

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA



**“EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE EL DESARROLLO, LONGEVIDAD Y
FECUNDIDAD DE *B. cockerelli* (Sulc) (HEMIPTERA: PSYLLOIDEA) EN PAPA *Solanum
tuberosum* (L) Var. INIAP CIP LIBERTAD”**

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

AUTOR:

Jhonatan Nelson Naspud Cueva

DIRECTORA:

Ing. Julia Karina Prado Beltrán. PhD.

Ibarra, julio de 2024

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

**“EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE EL DESARROLLO,
LONGEVIDAD Y FECUNDIDAD DE *B. cockerelli* (Sulc) (HEMIPTERA:
PSYLLOIDEA) EN PAPA *Solanum tuberosum* (L) Var. INIAP CIP LIBERTAD”**

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

INGENIERO/A AGROPECUARIO

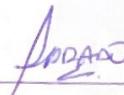
APROBADO:

Ing. Julia Karina Prado Beltrán. PhD.

DIRECTOR

Ing. Luis Marcelo Albuja Illescas MSc.

MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA



FIRMA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1720506946		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Naspud Cueva Jhonatan Nelson		
DIRECCIÓN:	Chican E58 y Jibarra – La Forestal (Quito)		
EMAIL:	jhonatan.naspud@outlook.com		
TELÉFONO FIJO:	(02)2669378	TELÉFONO MÓVIL:	0983355176

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE EL DESARROLLO, LONGEVIDAD Y FECUNDIDAD DE <i>B. cockerelli</i> (Sulc) (HEMIPTERA: PSYLLOIDEA) EN PAPA <i>Solanum tuberosum</i> (L) Var. INIAP CIP LIBERTAD"
AUTOR (ES):	Naspud Cueva Jhonatan Nelson
FECHA DE APROBACIÓN: DD/MM/AAAA	17/07/2024
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agropecuario
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Julia Karina Prado Beltrán, PhD.

2. CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 17 días del mes de Julio de 2024

EL AUTOR:

(Firma).....
Jhonatan Nelson Naspud Cueva

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Jhonatan Nelson Naspud Cueva, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 17 días del mes de julio de 2024



Ing. Julia Karina Prado Beltrán. PhD.

DIRECTOR DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 17 días del mes de julio del 2024

Jhonatan Nelson Naspud Cueva: “EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE EL DESARROLLO, LONGEVIDAD Y FECUNDIDAD DE *B. cockerelli* (Sulc) (HEMIPTERA: PSYLLOIDEA) EN PAPA *Solanum tuberosum* (L) Var. INIAP CIP LIBERTAD” /Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 17 días del mes de julio del 2024, 78 páginas.

Ing. Julia Karina Prado Beltrán. PhD:

El objetivo principal de la presente investigación fue: Desarrollar tablas de vida de *Bactericera cockerelli* Šulc, bajo condiciones de temperaturas constantes (5, 25 y 30° C) y condiciones de temperatura fluctuante, en el cultivo de papa variedad INIAP-CIP Libertad.

Entre los objetivos específicos se encuentran: 1. Determinar el tiempo de desarrollo de *B. cockerelli* en sus diferentes estadios de desarrollo bajo condiciones de temperatura constante (5, 25 y 30 ° C) y condiciones de temperaturas fluctuantes. 2. Determinar la mortalidad de *B. cockerelli* en sus diferentes estadios de desarrollo bajo condiciones de temperatura constante (5, 25 y 30 ° C) y condiciones de temperatura fluctuante. 3. Determinar la longevidad, la capacidad de oviposición y proporción sexual *B. cockerelli* expuestas a temperatura fluctuante y bajo condiciones de temperatura constante: 25° C.

.....


Ing. Julia Karina Prado Beltrán. PhD.

Directora de Trabajo de Grado

.....


Jhonatan Nelson Naspud Cueva

Autor

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mi familia, en especial a mis abuelos paternos Alonso y Blanca por ser mi apoyo incondicional en toda mi vida y preparación académica, agradezco por siempre guiarme en el camino del bien y así culminar con este importante objetivo de mi vida. A mis abuelos, padres, tíos y hermanos por siempre motivarme a seguir adelante en mis estudios.

Al equipo del Centro Internacional de la Papa y asesores, Heidy Gamarra, Nancy Panchi, Marcelo Vinuesa, Gabriel Lutuala, Martha Lema, Israel Navarrete, Pablo Carhuapoma, Jan Kreuze, Trent Blare y Carmen Castillo, investigadora del INIAP, quienes me han sabido guiar y apoyar de la mejor manera para el desarrollo de esta investigación, juntamente con mi directora de tesis, Julia Prado. Quien me brindo su apoyo necesario e incondicional para el desarrollo de la elaboración y redacción de este trabajo de investigación.

A mis amigos, en especial a Diana y Miguel por el apoyo y las travesías vividas durante todo este largo viaje de nuestra vida universitaria. A la Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales en especial a mi carrera Ingeniería Agropecuaria por abrirme sus puertas aportando conocimientos y enseñanzas, junto a sus docentes, administrativos y trabajadores.

Jhonatan Naspud C.

DEDICATORIA

La presente investigación se la dedico a mis abuelos, que han sido como mis padres Alonso Naspud y Blanca Cabezas; Erasmo Cueva y Digna Briceño y a mis padres Nelson Naspud y Marlene Cueva por brindarme sus consejos y cariño constante, durante todos los días de su vida y darme lo mejor para culminar con éxito este objetivo.

A mis hermanos Alejandro, Camila y Sofía; y a mis tíos Fernando, Víctor y Vicente por su cariño y apoyo incondicional. Y a toda mi familia que de una u otra forma me han brindado un granito de arena durante mi desarrollo académico.

Jhonatan Naspud C.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
RESUMEN	XIV
ABSTRACT.....	XV
CAPITULO I	16
INTRODUCCIÓN	16
1.1. ANTECEDENTES	16
1.2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	18
1.3. JUSTIFICACIÓN	20
1.4. OBJETIVOS	22
1.4.1. Objetivo general.....	22
1.4.2 Objetivos específicos	22
1.5. HIPÓTESIS.....	22
CAPITULO II.....	23
MARCO TEÓRICO.....	23
2.1. <i>Bactericera cockerelli</i> (Sulc).....	23
2.2. Distribución de <i>B. cockerelli</i>	24
2.3. Etapas de desarrollo de <i>B. cockerelli</i>	25
2.3.1. Estado Huevo	25
2.3.2. Estado Ninfal	25
2.3.3. Adultos	27
2.4. Biología y hábitos	29
2.5. Ciclo de vida	29
2.6. Descripción taxonómica.....	30
2.7. Etiología.....	30
2.8. Principales plantas hospederas.....	30
2.9. Temperaturas para su óptimo desarrollo.....	31

2.10. Daños causados por <i>B. cockerelli</i>	31
2.10.1. Daño directo.....	31
2.10.2. Daño indirecto.....	32
2.11. Cultivo de papa	32
2.11.1. Fitoplasmas	32
2.11.2. Punta Morada de la Papa (PMP) (Candidatus phytoplasma spp.) Candidatus Fitoplasma Aurentifolia 16SrII y Fitoplasma Asteris 16SrIF.....	33
2.11.3. Zebra Chip (Candidatus Liberibacter solanacearum)	33
2.12. Tablas de vida	33
2.13. Características de una tabla de vida	34
2.14. MARCO LEGAL.....	34
CAPITULO III.....	36
MARCO METODOLÓGICO.....	36
3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	36
3.2. MATERIALES	37
3.3. MÉTODOS	37
3.3.1. Factor en estudio.....	37
3.3.2. Tratamientos	37
3.3.3. Diseño experimental	38
3.3.4. Análisis estadístico.....	42
3.4. MANEJO DEL EXPERIMENTO	42
3.4.1. Preparación del material vegetal.....	42
3.4.2. Metodología de la crianza para colonia masal de <i>B. cockerelli</i>	45
3.4.3. Colecta de adultos de <i>B. cockerelli</i>	47
3.4.4. Instalación de tablas de vida	48
3.4.5. Metodología para la elaboración de tablas de vida de <i>B. cockerelli</i>	51
3.4.6. Setteo y registro de datos de temperatura para tablas de vida.	54
3.4.7. Análisis de datos y tablas de vida de <i>B. cockerelli</i>	55
CAPÍTULO IV.....	56
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	56

4.1. Mortalidad y tiempo de vida de <i>B. cockerelli</i> durante cada estado de desarrollo a temperaturas constantes y fluctuantes.....	57
4.2. Tiempo de desarrollo de <i>B. cockerelli</i> durante cada estado de desarrollo a temperaturas constantes y fluctuantes.	62
4.3. Longevidad, capacidad de oviposición y proporción sexual de <i>B. cockerelli</i> evaluados a temperaturas constantes y fluctuantes.....	67
CAPÍTULO V.....	73
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
5.1. CONCLUSIONES	73
5.2. RECOMENDACIONES.....	73
REFERENCIAS.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	24
Distribución de <i>B. cockerelli</i> en el mundo.....	24
Figura 2	27
Estadios inmaduros de <i>B. cockerelli</i>	27
Figura 3	28
Adultos de <i>B. cockerelli</i>	28
Figura 4	36
Área de estudio, localización del Centro Internacional de la Papa.....	36
Figura 5	39
Diseño experimental	39
Figura 6	43
Semilla con más de 2 brotes.....	43
Figura 7	43
Plantas de papa (<i>S. tuberosum</i>) Var. INIAP CIP LIBERTAD.	43
Figura 8	44
Esquejes de papa (<i>S. tuberosum</i>) Var. INIAP CIP LIBERTAD.....	44
Figura 9	44
Pecíolo de planta de papa (<i>S. tuberosum</i>) Var. INIAP CIP LIBERTAD.	44
Figura 10	45
Jaula de dos mangas.....	45
Figura 11	45
Colonia masal de <i>B. cockerelli</i> en jaula de dos mangas.	45
Figura 12	46
Jaula de dos mangas con colonia madre de <i>B. cockerelli</i>	46
Figura 13	46
Limpieza de jaulas de dos mangas.....	46
Figura 14	47
Secado al aire libre de las jaulas de dos mangas.....	47
Figura 15	48
Obtención de adultos para la instalación de tablas de vida.....	48
Figura 16	48
Adultos colectados en cápsulas de gelatina	48
Figura 17	49
Observación y evidencia de adultos a las 24 horas de infestación	49
Figura 18	50
Esquejes dentro de la cámara de crecimiento	50
Figura 19	50
Tabla de vida Fluctuante instalada en invernadero del CIP.....	50
Figura 20	51
Observación y registro diario de <i>B. cockerelli</i>	51
Figura 21	52
Sexado y emparejado de adultos de <i>B. cockerelli</i>	52
Figura 22	52
Viales con hojas y presencia de ovipositoras de <i>B. cockerelli</i>	52
Figura 23	53

Flujograma del ciclo de vida de <i>B. cockerelli</i>	53
Figura 24	54
Proyecto con visión a ciclo de vida de <i>B. cockerelli</i>	54
Figura 25	54
Condiciones controladas en cámaras de crecimiento.....	54
Figura 26	58
Tiempo de desarrollo para la etapa de huevo de <i>B. cockerelli</i> (con Tukey).....	58
Figura 27	58
Tiempo de desarrollo para la etapa de Ninfa 1 de <i>B. cockerelli</i> (con Tukey).....	58
Figura 28	59
Tiempo de desarrollo para la etapa de Ninfa 2 de <i>B. cockerelli</i> (con Tukey).....	59
Figura 29	59
Tiempo de desarrollo para la etapa de Ninfa 3 de <i>B. cockerelli</i> (con Tukey).....	59
Figura 30	60
Tiempo de desarrollo para la etapa de Ninfa 4 de <i>B. cockerelli</i> (con Tukey).....	60
Figura 31	60
Tiempo de desarrollo para la etapa de Ninfa 5 de <i>B. cockerelli</i> (con Tukey).....	60
Figura 32	63
Ciclo de vida de <i>B. cockerelli</i> a 5° C.....	63
Figura 33	63
Ciclo de vida de <i>B. cockerelli</i> a 25° C.....	63
Figura 34	64
Ciclo de vida de <i>B. cockerelli</i> a 30° C.....	64
Figura 35	65
Ciclo de vida de <i>B. cockerelli</i> en temperatura fluctuante 1ra evaluación.....	65
Figura 36	66
Ciclo de vida de <i>B. cockerelli</i> a temperatura fluctuante 2da evaluación.....	66
Figura 37	68
Longevidad de los adultos hembras para <i>B. cockerelli</i>	68
Figura 38	69
Longevidad de los adultos machos para <i>B. cockerelli</i>	69
Figura 39	70
Variables relacionadas a la oviposición para <i>B. cockerelli</i>	70
Figura 40	70
Variables relacionadas a la fecundidad para <i>B. cockerelli</i>	70
Figura 41	71
Temperaturas fluctuantes obtenidas para el primer ciclo.....	71
Figura 42	72
Temperaturas fluctuantes obtenidas para el segundo ciclo.....	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Características morfológicas en la etapa adulta de <i>B. cockerelli</i>	28
Tabla 2.- Clasificación taxonómica de <i>B. cockerelli</i>	30
Tabla 3.- Principales solanáceas hospederas.	31
Tabla 5.- Características del área de estudio.....	37
Tabla 6.- Tratamientos que se aplicaran en el ensayo.	38
Tabla 7.- Características que presenta el experimento.....	41
Tabla 8.- Características de la unidad experimental	42
Tabla 9.- Tiempo de desarrollo y mortalidad para las etapas de vida de <i>B. cockerelli</i>	57
Table 10.- Ciclo de vida fluctuante para <i>B. cockerelli</i>	61
Tabla 11.- Análisis de la longevidad y oviposición para <i>B. cockerelli</i>	67

**EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE EL DESARROLLO, LONGEVIDAD Y
FECUNDIDAD DE *B. cockerelli* (Sulc) (HEMIPTERA: PSYLLOIDEA) EN PAPA *Solanum
tuberosum* (L) Var. INIAP CIP LIBERTAD**

Autor: Jhonatan Nelson Naspud Cueva

Universidad Técnica del Norte

Correo: jnnaspudc@utn.edu.ec

RESUMEN

Bactericera cockerelli (Sulc) (Hemiptera: Psylloidea) conocido como psílido de la papa, es una plaga de gran importancia que tiene afectación en el sector económico principalmente en cultivos de solanáceas. En Ecuador, *B. cockerelli* se encuentra presente en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha y Cotopaxi, teniendo como papel principal el ser vector de fitoplasmas y mostrando un incremento poblacional dramático. La temperatura óptima para su desarrollo es de 21-27°C, temperatura arriba de 32°C es perjudicial para *B. cockerelli* disminuye la puesta de huevos y la eclosión. Es por esto, que se ha realizado la investigación con diferentes temperaturas constantes y fluctuantes, con lo cual se pudo obtener datos sobre la longevidad de cada individuo, el número de huevos por cada hembra de *B. cockerelli* y el número de huevos que lleguen a adultos por cada temperatura. Se ha determinado como temperaturas máximas extremas (de supervivencia) de 5 y 30° C, tanto mínima como máxima. De igual manera se ha registrado en la temperatura fluctuante, que los huevos son más propensos a no eclosionar que a una temperatura constante en donde la mayoría de los individuos llega a su primer estadio ninfal. La presente investigación demuestra como el ciclo de vida de *B. cockerelli* varía abruptamente entre cada estadio, dependiendo del medio en el que se desarrollen los individuos, de igual manera se puede evidenciar las diferencias entre adultos en el momento de la ovipostura y su longevidad.

Palabras claves: psílido, sector económico, solanáceas, fitoplasmas, oviposturas.

EFFECT OF TEMPERATURE ON THE DEVELOPMENT, LONGEVITY AND FERTILITY OF *B. cockerelli* (Sulc) (HEMIPTERA: PSYLLOIDEA) IN POTATO *Solanum tuberosum* (L) Var. INIAP CIP LIBERTAD

Author: Jhonatan Nelson Naspud Cueva

Universidad Técnica del Norte

Mail: jnnaspudc@utn.edu.ec

ABSTRACT

Bactericera cockerelli (Sulc) (Hemiptera: Psylloidea), known as the potato psyllid, is a pest of great importance that affects the economic sector, mainly in solanaceous crops. In Ecuador, *B. cockerelli* is present in the provinces of Carchi, Imbabura, Pichincha and Cotopaxi, having as its main role as a vector of phytoplasmas and showing a dramatic population increase. The optimal temperature for its development is 21-27 ° C, temperatures above 32 ° C are harmful to *B. cockerelli* and decrease egg laying and hatching. For this reason, research has been carried out with different constant and fluctuating temperatures, with which data could be obtained on the longevity of each individual, the number of eggs per female of *B. cockerelli* and the number of eggs that reach adulthood for each temperature. Extreme maximum (survival) temperatures have been determined to be 5 and 30° C, both minimum and maximum. Likewise, it has been recorded that eggs are more likely to fail to hatch at fluctuating temperatures than at a constant temperature where most individuals reach their first nymphal stage. This research demonstrates how the life cycle of *B. cockerelli* varies abruptly between each stage, depending on the environment in which the individuals develop. Likewise, differences between adults at the time of oviposition and their longevity can be seen.

Keywords: psyllid, economic sector, Solanaceae, phytoplasmas, oviposition.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

Bactericera cockerelli (Sulc) (Hemiptera Psylloidea), conocido como psílido de la papa o pulgón saltador, es una plaga de gran importancia que tiene impacto negativo en el sector económico principalmente en papa (*Solanum tuberosum* L) y tomate (*Solanum lycopersicum*), (Cerna-Chávez et al., 2018). Fue descrito por primera vez en Estados Unidos en 1909 donde se pudo evidenciar su presencia en regiones de América del Norte, posteriormente en Nueva Zelanda y Guatemala, actualmente este insecto ha sido reportado en Colombia y Perú (Munyaney et al., 2007; Vereijssen, 2018). Se ha demostrado que el psílido puede soportar zonas de inviernos fuertes, como ocurre en el norte de Estados Unidos, evidenciando así una abundante población en estos sectores (Yanchatipan Toapanta, 2020). De acuerdo a la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, (2014) se reporta una baja población del psílido a 7°C como temperaturas extremas mínimas.

En Ecuador, *B. cockerelli* se encuentra presente en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha y Cotopaxi, y es considerada como el principal vector de *Candidatus Liberibacter solanacearum* conocido como la enfermedad de zebra chip (Castillo, 2019). Además, se han presentado casos de Punta Morada en Papa en provincias como Chimborazo, Tungurahua y Bolívar (Rivadeneria et al., 2019). De acuerdo con Agrocalidad, (2020); se ha detectado el psílido en la provincia de Loja en cultivos de papa y recientemente en el norte de Perú, siendo un riesgo potencial de diseminación de las enfermedades transmitidas por el vector, además de afectar por el daño directo que produce el insecto a la papa y otras solanáceas (SENASA, 2021).

B. cockerelli, pertenece a la superfamilia Psylloidea, tiene por característica sintetizar aminoácidos y azúcares que aprovechan de las plantas hospedadoras, alimentándose de su savia elaborada al introducir su estilete. El primer reporte en Ecuador fue en el 2013 al encontrar los primeros focos de infección de la enfermedad conocida como Punta Morada en Papa (PMP) y transmisor del “zebra chip” (Castillo, 2019). El daño de esta plaga podría ocasionar pérdidas de hasta el 100% de los cultivos, atentando contra la seguridad alimentaria incrementos de precios y

en cuanto a daños a los cultivos, retrasos en el crecimiento de las plantas, amarillamiento, formación de tubérculos aéreos entre otros (García Negroe, 2007).

Por otro lado, la evolución de las poblaciones de *B. cockerelli*, se encuentra fuertemente ligada con las comunidades vegetales sobre las que se alimentan (Vargas Madríz, 2010). Se ha podido destacar que los psílicos son estrictamente específicos en sus plantas hospedantes, relacionando así su desarrollo, morfología y habilidad reproductiva (Guachamín, 2021). De igual manera, (Yang & Liu, 2009) menciona que el contenido de metabolitos secundarios de las plantas hospedantes causa diferencias en el comportamiento y la ovoposición de los insectos.

En países que tienen la presencia del psílido, como es el caso de Honduras, determinan que el cultivo deja de crecer y hasta puede llegar a morir si es infestado por *B. cockerelli* en el periodo vegetativo del cultivo (Secor y Rivera Varas, 2004; Munyanezay et al., 2017; Espinoza, 2010; Rehmany et al., 2010). Por ello se recomienda la eliminación de plantas hospederas afectadas, un monitoreo constante de la plaga y un entendimiento del ciclo biológico del psílido (Moreta, 2021). Se ha estudiado la variación de la capacidad reproductiva y ciclos de vida de *B. cockerelli* en cultivos hospedantes, sin considerar el posible efecto de dichas plantas y nutrición sobre la morfología del insecto, siendo fundamental para determinar los haplotipos de esta especie (Vargas Madríz, 2014).

Es importante el estudio de los haplotipos de *B. cockerelli* ya que representa variantes específicas de genes en una región determinada del ADN, de igual manera permite entender la variabilidad genética dentro de la población de *B. cockerelli* siendo crucial para comprender la evolución de la especie, interacciones genéticas y como se puede adaptar a diferentes condiciones climáticas. De igual manera la variación genética puede influir en la capacidad de individuos para resistir o ser susceptibles a enfermedades, desarrollo de estrategias efectivas de manejo de plagas en donde se puede diseñar enfoques más específicos y dirigidos para controlar la propagación del psílido (Cerna et al., 2021).

Existen cuatro diferentes haplotipos de la misma especie de *B. cockerelli*: central, occidental, suroeste y el noroeste que difieren a nivel molecular en ciertas regiones de su genoma, en endobiontes y en ciertas características reproductivas (Mustafa et al., 2015). Un nivel más específico en la clasificación de *B. cockerelli*, es la de haplotipos; la cual se ha empleado con la

finalidad de entender la dinámica poblacional temporal y espacial del psílido mediante análisis genéticos de un solo individuo (Swisher et al., 2012). En Ecuador se ha reportado la presencia del haplotipo central de *B. cockerelli* (Castillo, 2019).

El estudio de las tablas de vida de esta especie permitirá comprender la dinámica poblacional, las tasas de supervivencia y reproducción (Ecología General, 2017), además se puede efectuar aplicaciones con variedades de problemas con estimaciones de nivel y tendencia de mortalidad detalladas (Martínez, 2015).

Los datos de tablas de vida de insectos desarrollados bajo una amplia gama de temperaturas diferentes proporcionarán información para desarrollar modelos fenológicos basados en la temperatura, que serán útiles para comprender los potenciales de crecimiento de la población de plagas en diferentes zonas agroecológicas (Briere et al., 1999). El ciclo de vida de *B. cockerelli* comprende un estado de huevo, cinco estadios ninfales y un estado adulto (macho y hembra), se reproduce sexualmente. Las ninfas son móviles durante el desarrollo de todos sus estados de desarrollo (Bujanos & Ramos, 2015), se alimentan del floema, igual que los adultos, lo que hace de ellos excelentes vectores de bacterias patogénicas.

1.2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En Ecuador, el cultivo de papa se ve afectado por varias enfermedades las cuales generan grandes pérdidas a los agricultores. Este incremento se debe al desconocimiento por parte de agricultores, al cambio climático, uso excesivo de agroquímicos (de 12 a 30 aplicaciones por campaña), monocultivos e ingreso de variedades de otros países de manera ilegal, lo cual ha dificultado el plantear estrategias para su control (Chavez et al, 2015; Guachamín, 2021;).

Actualmente la presencia de *B. cockerelli* y punta morada de la papa está afectando al cultivo de la papa y otras solanáceas, además se ha demostrado que puede alimentarse, desarrollarse y reproducirse en especies de plantas de la familia *Convolvulaceae* (CABI, 2022). En distintos cantones de la provincia del Carchi, se ha evidencia síntomas en las plantas de papa, amarillamiento que abarca una disminución en el crecimiento, falta de vitalidad en las nuevas hojas, decoloración o tonalidades rojizas/púrpuras en las hojas, deformación en la base de las

hojas, reducción en la longitud entre nodos con engrosamiento, agrandamiento de los vasos linfáticos, desarrollo de tubérculos en la parte aérea de la planta, envejecimiento prematuro y eventual fallecimiento de la planta (Calderón Pinchao, 2022; Pletsch, 1947; Citado por Butler y Trumble, 2012), como consecuencia de altas infestaciones de *B. cockerelli* a partir de la etapa fenológica de floración del cultivo en este sentir, los agricultores desconocen cual es la etapa fenológica de la papa más crítica donde el insecto infesta severamente al cultivo (Calderón Pinchao, 2022).

B. cockerelli causa daños directo e indirecto durante su proceso de alimentación, el daño directo se da como consecuencia de la alimentación del insecto causando amarillamiento en la hojas de las plantas en cuanto al daño indirecto está relacionado al insecto como vector transmisor de dos enfermedades en el cultivo de papa: La Punta Morada de la Papa (PMP) que es causada por los fitoplasmas (*Candidatus Fitoplasma Aurentifolia* 16SrII y *Fitoplasma Asteris* 16SrIF) (INIAP,2014) y el manchado interno de la papa o más conocido como “Zebra Chip” causado por la transmisión de la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum*, (CLso) convirtiéndolo así en un vector muy eficiente ya que en pocas horas puede transmitir ambos patógenos (Bujanos & Ramos, 2015; Toledo, 2016, Pérez et al 2020).

En diferentes zonas productoras de papa y otras solanáceas, *B. cockerelli*, ha ocasionado la pérdida en ciertos casos del 100% de la producción, el ataque del insecto se limita al floema de la planta, alimentándose de la savia lo que provoca el amarillamiento del follaje, y subsecuentes pérdidas significativas de rendimiento y calidad en los cultivos de papa (*Solanum tuberosum* L.), chile (*Capsicum spp.*) y tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.) (Vinueza, 2021).

Actualmente no contamos con una estrategia modelo de control del psílido que ayude en el manejo de estas dos enfermedades, punta morada de la papa y zebra chip, los agricultores que se encuentran con el problema de la punta morada en sus campos de papa están respondiendo mediante un aumento en la aplicación de pesticidas, la retirada de los campos afectados, la sustitución de la papa por otros cultivos y la búsqueda de semillas que estén libres de esta enfermedad (Calderón Pinchao, 2022; Castillo, 2019).

Los productores de papa, al no contar con estrategias de control ante *B. cockerelli*, ni de disponer nuevas variedades de papa que resulten tolerantes al psílido, optan por cambiar de cultivos en sus

localidades como es la zanahoria, arveja, trigo, cebada y cebolla (Calderón Pinchao, 2022). Ante esto, se ha recomendado a productores paperos a nivel nacional, no usar semillas recicladas contaminadas e informar sobre la detección de la enfermedad e infestaciones del psílido para aplicar estrategias técnicas, evitando así que el psílido genere resistencias ante controles químicos (Paspuezán, 2019).

Con la finalidad de conocer más sobre *B. cockerelli* se han realizado investigaciones donde se identificó que la temperatura óptima para el desarrollo de este insecto es de 21-27°C (Capinera, 2001; Munyaneza, 2010), temperaturas arriba de 32°C es perjudicial para el desarrollo de *B. cockerelli* ya que disminuye la capacidad de oviposición y la eclosión, 27 °C es la temperatura óptima para el psílido (Cranshaw, 2001). Sin embargo es necesario confirmar esta información por ello, nuestra investigación se basará en el desarrollo de tablas de vida a diferentes temperaturas constantes y a temperatura fluctuante, lo cual se podrá analizar el comportamiento del insecto durante su etapa de desarrollo tales como el tiempo de desarrollo, la mortalidad, la longevidad de cada individuo, y la capacidad de reproducción por cada hembra de *B. cockerelli* por cada temperatura (Cerna et al., 2021) y bajo condiciones más cercano a campo (fluctuantes).

1.3. JUSTIFICACIÓN

Con la elaboración de tablas de vida, se puede analizar la dinámica de la participación por edad de la población de insecto en estudio. por lo que se generó una combinación de funciones de las tablas de vida que se describen como: comportamiento de la población y una ley de mortalidad que indica las condiciones a la que estuvo o estará sometida dicha población a lo largo de su vida (Rincon, 1977).

En la presente investigación, para la elaboración de las tablas de vida se seleccionó 3 temperaturas constantes :5, 25 y 30°C:, las cuales serán previamente seteadas en las cámaras de crecimiento NKsystem Plant Growth Chamber Biotron LH-240N , estas temperaturas se las han seleccionado en base a las condiciones óptimas y condiciones extremas (mínimas y máximas) para el desarrollo del psílido: además se desarrollará y tablas a temperatura fluctuante, los ensayos fueron instalados en el invernadero de la crianza masal de *B. cockerelli* durante la estación de verano e invierno respectivamente. De igual manera se ha tomado en cuenta la variedad de papa INIAP – CIP Libertad para todas las tablas de vida de esta investigación.

Las tablas de vida funcionan como instrumentos básicos para explotaciones estadísticas, ya que con ellas se puede obtener información útil para calcular las poblaciones de insectos, probabilidades de muerte y supervivencia. Mediante el uso de tablas de vida, se podrá evidenciar el comportamiento y desarrollo del psílido en papa bajo condiciones controladas (Martínez, 2015).

El Centro Internacional de la Papa (CIP) en conjunto con organizaciones gubernamentales como El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) de Ecuador, han colaborado para mitigar la propagación del psílido, tratando de evitar grandes pérdidas en cultivos de papa (INIAP - CIP, 2022). En cuanto a las actividades que desarrollaron, se incluyó el reforzamiento de la fenología de *B. cockerelli* generada con la herramienta ILCYM (Insect Life Cycle Modeling) y con ello optimizar la validación de los mapas de riesgo potencial de esta plaga generadas por ILCYM en base a referencias bibliográficas de otros autores (Sporleder et al., 2020), cuyo objetivo fue mejorar las estrategias de control requerida para el Manejo Integrado de Plagas (MIP) del psílido (CIP, 2020).

Este requerimiento apareció cuando se observó una subestimación en el modelo obtenido, por lo que se recomendó desarrollar tablas de vida en laboratorio para optimizar el modelo disponible actualmente. Esta será de mayor precisión para poder determinar el comportamiento de este insecto no solo para Ecuador sino también para países donde ya se encuentra la plaga establecida como es el caso de Perú y Colombia y también a nivel de Sudamérica donde se podría predecir la distribución potencial de la plaga en Sudamérica. Por ello, en la presente investigación se desarrolló cinco tablas de vida del psílido de la papa *B. cockerelli*: tres tablas bajo condiciones de temperaturas constantes: 5, 25 y 35° C y 2 tablas bajo condiciones de temperaturas fluctuantes.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. *Objetivo general*

Desarrollar tablas de vida de *Bactericera cockerelli* Šulc, bajo condiciones de temperaturas constantes (5, 25 y 30° C) y condiciones de temperatura fluctuante, en el cultivo de papa variedad INIAP-CIP Libertad.

1.4.2 *Objetivos específicos*

- ✓ Determinar el tiempo de desarrollo de *B. cockerelli* en sus diferentes estadios de desarrollo bajo condiciones de temperatura constante (5, 25 y 30 ° C) y condiciones de temperaturas fluctuantes.
- ✓ Determinar la mortalidad de *B. cockerelli* en sus diferentes estadios de desarrollo bajo condiciones de temperatura constante (5, 25 y 30 ° C) y condiciones de temperatura fluctuante.
- ✓ Determinar la longevidad, la capacidad de oviposición y proporción sexual *B. cockerelli* expuestas a temperatura fluctuante y bajo condiciones de temperatura constante: 25° C.

1.5. HIPÓTESIS

Ha: Existe una correlación entre el efecto en la variación de temperatura y el desarrollo, mortalidad, longevidad y fecundidad en el ciclo de vida de *B. cockerelli*.

Ho: No existe una correlación entre el efecto de la variación de temperatura y el desarrollo, mortalidad, longevidad y fecundidad en el ciclo de vida de *B. cockerelli*.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. *Bactericera cockerelli* (Sulc)

Descubierto por T. D. Cockerell en 1907, *Bactericera cockerelli* (Šulc), es descrito por primera vez en individuos encontrados en pimiento (*Capsicum annum*) en el año 1909 por Karel Šulc después de observar una gran cantidad de ninfas en el cultivo, después de esto se infirió que el insecto podría convertirse en una plaga destructiva (Wallis, 1951).

En 1915 fue reconocida por primera vez como plaga al ser identificada en un cultivo de tomate cherry (*Solanum capsicastrum*) (Butler & Trumble, 2012). En 1927 se relacionó a *B. cockerelli* con la enfermedad Psílicos Amarillos en cultivos de papa, esta enfermedad se la atribuyó con el comportamiento de la alimentación del insecto, especulando que la liberación de toxinas causa pérdidas en los cultivos (Barraza, 2012).

B. cockerelli cuenta con una amplia gama de huéspedes, el cual excede las 20 familias de plantas (Vinueza, 2021). Existe una importancia relativa en cuanto a plantas hospederas para el insecto, ya que se han reportado adultos que son capaces de sobrevivir durante periodos considerables de tiempo (17-96 días), esto va a depender de condiciones bióticas (hospedantes), y abióticas (temperatura, humedad relativa e intensidad de luz), un ejemplo claro es la relación de la alimentación del psílido con las plantas hospederas a su supervivencia exitosa durante los meses de invierno (Butler y Trumble, 2012).

B. cockerelli se lo conoce también como pulgón saltador, psílido de la papa o piojo brincador de las plantas, perteneciente a la familia Psyllidae, posee un aparato bucal de tipo picador-chupador, el cual es conformado por un estilete y dos conductores semejantes a popotes, los cuales le sirven para alimentarse, uno al succionar líquidos y otro para arrojar fluidos (García Negroe, 2007). Este tipo de aparato bucal está relacionado directamente con la transmisión de fitoplasmas causantes de enfermedades, como es la Punta Morada de la Papa (PMP) y la bacteria *Candidatus Liberibacter solanasearum* (CLso) que causa la enfermedad de papa rayada o Zebra Chip (ZC) (Vargas Madríz, 2014, Pérez et al., 2021).

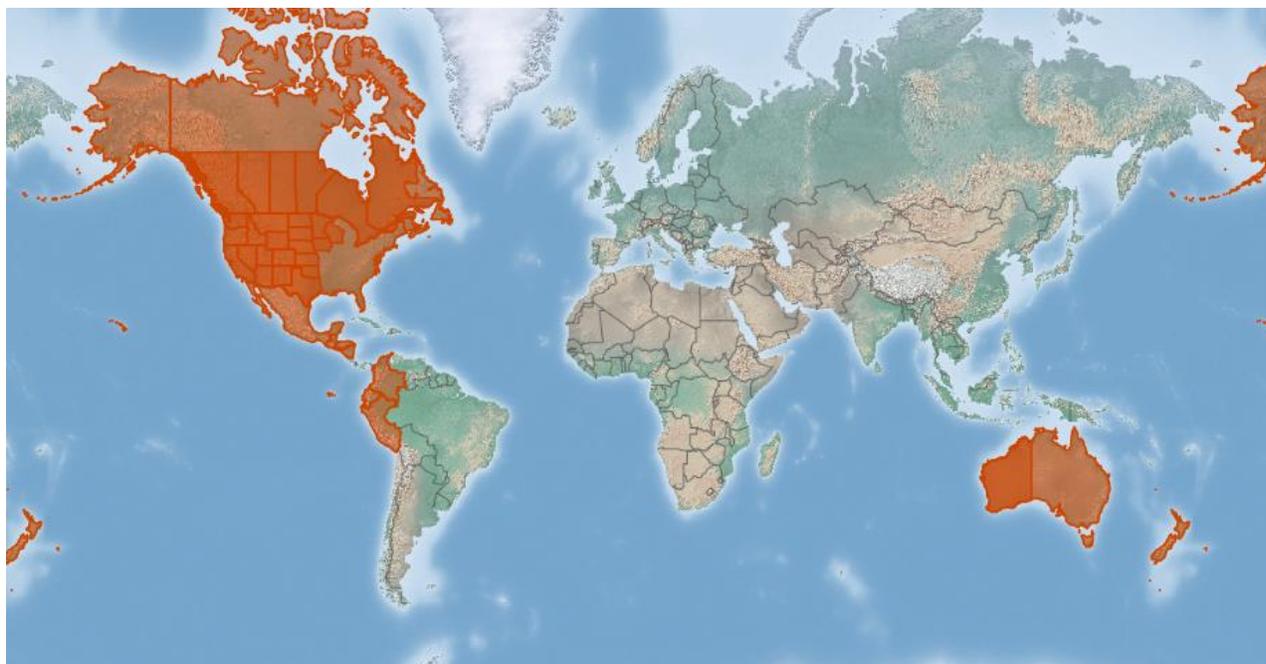
2.2. Distribución de *B. cockerelli*

Bactericera cockerelli Šulc (Hemiptera: Triozidae) es una plaga importante en el cultivo de solanáceas y está altamente distribuida en Estados Unidos, México, América Central y Nueva Zelanda (Garzón *et al.*, 2005; Liu *et al.*, 2006; Davidson *et al.*, 2008). En el 2018 fue reportado en Ecuador en las provincias de la región sierra: Imbabura, Pichincha, Cotopaxi y Carchi, siendo una de las plagas de más afectación en solanáceas cultivables (Castillo Carrillo, 2019); sin embargo, según los reportes de Agrocalidad (2020), se ha identificado al psílido en la provincia de Loja y actualmente en todo el Ecuador.

En 2021 fue reportada en Colombia (ICA, 2021) y en el norte de Perú (Piura) (SENASA, 2021), esta especie ha sido reportada como vector de *Candidatus Liberibacter solanacearum* (CLso), el agente causal la enfermedad zebra chip o papa manchada (Bujanos & Ramos, 2015, Pérez *et al* 2021, Gamarra *et al* 2024).

Figura 1

Distribución de B. cockerelli en el mundo.



Fuente: (CABI, 2022)

2.3. Etapas de desarrollo de *B. cockerelli*

B. cockerelli presenta una metamorfosis incompleta o hemimetábolo, es decir se comporta con cambios graduales y falta de etapa pupa, presentando 3 estado de desarrollo: huevo, ninfa y adulto (Jácome - Mogro *et al.*, 2022).

La hembra de *B. cockerelli* puede ovipositar por arriba de 500 huevecillos en un periodo de 21 días a 27° C, cabe destacar que en el estado de desarrollo ninfal presenta 5 estadios ninfales los cuales pueden tardar en completar su desarrollo en promedio 15.5 días y esto dependerá de las condiciones de temperatura (Swisher K.D., Sengoda V.G., Dixon W.E., *et al.*, 2021).

2.3.1. Estado Huevo

Característicos por tener una forma ovoide de color naranja con corion brillante, por lo general se encuentran a la superficie de la hoja, se encuentran en el envés y cerca del borde adheridas por un pequeño pedicelo (Vinueza, 2021). Tienen un tamaño promedio de 0.42 mm de alto y 0.21 mm de ancho, pueden tardar de 3 a 8 días en eclosionar, variando de acuerdo a la temperatura a la que se encuentren, por lo general teniendo una mayor eclosión en el quinto y sexto día (García Solís, 2012).

2.3.2. Estado Ninfal

Presenta cinco estadios ninfales en los cuales destacan características similares; como es su forma oval, aplanados, ojos rojos bien definidos que se asemejan a escamas, pequeñas antenas las cuales son más notorias en cada estadio. En su cuerpo presentan filamentos cerosos, formando un halo alrededor de su cuerpo. Durante sus cinco estadios, varían en tamaño entre 0.30 – 0.75 mm de alto por 0.20 – 1.53 mm de largo (Rubio *et al.*, 2013).

2.3.2.1. Primer estadio ninfal.

De color anaranjado, poseen antenas con segmentos basales cortos y gruesos que se van adelgazando hasta finalizar en un pequeño segmento con dos setas sensoriales, ojos rojos, no se observan paquetes alares y segmentación poco visible en patas y abdomen. El tamaño de esta ninfa es de aproximadamente 0.40 mm de largo y 0.21 mm de ancho (Falconez, 2020).

2.3.2.2. Segundo estadio ninfal.

Aparecen divisiones notorias en cabeza, tórax y abdomen, cabeza de color amarilla con antenas gruesas en la base, las cuales se estrechan hacia su parte apical. Ojos de color naranja oscura y tórax verde amarillento con paquetes de alas visibles. Su tamaño es de aproximadamente 0.52 mm de largo y 0.33 mm de ancho (Marín *et al.*, 2013).

2.3.2.3. Tercer estadio ninfal. Segmentación más notoria en cabeza, tórax y abdomen, antenas y cabeza similares al estadio anterior con ojos rojizos, fácil observación de paquetes alares en mesotórax y metatórax, con un abdomen amarillo. Tiene un tamaño aproximado de 0.80 mm de ancho y 0.33 mm de largo (Marín *et al.*, 2013).

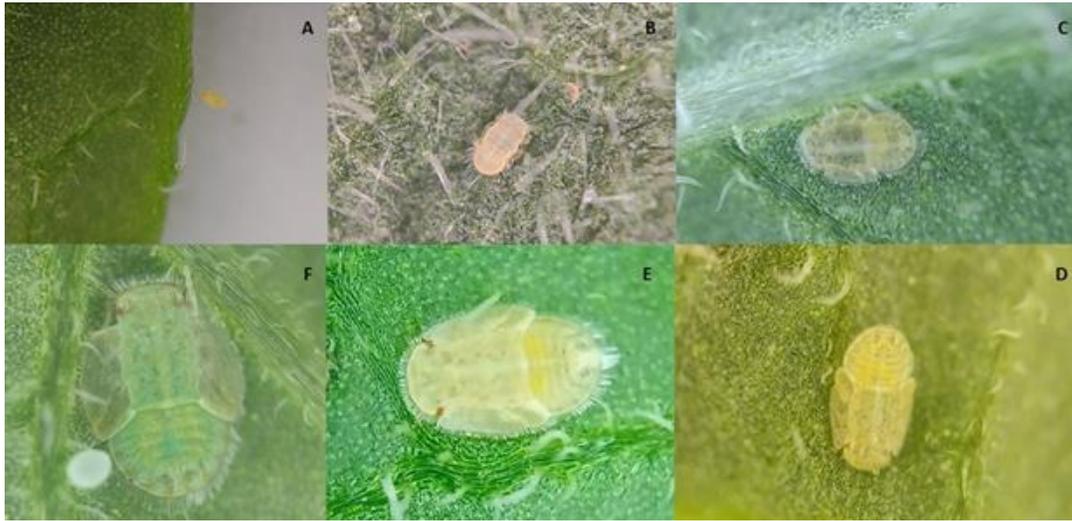
2.3.2.4. Cuarto estadio ninfal. Las segmentaciones de cabeza, tórax y abdomen se vuelven bien definidas y se aprecian dos espuelas en la parte terminal de las tibias, cabeza y antenas con características similares a estadios anteriores. De igual manera los paquetes de alas son bien definidas y en sus segmentos abdominales se aprecian un par de espiráculos, con un largo de 1.18 mm y 0.75 mm de ancho aproximadamente (Marín *et al.*, 2013).

2.3.2.5. Quinto estadio ninfal.

Segmentaciones bien definidas, cabeza y abdomen de color verde claro, tórax con una tonalidad más oscura, antenas seccionadas en dos partes por una hendidura cerca de la parte media. Los ojos son guindas, sus tres pares de patas tienen segmentaciones bien definidas, paquetes de alas claramente diferenciados y sobresalen del resto del cuerpo. Su abdomen es semicircular con un par de espiráculos en cada uno de los cuatro primeros segmentos. Su tamaño aproximado es de 1.65 mm de ancho y 1.23 mm de largo (Falconez, 2020).

Figura 2

Estadios inmaduros de *B. cockerelli*.



Nota: a) Ovipostura de *B. cockerelli*. b) Primer estadio ninfal de *B. cockerelli*. c) Segundo estadio ninfal de *B. cockerelli*. d) Tercer estadio ninfal de *B. cockerelli*. e) Cuarto estadio ninfal de *B. cockerelli*. f) Quinto estadio ninfal de *B. cockerelli*. Fuente: (Gamarra et al., 2022).

2.3.3. Adultos

Muy parecido a una cigarrilla de tamaño pequeño, mide cerca de 2mm de longitud y tiene tarsos de dos segmentos y antenas usualmente de diez segmentos. Cabeza de un décimo de largo del cuerpo, con una mancha café que marca la división con el tórax, con ojos grandes. Se puede distinguir el tórax de un color blanco amarillo con manchas de color café (Falconez, 2020).

Las hembras presentan cinco segmentos más visibles, más su segmento genital, el cual se presenta de forma cónica en vista lateral y en la parte media dorsal se presenta una mancha en forma de “Y”. En cuanto a los machos presentan seis segmentos visibles más el genital; en su vista dorsal se distingue las valvas genitales con estructuras en forma de pinza que caracteriza a los machos (Marín *et al.*, 2013).

Figura 3

Adultos de *B. cockerelli*.



Nota: a) Vista superior de adulto hembra de *B. cockerelli*. b) Vista de abdomen y zona genital de adulto hembra de *B. cockerelli*. c) Vista superior de adulto macho de *B. cockerelli*. d) Vista de abdomen y zona genital de adulto macho de *B. cockerelli*. Fuente: (Bujanos & Ramos, 2015).

Tabla 1

Características morfológicas en la etapa adulta de B. cockerelli.

Cabeza	Mide 1/10 de la longitud total de su cuerpo, presenta manchas de color café las cuales marcan la diferencia con el tórax, sus ojos son grandes de color café y dos antenas filiformes.
Tórax	De color blanco amarillento con manchas de color café bien definidas, aquí se encuentra su paquete de alas, siendo aproximadamente 1.5 veces más largas del cuerpo las mismas.
Abdomen	Con cinco segmentos visibles más su segmento genital en hembras y con seis segmentos más su segmento genital en

Fuente: (Falconez, 2020)).

2.4. Biología y hábitos

Se ha localizado huevecillos en las partes medias e inferiores de las plantas hospedantes, entre la primera y cuarta hoja verdadera, sin embargo, se ha logrado identificar en yemas apicales más jóvenes. Por lo general, las hembras llegan a vivir hasta 21 días, tres veces más que los machos, dependiendo de la temperatura en que estén expuestos (Jácome - Mogro et al., 2022).

El desarrollo de cada estado fenológico de un insecto va a depender de la temperatura en que se desarrolla (Sporleder *et al.*, 2020); cada día las hembras de *B. cockerelli* llegan a depositar entre 1 y 11 huevecillos por día, los cuales requieren de 3 a 15 días para incubar, posteriormente hasta 17 días para completar sus estadios ninfales con un intervalo de 30 días aproximadamente desde su copula hasta la formación de un nuevo adulto, completando su ciclo en 34 días en campo (Rubio et al., 2013). Generalmente las ninfas se encuentran cerca de los huevecillos en un solo lugar de las hojas, inmóviles durante sus tres primeros estadios, luego adquieren movilidad y se desplazan en busca de ventilación y temperatura (Falconez, 2020).

Durante los estadios ninfales IV y V se encuentran en la parte inferior de las plantas, por ello es difícil realizar un adecuado control químico. Los adultos se encuentran dispersos por toda la planta, vuelan alrededor de dos horas diarias y son responsables de la diseminación a corta y larga distancia (Vinueza, 2021). Pueden llegar hasta los 1.5 km de altura, esto debido a sus hábitos migratorios invadiendo cultivos cercanos, pero pueden ser arrastrados por fuertes vientos y lluvias (Abdullah, 2020).

2.5. Ciclo de vida

B. cockerelli posee un crecimiento gradual, es decir hemimetábolos, su ciclo de vida oscila entre 45-60 días dependiendo de la temperatura que estén expuestos (Marín et al., 2013). El huevo eclosiona para empezar el estado ninfal, posteriormente alcanzan su edad adulta, el cual es parcialmente diferente a su estado inmaduro (Abdullah, 2020).

La hembra puede ovipositar hasta 1400 huevecillos (Marín et al., 2013). Los huevecillos pueden ser vistos fácilmente al ser de color naranja amarillento, y son colocados por las hembras en los bordes y en el envés de las hojas (Yang & Liu, 2009).

2.6. Descripción taxonómica

De acuerdo a CABI (2022), la clasificación del psílido de la papa es:

Tabla 2

Clasificación taxonómica de B. cockerelli.

<i>Árbol taxonómico</i>	
<i>Dominio</i>	Eucariota
<i>Reino</i>	Metazoa
<i>Phyllum</i>	Artropoda
<i>Subphyllum</i>	Uniramia
<i>Clase</i>	Insecta
<i>Orden</i>	Hemiptera
<i>Suborden</i>	Sternorrhyncha
<i>Superfamilia</i>	Psylloidea
<i>Familia</i>	Triozidae
<i>Género</i>	<i>Bactericera</i>
<i>Especie</i>	<i>B. cockerelli</i>

2.7. Etiología

Durante el desarrollo de sus estados ninfa a adulto, *B. cockerelli* se alimenta del floema de las plantas, las ninfas se desarrollan en el envés de las hojas, peciolo y tallos. Las ninfas y los adultos cuentan con la capacidad de penetrar la epidermis de las hojas con su aparato bucal, el cual es un estilete que llega hasta las células de parénquima del floema, que es donde se alimenta (Butler & Trumble, 2012).

2.8. Principales plantas hospederas

Este psílido al ser un insecto polífago, se alimenta de una gran variedad de plantas de la familia solanácea y algunas convolvuláceas, siendo capaz de ovipositar y completar su desarrollo en 40 hospederos (Falconez, 2020).

Tabla 3

Principales solanáceas hospederas.

Nombre común	Nombre científico	Característica
Tomate	<i>Solanum lycopersicum</i>	Comestible
Papa	<i>Solanum tuberosum</i>	Comestible
Camote	<i>Ipomoea batatas</i>	Comestible
Hierva mora	<i>Solanum nigrum</i>	No comestible
Pimiento	<i>Capsicum annum</i>	Comestible
Tomate de árbol	<i>Solanum betaceum</i>	Comestible
Tomatillo	<i>Solanum lycopersicum var.</i>	Comestible
Higuerilla	<i>Datura stramonium</i>	No comestible
Floripondio	<i>Brugmansia</i>	No comestible
Tabaco	<i>Nicotiana tabacum</i>	No comestible

Fuente: (Falconez, 2020).

2.9. Temperaturas para su óptimo desarrollo

Las principales características de esta especie de insectos, se ve seriamente afectada por temperaturas extremadamente altas o bajas. Es por eso, que en laboratorio se ha logrado considerar un rango óptimo para su desarrollo entre 24°C a 27°C, exhibiendo una mejor supervivencia, desarrollo y oviposición a los 26.7°C (Jácome - Mogro et al., 2022). A temperaturas mayores a los 30°C los psílicos no tienen un buen desarrollo, a temperaturas superiores a los 38°C durante un par de horas, podrían ser letales para el insecto. En campo se han determinado temperaturas entre los 17°C a 19°C para su desarrollo óptimo (Marín *et al.*, 2013).

2.10. Daños causados por *B. cockerelli*

2.10.1. Daño directo

De acuerdo con los daños registrados del psílido, se lo relacionó en un principio con el “amarillamiento de la papa” que era causante del proceso de alimentación de las ninfas y adultos, las cuales inyectaban toxinas al succionar la savia en los conductos del floema (Vinueza, 2021). Cultivos en los que se han encontrado *B. cockerelli* por lo general muestran una disminución en su crecimiento, tienen un desarrollo prematuro y clorosis (Moreno Casillas, 2020).

2.10.2. Daño indirecto

Se ha identificado a *B. cockerelli* como vector, incubador y transmisor de patógenos, como los fitoplasmas (*Candidatus Fitoplasma Aurentifolia* 16SrII y *Fitoplasma Asteris* 16SrIF) (INIAP,2014), agentes causantes de punta morada de la papa y bacterias como *Candidatus Liberibacter solanacearum* (CLso) que causa la enfermedad de Zebra Chip en donde las plantas más jóvenes son las más susceptibles a su ataque (Vargas Madríz, 2014, Gamarra *et al*, 2024).

Otros síntomas con los que se relaciona al psílido es la formación de tubérculos aéreos, entrenudos cortos, enrollamiento apical, coloración púrpura y oscurecimiento dentro de los tubérculos relacionados a la enfermedad de la punta morada (Abdullah, 2020).

2.11. Cultivo de papa

La papa (*Solanum tuberosum* L), es considerado como el cuarto cultivo más importante, por detrás del maíz, arroz y trigo, siendo uno de los productos más consumidos por los ecuatorianos, el cual genera ingresos económicos a 85.000 agricultores paperos en Ecuador, teniendo una productividad de 359.021t y un rendimiento de 27.87 t/ha a nivel nacional (FAO, 2022). Se ha convertido en un cultivo básico debido a su gran importancia y su aporte a la seguridad alimentaria (Moreno Casillas, 2020).

2.11.1. Fitoplasmas

Los fitoplasmas son organismos pleomórficos que no poseen pared celular, rodeados por una membrana plasmática trilaminar de 10 nm de grosor, la cual es compuesta por dos tercios de proteína y un tercio de los lípidos (Reveles- Torres et al., 2014). Los fitoplasmas se caracteriza por tener bajo contenido de guanina y citocina en su genoma y su reproducción es asexual (Ferriol et al., 2016).

Este patógeno se localiza principalmente en el floema y tiene la capacidad de atravesar los poros de las células cribosas y colonizar toda la planta (Reveles- Torres et al., 2014). No tienen la capacidad de sintetizar todos los nutrientes necesarios para el desarrollo del metabolismo, por lo que adquieren nutrientes del floema (Ferriol et al., 2016).

2.11.2. Punta Morada de la Papa (PMP) (*Candidatus phytoplasma spp.*) *Candidatus Fitoplasma Aurentifolia 16SrII* y *Fitoplasma Asteris 16SrIF*

La PMP presenta el síntoma más visible del daño ocasionado por el psílido de la papa o llamado comúnmente paratrioza es el enrollamiento hacia adentro de las hojas nuevas, acompañado de amarillamiento general y manchas moradas en los bordes de las hojas más nuevas, también, se pueden observar tubérculos aéreos y acortamiento de los entrenudos (Rubio et al., 2013). Los tubérculos presentarán una coloración parda en su médula, visible cuando se hacen cortes transversales, transmitiendo la enfermedad también por semilla (Toledo, 2016).

2.11.3. Zebra Chip (*Candidatus Liberibacter solanacearum*)

Es considerada una enfermedad grave en papa, causada por la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum* y transmitida por el psílido *B. Cockerelli*. Los principales síntomas se asociación con el retraso en el crecimiento, entrenudos cortos, nudos hinchados, amarillos y hasta ocasionar la muerte en plantas afectadas (Vereijssen et al., 2020).

Se puede propagar mediante semillas infectadas, ya que no se transmite de planta a planta en campo si no hay vectores presentes. Los tubérculos infectados por la bacteria no logran desarrollar o lo hacen de manera deficiente (Siverio de la Rosa et al., 2019).

2.12. Tablas de vida

Una tabla de vida o tabla de mortalidad es un modelo teórico que describe la extinción de una cohorte hipotética o ficticia (Ortega, 1987). Con esto, se puede determinan las probabilidades de sobrevivir o morir a una edad exacta o entre edades, considerada, como la herramienta más completa para el análisis de la mortalidad de una población en un momento dado.

Las tablas de vida permiten la cuantificación de las fuentes y las tasas de mortalidad en las poblaciones de insectos y contribuyen a comprender, predecir y manipular la dinámica de la población en los agroecosistemas. Se presentan métodos de realización y análisis de tablas de vida de cohorte basado en el campo para un insecto con estadios inmaduros sésiles (Naranjo & Ellsworth, 2017).

Existen fundamentos para la creación de tablas de vida, las cuales son:

- Modelo teórico que describe numéricamente el proceso de extinción por muerte de un grupo inicial, generalmente en recién nacidos.
- Ley de extinción, la cual corresponde a la mortalidad experimentada por la población en un periodo de tiempo específico, por lo general es corto, un año.
- La mortalidad se plantea en función de la edad y los patrones se consideran constantes en tiempo (Martínez, 2015).

Las tablas de vida son un análisis transversal debido a que se basa en un patrón de mortalidad sobre la población en estudio (Ortega, 1987).

2.13. Características de una tabla de vida

Las tablas de vida nos permiten:

- Describir comportamiento de mortalidad por edades y hacer comparaciones por sexo (longevidad).
- Realizar análisis demográficos, obteniendo probabilidades de mortalidad que son las más apropiadas, calculando la esperanza de vida en diferentes edades o grupos.
- Obtener un modelo teórico de la población, manteniendo constantes el tiempo, mortalidad y natalidad.
- Efectuar aplicaciones para control de la población (Martínez, 2015).

2.14. MARCO LEGAL

La presente investigación se encuentra inmersa en las leyes y artículos que rigen al Estado Ecuatoriano. Así por ejemplo en el Art. 14 de la Constitución de la república del Ecuador se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Además, en el inciso 2 del Art. 400 menciona que se declara de interés público la conservación de la biodiversidad y todos sus componentes, en particular la biodiversidad agrícola y silvestre y el patrimonio genético del país (Asamblea Nacional Constituyente, (2008).

Y lo mencionado en el artículo 21 de la Ley Orgánica de Sanidad Agropecuaria del 3 de julio del 2017, el control fitosanitario es responsabilidad de la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario (AGROCALIDAD), tiene por finalidad prevenir y controlar el ingreso, establecimiento y la diseminación de plagas que afecten a los vegetales, productos vegetales y artículos reglamentados que representen riesgo fitosanitario.

El control fitosanitario y sus medidas son de aplicación inmediata y obligatoria para las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, dedicadas a la producción, comercialización, importación y exportación de tales plantas y productos (Nacional Asamblea, 2017).

Lo mencionado anteriormente valida la investigación realizada en el Centro Internacional de la Papa, donde se monitorea a *B. cockerelli* en cámaras de crecimiento Biobase, a diferentes temperaturas constantes y al ambiente con temperaturas fluctuantes, con lo cual se obtendrán 3 tablas de vida.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La presente investigación, se desarrolló en el Centro Internacional de la Papa (CIP) en los predios de la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP (Figura 4, Tabla 5).

Figura 4

Área de estudio, localización del Centro Internacional de la Papa.

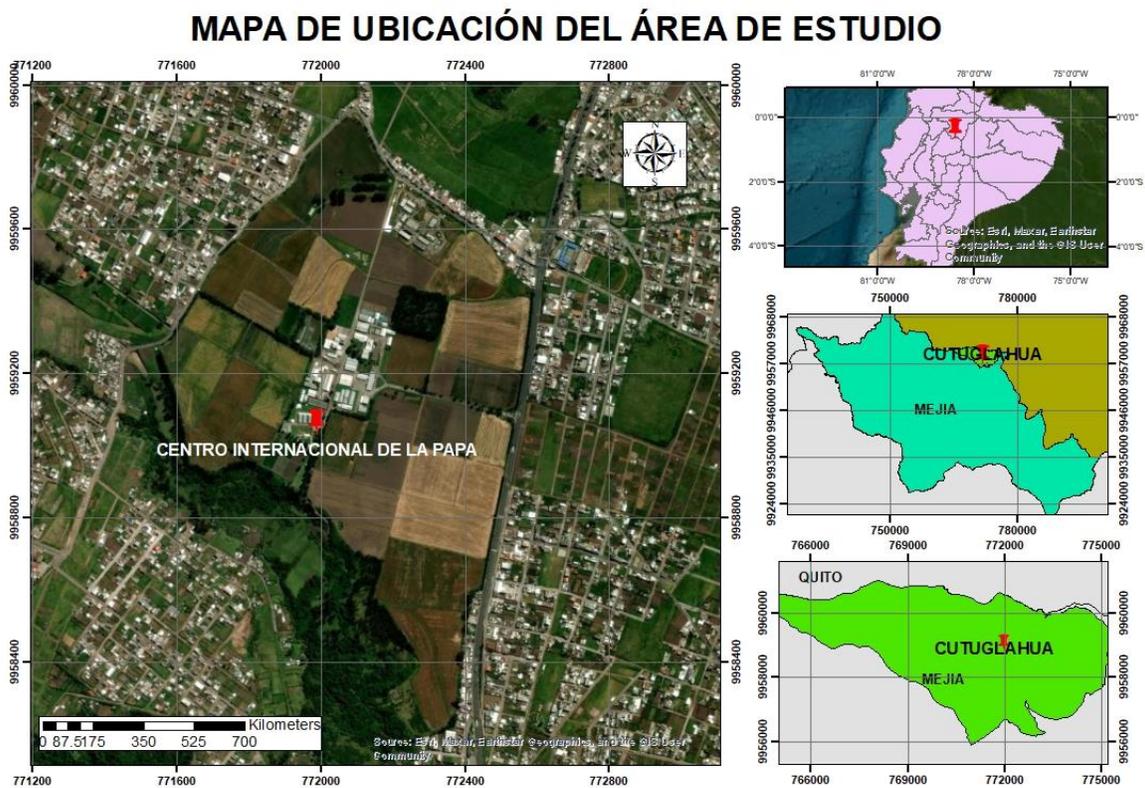


Tabla 5

Características del área de estudio.

Lugar	“Est. Exp. Santa Catalina INIAP” (CIP)
Provincia	Pichincha
Cantón	Mejía
Parroquia	Cutuglahua
Altitud	3058 m s.n.m.
Latitud	00° 22’ 12’ S.
Longitud	78° 33’ 23’ W.

3.2. MATERIALES

3.3. MÉTODOS

3.3.1. Factor en estudio

El factor de estudio en esta investigación fue la temperatura el cual influyo en el comportamiento del insecto durante su desarrollo de su ciclo de vida.

3.3.2. Tratamientos

Los tratamientos fueron cada uno de los experimentos expuestos a de diferentes temperaturas constantes los cuales fueron controlados en las cámaras de crecimiento y fluctuantes bajo condiciones de invernadero (Tabla 6).

Tabla 6*Tratamientos para la obtención de tabla de vida de B. cockerelli*

Tratamientos	Descripción	Código
Temperatura 1	5° C– 12 horas luz/12 horas oscuridad	T1
Temperatura 2	25° C –12 horas luz/12 horas oscuridad	T2
Temperatura 3	30° C –12 horas luz/12 horas oscuridad	T3
Temperatura Fluctuante 1		TF1
Temperatura Fluctuante 2		TF2

3.3.3. Diseño experimental

Para la presente investigación se utilizó un diseño en bloques completos al azar (DCA) con tres (3) bloques (Figura 15).

El modelo aditivo lineal para un Diseño completamente al azar (DCA) será:

$$Y_{ik} = \mu + T_i + e_{ik} \quad i = 1, \dots, p \quad k = 1, \dots, b$$

Dónde:

Y_{ik} es el resultado obtenido según la variable fenológica a evaluar según el i -ésimo nivel del tratamiento y la k -ésima repetición.

m es el efecto de la media general.

T_i es el efecto de la i -ésima temperatura (5, 25 y 30°C y temperaturas Fluctuantes).

e_{ijk} es error experimental en el i -ésimo tipo de trampa y la k -ésima repetición.

$p=3$ es el número de temperaturas evaluadas.

$b=3$ es el número de repeticiones.

Figura 5*Diseño experimental*

R3	65-66	71-72	77-78	83-84	89-90	Temperatura 1 (5° C)
	63-64	69-70	75-76	81-82	87-88	
	61-62	67-68	73-74	79-80	85-86	
R2	35-36	41-42	47-48	53-54	59-60	
	33-34	39-40	45-46	51-52	57-58	
	31-32	37-38	43-44	49-50	55-56	
R1	5-6	11-12	17-18	23-24	29-30	
	3-4	9-10	15-16	21-22	27-28	
	1-2	7-8	13-14	19-20	25-26	
Cuarto Frío						

R3	65-66	71-72	77-78	83-84	89-90	Temperatura 2 (25° C)
	63-64	69-70	75-76	81-82	87-88	
	61-62	67-68	73-74	79-80	85-86	
R2	35-36	41-42	47-48	53-54	59-60	
	33-34	39-40	45-46	51-52	57-58	
	31-32	37-38	43-44	49-50	55-56	
R1	5-6	11-12	17-18	23-24	29-30	
	3-4	9-10	15-16	21-22	27-28	
	1-2	7-8	13-14	19-20	25-26	

Cámara de Crecimiento 1

R3	65-66	71-72	77-78	83-84	89-90	Temperatura 3 (30° C)
	63-64	69-70	75-76	81-82	87-88	
	61-62	67-68	73-74	79-80	85-86	
R2	35-36	41-42	47-48	53-54	59-60	
	33-34	39-40	45-46	51-52	57-58	
	31-32	37-38	43-44	49-50	55-56	
R1	5-6	11-12	17-18	23-24	29-30	
	3-4	9-10	15-16	21-22	27-28	
	1-2	7-8	13-14	19-20	25-26	

Cámara de Crecimiento 2

R3	65-66	71-72	77-78	83-84	89-90	Temperatura Fluctuante 1
	63-64	69-70	75-76	81-82	87-88	
	61-62	67-68	73-74	79-80	85-86	
R2	35-36	41-42	47-48	53-54	59-60	
	33-34	39-40	45-46	51-52	57-58	
	31-32	37-38	43-44	49-50	55-56	
R1	5-6	11-12	17-18	23-24	29-30	
	3-4	9-10	15-16	21-22	27-28	
	1-2	7-8	13-14	19-20	25-26	

Invernadero						
R3	65-66	71-72	77-78	83-84	89-90	Temperatura Fluctuante 2
	63-64	69-70	75-76	81-82	87-88	
	61-62	67-68	73-74	79-80	85-86	
R2	35-36	41-42	47-48	53-54	59-60	
	33-34	39-40	45-46	51-52	57-58	
	31-32	37-38	43-44	49-50	55-56	
R1	5-6	11-12	17-18	23-24	29-30	
	3-4	9-10	15-16	21-22	27-28	
	1-2	7-8	13-14	19-20	25-26	
Invernadero						

3.3.3.1. Características del experimento

El experimento consistió en un diseño en bloques completos al azar con 15 esquejes de papa con dos individuos de *B. cockerelli* por repetición, de las cuales se usaron 45 esquejes en cada temperatura con 3 repeticiones (Tabla 7).

Tabla 7

Peculiaridades que presenta el experimento

Número de unidades experimentales	90
Número de unidades por repetición	30
Número de repeticiones	3

3.3.3.2. Características de la unidad experimental

En la Tabla 8 se presenta las características de las unidades experimentales, las cuales estuvieron constituidas por 30 individuos de *B. cockerelli*, dos individuos por esqueje de papa, Diariamente se evaluó a cada individuo, durante su ciclo de vida. Cada unidad experimental fue 1 individuo de *B. cockerelli* en sus diferentes etapas fenológicas.

Tabla 8

Características de la unidad experimental

Número de esquejes totales a evaluar	45
Número de individuos por tratamiento	90
Número de individuos por repetición	30
Número de repeticiones por tratamiento	3

3.3.4. Análisis estadístico.

Para el análisis estadístico se utilizó el programa estadístico R 4.3.1 (R Core Team, 2023).

3.4. MANEJO DEL EXPERIMENTO

3.4.1. Preparación del material vegetal.

Fase I, preparación de sustrato y siembra. – Se inició con la obtención de semillas con brotes, se colocó los tubérculos de papa en jabs plásticas y se cubrió con plástico negro para acelerar la brotación, cuando empezaron a salir los brotes se colocó las semillas en un ambiente con luz difusa para obtener brotes vigorosos (Figura 6).

Figura 6

Semilla con más de 2 brotes.



Para la obtención de las plantas de papa var. Libertad, se sembró tubérculos en macetas de plástico de 5 litros de capacidad utilizando un sustrato (cascajo, tierra de zanja y humus), se sembró un tubérculo que presentó más de dos brotes, en caso de semillas que presentó un solo brote se colocó dos tubérculos por maceta. Hasta la emergencia de las semillas, se mantuvo las macetas en invernadero sin sacar esquejes (Figura 7).

Figura 7

Plantas de papa (*S. tuberosum*) Var. INIAP CIP LIBERTAD.



Fase II, obtención de esquejes para la instalación de tablas de vida. – Cuando las plantas crecieron y tuvieron hojas bien formadas y aún las plantas estuvieron jóvenes, con la ayuda de un bisturí se cortaron los esquejes con 2 peciolo y al menos 4 foliolos por peciolo. Cada esqueje midió aproximadamente 15 cm. En cada corte se desinfectó el bisturí para evitar contaminación con enfermedades transmitidas por contacto. Los esquejes se colocaron en viales con agua destilada y se añadió hormonas de enraizamiento (Ácido indol 3 butírico) (Figura 8).

Figura 8

Esquejes de papa (*S. tuberosum*) Var. INIAP CIP LIBERTAD.



De una forma similar se hizo cortes de peciolo las cuales también se mantuvieron en viales con agua destilada, agregándoles también hormona de enraizamiento. Estos peciolo se utilizaron para el conteo del número de oviposuras diarias de cada hembra. (Figura 9).

Figura 9

Peciolo de planta de papa (*S. tuberosum*) Var. INIAP CIP LIBERTAD.



3.4.2. Metodología de la crianza para colonia masal de *B. cockerelli*.

Fase I, instalación de colonia masal. - Para la crianza de *B. cockerelli*, se utilizó como hospedante a plantas de papa, variedad Libertad, las cuales se mantuvo en jaulas de dos mangas (78 x 40 x 53 cm), ubicadas en un invernadero en el Centro Internacional de la Papa (CIP – Quito), a temperatura ambiente (Figura 10).

Figura 10

Jaula de dos mangas



Fase II, mantenimiento de la colonia masal. – Posterior a la infestación de adultos, se realizó el riego de las macetas pasando un día. Para mantener la colonia se agregó nuevas plantas de reemplazo de plantas muertas (Figura 11).

Figura 11

Colonia masal de *B. cockerelli* en jaula de dos mangas.



Cada 3 meses se realizó una limpieza de las jaulas, la cual consiste en:

- Se colectó la mayor cantidad de adultos de *B. cockerelli* posibles
- Se retiro y se desechó el material vegetal en mal estado

- Se realizó una desinfección con detergente en polvo y cloro
- Se dejó secar en sombra para evitar daño de la caja de 2 mangas
- Después del secado se procedió a colocar plantas sanas (papa variedad INIAP - CIP Libertad)
- Los adultos colectados anteriormente se los regresó a la jaula de dos mangas
- Se espero alrededor de un mes para tener una gran cantidad de adultos para la instalación de una nueva tabla de vida

Figura 12

Jaula de dos mangas con colonia madre de *B. cockerelli*



Figura 13

Limpieza de jaulas de dos mangas



Figura 14

Secado al aire libre de las jaulas de dos mangas



De igual manera para la colecta de los adultos para las instalaciones de tablas de vida, se ingresó al invernadero con un mandil de color blanco y mascarilla para evitar la propagación del psílido.

Las limpiezas de las jaulas se realizaron para evitar el crecimiento de hongos debido al exceso de excretas del psílido que puede quedar en la base de las jaulas generando una mayor humedad, de igual manera para poder tener una cantidad manejable de adultos dentro de las jaulas y evitar que las plantas padezcan después de la infestación de los adultos.

3.4.3. Colecta de adultos de *B. cockerelli*

Fase I, colecta de adultos para colonia madre. - Los adultos de *B. cockerelli* fueron colectados de la colonia masal ubicada en uno de los invernaderos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en el cantón Quito, en plantas de papá cultivadas en macetas. Cada adulto se lo obtuvo con la ayuda de un aspirador entomológico y se colocó en pequeños tubos de plástico para posteriormente trasladarlos hacia las jaulas de crianza de dos mangas, ubicadas en el Centro Internacional de la Papa (CIP), a pocos metros de donde fueron colectados.

Figura 15

Obtención de adultos para la instalación de tablas de vida



3.4.4. Instalación de tablas de vida

Fase I, colecta de adultos. - Con la ayuda de una cápsula de gelatina, se colectaron 4 adultos de *B. cockerelli* de la colonia masal, los adultos de cada cápsula fueron expuestos en un esqueje de papa conformado por 2 peciolos, estos luego fueron tapados con un vaso de plástico de 1L transparente y sellados por 24h, para obtener huevecillos de una misma edad (Figura 16).

Figura 16

Adultos colectados en cápsulas de gelatina



Fase II, observación de oviposturas en esquejes. – Luego de 24h de exponer los adultos en el esqueje, estos fueron retirados de las hojas con la ayuda de un aspirador entomológico, los huevos fueron cuantificados dejando solo 2 huevos por vial marcándolo y enumerándolos, se realizó el mismo procedimiento a todos los viales requeridos (45) hasta llegar a 90 huevecillos por temperatura (Figura 17).

Figura 17

Observación y evidencia de adultos a las 24 horas de infestación



Fase III, colocación en área de estudio. – Finalmente, fueron llevados a las cámaras de crecimiento las cuales se mantuvieron a temperatura constante durante el ciclo de vida de los insectos. En cada temperatura se evaluó el ciclo de vida de 90 huevos de *B. cockerelli*, teniendo 3 repeticiones de 10 individuos por cada repetición o por tratamiento. Las evaluaciones durante su ciclo de desarrollo, supervivencia y fecundidad fueron diarios y se las realizaron con la ayuda del estereoscopio.

Los 90 huevos fueron ubicados en cámaras de crecimiento a temperaturas constante 5, 25 y 30 ° C con un fotoperiodo de 12 horas luz y 12 horas oscuridad durante todo el ciclo de vida del insecto en cada temperatura.

Figura 18

Esquejes dentro de la cámara de crecimiento



Para las tablas de vida fluctuantes en invernadero, la metodología fue la misma que se desarrolló a temperaturas constantes, pero los esquejes con los insectos fueron colocados en el invernadero del CIP. El fotoperiodo fue de acuerdo con las horas luz que se presentan en el sector al igual que la temperatura, y fueron colectados usando un sensor de temperatura y Humedad relativa (HOBO) (Figura 19).

Figura 19

Tabla de vida Fluctuante instalada en invernadero del CIP.



3.4.5. Metodología para la elaboración de tablas de vida de *B. cockerelli*.

Fase 1, registro de cada etapa del ciclo de vida. –Luego de las 24h de exposición y luego de seleccionar los huevo a evaluar diariamente se contabilizo el tiempo de desarrollo de cada individuo, las evaluaciones fueron observados con ayuda de un estereoscopio para asegurar su presencia y registrar su etapa de ciclo de vida, al terminal el periodo de incubación y eclosión los huevecillos, se inició la contabilización del desarrollo del estado ninfal evidenciando y registrando cada cambio de este estado determinando la duración de cada estadio ninfal en cada temperatura que fueron expuestos (Figura 20).

Figura 20

Observación y registro diario de *B. cockerelli*.



Fase II, sexado y emparejado. - Al momento de terminar su etapa de estado ninfal y llegar a la etapa de adulto, cada individuo de *B. cockerelli* fue colectado y sexado, luego se juntó 1 macho y 1 hebra en el mismo vaso, regresándolos a la temperatura en estudio, por 24h, pasado ese periodo se colecto la pareja de adultos para luego contabilizar la cantidad de huevos que coloco 1 hembra por día. De esta manera se determinó la capacidad de ovoposición de cada hembra y se evaluó la longevidad de los adultos de ambos sexos.

Figura 21

Sexado y emparejado de adultos de *B. cockerelli*.



Fase III, conteo de ovipositoras diarias. - Durante el periodo de oviposición de cada hembra, las parejas de la misma edad fueron cambiadas de hojas diariamente para poder contabilizar los huevecillos colocados. Esto se realizó con la ayuda de un marcador indeleble y registrado hasta la muerte de la hembra. De esta manera se logró determinar la capacidad de oviposición, periodo pre-oviposición y post-oviposición de la hembra, al igual que su longevidad de la hembra y el macho.

Figura 22

Viales con hojas y presencia de ovipositoras de *B. cockerelli*.



Fase IV, Proporción sexual. – Los huevecillos por hembra que fueron colocados diariamente fue mantenido a la misma temperatura estudiada, al llegar a la etapa adulta se realizó el sexado, con esto se obtuvo el número de individuos machos y hembras que se obtienen de cada hembra.

Figura 23

Flujograma del ciclo de vida de *B. cockerelli*.

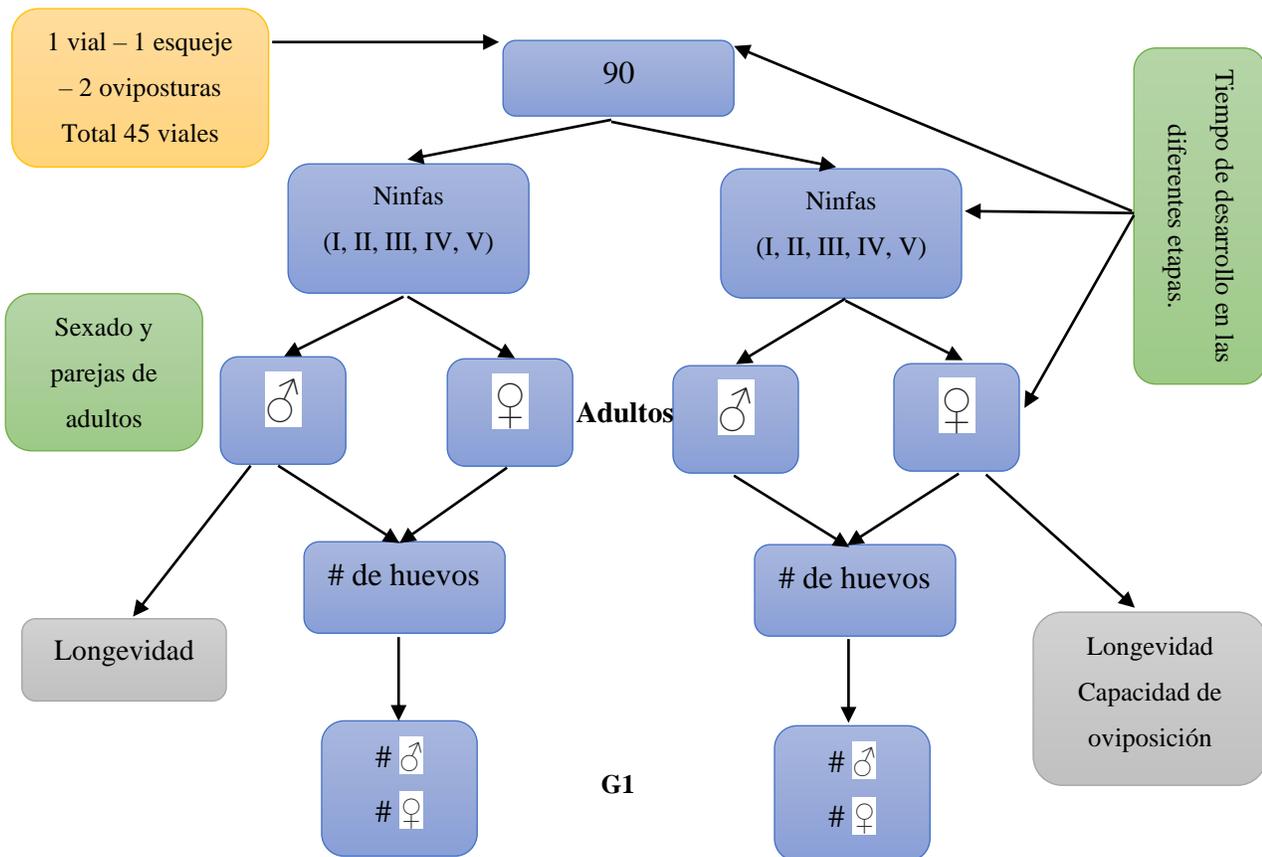
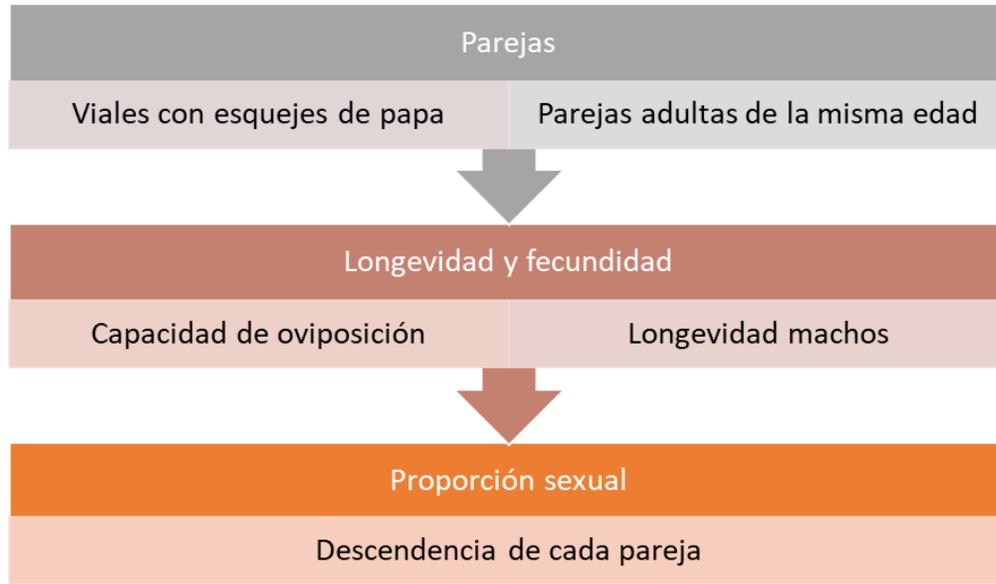


Figura 24

Proyecto con visión a ciclo de vida de *B. cockerelli*.



3.4.6. Seteo y registro de datos de temperatura para tablas de vida.

Fase I, seteo de Biotrones. Para instalar los ensayos de las tablas de vida a temperatura constante las cámaras de crianza fueron programadas a temperaturas constantes (5, 25 y 30 ° C), se realizó una prueba del correcto funcionamiento durante una semana.

Figura 25

Condiciones controladas en cámaras de crecimiento.



Cada cámara de crianza fue programada con anterioridad al inicio de cada temperatura constante (5, 25 y 30 ° C) y un fotoperiodo de 12 horas luz y 12 horas oscuridad, las cuales se mantuvieron durante cada tratamiento hasta finalizar el ciclo de vida del insecto.

Fase II, registro de temperatura. – Para obtener los datos reales de las condiciones climáticas dentro de las cámaras de crecimiento, se colocaron sensores de temperatura llamado HOBOS, los cuales tomaron datos de temperatura, humedad y luz cada hora durante todo el ciclo de vida de *B. cockerelli*, los datos se los se descargaron cuando se requirieron con la ayuda de la aplicación HOBOWare (Figura 32). Los HOBOS también se los coloco dentro del invernadero para la obtención de datos a temperatura fluctuante.

3.4.7. Análisis de datos y tablas de vida de *B. cockerelli*.

Se realizo un análisis de varianza y comparación de medias utilizando el programa estadístico R versión 4.3.1 (R Core Team, 2023) donde se obtuvo la descripción del efecto de la temperatura en la población de *B. cockerelli*. Obteniendo datos del tiempo de desarrollo, mortalidad de los estados inmaduros, oviposición, y longevidad del adulto.

Los datos para cada tabla de vida (3 tablas de vida, 1 por cada temperatura) se organizó en una hoja de cálculo ordinaria (Excel), en donde: Cada etapa de vida se trazó en una columna (número de columnas = n) de igual manera se registró cada tiempo de evaluación (se indicó como “E” = huevo, “L” = larva y “A” = adulto), manteniendo un intervalo constante durante todo el experimento.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se muestran los resultados de las variables que se obtuvo durante la experimentación llevada en laboratorio sobre las tablas de vida de *B. cockerelli* a temperaturas controladas y fluctuantes.

4.1. Efecto de la temperatura sobre el ciclo de vida de *B. cockerelli* en papa

Para este estudio se determinó el efecto de la temperatura (5, 25 y 30° C) en el tiempo de desarrollo de los estados del insecto, observamos que a temperatura extremas bajas el tiempo de desarrollo fue prolongado comparado con las temperaturas optima y máxima. Sin embargo, se observa que el tiempo de desarrollo a temperatura optima y temperatura máxima extrema, no existe una variación estadística al tener los tiempos de desarrollo similares (tabla 9), teniendo 5 días aproximadamente como tiempo de cambio entre fases. Lo cual no se logra apreciar en la tabla de vida de temperatura mínima extrema, donde su ciclo se alarga y varía dependiendo de su estado, como se puede apreciar un tiempo estimado de 51(± 1.289) días de permanencia en el estado de huevo.

Lo que se puede apreciar en la Tabla 9 es la diferencia en la tasa de mortalidad, teniendo un desarrollo completo a la temperatura optima 25°C, pero durante las temperaturas extremas evaluadas la tasa de mortalidad es más del 50% por cada etapa (hasta el estadio de ninfa 3 que llegaron en las dos evaluaciones) y dando por terminada la evaluación hasta el deceso del último individuo.

Los días de duración de cada estadio ninfal I, II, III, IV y V tuvieron una duración de 4.029 (± 0.112), 3.58 (± 0.104), 2.82 (± 0.122), 2.34 (± 0.098) y 2.088 (± 0.107) días respectivamente, datos que son similares a los obtenidos por Falconez (2020), en donde a 20° C se registró una duración de 3.4 – 3.5 – 5.6 – 2.3 y 2.3 días respectivamente; teniendo una duración total de las ninfas de 28 días

4.1. Mortalidad y tiempo de vida de *B. cockerelli* durante cada estado de desarrollo a temperaturas constantes y fluctuantes.

Tabla 9

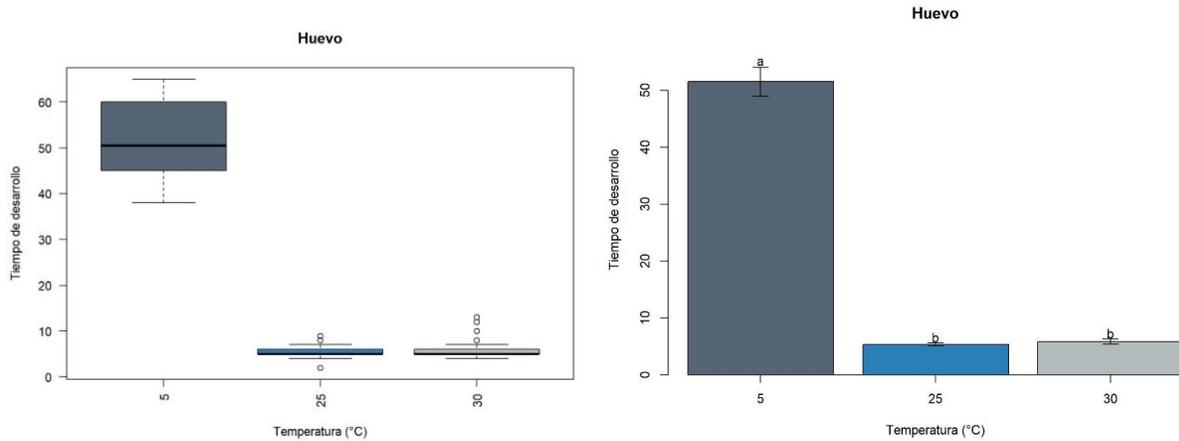
Tiempo de desarrollo y mortalidad para las etapas de vida de *B. cockerelli*

T(°C)	n	Huevo		Ninfa1		Ninfa2		Ninfa3		Ninfa4		Ninfa5	
		T.Desarrollo (días)	Mort. (%)	T.Desarrollo (días)	Mort. (%)	T.Desarrollo (días)	Mort. (%)	T.Desarrollo (días)	Mort. (%)	T.Desarrollo (días)	Mort. (%)	T.Desarrollo (días)	Mort. (%)
5	73	51.47 (±1.289) ^a A ^b	57.8	26.0 (±1.72)A	65.8	16.2 (±1.24)A	61.5	-	100	-	100	-	100
25	64	5.328 (±0.12)B	18.9	4.029 (±0.112)B	8.2	3.58 (±0.104)B	7.5	2.82 (±0.122)	1.6	2.34 (±0.098)	3.3	2.088 (±0.107)	1.7
30	38	5.828 (±0.232)B	28.9	4.571 (±0.571)B	89.1	4.5 (±1.5)B	71.4	-	100	-	100	-	100
Pv		<0.0000		<0.0000		<0.0000		-		-		-	

^a Los números entre paréntesis son errores estándar. ^b Las medias seguidas de letras diferentes en las mismas columnas son significativamente diferentes ($P < 0.05$; prueba de Tukey).

Figura 26

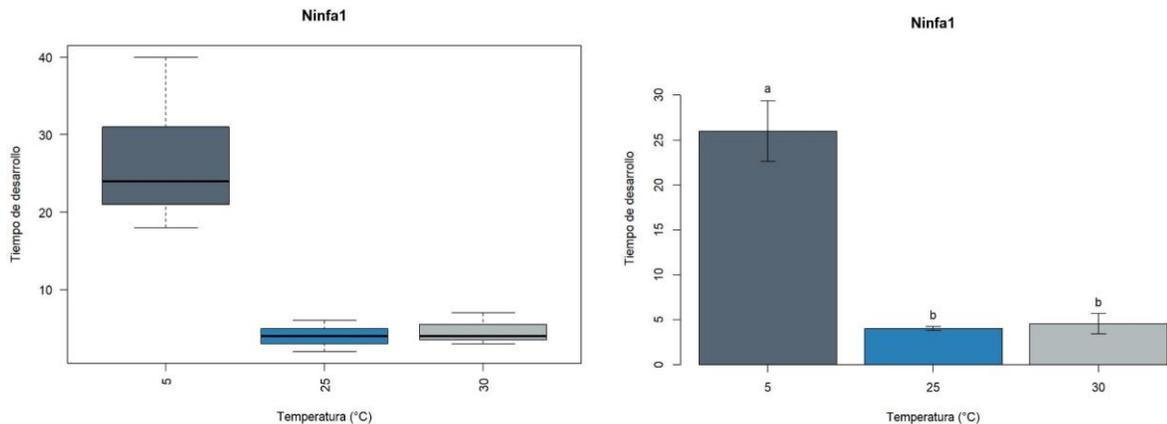
Tiempo de desarrollo para la etapa de huevo de *B. cockerelli* (con Tukey)



Como se mencionó anteriormente, los tiempos de desarrollo en huevo son estadísticamente iguales en la temperatura óptima (25°C) y la temperatura máxima extrema (30°C), con un tiempo estimado del estado de huevo de 5 días. El tiempo en huevo durante la temperatura mínima extrema se alarga hasta los 50 días aproximadamente, teniendo así un efecto negativo en su desarrollo.

Figura 27

Tiempo de desarrollo para la etapa de Ninfa 1 de *B. cockerelli* (con Tukey)

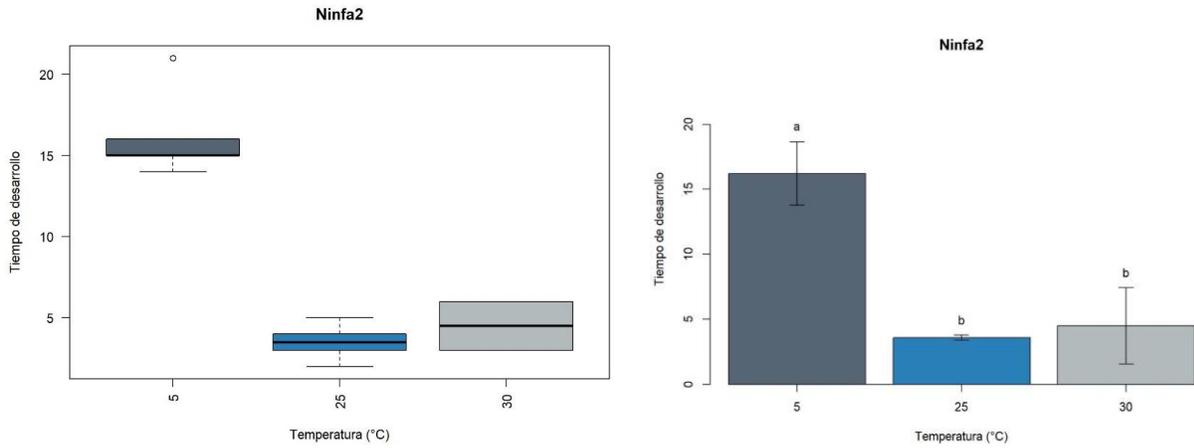


Al igual que en la fase previa (huevo), los tiempos de desarrollo se mantiene similar en la fase de ninfa 1 durante la evaluación a temperatura óptima y temperatura máxima extrema, teniendo 5 días aproximados de desarrollo durante esta etapa, lo que se puede resaltar es que el número de

días en la temperatura mínima extrema se alarga hasta los 25 días. De igual manera, cabe resaltar que el número de individuos entre cada evaluación varía, teniendo una gran tasa de mortalidad a temperaturas extremas.

Figura 28

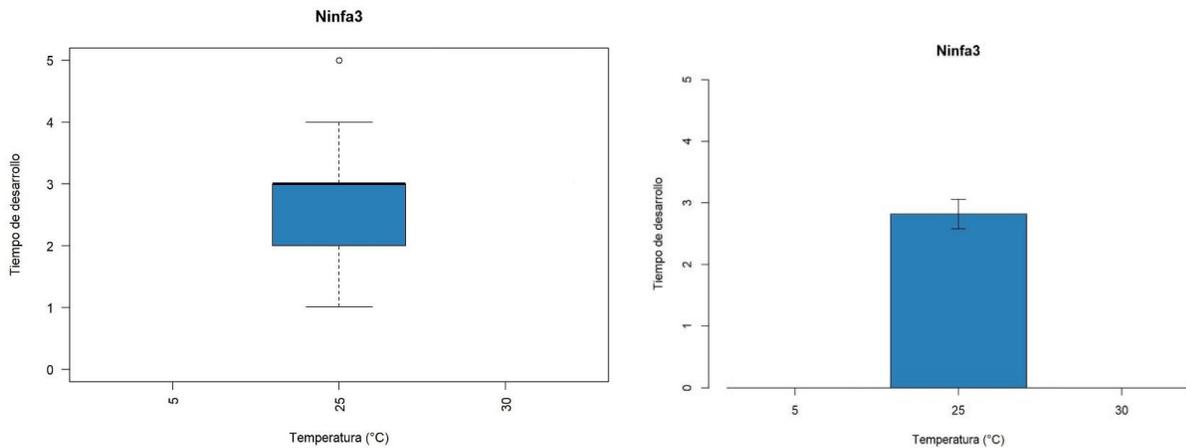
Tiempo de desarrollo para la etapa de Ninfa 2 de *B. cockerelli* (con Tukey)



Hasta su estadio ninfal 2 se puede realizar una evaluación y comparación entre las 3 tablas de vida, esto debido a que se tiene los datos de individuos que pudieron alcanzar su estadio ninfal 3 pero no pudieron pasar a su siguiente etapa. Los días de desarrollo se mantienen iguales que los dos anteriores estados, de igual manera su desarrollo a los 5°C se encuentra ralentizado su ciclo.

Figura 29

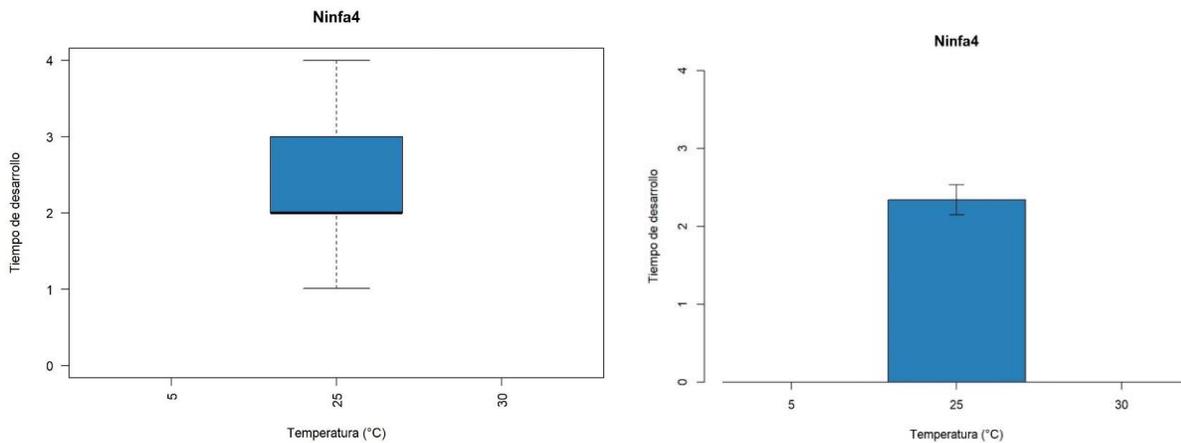
Tiempo de desarrollo para la etapa de Ninfa 3 de *B. cockerelli* (con Tukey)



Para el estadio ninfal 3, no se toma en cuenta el número de individuos que sobrevivieron hasta este estado en las temperaturas extremas debido a que no pudieron pasar a su siguiente etapa. Es por esto que solo se toma en cuenta los días de desarrollo a 25°C, teniendo un estimado de 3 días para pasar a su siguiente ciclo, de igual manera como se ve existe una desviación estándar de ± 0.12 días, teniendo el mayor número de individuos que cambian de fase a los 3 días.

Figura 30

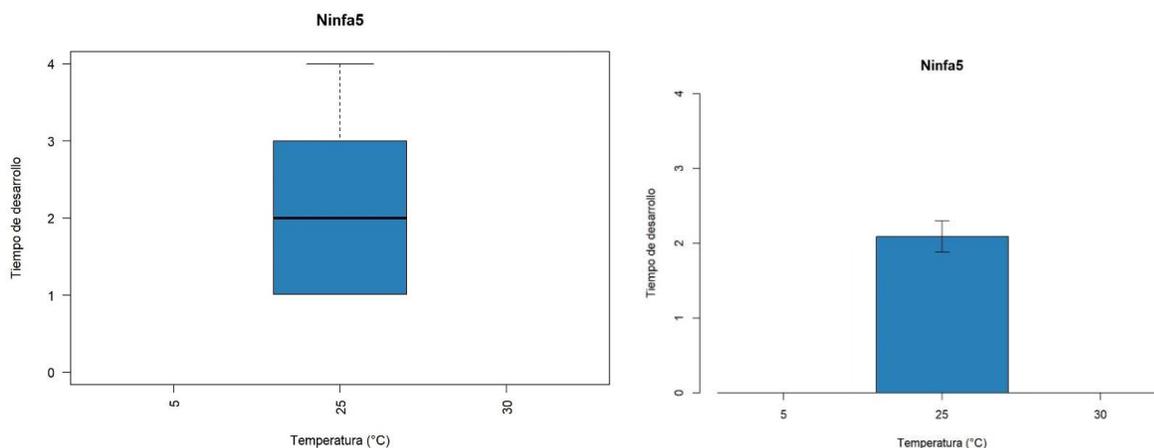
Tiempo de desarrollo para la etapa de Ninfa 4 de *B. cockerelli* (con Tukey)



Durante sus últimos estadios ninfales, se ha podido observar como los días de desarrollo disminuyen hasta los 2.5 días en promedio de los individuos evaluados, teniendo un mayor número de individuos que cambian a su último estadio ninfal a los 2 días.

Figura 31

Tiempo de desarrollo para la etapa de Ninfa 5 de *B. cockerelli* (con Tukey)



En su último estadio ninfal se puede apreciar como los individuos evaluados pasan a su etapa adulta a los 3 días de haber llegado a su etapa de ninfa 5.

Tabla 10

Ciclo de vida fluctuante para B. cockerelli

	Huevo		Ninfa1		Ninfa2		Ninfa3		Ninfa4		Ninfa5		
	T.Desarrollo (días)	Mort. (%)	T.Desarrollo (días)	M ort. (%)	T.Desarroll o (días)	Mo rt. (%)	T.Desarroll o (días)	Mo rt. (%)	T.Desarroll o (días)	Mo rt. (%)	T.Desarroll o (días)	M ort. (%)	
Cic lo 1	9	8.477(±0.19)	51.1	4.22(±0.156)	20.	6.64(±0.225)	17.	5.92(±0.192)	9.7	5.48(±0.193)	10.	9.95(±0.366)	40
Cic lo 2	9	13.51(±0.30)	17.6	5.692(±0.19)	7.1	6.392(±0.21)	1.9	8.082(±0.22)	3.9	6.851(±0.17)	4.1	5.048(±0.11)	50.
25° C	6	5.328	18.9	4.029	8.2	3.58	7.5	2.82	1.6	2.34	3.3	2.088	1.7
	4	(±0.12)C		(±0.112)B		(±0.104)B		(±0.122)C		(±0.098)C		(±0.107)C	

^a Los números entre paréntesis son errores estándar. ^b Las medias seguidas de letras diferentes en las mismas columnas son significativamente diferentes ($P < 0.05$; prueba de Tukey).

Se pudo obtener una evaluación completa durante los ciclos fluctuantes instalados en el invernadero junto a la colonia madre. Se puede evidenciar que los tiempos de desarrollo de las dos tablas de vida se mantienen similares, es por esto que no existe una diferencia estadística que se pueda resaltar.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Falconez (2020), en cuanto a los tiempos de desarrollo en las diferentes etapas del ciclo de vida a temperaturas superiores a los 21°C. De igual manera, se puede relacionar el tiempo de desarrollo con la humedad relativa en las temperaturas fluctuantes, como lo mencionado por Hernández (2018) el cual manifiesta que para un óptimo desarrollo de la especie *B. cockerelli* debe tener un porcentaje de humedad relativa estable, es decir se tiene que controlar la cantidad de agua, vapor que se encuentran presentes en el lugar donde se realice la investigación, adaptación, que puedan generar alteraciones en la cría masiva de esta especie. Es por esto que, a pesar de tener temperaturas similares en cuanto a temperatura, la fluctuación de humedad relativa tiene un gran impacto en el desarrollo de *B. cockerelli*.

4.2. Tiempo de desarrollo de *B. cockerelli* durante cada estado de desarrollo a temperaturas constantes y fluctuantes.

Tabla 11

Comparación de tiempos de desarrollo entre temperaturas constantes y fluctuantes.

<i>Estadio</i>	<i>5°C</i>	<i>25°C</i>	<i>30°C</i>	<i>Fluctuante 1</i>	<i>Fluctuante 2</i>
<i>Huevo</i>	51.47 ± 1.29 a A b	5.33 ± 0.12 B	5.83 ± 0.23 B	8.48 ± 0.19 a B b	13.51 ± 0.3 A
<i>Ninfa1</i>	26 ± 1.72 A	4.03 ± 0.11 B	4.57 ± 0.57 B	4.22 ± 0.16 B	5.69 ± 0.2 A
<i>Ninfa2</i>	16.2 ± 1.24 A	3.58 ± 0.1 B	4.5 ± 1.5 B	6.64 ± 0.23 A	6.39 ± 0.21 A
<i>Ninfa3</i>	-	2.82 ± 0.12	-	5.92 ± 0.19 B	8.08 ± 0.22 A
<i>Ninfa4</i>	-	2.34 ± 0.1	-	5.48 ± 0.19 B	6.85 ± 0.17 A
<i>Ninfa5</i>	-	2.09 ± 0.11	-	9.95 ± 0.37 A	5.05 ± 0.11 B
<i>Huevo-Adulto</i>	-	20.19 ± 0.29	-	40.69 ± 0.75	45.58 ± 0.76

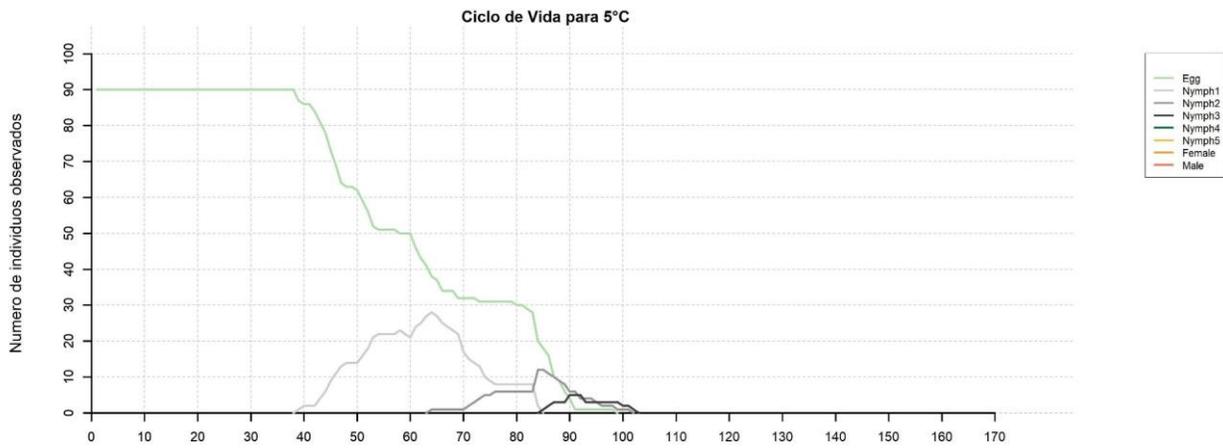
a Los números al costado de “±” son errores estándar. b Las letras son los grupos evaluados con las pruebas de comparaciones múltiples ($P < 0.05$; prueba de Tukey).

El tiempo de desarrollo desde el estado huevo hasta adulto es estadísticamente diferente (Tabla 11), se observa que a temperaturas extremas mínimas (5°C), se pudo evidenciar que los

individuos se desarrollaron hasta en tercer estadio ninfal no completando todo el estado ninfal, teniendo un efecto negativo en su desarrollo (Figura 32), observando que durante el desarrollo del estado de huevo, su ciclo se alargó hasta los 40 días donde observamos a los primeros individuos que pasan a su primer estadio ninfal (ralentización), comparado con las otras temperaturas constantes (25° C y 30° C), así mismo durante el tiempo desarrollo en el estado ninfal luego continuo su desarrollo pasando por el resto de estadios ninfales hasta la ninfal 3 observando el deceso del último individuo a los 103 días de instalada la tabla de vida.

Figura 32

Ciclo de vida de *B. cockerelli* a 5° C

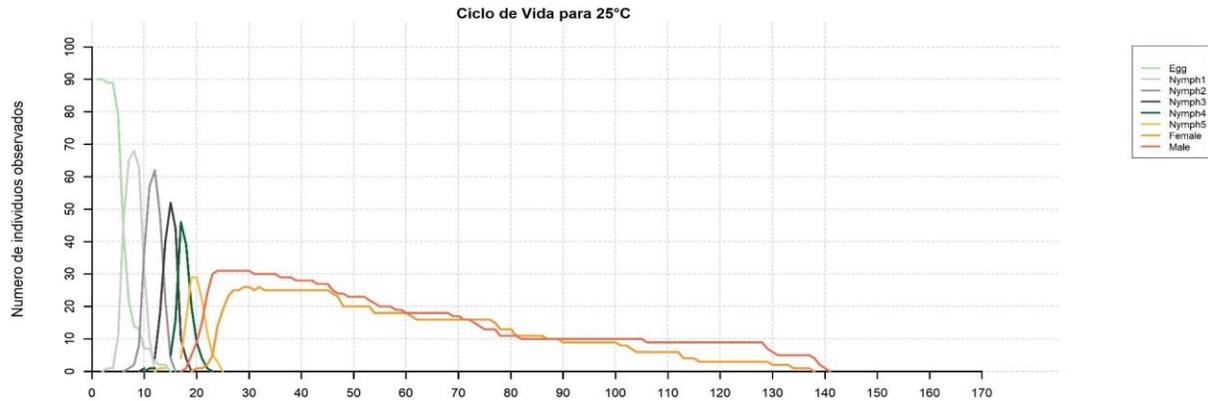


Nota: En la gráfica se indica el tiempo y número de individuos durante los 3 primeros estadios ninfales que sobrevivieron.

Durante el desarrollo de la tabla de vida a 25° C el insecto desarrollo todo el ciclo de vida de *B. cockerelli* (desde huevo hasta adulto), registrando el deceso del último adulto a los 141 días; cada individuo de *B. cockerelli* al llegar a su etapa adulta fue sexado y colocado en parejas dentro de la cámara de crecimiento para la evaluación del número de oviposaduras diaria de cada hembra (Figura 33).

Figura 33

Ciclo de vida de *B. cockerelli* a 25° C



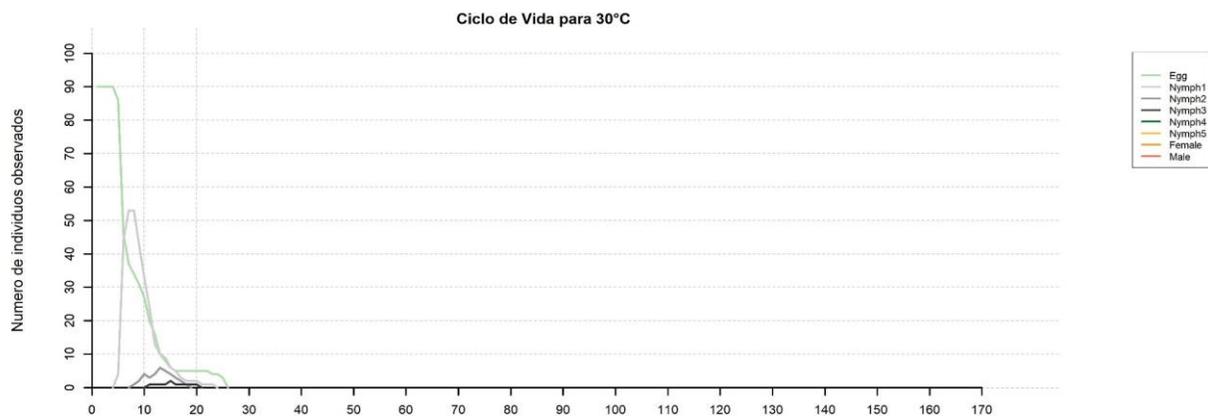
Nota: En la gráfica se indica el tiempo y número de individuos en cada etapa, donde se puede evidenciar el ciclo de desarrollo completo de los individuos.

Tabla de vida 30° C

En esta temperatura se observó un efecto también negativo en su desarrollo ya que fue a temperatura máxima extrema para el desarrollo del psílido durante su ciclo de vida, en este caso hubo aceleración de desarrollo en sus estados llegando hasta el tercer estadio ninfal los individuos evaluados, registrando el deceso del último individuo a los 26 días de instalada la tabla de vida (Figura 34). Al igual que en la temperatura mínima extrema, esta temperatura tuvo un impacto negativo en cuanto al tiempo de supervivencia al acortarse.

Figura 34

Ciclo de vida de *B. cockerelli* a 30° C



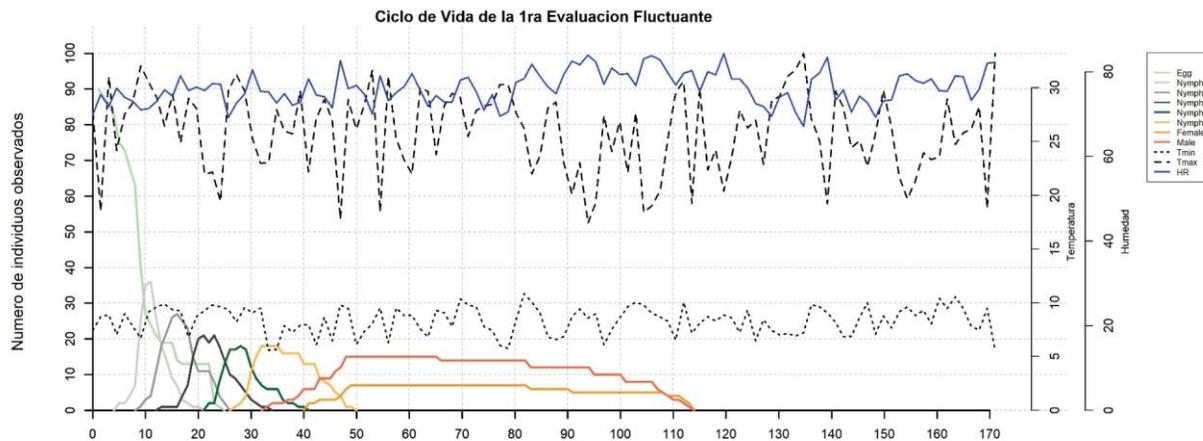
Nota: En la gráfica se indica el tiempo y número de individuos durante su ciclo de vida, que fue hasta el tercer estadio ninfal.

Tabla de vida Fluctuante 1:

La primera evaluación fluctuante, tuvo una duración de 114 días de instalada la tabla de vida (Figura 35). Se registró una temperatura máxima de 33,2 ° C y una temperatura mínima de 5,6 ° C, en cuanto a la humedad relativa oscila entre un mínimo de 25% y máximo de 91% en el invernadero del CIP. Observando que la etapa de desarrollo más sensible a la temperatura fue en la etapa de huevo teniendo una mortalidad de 50% comparado con el resto de las etapas de desarrollo.

Figura 35

Ciclo de vida de *B. cockerelli* en temperatura fluctuante 1ra evaluación



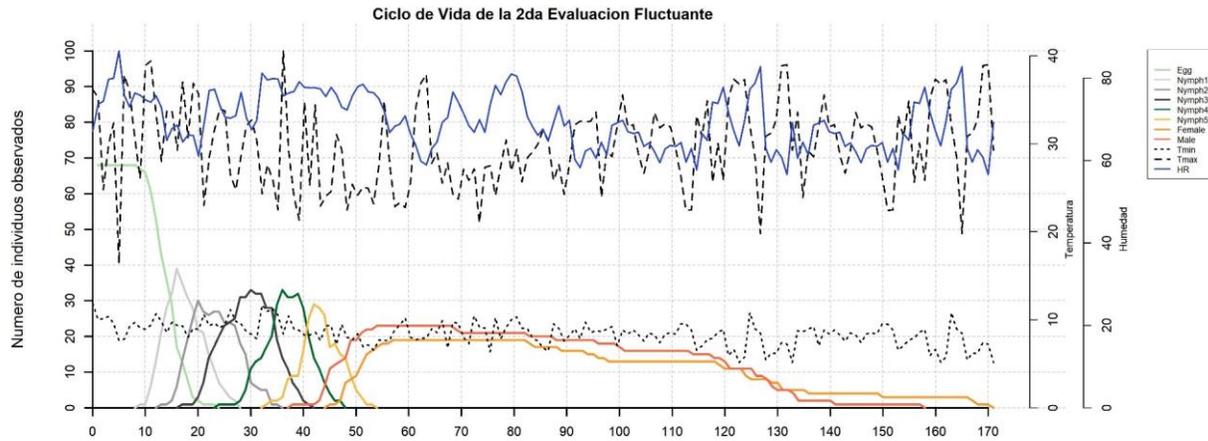
Nota: En la gráfica se indica el tiempo y número de individuos durante su ciclo de vida y su completo desarrollo, los datos registrados de temperatura y humedad máxima y mínima.

Tabla de vida Fluctuante 2:

En el segundo ciclo fluctuante, la duración de su ciclo de vida en promedio fue de 171 días de instalada la tabla de vida (Figura 36). Se registró la temperatura máxima de 40,1 ° C y una temperatura mínima de 5,2 ° C, en cuanto a la humedad relativa osciló entre un mínimo de 18% y máximo de 92% en el invernadero del CIP. Al igual que en la 1ra tabla fluctuante se observó en este caso que la etapa más sensible a los cambios de temperatura fue en la etapa ninfal, quizá en esa etapa las temperaturas fueron muy extremos (va a depender de las condiciones medioambientales que se encontraba expuesta).

Figura 36

Ciclo de vida de *B. cockerelli* a temperatura fluctuante 2da evaluación



Nota: En la gráfica se indica el tiempo y número de individuos durante su ciclo de vida y su completo desarrollo, los datos registrados de temperatura y humedad máxima y mínima.

Como menciona Swisher K.D., Sengoda V.G., Dixon W.E., *et al.*, (2021), el ciclo de vida de *B. cockerelli* varía su ciclo biológico en dependencia de la temperatura. Aunque el desarrollo óptimo ocurre aproximadamente a los 27°C y logra completar su ciclo en 25 días, la oviposición, eclosión y supervivencia se reducen a 32°C y cesan a 35°C (Buttler y Trumble, 2012).

De acuerdo con Yang (2010) el desarrollo de los estadios inmaduros se desarrolla precozmente en condiciones de laboratorio, a 26.7 °C reportan un promedio de 19.6 días, siendo resultados similares a la presente investigación, al observar el desarrollo completo a los 20.2 días a una temperatura constante de 25 °C; por su parte Abdullah (2008) registra un ciclo completo de 32.7 ± 2.76 días. A esta temperatura óptima se puede definir que, de acuerdo al cultivo, se proporciona un refugio y su ciclo de desarrollo es favorable (Yanchatipan, 2020).

En cuanto a temperaturas bajas, según Yang (2009) indica que probablemente a temperaturas alrededor de los 15 °C la eclosión es más eficaz sin embargo en estadio ninfal 1, no tendrán una probabilidad de vida favorable ya que necesitan temperaturas superiores a los 17 °C lo que se puede evidenciar en la tabla de vida de 5 °C, en donde el tiempo de desarrollo en huevo se alargó hasta los 40 días, teniendo la eclosión de la mayoría de huevos. Sin embargo, las ninfas con el pasar de los días morían y pocos llegaron hasta el tercer estadio ninfal, lo cual concuerda con

estudios realizados por List (1939) quien indica que las temperaturas extremas son factor crítico para el desarrollo de las poblaciones de este insecto.

Flores (2013) asegura que determinaron para *B. cockerelli* la temperatura mínima de desarrollo es de 7°C y confirmaron que temperaturas superiores a los 35°C afectan su desarrollo. En esta investigación se puede determinar que las temperaturas extremas máxima y mínima en laboratorio es de 5 y 30 °C, en los estudios realizados por Gutierrez (2022), en estado las temperaturas de 10 °C retrasan de 1 a 21 días y en cambio en temperaturas 15°C se anticipa 1 a 15 días. Jácome - Mogro et al., (2022) alega que la temperatura aumentada directamente, varía el tiempo de desarrollo ninfa.

4.3. Longevidad, capacidad de oviposición y proporción sexual de *B. cockerelli* evaluados a temperaturas constantes y fluctuantes.

Tabla 12

Análisis de la longevidad y oviposición para B. cockerelli

Temperatura (°C)	Tiempo de oviposición (días)	Fecundidad (huevos/hembra)	Longevidad del adulto (días)		Ratio sexual H:M
			Hembra	Macho	
Ciclo 1	52.57 (±4.64) ^a A ^b	1495.28 (±168.64)A	59.85 (±4.98)A	57.93 (±3.39)A	1.46:1
Ciclo 2	50 (±2.85)A	888.26 (±111.03)B	72.63 (±6.51)A	59.04 (±4.73)A	1.13:1
25°C	34.86 (±4.94)A	470.0 (±100.61)C	55.0 (±6.118)A	60.6 (±6.79)A	0.97:1

^a Los números entre paréntesis son errores estándar. ^b Las medias seguidas de letras diferentes en las mismas columnas son significativamente diferentes ($P < 0.05$; prueba de Tukey).

Se puede apreciar como los adultos machos de *B. cockerelli* pueden sobrevivir durante más tiempo a una temperatura óptima, cabe resaltar que el número de adultos hembras que sobrevivieron hasta el final de la evaluación fue mayor al de los machos. Como se puede apreciar en la Tabla 10, las hembras son capaces de poner hasta 500 huevos durante su ciclo de vida reproductivo.

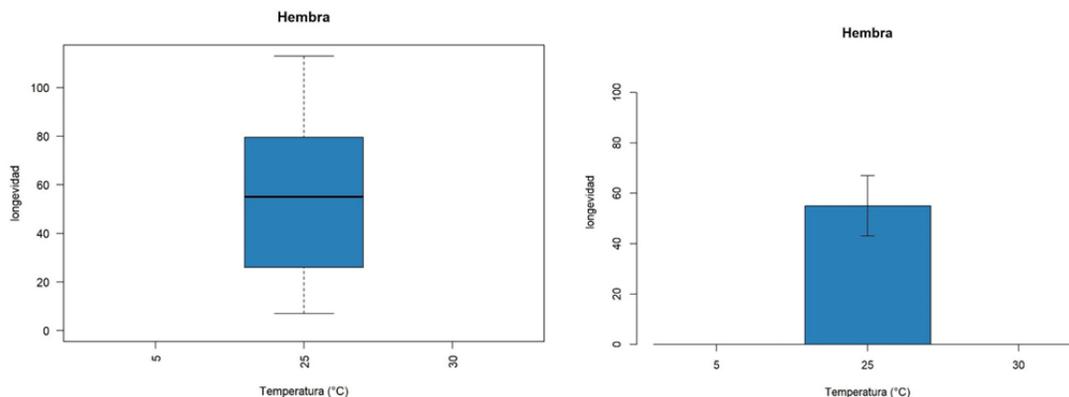
Capinera (2001) argumenta que el rango óptimo de temperatura es de 21-27°C, temperatura arriba de 32°C es perjudicial para *B. cockerelli* porque reduce la puesta de huevos y la eclosión, 27 °C es la temperatura óptima para el psílido (Cranshaw, 2001). Esto se lo puede corroborar con los datos obtenidos, al obtener una gran cantidad de oviposturas por individuo durante los ciclos fluctuantes y un mayor tiempo de oviposición en cuanto a una temperatura constante.

En cuanto a la proporción sexual, se puede apreciar en la Tabla 11 que existe un mayor número de hembras que machos en temperaturas fluctuantes con un ratio sexual hembras: machos de 1.46:1 (59.24% de hembras en el primer ciclo) y 1.13:1 (52.98% de hembras en el segundo ciclo), en cuanto a la temperatura constante se tiene el registro de un mayor número de machos con un ratio sexual 0.97:1 hembras: machos (49.09% de hembras), estos datos son similares a los obtenidos por Toledo (2019) presentando una proporción sexual de 1:1.1 hembras: machos, representando el 48% de hembras, del total de especímenes capturados. En otros estudios reportan la proporción sexual 45.5% en campo ubicado en Texas, USA y 48% en condiciones de laboratorio, con temperaturas promedio de 22.8 °C en campo y 26.7 °C en condiciones de laboratorio (Yang, Zhang, Hua, & Liu, 2010).

Marín (2003) menciona que un insecto en cautiverio trata de preservar su especie por lo tanto que debe existir una mayor producción de hembras para que no se pierda la especie. Por lo tanto, como podemos observar en la temperatura constante existe mayor reproducción de hembras que machos.

Figura 37

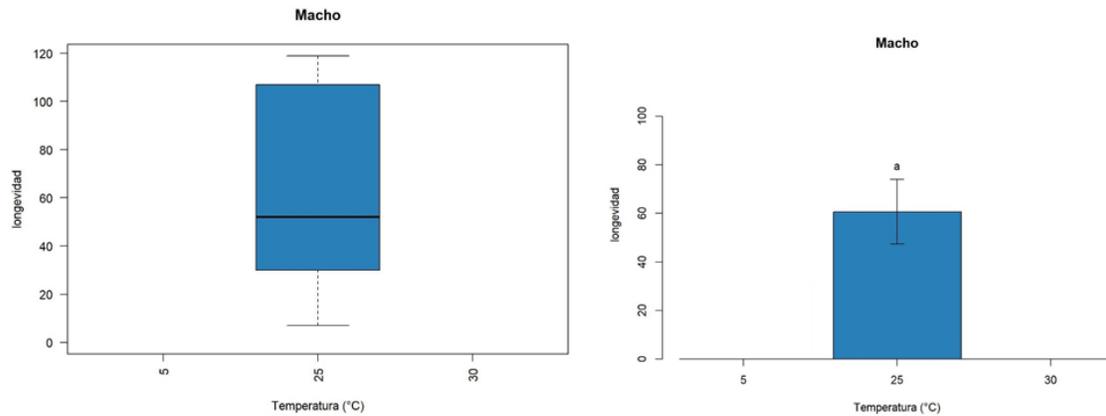
Longevidad de los adultos hembras para *B. cockerelli*



En la Figura 37, se puede apreciar como existe un mayor número de individuos hembras de *B. cockerelli* que pudieron sobrevivir hasta los 55 días aproximadamente con un error estandar de (± 6.118).

Figura 38

Longevidad de los adultos machos para *B. cockerelli*

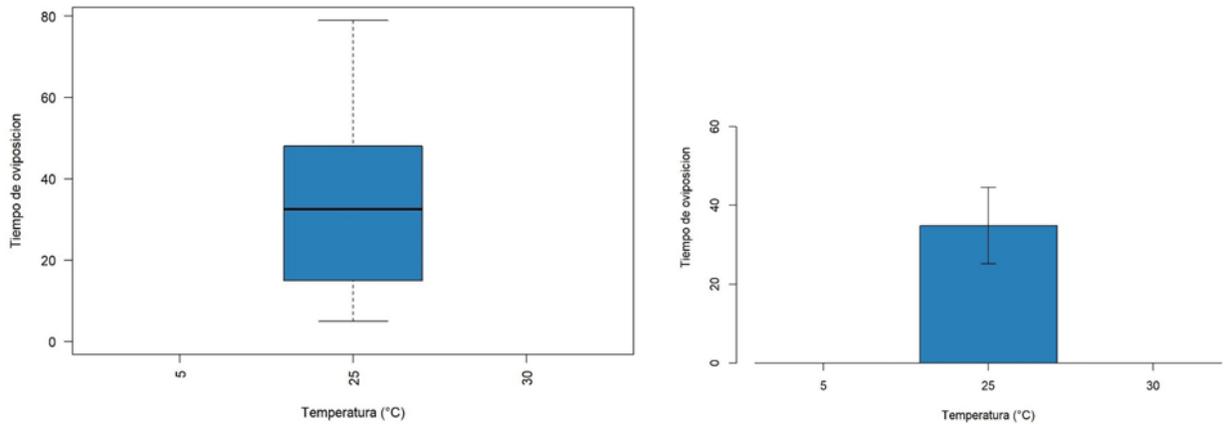


Como se puede apreciar en la Figura 38, la mayoría de individuos machos de *B. cockerelli* sobrevivieron hasta los 50 días aproximadamente.

Los datos obtenidos para longevidad, nos indica que el adulto de *B. cockerelli* puede sobrevivir hasta 60.6 (± 6.79) días los machos y 55.0 (± 6.118) días las hembras a temperaturas constantes, en cuanto a las temperaturas fluctuantes se obtuvo datos de longevidad de 57.93 (± 3.39) días los machos y 59.85 (± 4.98) días las hembras en el primer ciclo y 59.04 (± 4.73) días los machos y 72.63 (± 6.51) días las hembras en el segundo ciclo, sin obtener diferencias significativas; estos datos se mantienen similares a los obtenidos por Falconez (2020), en donde menciona que el adulto de esta especie, en estas mismas condiciones tuvo una longevidad de 58 días macho y hembra una supervivencia de hasta 68 días.

Figura 39

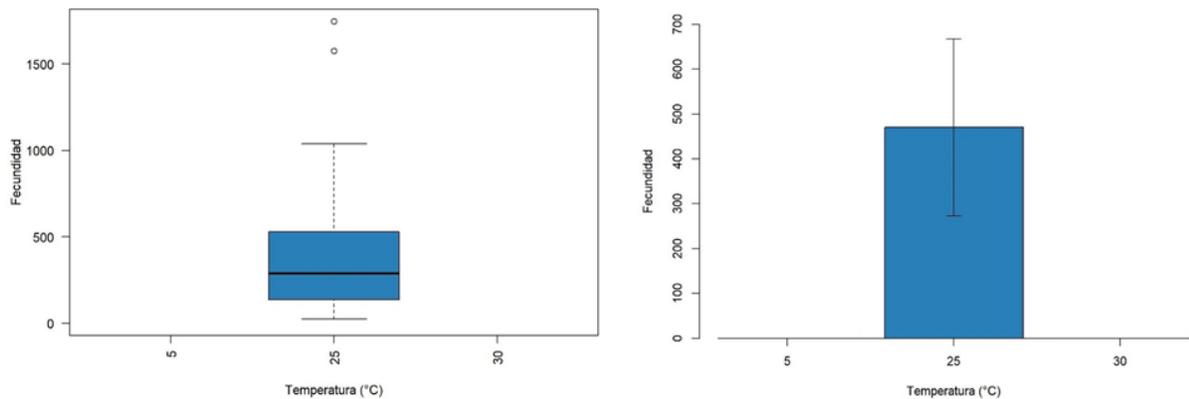
Variables relacionadas a la oviposición para *B. cockerelli*



Se puede destacar que hay un promedio de 34.86 (± 4.94) días en donde la hembra pone huevos, los adultos que fueron emparejados, al morir los machos, las hembras ponían huevos durante algunos días más (hasta 10 días después de la muerte del macho). Los datos obtenidos son similares a los datos obtenidos por Vega (2013), en donde menciona que a 25°C la vida reproductiva de las hembras de *B. cockerelli* fue de 29.10 días; de igual manera menciona que a 20°C los días de oviposición de las hembras disminuye hasta los 26.38 días, es por esto que se puede observar que en temperaturas fluctuantes el tiempo de oviposición de las hembras pueden alargarse hasta los 50 días.

Figura 40

Variables relacionadas a la fecundidad para *B. cockerelli*



Como se mencionó en la Tabla 11, se pudo registrar un promedio de 500 huevos colocados por hembra en temperatura constante, durante el registro de oviposiciones a temperaturas fluctuantes,

datos que se podrían comparar con los obtenidos por Falconez (2020), que obtuvo 376 oviposiciones de *B. Cockerelli* a una temperatura promedio de 20.5°C. En el primer ciclo a temperatura fluctuante se obtuvo en promedio hembras que colocaron hasta más de 1000 huevos durante su ciclo de vida reproductivo en comparación al segundo ciclo fluctuante, en donde se obtuvo en promedio que las hembras colocaban hasta 450 huevos.

Méndez (2015) menciona que en el ciclo biológico *Bactericera Cockerelli* influyen mucho los factores bióticos y abióticos ya que puede ser perjudiciales para su eclosión y su oviposición. El intervalo entre las dos temperaturas se puede observar que la temperatura que es un factor abiótico muy importante, influye en la eclosión de los huevos ya que en temperaturas de 10°C se demora 1 a 6 días y en temperatura de 15°C se acelera 1 a 4 días (Gutiérrez, 2022); es por esto que se puede apreciar una diferencia en la cantidad de huevos que se obtuvo durante la evaluación de los dos ciclos fluctuantes.

Figura 41

Temperaturas fluctuantes obtenidas para el primer ciclo

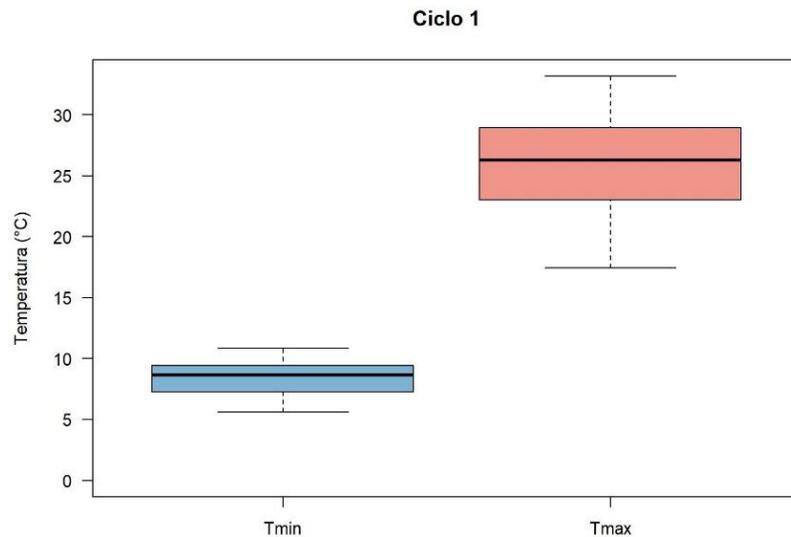
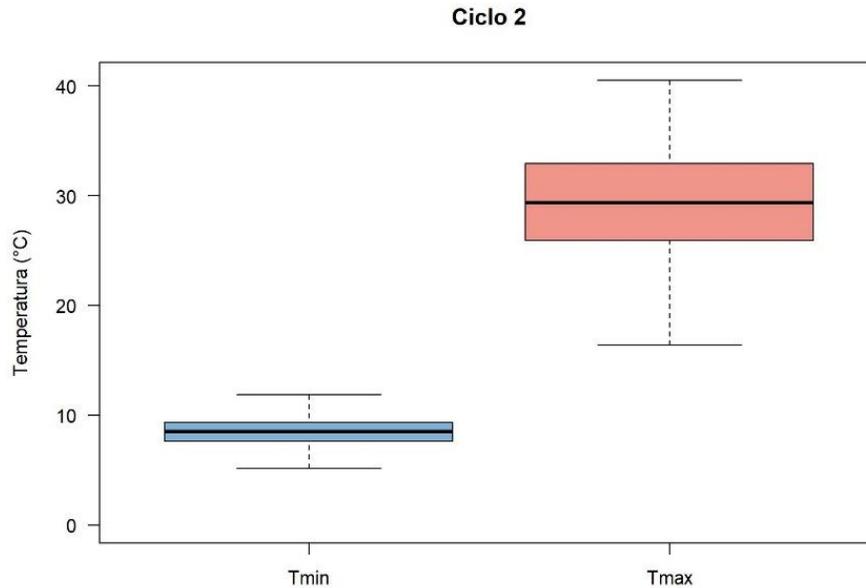


Figura 42

Temperaturas fluctuantes obtenidas para el segundo ciclo



Se podría resaltar que durante las dos evaluaciones a temperatura fluctuante las temperaturas se han mantenido similares, esto debido a la geografía que presenta el país. Se puede resaltar que durante el ciclo uno, la temperatura máxima que alcanzo el invernadero en promedio fue de 27° C aproximadamente, mientras que en el segundo ciclo la mayoría del tiempo la temperatura se mantuvo a 30° C. De igual manera se aprecia que durante los dos ciclos la temperatura mínima que se ha mantenido el mayor tiempo es de 8° C.

Durante la evaluación de la proporción sexual en las tablas de vida que completaron su ciclo de desarrollo los insectos, se pudo determinar que a temperaturas fluctuantes existe un mayor número de adultos hembras con una ratio sexual en la primera tabla de vida fluctuante (invierno) de 1.46:1 y en la segunda tabla de vida fluctuante (verano) de 1.13:1, a diferencia de la tabla de vida constante, en donde fue considerada como temperatura óptima 25° C teniendo más adultos machos, con una ratio sexual de 0.97:1. Cabe mencionar que, durante la evaluación de la proporción sexual, existían huevos que no eclosionaban y ninfas que morían durante su ciclo de desarrollo.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

B. cockerelli se ve directamente influenciado por la temperatura a la cual se encuentra expuesto, ya sea a temperaturas constantes como a temperaturas fluctuantes, en donde existe una variación en el número de días de cada estadio de desarrollo del insecto.

De las temperaturas evaluadas, se encontró que *B. cockerelli* bajo 25 ° C de temperatura constante presentó un desarrollo óptimo en donde las hembras alcanzaron su mayor tasa de reproducción de hasta 500 huevos.

El umbral de desarrollo bajo las condiciones de este estudio, se determinó en temperaturas de 5° C debido al ciclo incompleto que se pudo evidenciar, a menor temperatura los estadios tenían una prolongación a comparación de las temperaturas óptimas; sin embargo, sobre temperaturas de 30° C se observaron mayores tasas de mortalidad.

5.2. RECOMENDACIONES

Es importante evaluar el desarrollo de tablas de vida a temperaturas distintas a las expuestas en este estudio, ya sean constantes o fluctuantes para tener un mejor entendimiento del comportamiento y desarrollo de *B. cockerelli* como plaga y así ver el efecto población ante un incremento de temperatura en sus poblaciones.

Además, determinar el efecto de la humedad relativa que pueda influir en el comportamiento de las poblaciones de *B. cockerelli* ante un efecto al cambio climático

REFERENCIAS

- Abdullah, N. M. (2020). Life history of the potato psyllid *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) in controlled environment agriculture in Arizona. In *African Journal of Crop Science* (Vol. 8, Issue 2). www.internationalscholarsjournals.org
- Barraza, S. (2012). Fluctuación poblacional de *Bactericera cockerelli* (Sulc) en Huachichil, Arteaga, Coahuila. *Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro*.
- Bejarano Albornoz, S. (2011). *Cultivo de dos variedades de papa (Solanum tuberosum) var. Libertad y var. Rosita. con abono orgánico y químico en la parroquia Mulaló, cantón Latacunga*.
- Briere, J. F., Pracros, P., le Roux, A. Y., & Pierre, J. S. (1999). A novel rate model of temperature-dependent development for arthropods. *Environmental Entomology*, 28(1), 22–29. <https://doi.org/10.1093/ee/28.1.22>
- Bujanos, R., & Ramos, C. (2015). Manual *Bactericera Cockerelli* version 1.3. *ORGANISMO INTERNACIONAL REGIONAL DE SANIDAD AGROPECUARIA*.
- Butler, C. D., & Trumble, J. T. (2012). The potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae): life history, relationship to plant diseases, and management strategies. *Terrestrial Arthropod Reviews*, 5(2), 87–111. <https://doi.org/10.1163/187498312x634266>
- Calderon Ordoñez, D. (2013). *Parámetros Poblacionales de Bactericera cockerelli (Sulc) (Hemiptera: Triozidae) Procedentes de San Luis Potosí y Coahuila-Nuevo León*.
- Calderón Pinchao, O. V. (2022). INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE *Bactericera cockerelli* S. EN CINCO VARIEDADES MEJORADAS DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN BOLÍVAR, CARCHI.
- Castillo Carrillo, C. (2016). *Situación y perspectivas punta morada de la papa y Bactericera cockerelli en Ecuador*.
- Castillo Carrillo, C. (2019). *First record of the tomato potato psyllid Bactericera cockerelli from South America*. <https://www.researchgate.net/publication/336070730>
- Capinera JL, 2001. HANDBOOK OF VEGETABLE PESTS. 800 pags, tapas duras. Guía de identificación, descripción de las plagas, historia natural y tratamiento, San diego, CA.
- Cerna-Chávez, E., Hernández-Bautista, O., Ochoa-Fuentes, Y. M., Landeros-Flores, J., Aguirre-Uribe, L. A., & Hernández-Juárez, A. (2018). Morphometric of immatures and life tables of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae) from populations of Northeastern

- Mexico. *Revista Colombiana de Entomología*, 44(1), 53–60.
<https://doi.org/10.25100/socolen.v44i1.6543>
- CIP. (2020). *Mapas de riesgo: herramienta para la toma de decisiones en el control de plagas frente al cambio climático*.
- Cuesta, X., Oyarzun, P., Andrade-Piedra, J., Kromann, P., Taípe, A., Montesdeoca, L., Montesdeoca, F., Monteros, C., Rivadeneira, J., Carrera, E., Comina, P., & Reinoso, I. (2014). *INIAP-Libertad Nueva Variedad de Papa precoz con resistencia al tizón tardío*.
- El Heraldo. (2018, April 12). Tungurahua: Libertad nueva variedad de papa. *El Heraldo – Digital Ambato – Ecuador*.
- ESPINOZA HR, 2010.- Frente a lagallo bactericera li/candidato Complejo Liberibacter en Honduras, pp. 47-49. En: actas del 10^o Sesión anual de informes de chips de cebra, Dallas, TX, Estados Unidos.
- Espinoza Quisaguano, J. D. (2020). Evaluación de tres estrategias de manejo de Punta Morada de la Papa en dos categorías de semilla en Tumbaco Pichincha. *Repositorio Universidad Central Del Ecuador*.
- Falconez, J. (2020). *CICLO BIOLÓGICO DE (Bactericera cockerelli) BAJO CONDICIONES CONTROLADAS, EN TRES LOCALIDADES SALACHE, COTOPAXI 2020*.
- Ferriol, X., Paredes - Tomás, C., Hernández Rodríguez, L., & Pantoja, L. (2016). LOS FITOPLASMAS. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y SINTOMATOLOGÍA QUE PRODUCEN EN LAS PLANTAS*. *Artículo Científico CitriFrut*, 33(1), 27–36.
- García Negroe, C. B. (2007). *Transmisión de fitoplasmas por Bactericera cockerelli (Sulc) a plantas de chile, papa y tomate*.
- García Solís, E. A. (2012). *proporción de resistencia de Bactericera cockerelli (sulc) en la zona papera de coahuila y nuevo león a tres insecticidas convencionales*.
- Guachamín, O. (2021). *Evaluación de seis sistemas de rotación de insecticidas para el manejo de Bactericera cockerelli en la variedad de papa INIAP-Libertad*.
- ICA. (2021, April 22). *Reporte de Bactericera cockerelli (Šulc) (Hemiptera: Triozidae) en el departamento de Nariño*. <https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/epidemiologia-agricola/saf/notificacion-oficial/detalle-notificacion-oficial/reporte-de-bactericera-cockerelli-sulc-hemipter>

- INIAP. (2014). INIAP ejecuta un plan emergente frente a la presencia de Punta Morada de la Papa en Ecuador. *INIAP*.
- INIAP - CIP. (2002). *El cultivo de la papa en Ecuador*.
- Marín, A., Garzón, J., Becerra, A., Mejía, C., Bujanos, R., & Byerly- Murphy, K. (2013a). Ciclo biológico y morfología de salerillo Paratrioza cockerelli (Sulc.) (Homoptera: Psyllidae) vector de la enfermedad “Permaneten del Jitomate” en el Bajío. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*, 38, 25–32.
- Marín, A., Garzón, J., Becerra, A., Mejía, C., Bujanos, R., & Byerly- Murphy, K. (2013b). Ciclo biológico y morfología de salerillo Paratrioza cockerelli (Sulc.) (Homoptera: Psyllidae) vector de la enfermedad “Permaneten del Jitomate” en el Bajío. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*, 38, 25–32.
- Moreno Casillas, E. M. (2020). *Evaluación de un bactericida para el manejo del Complejo Punta Morada en dos categorías de semilla de papa variedad Superchola*.
- Moreta, K. (2021). *Evaluación de insecticidas en la infestación de Bactericera cockerelli según la etapa fenológica de la papa (Solanum tuberosum) en el cantón Bolívar, provincia del Carchi*.
- MUNYANEZA J. E., 2010. “Psyllids as vectors of emerging bacterial diseases of annual crops”. *Southwestern Entomologist*, 35(3):471-477.
- MUNYANEZA J. E, OUVRRARD., 2017.- Primer informe de 'candidato *Liberibacter solanacearum*' asociado con el psílido *Bactericera trigonica* Hodkinson sobre zanahorias en el norte de África.- *Enfermedad de las plantas*, 101: 242-243.
- Mustafa, T., Horton, D. R., Cooper, W. R., Swisher, K. D., Zack, R. S., & Munyaneza, J. E. (2015). Interhaplotype Fertility and Effects of Host Plant on Reproductive Traits of Three Haplotypes of *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Trioziidae). *Environmental Entomology*, 44(2), 300–308. <https://doi.org/10.1093/ee/nvu029>
- Ortega, A. (1987). *TABLAS DE MORTALIDAD*.
- Paspuezán, M. (2019). Daños de *Bactericera cockerelli* en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*)”, en el barrio Eloy Alfaro, Parroquia La Libertad.
- Pérez, Wilmer, Carmen Castillo Carrillo, Israel Navarrete, Heidy Gamarra, Jhony Naccha, and Jorge Andrade-Piedra. 2021. “Cartilla Descriptiva Del Psílido de La Papa.” International Potato Center. <https://doi.org/10.4160/9789290606154>

- R Core Team (2023). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- REHMAN m, mELGARJ., R.IVERAc, tuRINAn, yoDRISSOY, BFILAJK, 2010.-Primer informe de “candidatoLiberibac- ter psyllaourous” o “California. Liberibacter solanacearum” asociación ted con clorosis foliar severa, rizado y necrosis y decoloración de los tubérculos de las plantas de papa en Honduras. - Enfermedad de las plantas, 94: 376.
- Reveles- Torres, L. R., Velásquez, V. R., & Mauricio- Castillo, J. A. (2014). *FITOPLASMAS: OTROS AGENTES FITOPATÓGENOS*.
- Rincon, M. (1977). *TABLAS DE VIDA ACTIVA*.
- Rivadeneria, J., Recines, M., & Cuesta, X. (2019). VIII CONGRESO ECUATORIANO DE LA PAPA. *Soberanía, Alimentación y Nutrición*.
- Rubio, O., Cadena, M., & Vázquez, G. (2013). *Manejo integrado de la punta morada de la papa en el Estado de México*.
- SECORGA, RIVERA-VARAS V., 2004.- Enfermedades emergentes de papa cultivada y su impacto en América Latina. - Revista Latinoamericana de la Papa, Suplemento 1: 1-8. SERBINA L, BURCKHARDTD., 2017.- Sistemática, biogeogra Relaciones phy y planta huésped del género Neotropical saltando planta-piojoRusselliana(Hemípteros: Psylloidea).- Zootaxa, 4266 (1): 1-114
- SENASA. (2021, December 30). *SENASA: ‘Zebra chip’, plaga de la papa, no está presente en el Perú*. <http://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/senasa-zebra-chip-plaga-de-la-papa-no-esta-presente-en-el-peru/>
- Siverio de la Rosa, F., Quintana González de Chaves, M., Bastin, S., & Hernández Suárez, E. (2019). *ZEBRA CHIP “Candidatus Liberibacter solanacearum.”*
- Sporleder, M., Carhuapoma, P., Juarez, H., Gamarra, H., Simon, R., Kroschel, J., & Kreuze, J. (2020). ILCYM – Modelado del Ciclo de Vida de los Insectos 4.0. In *ILCYM – Modelado del Ciclo de Vida de los Insectos 4.0*. International Potato Center. <https://doi.org/10.4160/9789290605461>
- Swisher,K.D.; Munyaneza, J.E. andCrosslin, J.M. 2012. High resolution melting analysis of the cytochrome oxidase I gene identifies three haplotypes of the potato psyllid in the United States. *Environ.Entomol.* 41(4):1019-1028.
- Toledo, M. (2016). *Manejo de la paratrioza (Bactericera cockerelli) en el cultivo de la papa*. www.dicta.hn

- Vargas Madríz, H. (2010). *Morfometría y tabla de vida de vida de Bactericera cockerelli (Sulc) en dos variedades de jitomate en invernadero.*
- Vargas Madríz, H. (2014). *Morfometría y tabla de vida de Bactericera cockerelli (Sulc) bajo diferentes tratamientos de fertilización en el híbrido de tomate 7705.*
- Vega, J. L. (2010). *DETERMINACIÓN DE ALIMENTACIÓN Y PREFERENCIA DE Tamarixia trizae (Burks) (Himenoptera:Eulophidae) SOBRE ESTADÍOS DE Bactericera cockerelli (Sulc) (Hemíptera: Psyllidae).*
- Vereijssen, J., Frampton, R., Smith, G., Carpenter, M., Kalamors, F., & Lewthwaite, S. (2020). *The potato psyllid, Bactericera cockerelli, at a global level: diagnostics and management options.*
- Vinueza Encalada, B. S. (2021). *“EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA POBLACIONAL DE Bactericera cockerelli Šulc. EN PLANTACIONES DE PIMIENTO (Capsicum annum L.) EN EL VALLE DEL CHOTA.*
- Wallis, R. L. (1951). *Potato Psyllid Selection of Host Plants.* <http://jee.oxfordjournals.org/>
- Yanchatipan Toapanta, D. M. (2020). *MONITOREO DEL PSÍLIDO Bactericera cockerelli EN EL CULTIVO DE PAPA (Solanum tuberosum L.) EN EL CAMPUS CEASA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – SALACHE, 2020.*
- Yang, X. B., & Liu, T. X. (2009). Life history and life tables of bactericera cockerelli (Homoptera: Psyllidae) on eggplant and bell pepper. *Environmental Entomology*, 38(6), 1661–1667. <https://doi.org/10.1603/022.038.0619>