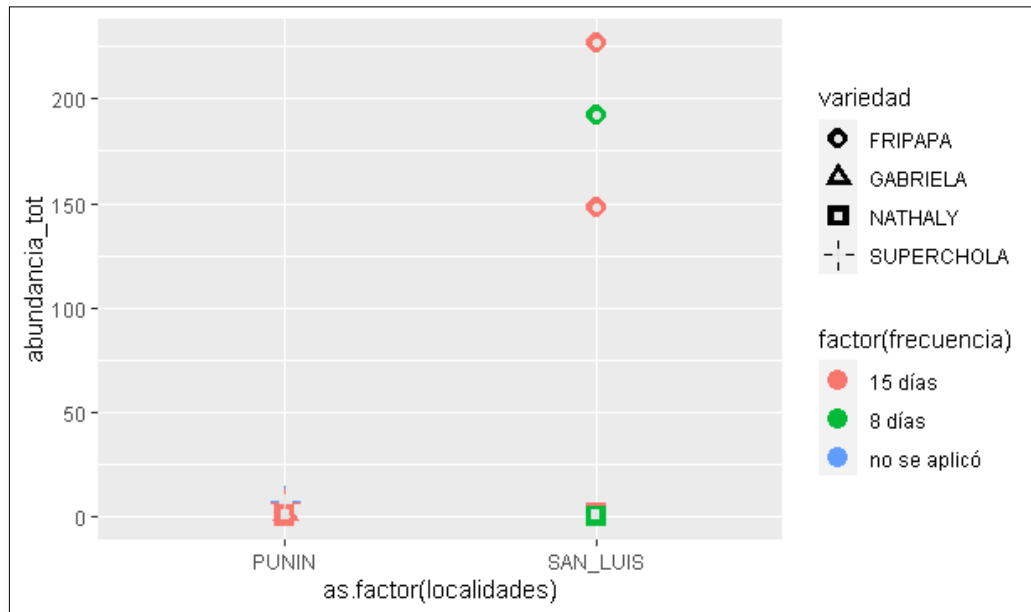





Gráfico 6-3: Abundancia total de los cicadélidos por variedad de cultivos y frecuencia de aplicaciones de insecticidas.





Realizado por: Sandra, L; Paltán, G. 2021

La mayor población de cicadélidos se presentó en el cultivo de papa variedad Fripapa, con la frecuencia de aplicaciones de insecticidas cada 15 días. Cabe recalcar que en la misma variedad de papa con las aplicaciones cada 8 días, la población de cicadélidos fue bajo durante las etapas de crecimiento y desarrollo, la población fue incrementando al finalizar la fase de maduración. En el cultivo de papa en la variedad Gabriela y en el cultivo de pimiento variedad Nathaly, con las aplicaciones cada 8 y 15 días, se observó un bajo número de cicadélidos (Gráfico 6-3).

3.1.6. Evaluación de la diversidad de morfoespecies de Cicadellidae en cultivos de papa (*Solanum tuberosum* L.) y pimiento (*Capsicum annum* L.)

Tabla 2- 3: Diversidad de morfoespecies de Cicadellidae en cultivos de papa y pimiento en las localidades de San Luis y Punín

| Morfoespecies | Cantidad | Localidad | Cultivo | Mes colectada | Fotografía |
|--|----------|------------------|----------|------------------------|--|
| Morfoespecie 1: Presenta características morfológicas típicas de la familia Cicadellidae tales como la uniformidad de alas anteriores, antenas cortas y setáceas, tibias traseras con hileras de espinas y una tonalidad de café oscuro. | 3 | San Luis | Pimiento | Enero – Marzo del 2021 |  |
| Morfoespecie 2: Lo que distingue de la morfoespecie 1 es su coloración verde y su cuerpo más alargado. | 3 | San Luis | Papa | Enero – Marzo del 2021 |  |
| Morfoespecie 3: La diferencia que tiene de la morfoespecie uno es que su cuerpo es más alargado y parte de su pronoto es de color blanquecino | 2 | San Luis y Punín | Papa | Enero – Marzo del 2021 |  |
| Morfoespecie 4: Presenta cabeza más ancha, alas más pequeñas y también la venación de las alas es diferente a la de morfoespecie 1. | 1 | San Luis | Papa | Enero – Marzo del 2021 | |

| | | | | | |
|---|-----|----------|------|------------------------|--|
| | | | | |  |
| <i>Morfoespecie 5: Empoasca Fabae</i> Presenta cabeza subigual a la del pronoto, alas con nervadura anterior con células apicales 2 y 3 ambas cuadradas basalmente (Harris, 1841). | 571 | San Luis | Papa | Enero – Marzo del 2021 |   |
| Morfoespecie 6: Lo que distingue de otras morfoespecies es la figura de color blanquecino que presenta en la parte del pronoto. Muestra una tonalidad café oscuro. | 2 | Punín | Papa | Enero – Marzo del 2021 |  |
| Morfoespecie 7: Lo que distingue de otras morfoespecies es la forma de su cuerpo que es más delgado y alargado, | 1 | San Luis | Papa | Enero – Marzo del 2021 | |

también presenta una coloración amarillo plateado.



Morfoespecie 8
(Ninfa)

La forma de su cabeza y su cuerpo es característico de la familia Cicadellidae.

1 San Luis

Papa

Enero – Marzo del 2021



Realizado por: Paltán, Sandra, 2021.

En este estudio en relación a la diversidad de morfoespecies de cicadellidae asociados al cultivo de papa y pimiento en las localidades San Luis y Punín, de manera general se encontraron 8 morfoespecies de cicadélidos de diferentes características en ambas localidades, de las cuales 7 morfoespecies pertenecieron al cultivo de papa y solamente un morfoespecie al cultivo de pimiento. A lo largo de todo el estudio se encontró en mayor población un total de 571 cicadélidos de la especie *Empoasca fabae* principalmente en el cultivo de papa, lo que corresponde a un 98% del total de los cicadélidos obtenidos, mientras que otros morfoespecies encontrados en ambos cultivos correspondieron a un 2% (Tabla 14-3).

3.1.7. Manejo realizado por los agricultores en la fluctuación de las poblaciones de los cicadélidos durante todo el estudio.

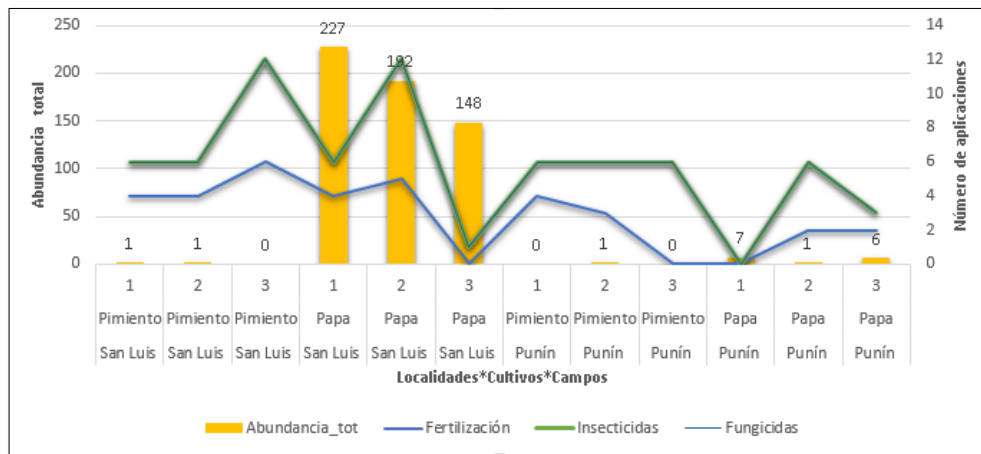


Gráfico 7-3: Abundancia total de los cicadélidos por número de aplicaciones

Realizado por: Sandra, L.; Paltán, G. 2021.

Durante el periodo de muestreo de los cicadélidos que se llevó a cabo los meses enero – marzo de 2021, se pudo registrar todos los productos fitosanitarios que los agricultores utilizaron para el control de plagas y enfermedades en los cultivos de papa (*Solanum tuberosum* L.) y pimiento (*Capsicum annum* L.) y también se registró las labores culturales que realizaron los agricultores (Tabla 15-2).

En la localidad de San Luis en el cultivo de pimiento bajo invernadero en el campo tres, en donde el agricultor realizó las aplicaciones para el control de plagas y enfermedades cada 8 días no se observó la presencia de cicadélidos. En cambio en los campos uno y dos donde los agricultores realizaron las respectivas aplicaciones cada 15 días se encontraron solamente un individuo cicadélido en cada campo (Gráfico 7-3).

En el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) a campo abierto principalmente en el campo uno (Guaslán), el agricultor realizó las aplicaciones de productos fitosanitarios cada 15 días en donde se encontraron en mayor población con un total de 227 individuos cicadélidos. En el campo dos (Guaslán), donde el productor aplicó los productos fitosanitarios cada 8 días se obtuvo un total de 192 individuos cicadélidos, cabe recalcar que en este campo la población de cicadélidos se incrementó

en la fase de maduración, por otro lado en el campo tres (Las Palmas), en donde el agricultor efectuó una sola aplicación se halló un total de 148 individuos cicadélidos (Gráfico 7-3), cabe destacar que este campo fue infectada por la enfermedad punta morada de la papa, la población de estos insectos fue mayor en la floración.

En la localidad de Punín en el cultivo de pimiento bajo invernadero, en los campos uno (San Isidro) y tres (Santa Bárbara) en donde los agricultores realizaron aplicaciones cada 15 días no se observó la presencia de cicadélidos, en el campo dos (San Isidro) en el que el productor realizó las aplicaciones cada 15 días se encontró un individuo cicadélido. En el cultivo de papa, los tres campos ubicados en Tzalarón, en el campo uno en donde el agricultor no realizó ninguna aplicación para el control de plagas y enfermedades se pudo hallar 7 individuos cicadélidos y en el campo tres en el que el productor efectuó tres aplicaciones durante el periodo de muestreo se encontró 6 individuos cicadélidos, por otro lado en el campo dos en el cual el agricultor realizó las aplicaciones cada 15 días se obtuvo un individuo cicadélido (Gráfico 7-3).

Tabla 3- 3: Registro fitosanitario y labores culturales

| Localidades | Cultivos | Campos | Productos químicos | Frecuencia | No Aplicaciones | Labores culturales |
|-------------|----------|---------------------------|---|------------|-----------------|--|
| San Luis | Pimiento | Campo 1: Corazón de Jesús | Clorothalonil 500g/L, Isabion, Abamectina 18g/L, Profenofos 500g/L, Bupirimate 250g/L, Iprodione 500g/kg, Metalaxily 25% p/p, Thiophanate-methyl 500g/L, SUPERK-60, Methomyl 200g/L, Arpon. | 15 días | 6 | El agricultor realizó la limpieza dos veces durante el periodo de muestreo de los cicadélidos. Aplicó riego por goteo. |
| San Luis | Pimiento | Campo 2: Corazón de Jesús | Acetamiprid 200g/kg, Thiophanate-methyl 500g/L, Abamectina 18g/L, | | | El productor realizó la limpieza una vez durante el periodo de muestreo de |

| | | | | | | |
|----------|----------|---------------------------|--|---------|----|---|
| | | | Profenofos 500g/L, Metalaxily 25% p/p, Methomyl 200g/L, Arpon. | 15 días | 6 | los cicadélidos. Aplicó riego por goteo. |
| San Luis | Pimiento | Campo 3: Corazón de Jesús | Arpon, Thiophanate-methyl 500g/L, Penconazole 200g/L, Fenhexamid 350g/L y Tebuconazole 66,7g/L. | 8 días | 12 | El agricultor realizó la limpieza dos veces y una poda durante el periodo de muestreo de los cicadélidos. Aplicó riego por goteo |
| San Luis | Papa | Campo 1: Guaslán | Fipronil 200g/L, Diflubenzuron 480g/L, Thiamethoxam 141g/L + Lambda-cyhalothrin 106g/L, Spinetoram 60g/L, Profenofos 500g/L + Fipronil 70g/L, Acefato 750g/kg, Imidacloprid 350g/L, Arpon. | 15 días | 6 | El agricultor realizó dos deshierbes y dos aporques durante el periodo de muestreo de los cicadélidos. Aplicó riego por gravedad. |
| San Luis | Papa | Campo 2: Guaslán | Cytokin, Malathion 604g/L, Mancozeb 640g/kg+ Cymoxanil 80g/kg, Profenofos 500g/L, Difenconazol 250g/L, Arpon. | 8 días | 12 | El agricultor pudo realizar dos deshierbes y dos aporques durante el periodo de muestreo de los cicadélidos. Aplicó riego por gravedad. |
| San Luis | Papa | Campo 3: Las Palmas | Abamectina 18g/L, Mancozeb 640g/kg+ Cymoxanil 80g/kg, Arpon. | | 1 | Al inicio del muestreo el cultivo se encontró bajo un buen cuidado, pero al pasar el tiempo se infectó de la enfermedad denominada Punta Morada de la papa y fue abandonada. Aplicó riego por gravedad. |
| Punín | Pimiento | Campo 1: San Isidro | Kasugamicina 20g/L, Carboxin 200g/L + Thiram 200g/L, | | | El agricultor pudo realizar la limpieza dos veces durante el periodo de |

| | | | | | | |
|-------|----------|------------------------|--|---------|---|--|
| | | | Imidacloprid 420g/kg + Lambda-cyhalothrin 60g/kg, Cre-check. | 15 días | 6 | muestreo de cicadélidos. Aplicó riego por goteo. |
| Punín | Pimiento | Campo 2: San Isidro | Iprodione 500g/kg, Mancozeb 640g/Kg + Metalaxyly 80g/Kg, Thiophanate-methyl 500g/L, Imidacloprid 350g/L, Penconazole 100g/L, Marchfol 25.16.12, SINER-K. | 15 días | 6 | El agricultor realizó la limpieza una vez durante el periodo de muestreo de los cicadélidos. Aplicó riego por goteo. |
| Punín | Pimiento | Campo 3: Santa Bárbara | Chlorpyrifos 480g/L, Profenofos 500g/L + Fipronil 70g/L, Agropega, Agriful, Sulfato de potasio y Azufre. | 15 días | 6 | El productor pudo realizar la limpieza dos veces durante el periodo de muestreo de los cicadélidos. Aplicó riego por goteo. |
| Punín | Papa | Campo 1: Tzalarón | | | | El agricultor realizó un deshierbe y un aporque durante el periodo de muestreo de los cicadélidos. No aplicó riego. |
| Punín | Papa | Campo 2: Tzalarón | Carbendazim 500g/kg, Chlorpyrifos 500g/L + Cypermethrin 50g/L, Rootmost. | 15 días | 6 | El productor pudo realizar dos deshierbes y dos aporques durante el periodo de muestreo de los cicadélidos. No aplicó riego. |
| Punín | Papa | Campo 3: Tzalarón | Profenofos 500g/L, Mancozeb 640g/kg+ Cymoxanil 80g/kg. | | 3 | El agricultor realizó dos deshierbes y dos aporques durante el periodo de muestreo de los cicadélidos. No aplicó riego. |

Realizado por: Paltán, Sandra, 2021.

3.1.8. Análisis de biología molecular de los cicádelidos

Al realizar los análisis de biología molecular de los cicádelidos asociados al cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) de las localidades de San Luis y Punín, no se detectó la presencia de fitoplasmas (causantes de la enfermedad denominada punta morada de la papa) en los cicádelidos específicamente de la especie *Empoasca fabae* (Gráfico 8-3).

3.1.8.1. Resultado del análisis de biología molecular de los cicádelidos de la localidad de San Luis

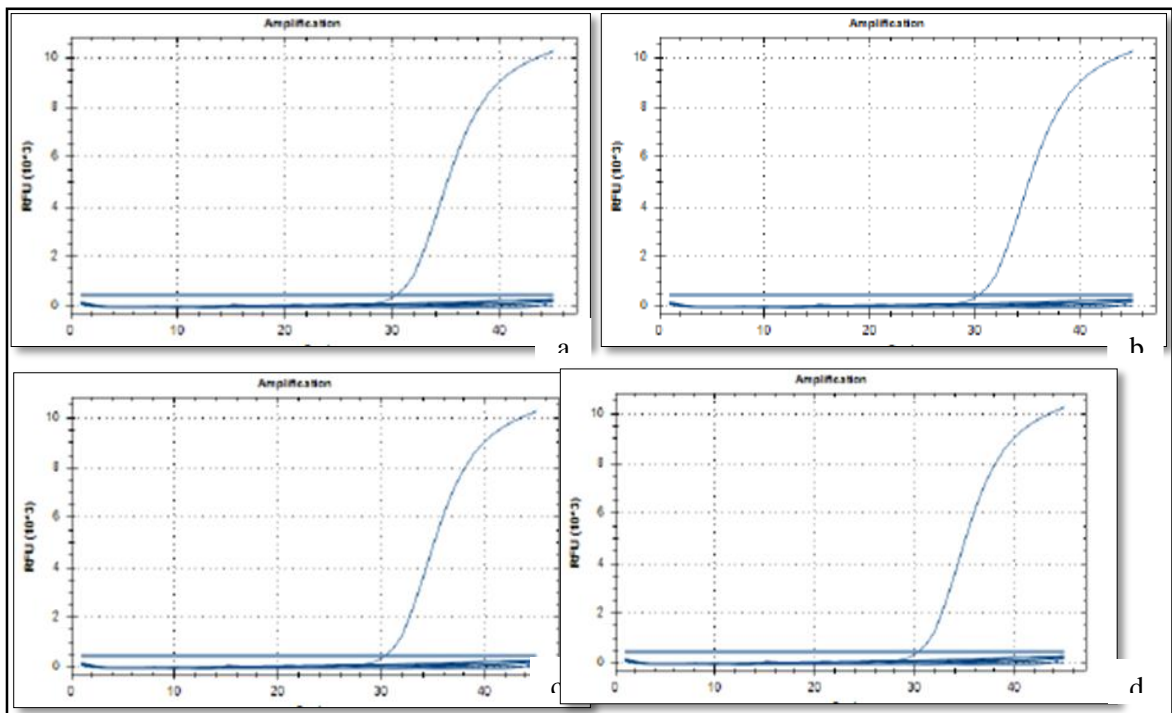


Gráfico 8-3: Resultados del primer análisis de biología molecular de *Empoasca fabae*. Campo uno Las Palmas (a). Campo dos Guaslán (b). Resultados del segundo análisis de biología molecular de *Empoasca fabae*. Campo uno Guaslán (c). Campo dos Guaslán (d).

Realizado por: Ing. María Sol Vaca, Ing. Silvia Pachacama.

A continuación se presenta los resultados de los análisis de biología molecular de las muestras enviadas de la localidad San Luis (Tabla 16-3).

Tabla 4- 3: Resultados del análisis de biología molecular de *Empoasca fabae* de la localidad San Luis

| Código de muestra laboratorio | Identificación de campo de la muestra | Tipo de muestra | Método | Parámetros analizados | Resultados |
|-------------------------------|---------------------------------------|-----------------|-----------|---------------------------|------------|
| BM-21-0168 | CHI-1612-4476-607268-1 | Insectos | PEE/BM/74 | <i>Phytoplasma</i> | NEGATIVO |
| BM-21-0169 | CHI-1612-4483-317299-1 | Insectos | PEE/BM/74 | <i>Phytoplasma</i> | NEGATIVO |
| BM-21-0170 | CHI-1612-4491-157297-1 | Insectos | PEE/BM/74 | <i>Phytoplasma</i> | NEGATIVO |
| BM-21-0362 | CHI-1615-9158-885514-1 | Insectos | PEE/BM/74 | <i>Phytoplasma</i> sp. | NEGATIVO |
| BM-21-0363 | CHI-1615-9160-084882-1 | Insectos | PEE/BM/74 | <i>Phytoplasma</i> sp. | NEGATIVO |

Realizado por: Ing. María Sol Vaca, Ing. Silvia Pachacama.

En este apartado se presenta el resultado del análisis de biología molecular de los cicadélidos de la localidad Punín (Gráfico 9-3).

3.1.8.2. Resultado del análisis de biología molecular de los cicadélidos de la localidad Punín

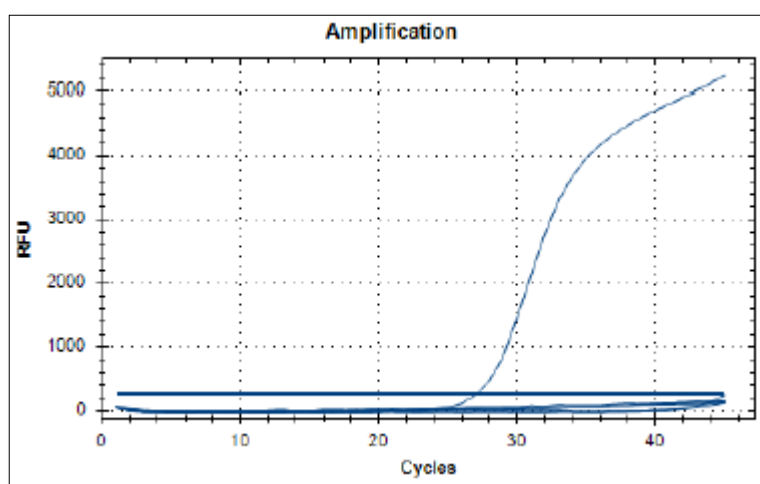


Gráfico 9-3: Resultado del análisis de biología molecular de *Empoasca fabae* de la localidad Punín

Realizado por: Ing. María Sol Vaca, Ing. Silvia Pachacama.

A continuación se presenta los resultados de los análisis de biología molecular de las muestras enviadas de la localidad Punín (Tabla 17-3).

Tabla 5- 3: Resultados del análisis de biología molecular de Empoasca fabae de la localidad Punín

| Código de muestra laboratorio | Identificación de campo de la muestra | Tipo de muestra | Método | Parámetros analizados | Resultados |
|--------------------------------------|--|------------------------|---------------|------------------------------|-------------------|
| BM-21-0171 | CHI-1612-4505- 544836-1 | Insectos | PEE/BM/74 | <i>Phytoplasma</i> | NEGATIVO |

Realizado por: Ing. María Sol Vaca, Ing. Silvia Pachacama.

3.1.9. Identificación de los enemigos naturales de los cicadélidos




En este estudio en relación a los enemigos naturales de los cicadélidos asociados a los cultivos de papa (*Solanum tuberosum* L.) y pimiento (*Capsicum annum* L.) en las localidades de San Luis y Punín cantón Riobamba provincia de Chimborazo, no se encontró enemigos naturales en específico de los cicadélidos. Sin embargo se identificó insectos considerados como parasitoides de otras plagas asociados a los cultivos de papa y pimiento.




En la localidad de San Luis en el cultivo de papa se encontró parasitoides del orden Hymenóptera pertenecientes a tres familias: *Perilampidae*, *Encyrtidae*, *Chalcidoidea* mientras que en el cultivo de pimiento se identificó parasitoides pertenecientes a tres familias: *Ichneumonidae*, *Braconidae*, *Chalcidoidea* (Tabla 18 – 3).


En la localidad de Punín en el cultivo de papa se pudo presenciar los parasitoides pertenecientes a dos familias: *Eulophidae* y *Pteromalidae* (Tabla 18 – 3), en cambio en el cultivo de pimiento no se observó la presencia de parasitoides.

Los parasitoides pertenecientes a la familia *Chalcidoidea* se encontraron con mayor frecuencia con un total de 21 insectos en ambos cultivos, mientras que de las familias *Ichneumonidae* y *Encyrtidae* se encontró un individuo por familia (Tabla 18-3).

Tabla 6- 3: Parasitoides asociados a los cultivos de papa y pimiento en las localidades de San Luis y Punín.

| Orden | Familia | Cantidad | Características morfológicas | Localidad | Cultivo | Mes colectada | Fotografía |
|-------------|----------------------|----------|--|-----------|-----------------|------------------------|---|
| Hymenóptera | <i>Ichneumonidae</i> | 1 | Su tamaño fluctúa entre 2 mm y 200 mm, son de colores variados, se distingue de los braconídeos por presentar la celda discocubital del ala anterior muy grande, la segunda vena recurrente en las alas anteriores, los terguitos 2 y 3 separados. | San Luis | Pimiento | Enero – Marzo del 2021 |  |
| Hymenóptera | <i>Braconidae</i> | 3 | Presenta antenas con más de 14 segmentos, vena transversal 2m-cu del ala anterior ausente, vena Rs+M del ala anterior con frecuencia presente, vena Ir-m del ala posterior basal a la separación de R1 y Rs. | San Luis | Pimiento | Enero – Marzo del 2021 |  |
| Hymenóptera | <i>Chalcidoidea</i> | 21 | Son de coloración negra, marrón o completamente amarilla o roja; cabeza y mesosoma con cutícula dura y antenas con 9 a 11 artejos antenales. | San Luis | Papa y Pimiento | Enero – Marzo del 2021 |  |

| | | | | | | | |
|-------------|---------------------|---|--|----------|------|------------------------|---|
| Hymenóptera | <i>Perilampidae</i> | 7 | Son una pequeña familia dentro de los chalcidoideas | San Luis | Papa | Enero – Marzo del 2021 |  |
| Hymenóptera | <i>Encyrtidae</i> | 1 | Presenta ala anterior con una línea calva bien definida oblicua que se origina desde la unión de la vena marginal del ala posterior, mesopleura más o menos uniformemente convexa. | San Luis | Papa | Enero – Marzo del 2021 |  |
| Hymenóptera | <i>Eulophidae</i> | 7 | Presenta antenas con dos a cuatro segmentos, ala con vena marginal más larga que ancha extendida hasta la mitad de la longitud del ala anterior. | Punín | Papa | Enero – Marzo del 2021 |  |

| | | | | | | |
|---------------------------------|---|--|-------|------|------------------------|---|
| Hymenóptera <i>Pteromalidae</i> | 8 | Presenta antenas con 13 segmentos, a veces con menos. El pronoto varía desde muy corto a subrectangular. Usualmente las alas son totalmente desarrolladas, ala anterior con la vena marginal varias veces más larga que ancha. | Punín | Papa | Enero – Marzo del 2021 |  |
|---------------------------------|---|--|-------|------|------------------------|---|

Características morfológicas fuente: Almaguer et al., 2017.

Realizado por: Paltán, Sandra, 2021.

3.1.10. Identificación de *Empoasca fabae*

Tabla 7- 3: Resultado de la identificación de *Empoasca fabae*

| Código de laboratorio | Código de campo | Clase | Orden | Familia | Género | Especie |
|-----------------------|------------------------|---------|-----------|--------------|-----------------|-----------------------|
| E-21-0138 | CHI-1614-8033-318253-1 | Insecta | Hemíptera | Cicadellidae | <i>Empoasca</i> | <i>Empoasca fabae</i> |

Realizado por: Ing. Tamia Chimba.

Se demostró que los cicadélidos que más abunda en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) son de la especie *Empoasca fabae* de la familia Cicadellidae (Tabla 19-3).

La *Empoasca fabae* presenta la cabeza más ancha que ancho máximo del pronoto, los ojos en vista dorsal son más estrechos que la distancia entre los ángulos basomediales, cara con una longitud máxima de 1-1,5 veces el ancho de los ojos. Presenta alas con nervadura anterior con células apicales 2 y 3 ambas cuadradas basalmente, venas RP y MA libres, conectadas por vena transversal o celda apical 2 peciolada, venas RP y MA confluentes para corta distancia preapicalmente. Las piernas poseen fila del fémur anterior AV con una seta basal claramente agrandada. El abdomen con los apodemas 2S extendidas poco o nada más allá del margen posterior del esternito III (Harris, 1841).

3.2. Discusiones de resultados

Los machos *Empoasca decipiens* y las hembras pertenecientes a la tribu *Empoascini*, aunque por la similitud morfológica entre sexos probablemente sean *E. decipiens*, son citados como plaga de pimiento (*Capsicum annum* L.), tanto como ninfas y adultos al alimentarse producen numerosas picaduras dando lugar a pequeñas manchas amarillentas (Pérez, 2018). En el estudio realizado en el cultivo de pimiento en invernadero no se encontró ninguna de estas especies, cabe destacar que hubo población muy baja de cicadélidos pertenecientes a la morfoespecie 1 (Tabla 14-3) lo cual se asocia a la mayor frecuencia de aplicaciones de productos fitosanitarios (Tabla 15-3).

Los cicadélidos que causan daño al cultivo de papa son el *Empoasca* spp. y *Paratanus yusti* Young, se alimentan extrayendo la sabia del envés de las hojas, cuando el ataque es severo se observa una mancha café triangular en el ápice de las hojas (Andrade & Bonilla, 2017). Por otro lado el *Empoasca fabae* conocido comúnmente como lorito verde se alimenta de más de 100 plantas entre ellos se encuentra el cultivo de papa, ocasiona daños en las hojas al alimentarse, las hojas atacadas presentan enroscamiento, deformación, amarillamiento de los bordes de los foliolos y bajo rendimiento (Molina & Bravo, 1970). En esta investigación se pudo identificar una mayor población de cicadélidos de la especie *Empoasca fabae* en el cultivo de papa.

En el cultivo de pimiento entre las alternativas que parece que se asocian a la reducción de la población de cicadélidos, sin demasiado daño a los auxiliares en aplicaciones puntuales, podrían citarse varios productos comerciales que contengan azadiractina o indoxacarb (Delgado et al, 2012; citado en Pérez, 2018). En el estudio realizado en relación al cultivo de pimiento, la baja población de cicadélidos fue debido a la mayor frecuencia de aplicaciones de los productos fitosanitarios (Tabla 15-3). Los productos Lambda-Cialotrina, Cipermetrina y indoxacarb como su modo de acción interfieren con los canales de sodio en la membrana nerviosa interrumpiendo la transferencia de iones y la transmisión de impulsos entre las células nerviosas (Devine et al., 2008). Los modos de acción de los insecticidas que aplicaron los agricultores se asocian con los

productos recomendados por Delgado et al, (2012); citado en Pérez, (2018), por ende se sugiere que los insecticidas utilizados por los agricultores (Tabla 15-3) durante este estudio redujeron la población de cicadélidos.

Los cicadélidos específicamente de las especies *Empoasca spp.* y *Paratanus yusti* Young se puede controlar con Tiametoxan, Imidacloprid, Alfacipermetrina, Clorpirifos y Cipermetrina (Andrade & Bonilla, 2017). En esta investigación los productos fitosanitarios aplicados en el cultivo de papa (Tabla 15-3) se asocian con el modo de acción de los productos recomendados por Andrade & Bonilla, (2017), estos productos bloquean la acción de la enzima acetilcolinesterasa, interrumpiendo la transmisión de impulsos entre las células nerviosas (Devine et al., 2008). Los productos fitosanitarios (Tabla 15-3) aplicados cada 15 días no redujeron la población de los cicadélidos, mientras que las aplicaciones realizadas cada 8 días si redujeron la población de estos insectos en las primeras etapas fenológicas del cultivo.

La baja población de cicadélidos en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la localidad de Punín de podría asociar también a la altitud y algunos factores climáticos tales como la temperatura, precipitación y humedad. Según (Paradell et al, 2014) señalan que los cicadélidos preferentemente se encuentra a bajas altitudes. En este estudio la mayor población de cicadélidos se encontraron a bajas altitudes en cambio las menores poblaciones de estos insectos se encontraron a mayor altitud, la cual también está asociada al cambio de factores climáticos.

La mayoría de los cicadélidos no causan daño a la papa, su importancia radica en que algunas especies, tales como *Empoasca fabae* y *Macrostelus quadrilineatus* (Triplehorn y Johnson, 2005; citado en Herrera, 2005), son considerados como vectores de fitoplasmas asociados a la enfermedad punta morada de la papa (Lacey et al., 2001; citado en Herrera 2005).

“Actualmente el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) se ve afectada por la enfermedad conocida como punta morada (PMP), la cual es causada por un fitoplasma transmitido por insectos vectores de la familia Cicadellidae, ocasionando pérdidas de hasta un 100%” (Gutierrez et al, 2012). De ahí que, se realizó la prueba de biología molecular de los cicadélidos para detectar en estos insectos fitoplasma causante de la enfermedad punta morada (PMP).

En un estudio realizado en Coahuila y Nuevo León, México, delataron fitoplasmas en cicadélidos *Aceratagallia spp.* y *Empoasca spp.* asociados al cultivo de papa y maleza. Detectaron los fitoplasmas mediante las PCR's secuenciales, en donde obtuvieron la amplificación de fragmentos de un tamaño molecular aproximado de 1,45 kb partiendo del Ácido desoxirribonucleico (ADN) genómico de papa mostrenca con síntoma típica de la punta morada,

insectos y maleza. No obtuvieron amplificación a partir del ADN genómico de papa sana desarrollada a partir de minetubérculo y bajo condiciones de invernadero la cual fue usada como testigo negativo. Con esos resultados confirmaron la presencia de fitoplasmas en papa mostrenca, insectos y maleza (Almeyda et al,2008).

En este estudio, las pruebas de biología molecular se realizaron mediante la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) en tiempo real, la muestra se corrió con un control positivo de referencia y un control negativo, en donde se obtuvo amplificación en el control positivo y no se observó amplificación en el control negativo (Gráfico 8-3). En este estudio no se detectaron fitoplasmas causante de la enfermedad denominada punta morada (PMP) y estos resultados no coincidieron con el estudio realizado por Almeyda et al, (2008). Lo cual sugeriría que los cicádélidos de la *Empoasca fabae* asociados a cultivo de papa no transmiten fitoplasmas relacionados a la enfermedad punta morada de la papa. Cabe acotar que la técnica utilizada por Almeyda et al, (2008) es diferente a la PCR en tiempo real. El protocolo del análisis moleculares de Agrocalidad no fue facilitada.

Dentro de los parasitoides asociados a los cicádélidos, los más importantes son los himenópteros pertenecientes a las familias *Trichogrammatidae* y *Mymaridae*. Dentro de los últimos estudios realizados determinaron que el más efectivo es *Anagrus atomus*, como parasitoide de huevos de *Empoasca vitis*. Los huevos parasitados presentan una apariencia rojiza, cuando madura se observa los ojos de la larva. Los mimáridos tienen problema a la hora de controlar a los cicádélidos ya que su presencia es abundante cuando los daños causados ya son importantes, con lo cual baja mucho su efectividad (Pérez, 2018).

El himenóptero *Anagrus epos* perteneciente a la familia *Mymaridae*, ataca específicamente los huevecillos de *Empoasca fabae*. Varios microorganismos patógenos y depredadores, atacan chicharritas, pero ninguno de estos enemigos naturales son efectivos para el control de estos insectos. Por otro lado los *Drynidae* también son considerados como parasitoides de ninfas y adultos de los cicádélidos (Herrera, 2005).

En el presente estudio se encontraron parasitoides pertenecientes a las familias *Perilampidae*, *Encyrtidae*, *Chalcidoidea*, *Ichneumonidae*, *Braconidae*, *Eulophidae* y *Pteromalidae*, los cuales están más asociados a parasitar otra plagas relacionadas al cultivo de papa y pimiento. Estos parasitoides encontrados en las localidades de San Luis y Punín no concuerdan con los parasitoides destacados por Herrera (2005) y Perez (2018), la ausencia de los parasitoides mencionados por los autores en las localidades de estudio podría ser por los factores climáticos no favorables y también por la mayor frecuencia de aplicaciones de plaguicidas en los cultivos.

CONCLUSIONES

- Se determinó la fluctuación y diversidad de los cicadélidos, mediante la realización de muestreos durante el periodo enero – marzo de 2021 en las localidades de San Luis y Punín. En estas zonas los cicadélidos que más abundan son de la especie *Empoasca fabae* asociados al cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.).
- Se encontró mayor número de cicadélidos en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la localidad de San Luis, sin embargo se obtuvo una baja población de individuos cicadélidos en el cultivo de pimiento (*Capsicum annum* L.) en ambas localidades.
- La baja población de cicadélidos y enemigos naturales en el cultivo de pimiento (*Capsicum annum* L.) se sugería que es debido a la mayor frecuencia de aplicaciones de insecticidas y algunos factores climáticos.
- Según los resultados de biología molecular no se detectó la presencia de *Candidatus Phytoplasma* en los cicadélidos de la especie *Empoasca fabae* asociados al cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) estudiados en las localidades San Luis y Punín. Lo cual sugeriría que estos cicadélidos no están asociados a la trasmisión de fitoplasma causante de la enfermedad punta morada de la papa.
- No se encontró insectos asociados directamente con los enemigos naturales de los cicadélidos reportados en la literatura.

RECOMENDACIONES

- Para próximos estudios de evaluación de la fluctuación poblacional de los Cicadellidae se recomienda implementar trampas de láminas amarillas, ya que las trampas de platos amarillos no fueron efectivos en el presente estudio principalmente en la temporada de lluvia.
- Realizar más análisis moleculares con diferentes metodologías en diferentes laboratorios para la detección de fitoplasma en cicadélidos.
- Realizar más estudios sobre enemigos naturales de los cicadélidos asociados a cultivos de papa y pimiento en otros sectores.

GLOSARIO

Cicadélidos: Conocidos generalmente como salta hojas o chicharritas, son considerados de gran importancia agrícola y económica a nivel mundial debido a que son transmisores de virus, bacterias y ocasionan daños directos al succionar la savia de las células y tejidos, lo cual provoca debilitamiento de las plantas (Arroyo et al., 2015).

Enfermedad: Los agentes causantes actúan a nivel celular produciendo un desarreglo en el metabolismo celular, que se traduce en alteraciones en el conjunto del metabolismo de los vegetales (Arenas, 2021).

Fenología: Tiene como finalidad estudiar y describir de manera integral los diferentes eventos fenológicos que se dan en las especies vegetales dentro de ecosistemas naturales o agrícolas en su interacción con el medio ambiente (Yzarra & Lopez, 2011).

Fitopatógenos: Son hongos que enferman a las plantas y tienen un gran impacto ya que anualmente destruyen un tercio de las cosechas producidas (Carreras et al., 2013).

Fitoplasma: Son patógenos de plantas que habitan en el floema y son transmitidos de planta a planta por insectos que se alimentan de floema (Camarena & De La Torre, 2008).

Insectos: Son animales invertebrados del filo de los artrópodos. Comprenden el grupo de animales más diverso de la tierra de los que se conoce aproximadamente un millón de especies diferentes, cada una de ellas con una cantidad de miembros muy abundante (National Geographic España, 2021).

Parasitoides: Son insectos que durante su estado larvario se alimentan y desarrollan dentro o sobre otro animal invertebrado (hospedero) al cual eventualmente matan (Ríos, 2011).

Plaga: Es una población de animales fitófagos que se alimentan de las plantas lo cual disminuye la producción del cultivo, reduce el valor de la cosecha o incrementa sus costos de producción (Falconí, 2013).

Síntomas: Reacciones o alteraciones internas y/o externas que sufre la planta como resultado de una enfermedad (Brito, 2010).

Trampas: Son tecnologías que se utilizan para el manejo de plagas (INTA, 2016).

BIBLIOGRAFÍA

ALMAGUER, Pedro; et al. *Fundamentos de entomología forestal* [En línea]. Estado de México, 2017. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Dulce-Zetina/publication/337447577_Fundamentos_de_Entomologia_Forestal_Conacyt/links/5e5fdb42a6fdccbba1c6b44/Fundamentos-de-Entomologia-Forestal-Conacyt.pdf.

ALMEYDA, I., SÁNCHEZ , J. & GARZÓN , J., [En línea] Available at: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S056825172008000200001#:~:text=texana%2C%20Aceratagallia%20spp.,en%20la%20zona%20de%20estudio.

ALVAREZ , D., ARROYO, W., PÉREZ , A. & BELTRÁN , J., *oviposición y aspectos biológicos del huevo de Oncometopia clarior.* (Hemiptera: cicadellidae) EN Dioscorea rotundata.

ANDRADE, R. & BONILLA , P., *El cultivo de papa en el ecuador, insectos plaga – enfermedades - nemátodos y su control químico.* [En línea] Available at: http://www.ecuaquimica.com.ec/wp-content/uploads/2017/09/info_tecnica_papa.pdf

ARROYO , W., PÉREZ , A., DÍAS , J. & BELTRÁN , J., *Identificación de morfotipos de Empoasca spp. (Hemiptera: Cicadellidae) en agro-ecosistemas de ñame y yuca (Sucre, Colombia).* [En línea] Available at: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v41n2/v41n2a02.pdf>

BUÑAY, C., *Etapas fenológicas del cultivo del pimiento (capsicum annum.l) var. verde, bajo las condiciones climáticas del cantón General Antonio Elizalde (bucay) provincia del Guayas.* [En línea]:<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/25090/1/tesis%20024%20Ingenier%c3%ada%20Agropecuaria%20-%20Bu%c3%blay%20Christian%20-%20cd%20024.pdf>

CAMBRONERO, J., VILLALOBOS, W., GODOY , C. & RIVERA , C., [En línea] Available at: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-566X2008000400013

CENSO NACIONAL AGROPECUARIO , *El cultivo del pimiento.* [En línea] Available at: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/120/T-UTB-FACIAG-AGR000030.03.pdf;jsessionid=0C1B438C96A9E0356AD3A60F277FB7D9?sequence=10>

CUESTA , X., PEÑAHERRERA, D., VELÁSQUEZ , J. & CASTILLO , C., *Guía de manejo de la punta morada de la papa..* s.l.:s.n.

DELGADO , M. et. al. *Recomendaciones fitosanitarias para las plantaciones de pimiento en invernadero.* [En línea] Available at: [https://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=35744&IDTIPO=100&RASTRO=c2175\\$m35542](https://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=35744&IDTIPO=100&RASTRO=c2175$m35542)

FAO, *La papa un alimento con tradición, nutrición y sabor.* [En línea] Available at: <https://coin.fao.org/coinstatic/cms/media/6/12880327433890/recetariocorregidobajaresolucionfinal.pdf>

GAD PARROQUIAL PUNÍN , *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial 2015-2016.* [En línea]:[http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0660821640001_PDOT%20PUNIN%202015-2019\(reformado\)_28-06-2016_22-41-43.pdf](http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0660821640001_PDOT%20PUNIN%202015-2019(reformado)_28-06-2016_22-41-43.pdf)

GAD PARROQUIAL SAN LUIS , *Fisiografía y suelo.* [En línea] Available at: <http://www.sanluis.gob.ec/la-parroquia1/caracteristicas-ecologicas.html>

GARCÍA, T., COLETO, J. & VELAZQUEZ, R., *Historias de la plantas ii: la historia del pimiento.* [En línea] Available at: <https://www.unex.es/conoce-la-uex/centros/eia/archivos/iag/2015/2015-14-historias-de-plantas-ii-la-historia-del.pdf>

GONZALES , A., RODRÍGUEZ, M. & ROBLES , L., *Principales virus que afectan al cultivo de papa y metodologías para su identificación y caracterización.* [En línea] Available at: [file:///C:/Users/ANDREA%20PAREDES/Downloads/604AUTOR_%20Exto%20del%20art%C3%ADculo%20\(word-producci%C3%B3n\)-2351-1-10-20200713.pdf](file:///C:/Users/ANDREA%20PAREDES/Downloads/604AUTOR_%20Exto%20del%20art%C3%ADculo%20(word-producci%C3%B3n)-2351-1-10-20200713.pdf)

GUATO, M., *Evaluación del rendimiento de tres híbridos de pimiento.* [En línea] Available at: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24996/1/Tesis147%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20459.pdf>

GUTIERREZ , A. et. al. *Detección y clasificación molecular del fitoplasma causante de la punta morada en papa (*Solanum tuberosum*) en el Estado de México.* [En línea]: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-16202012000200010

HERRERA , P., *Hymenoptera parasítica en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) y maleza aladaña en huachichil, arteaga,coahuila, méxico..* [En línea]: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3635/K%2059114%20Herrera%20P%C3%A9rez%20Patricia.pdf?sequence=3&isAllowed=y>lica, 2016.

INIAP, 2002. *El cultivo de la papa en Ecuador.* [En línea] Available at: <https://cipotato.org/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/Pumisacho%20y%20Sherwood%20Cultivo%20de%20Papa%20en%20Ecuador.pdf>

INIAP, 2018. *INIAP ejecuta un plan emergente frente a la presencia de Punta Morada de la Papa en Ecuador.* [En línea] Available at: [http://www.iniap.gob.ec/pruebav3/iniap-ejecuta-un-plan-emergente-frente-a-la-presencia-de-punta-morada-de-la-papa-enecuador/#:~:text=La%20punta%20morada%20\(PMP\)%20es,es%20transmitida%20por%20un%20insecto.](http://www.iniap.gob.ec/pruebav3/iniap-ejecuta-un-plan-emergente-frente-a-la-presencia-de-punta-morada-de-la-papa-enecuador/#:~:text=La%20punta%20morada%20(PMP)%20es,es%20transmitida%20por%20un%20insecto.)

JARAMILLO, A., BUJANOS , R. & DELGADILLO, F., [En línea] Available at: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172009000100012

LA SPINA, M. & HERMOSO DE MENDOZA , A., *Los Cicadélidos de la vid.* [En línea] Available at: https://www.terralia.com/terralias/view_report?magazine_report_id=332

LACEY, L., *Control biológico de plagas de papa en Norte América.* s.l.:USDA_ARS.

MARTÍN , F., [En línea] Available at: <http://dspace.umh.es/jspui/bitstream/11000/5403/1/TFM%20Mart%C3%ADn%20P%C3%A9rez%20C%20F%C3%A9lix.pdf>

PARADELL , S. & CAVICHIOLI, R., [En línea] Available at: http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar/repositorio/_documentos/sipcyt/bfa005838.pdf

PARADELL, S. et. al. *Biodiversidad de cicadélidos (insecta: hemiptera: auchenorrhyncha) en maíz y la maleza asociada: análisis de tres zonas agrológicas diferentes en la provincia de Tucumán, Argentina.* [En línea] Available at: https://repositoriosdigitales.mincyt.gob.ar/vufind/Record/NATURALIS_54eaec1365e2a757d8020cf0ef14051f

PARADELL, S., ROCCA, M. & DEFEA, B., [En línea] Available at: <https://core.ac.uk/download/pdf/153566162.pdf>

PÉREZ , F., *Estudio de los mosquitos verdes (Hemiptera: Cicadellidae) en el pimiento en invernadero del campo de Cartagena.* [En línea] Available at: <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/5366/1/TFG%20Mart%C3%ADn%20P%C3%A9rez%20C%20F%C3%A9lix.pdf>

PEREZ, W. & FORBES, G., *Guía de identificación de plagas que afectan a la papa en la zona andina.* [En línea] Available at: <http://www.fao.org/3/as407s/as407s.pdf>

PINEDA, A. & MOYA, G., [En línea] Available at: <http://www.socmexent.org/entomologia/revista/2018/SM/SM%20593-599.pdf>

PRODUCTORES DE HORTALIZAS, *Plagas y enfermedades de chiles y pimientos.* [En línea] Available at: <https://drive.google.com/file/d/0B6bGYMpRwvFyRU5sTU9SNERoQzA/view>

PUMISACHO, M. & SHERWOOD, S., *El cultivo de la papa en Ecuador.* Quito: s.n.

ROBERQUÍ, M. & JEREZ, E., *Efecto de las temperaturas en el rendimiento de la papa (Solanum tuberosum L.) Variedad romano.* [En línea] Available at: <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193250540009.pdf>

RODRÍGUEZ, L., *Origen y evolución de la papa cultivada.* [En línea] Available at: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180315651001>

RODRÍGUEZ, O., [En línea] Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=tzbVsgynGBM&t=43s>

ROSA, E., *Conjunto Tecnológico para la Producción de Pimiento.* [En línea] Available at: <https://www.upr.edu/eea/wp-content/uploads/sites/17/2016/03/PIMIENTO-Enfermedades-v2005.pdf>

SPÍNOLA, M., *Introducción al estudio de los insectos.* [En línea] Available at: https://www.ucipfg.com/Repositorio/MGAP/MGAP-05/BLOQUE-ACADEMICO/Unidad-3/Analisis_exploratorio_de_los_datos.pdf

TORRES, H., *Manual de las enfermedades más importantes de la papa en el Perú.* [En línea] Available at: <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2002/05/002485-1.pdf>

VIGNOLA, R., WATLER, W., VARGAS, A. & MORALES, M., *PRácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de papa en Costa Rica.* [En línea] Available at: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/reduccion-impacto-por-eventos-climaticos/Informe-final-papa.pdf>

VIVAS, L. & ARIAS DE LÓPEZ, M., *Guia para el reconocimiento de enfermedades e insectos plaga en los cultivos de tomate, pimiento, sandía, melón y pepino..* [En línea] Available at: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2006/1/iniaplsbd368.pdf>

YZARRA, W. & LÓPEZ, F. *Manual de observaciones fenológicas.* [En línea] Available at: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-11.pdf>

ANEXOS

ANEXO A: CAMPOS DE MUESTREO DE LA LOCALIDAD DE PUNÍN



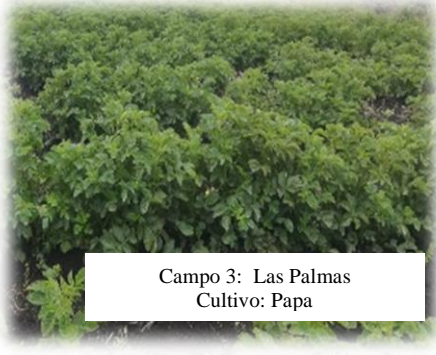
ANEXO B: CAMPOS DE MUESTREO DE LA LOCALIDAD DE SAN LUIS



Campo 1: Guaslán
Cultivo: Papa



Campo 2: Guaslán
Cultivo: Papa



Campo 3: Las Palmas
Cultivo: Papa



Campo 1: Corazón de Jesús
Cultivo: Pimiento



Campo 2: Corazón de Jesús
Cultivo: Pimiento



Campo 3: Corazón de Jesús
Cultivo: Pimiento

ANEXO C: IMPLEMENTACIÓN DE TRAMPAS



ANEXO D: RECOLECTA DE INSECTOS DE LAS TRAMPAS



ANEXO E: IDENTIFICACIÓN DE CICADÉLIDOS EN EL LABORATORIO



ANEXO F: ALMACENAMIENTO DE INDIVIDUOS CICADÉLIDOS EN EL LABORATORIO



ANEXO G: ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA LA MEDIA DE LA POBLACIÓN DE CICADÉLIDOS



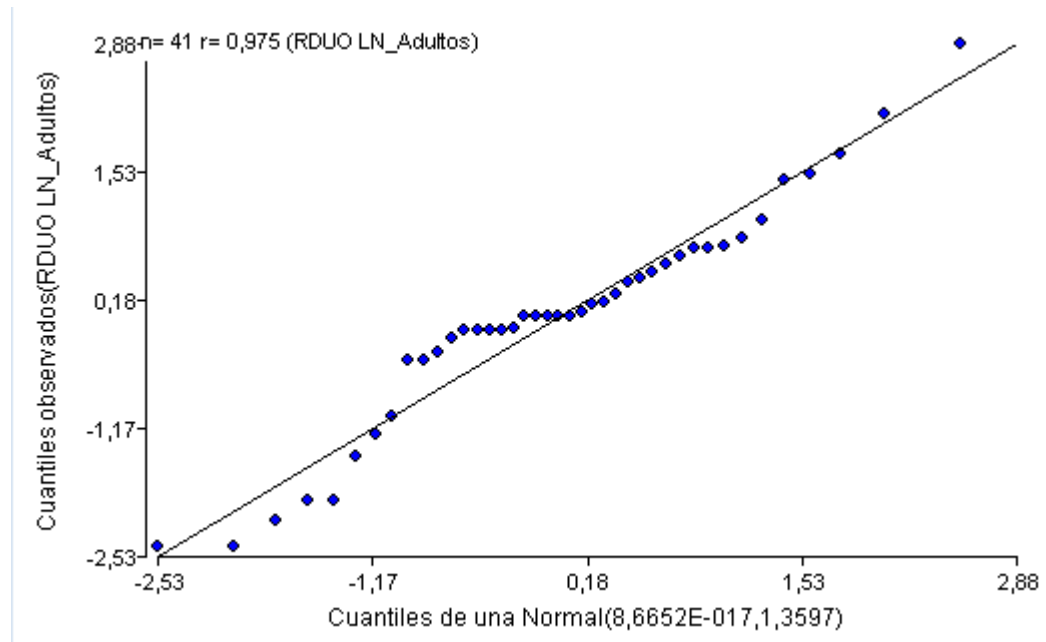
ANEXO H: PRUEBA DE NORMALIDAD SHAPIRO-WILKS

| F.V. | SC | gl | CM | F | p - valor |
|-------------------------|-------|----|-------|-------|-----------|
| Modelo | 36,61 | 8 | 4,58 | 2,69 | 0,0219 |
| Localidad | 26,37 | 1 | 26,37 | 5,90 | 0,1358 |
| Localidad>Cultivo | 8,94 | 2 | 4,47 | 17,04 | 0,0059 |
| Localidad>Cultivo>Campo | 1,31 | 5 | 0,26 | 0,15 | 0,9772 |
| Error | 54,39 | 32 | 1,70 | | |
| Total | 91,00 | 40 | | | |

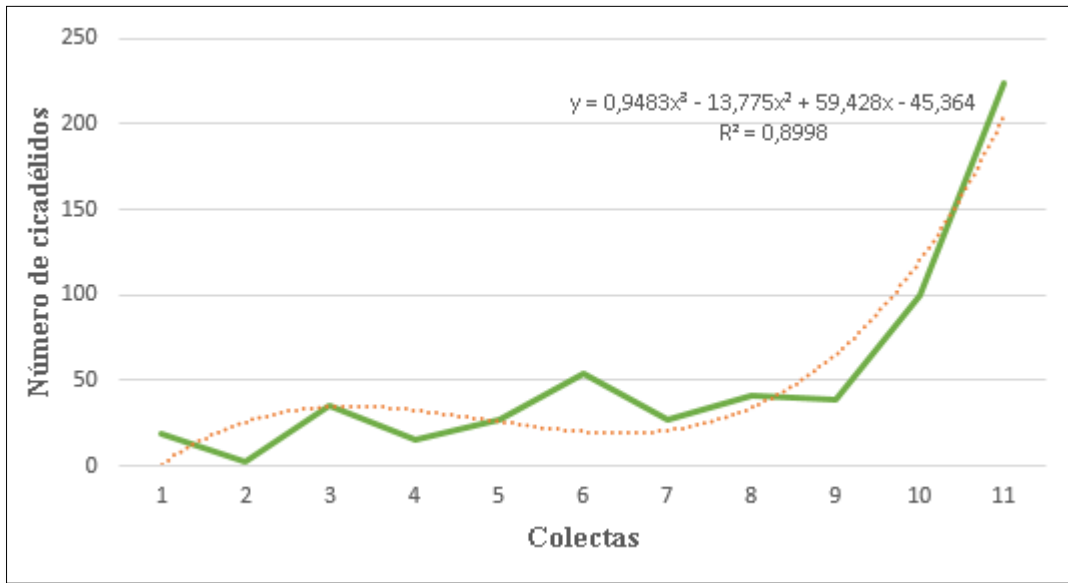
*SC (Suma de cuadrados), gl (grados de libertad), CM (Cuadrado medio), F (Valor F), p (Valor p)

| Variable | n | Media | D.E. | W* | P (Unilateral D) |
|--------------|----|-------|------|------|------------------|
| RDUO Adultos | 41 | 0,00 | 1,17 | 0,94 | 0,1790 |

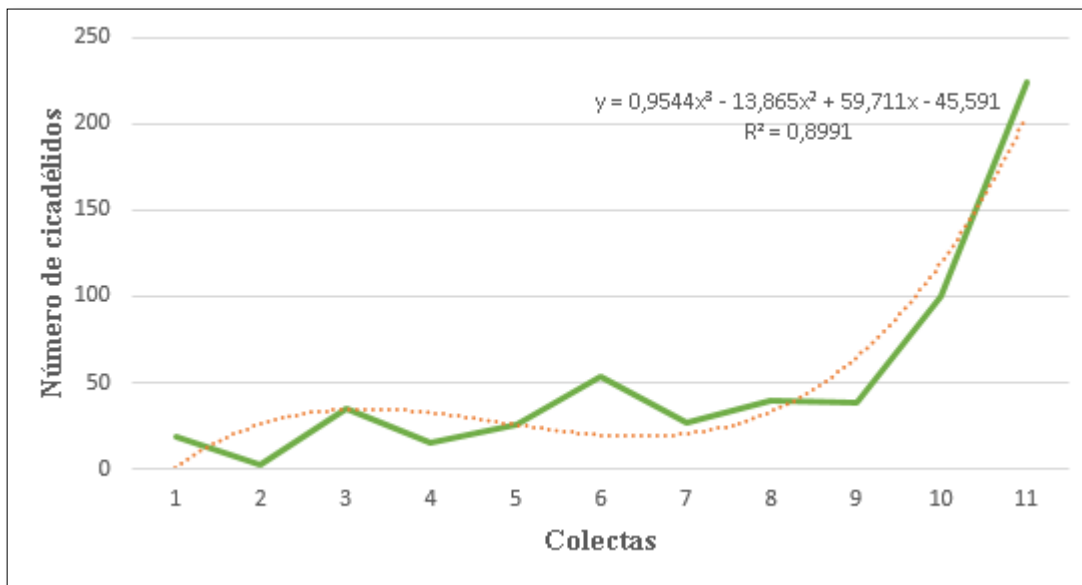
ANEXO I: PRUEBA DE NORMALIDAD Q-Q plot



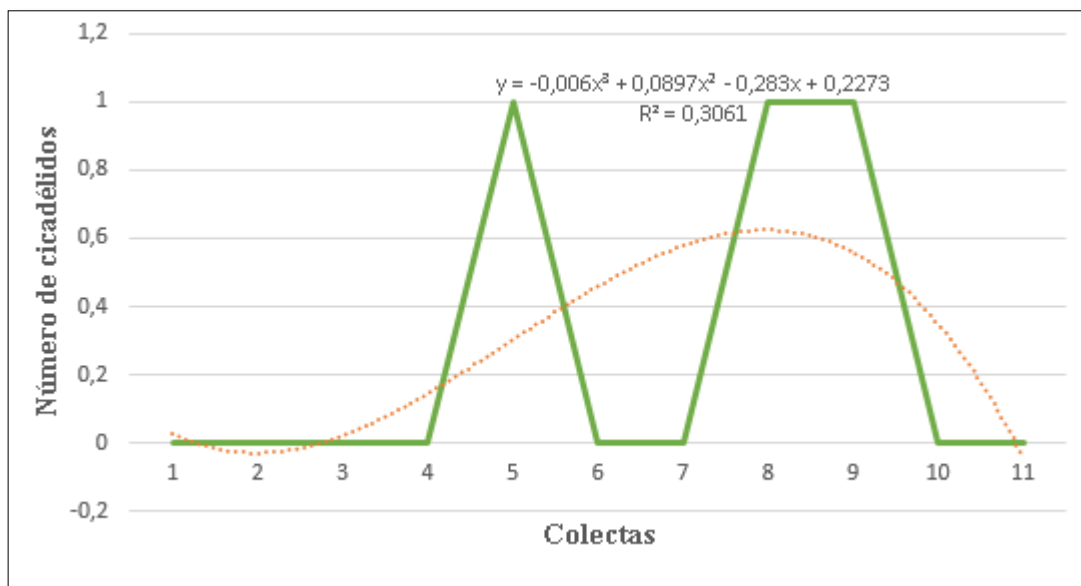
ANEXO J: FLUCTUACIÓN DE LOS CICADÉLIDOS TOTALES



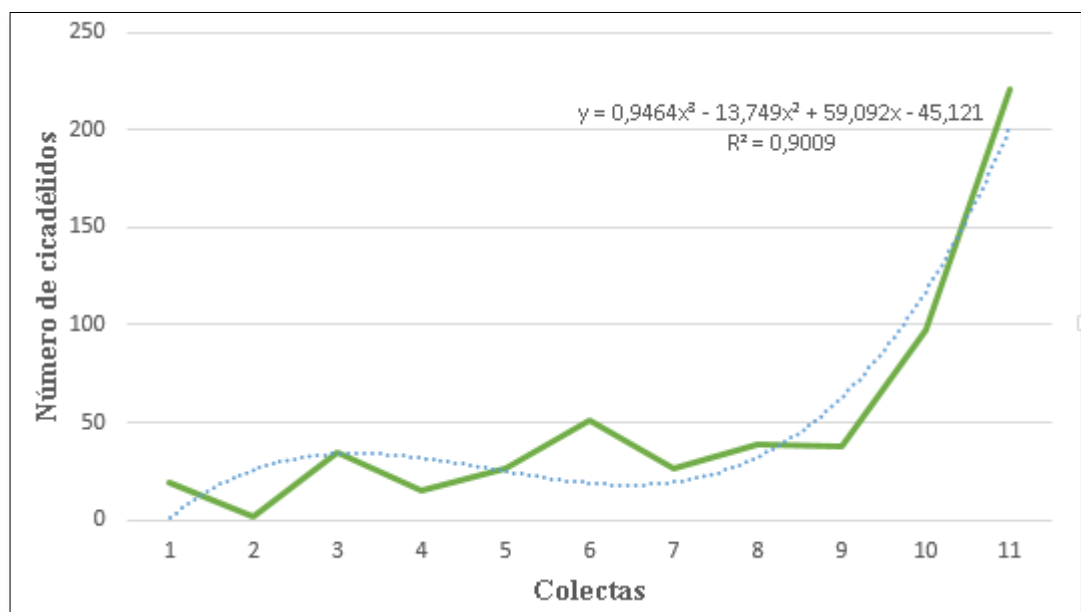
ANEXO K: FLUCTUACIÓN DE CICADÉLIDOS EN EL CULTIVO DE PAPA



ANEXO L: FLUCTUACIÓN DE CICADÉLIDOS EN EL CULTIVO DE PIMIENTO



ANEXO M: FLUCTUACIÓN DE CICADÉLIDOS EN LA LOCALIDAD DE SAN LUIS



ANEXO N: FLUCTUACIÓN DE CICADÉLIDOS EN LA LOCALIDAD DE PUNÍN

