UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE AGRONOMÍA

EVALUACIÓN DE LA COMBINACIÓN DE TRES TIPOS DE CONTROL DE PARATRIOZA *(Bactericera cockerelli)*, VECTOR DE FITOPLASMOSIS (*Candidatus liberibacter)* EN EL CULTIVO DE PAPA *(Solanum tuberosum)* EN EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS.

OSCAR EMIRO BARRIOS COYOY

QUETZALTENANGO, FEBRERO 2016.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE AGRONOMÍA

EVALUACIÓN DE LA COMBINACIÓN DE TRES TIPOS DE CONTROL DE PARATRIOZA *(Bactericera cockerelli)*, VECTOR DE FITOPLASMOSIS (*Candidatus liberibacter)* EN EL CULTIVO DE PAPA *(Solanum tuberosum)* EN EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LAS AUTORIDADES DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR:

OSCAR EMIRO BARRIOS COYOY

PREVIO A CONFERÍRSELE EL TITULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADMEICO DE
LICENCIADO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

QUETZALTENANGO, FEBRERO 2016.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE AGRONOMÍA

AUTORIDADES:

RECTOR MAGNIFICO	Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo
SECRETARIO GENERAL	Lic. Carlos Enrique Camey Rodas

CONCEJO DIRECTIVO CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE:

Directora general del CUNOC:	M. Sc. María del Rosario Paz Rodríguez
Secretaria administrativa:	M. Sc. Silvia del Carmen Recinos Cifuentes

REPRESENTANTE DE LOS CATEDRÁTICOS:

Ing. Agr. M. Sc. Héctor Alvarado Quiroa

Ing. Edelman Cándido Monzón López

REPRESENTANTE DE LOS EGRESADOS:

Dr. Luis Emilio Búcaro Echeverría

REPRESENTANTE DE LOS ESTUDIANTES:

Br. Luis Ángel Estrada García

Br. Edson Vitelio Amezquita Cutz

DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA:

Lic. Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez

COORDINADOR DE LA CARRERA DE AGRONOMÍA:

Ing. Agr. M. Sc. Imer Vinicio Vásquez Velásquez

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE AGRONOMÍA

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN TÉCNICO PROFESIONAL:

PRESIDENTE

Lic. Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez

EXAMINADORES

Inga. Agra. M. Sc. Floridalma Jacobs Reyes

Dr. Wilian de León Cifuentes

Ing. Agr. Carlos Gutiérrez L.

SECRETARIO

Ing. Agr. M. Sc. Imer Vinicio Vásquez Velásquez

DIRECTOR DE LA DIVISIÓN

Lic. Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez

COORDINADOR DE LA CARRERA DE AGRONOMÍA

Ing. Agr. M. Sc. Imer Vinicio Vásquez Velásquez

NOTA: Únicamente el autor es el responsable de las doctrinas y opiniones sustentadas en la tesis. Articulo 31 de Reglamento para exámenes Técnico Profesionales del Centro Universitario de Occidente y articulo 19 de la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Quetzaltenango, Febrero 2016

HONORABLE CONCEJO DIRECTIVO
HONORABLES AUTORIDADES DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
HONORABLE MESA DE ACTO DE GRADUACIÓN Y JURAMENTACIÓN

De conformidad con las nomas que establece la ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, del Reglamento General de Evaluación y Promoción del Estudiante de la Universidad de San Carlos de Guatemala y del Normativo de Evaluación y Promoción de Estudiante del Centro Universitario de Occidente; tengo el honor de someter a vuestra consideración la tesis titulada:

EVALUACIÓN DE LA COMBINACIÓN DE TRES TIPOS DE CONTROL DE PARATRIOZA *(Bactericera cockerelli)*, **VECTOR DE FITOPLASMOSIS** *(Candidatus liberibacter)* **EN EL CULTIVO DE PAPA** *(Solanum tuberosum)* **EN EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS.**

Presentándolo como requisito previo a optar el titulo profesional de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Oscar Emiro Barrios Coyoy.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE AGRONOMÍA

Quetzaltenango, Octubre 2015.

Lic. Q.F. Roberto Méndez.
Director de la División de Ciencia y Tecnología.

Estimado Licenciado.

Por este medio manifiesto a usted que he finalizado la asesoría del trabajo de graduación del estudiante Oscar Emiro Barrios Coyoy, con número de carnet 201030927, titulado:

EVALUACIÓN DE LA COMBINACIÓN DE TRES TIPOS DE CONTROL DE PARATRIOZA *(Bactericera cockerelli)*, **VECTOR DE FITOPLASMOSIS** (*Candidatus liberibacter*) **EN EL CULTIVO DE PAPA** *(Solanum tuberosum)* **EN EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS.**

Me permito informarle que he concluido con la asesoría del trabajo en mención y considero que el mismo cumple con los requisitos establecidos por la División de Ciencia y Tecnología y por la Carrera de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de producción Agrícola, del Centro Universitario de Occidente de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por lo que recomiendo su publicación.

Deferentemente,

"IDY ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. William Villatoro.
Colegiado 1510
Asesor.

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Occidente

Quetzaltenango, 29 de enero de 2016.

Lic. Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez
Director División de Ciencia y Tecnología
Centro Universitario de Occidente.

Distinguido Director:

En atención al nombramiento emitido por esa dirección, según Oficio No.002/ SDCyT/2016, me es grato informarle que he concluido la revisión del trabajo de graduación de la estudiante **Oscar Emiro Barrios Coyoy.** Titulado:

"EVALUACION DE LA COMBINACION DE TRES TIPOS DE CONTROL DE PARATRIOZA (*Bactericera cockerelli)* VECTOR DE FITOPLASMOSIS (*Candidatus liberibacter)* EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum)* EN EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, SAN MARCOS"

Sobre el particular me permito manifestarle, que el estudio cumple con los requisitos necesarios que exige esta unidad académica para ser presentado como trabajo de graduación, además de ser un valioso aporte en la propuesta de un programa de control con enfoque de sostenibilidad ambiental, para una enfermedad que se ha incrementado rápidamente, con fuertes repercusiones económicas y sociales para los agricultores de la región. Por lo que recomiendo su aprobación.

De Usted, deferentemente.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Inga. Agra. Floridalma Jacobs Reyes
Revisora

USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Centro Universitario de Occidente
División de Ciencia y Tecnología

El infrascrito **DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE** CIENCIA Y TECNOLOGIA

Del Centro Universitario de Occidente ha tenido a la vista la **CERTIFICACIÓN DEL ACTA DE GRADUACIÓN** No. 002-AGR-2016 de fecha cinco de febrero del año dos mil dieciséis del (la) estudiante: OSCAR EMIRO BARRIOS COYOY con Carné No 201030927 emitida por el Coordinador de la Carrera de AGRONOMIA , por lo que se **AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN** titulado: "EVALUACIÓN DE LA COMBINACIÓN DE TRES TIPOS DE CONTROL DE PARATRIOZA (Bactericera cockrelli), VECTOR DE FITOPLASMOSIS (Candidatus liberibacter) EN EL CULTIVO DE PAPA (Solamun tuberosum), EN EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS. ."

Quetzaltenango, 05 de febrero de 2016.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISION DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
DIRECCION
QUETZALTENANGO

Lic. Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez
Director de División de Ciencia y Tecnología

ACTO QUE DEDICO:

A DIOS:

Por darme la vida, la sabiduría y la voluntad de alcanzar esta meta, ya que tomado de su mano emprendí y finalicé esta etapa de mi vida. Por su eterno amor y protección y por permitirme ponerme a disposición de la humanidad por medio de esta noble carrera.

A GUATEMALA:

Mi Patria, a quien anhelo servir y contribuir a su engrandecimiento por medio de mi trabajo.

A MIS PADRES:

Oscar Emiro Barrios García.
Graciela Esperanza Coyoy Cifuentes de Barrios.

Porque nunca me alcanzaría la vida para agradecer todo lo que han hecho por mí, por darme la vida y depositar su confianza en mi. Por ser los mayores ejemplos de trabajo, dedicación y amor. Este paso dado lo dimos juntos. Gracias papá, gracias mamá.

A MIS HERMANOS:

Oscar, Mario, Claudia, Roberto, Walter (Q.E.P.D.), Rosario y Juan Pablo

Con respeto y admiración. Por ser ejemplo para mi y por el apoyo brindado a lo largo de mi vida.

A MIS COMPAÑEROS:

Por los momentos compartidos dentro y fuera de las aulas, por las alegrías y tristezas compartidas. Por su amistad, apoyo y por haberme acompañado en mí paso por la universidad. Especialmente a José Hiram, Karen Adriana, Pedro Pablo y Byron René

A MIS AMIGOS:

Danilo Alberto, Rocael Alejandro, Alejandra Marisela, Elia Maricruz, y
Oscar Luis

Por tantos años de amistad sincera, por todo el apoyo y cariño que recibí de ustedes.

AGRADECIMIENTOS

A la Escuela de Formación Agrícola de San Marcos.

Por ser la casa de estudios en los que descubrí la nobleza de tan hermosa carrera, por permitirme dar mis primeros pasos en mi desarrollo como profesional.

A la Gloriosa Universidad de San Carlos de Guatemala.

Por haberme cobijado en ella y por permitirme hoy egresar como un profesional.

A la Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

Al brindarme la oportunidad de realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado.

A Ing. Agr. William Villatoro.

Asesor del presente trabajo de graduación.

A M. Sc. Ing. Agr. Floridalma Jacobs.

Revisora del presente trabajo de graduación.

A mis catedráticos:

Por sus conocimientos compartidos durante mi formación como profesional.

EVALUACIÓN DE LA COMBINACIÓN DE TRES TIPOS DE CONTROL DE PARATRIOZA *(Bactericera cockerelli)***, VECTOR DE FITOPLASMOSIS** (*Candidatus liberibacter)* **EN EL CULTIVO DE PAPA** *(Solanum tuberosum)* **EN EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS.**

ÍNDICE GENERAL.

Capítulo.	**Página.**
I. TÍTULO.	1
II. RESUMEN	2
1. INTRODUCCIÓN.	3
1.1. Objetivos.	5
1.2. Hipótesis.	6
2. MARCO TEÓRICO.	7
2.1. Papa o patata	7
2.1.1. Variedad Loman.	7
2.1.2. Aspectos climáticos para el cultivo de papa.	7
2.1.3. Suelos.	8
2.2. Descripción de la plaga.	8
2.2.1. Paratrioza *B. cockerelli.*	8
2.2.2. Síntomas de la interacción vector - patógeno.	9
2.2.3. Duración del ciclo biológico.	9
2.2.4. Daños causados por paratrioza.	10
2.3. Enfermedades asociadas a la paratrioza.	10
2.3.1. Punta morada de la papa-manchado (zebra chip) del tubérculo	10
2.3.2. Descripción de la punta morada.	11
2.4. Manejo de la plaga.	11
2.4.1. Control cultural.	12
2.4.2. Control biológico.	12
2.4.3. Control legal.	12
2.4.4. Control químico.	12
2.5. Estudios realizados en psilidos.	12
2.5.1. Paratrioza como vector de punta morada.	12
2.5.2. Otros estudios realizados en psilidos.	13
2.6. Información técnica de los insumos empleados en los tratamientos.	15
3. MATERIALES Y MÉTODOS.	20
3.1. Marco referencial.	20
3.1.1. Ubicación geográfica.	20
3.1.2. Limites territoriales	20
3.1.3. Aspectos físico-naturales.	20
3.2. Metodología.	21
3.2.1. Localización del área de estudio	21

3.2.2. Descripción del trabajo. 21
3.2.3. Descripción del diseño experimental. 21
3.2.4. Modelo lineal. 22
3.2.5. Numero de tratamientos. 22
3.2.6. Numero de repeticiones. 22
3.2.7. Descripción de los tratamientos. 22
3.2.8. Dimensiones. 24
3.2.9. Descripción de las variables de respuesta. 24
3.2.10. Recursos. 26
3.3. Análisis de datos. 26
3.4. Análisis económico. 26
3.5. Manejo agronómico. 27
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS. 29
4.1. Incidencia de la plaga. 29
4.2. Eficacia del tratamiento. 32
4.3. Rendimiento . 35
4.4. Tubérculos dañados. 37
4.5. Rentabilidad del tratamiento. 39
5. CONCLUSIONES. 42
6. RECOMENDACIONES. 44
7. BIBLIOGRAFÍA. 46
8. ANEXOS. 48

ÍNDICE DE CUADROS.

Cuadro	Contenido	Página
1	Duración de cada etapa del ciclo de vida de paratrioza.	7
2	Eficacia de tratamiento mediante la fórmula de Henderson y Tilton para la evaluación de la combinación de 3 tipos de controles para el manejo de paratrioza, vector de fitoplasmosis en el cultivo de papa.	33
3	Datos de eficacia transformados a valores arcoseno para la evaluación de la combinación de 3 tipos de controles para el manejo de paratrioza, vector de fitoplasmosis en el cultivo de papa.	34
4	Compensación de datos para reducir la variabilidad dentro del análisis de varianza ya que en el cuadro 3 se observa variabilidad entre los datos transformados a arcoseno.	34
5	Análisis de varianza sobre la eficacia de tratamientos para la evaluación de la combinación de 3 tipos de controles para el manejo de paratrioza, vector de fitoplasmosis en el cultivo papa.	35
6	Rendimientos expresados en toneladas por hectárea para la evaluación de la combinación de 3 tipos de controles para el manejo de paratrioza, vector de fitoplasmosis en el cultivo de papa.	36
7	Análisis de varianza de los rendimientos obtenidos para la evaluación de la combinación de 3 tipos de controles para el manejo de paratrioza, vector de fitoplasmosis en el cultivo de papa.	37
8	Porcentaje de tubérculos dañados por el halo parduzco causado por *C. liberibacter* para la evaluación de la combinación de 3 tipos de controles para el manejo de paratrioza, vector de fitoplasmosis en el cultivo de papa.	38
9	Datos de porcentaje de tubérculos con presencia de halo café transformados a arcoseno para la evaluación de la combinación de 3 tipos de controles para el manejo de paratrioza, vector de fitoplasmosis en el cultivo de papa.	39

10	Análisis de varianza para la cantidad de tubérculos dañados por halo café, síntoma *C. liberibacter* para la evaluación de la combinación de 3 tipos de controles para el manejo de paratrioza, vector de fitoplasmosis en el cultivo de papa.	39
11	Porcentaje de rentabilidad que representa el uso de cada tratamiento para la evaluación de la combinación de 3 tipos de controles para el manejo de paratrioza, vector de fitoplasmosis en el cultivo de papa.	41
12	Calendario de labores y aplicaciones realizadas durante el desarrollo.	52
13	Total de insumos empleados en la parcela experimental, para la evaluación de 3 tipos de control de paratrioza como vector de fitoplasmosis en el cultivo de papa.	54
14	Total de fungicidas empleados para el control de enfermedades dentro de la parcela experimental, para la evaluación de 3 tipos de control de paratrioza como vector de fitoplasmosis en el cultivo de papa.	54
15	Total de mano de obra contratada para labores dentro del ensayo, para la evaluación de 3 tipos de control de paratrioza como vector de fitoplasmosis en el cultivo de papa.	54
16	Total de costo de cada tipo de control, para la evaluación de 3 tipos de control de paratrioza como vector de fitoplasmosis en el cultivo de papa.	55
17	Total de costo por parcela, sin tomar en cuenta los tratamientos.	55
18	Total de costo para cada tratamiento.	55
19	Costo de cada parcela, incluyendo el costo de insumo, mano de obra y tratamiento.	55
20	Datos Meteorológicos, INSIVUMEH.	56

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figuras.	Contenido	Página
1	Dinámica poblacional de paratrioza en la evaluación de la combinación de 3 tipos de controles para el manejo de paratrioza, vector de fitoplasmosis en el cultivo de papa.	31
2	Costos, ingresos y beneficios por hectárea que implicó cada uno de los tratamientos para la evaluación de la combinación de 3 tipos de controles para el manejo de paratrioza, vector de fitoplasmosis en el cultivo de papa.	41
3	Presencia de ninfas de paratrioza en su fase 4 – 5.	48
4	Ninfa y huevecillo de paratrioza detectados en el envés de las hojas.	48
5	Presencia de tubérculos aéreos en las plantas. Síntoma característico de la presencia de *Candidatus liberibacter.*	49
6	Verificación de rendimientos por parcela en el campo.	49
7	Tubérculo con manchado parduzco, signo definitivo de la presencia de *Candidatus liberibacter.*	50
8	Croquis de campo de ensayo para la evaluación de la combinación de 3 tipos de control de paratrioza en el cultivo de papa.	51

ACRÓNIMOS O ABREVIACIONES.

ANDEVA	Análisis de varianza.
BLTVA	Virus del enrollamiento de las hojas.
cm.	Centímetro.
dds.	Días después de la siembra.
ddb.	Días después de la brotación.
FAOSAT	División de estadística de la organización mundial para la alimentación.
Ha	Hectárea.
HLB	Huanlongbing (enverdecimiento de los cítricos).
HR	Humedad Relativa.
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.
m.	Metro.
mm.	Milímetro
msnm	Metros sobre el nivel del mar
MAGA	Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación.
OBA	Organismo Benéficos para la Agricultura.
PMP	Punta Morada de la Papa.
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (México)
Ton.	Tonelada
ZC	Zebra Chip.

TÍTULO.

Evaluación de la combinación de tres tipos de control de paratrioza *(Bactericera cockerelli)***, vector de fitoplasmosis** (*Candidatus liberibacter)* **en el cultivo de papa** *(Solanum tuberosum)***en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.**

RESUMEN.

El ensayo se llevó a cabo en el caserío Llano Grande del municipio de San Pedro Sacatepéquez, departamento de San Marcos. Uno de los cultivos mas importantes que se producen en esta área es la papa (*Solanum tuberosum*). Un problema fitosanitario de este cultivo lo representa un psílido llamado paratrioza *(Bactericera cockerelli)* el cual es el principal vector de fitoplasmosis en el cultivo de papa.
Se sometieron a prueba diferentes combinaciones de tratamientos para el control del B. cockerelli , estos consistieron en: control químico basado en abamectina, control etológico, mediante el empleo de trampas cromáticas pegajosas, finalmente el control biológico, en el que se usaron insecticidas biológicos a base de dos cepas entomopatógenas.

Las variables de respuesta fueron incidencia de la plaga, efecto sobre rendimiento y calidad de tubérculos, eficacia de los tratamientos y rentabilidad de los mismos. El ensayo se realizó a campo abierto por lo que se empleó un diseño de bloques al azar, ya que es el que mejor se adaptó a las condiciones existentes. Fueron empleados un total de 6 tratamientos y 4 repeticiones, los análisis estadísticos se realizaron por medio de ANDEVA para verificar si existía o no diferencia significativa entre tratamientos. Se determinó la eficacia de los tratamientos utilizando la fórmula de Henderson y Tilton. Finalmente se realizó un análisis de costo-beneficio para determinar la rentabilidad que proporciona cada uno de los tratamientos.

Dentro de los resultados mas importantes se determinó la dinámica poblacional de la plaga dentro del cultivo, pudo observarse que las condiciones ambientales juegan un papel determinante en el desarrollo de la plaga, principalmente la temperatura. En cuanto a los rendimientos se estableció mediante análisis de varianza que el tratamiento que combinó el control biológico mas el control etológico brindó los rendimientos más altos en toneladas por hectárea,
A pesar de la limitada población de insectos pudo observarse daño en los tubérculos por la aparición del halo parduzco, síntoma característico de la presencia de fitoplasmosis. La fórmula de Henderson y Tilton nos permitió establecer el porcentaje de eficacia de cada tratamiento. Finalmente, mediante un análisis de costo-beneficio se determinó la rentabilidad de cada tratamiento, demostrando el beneficio que se obtiene al final de la cosecha, comparándolo con la inversión que implica el uso de cada tratamiento.

1. INTRODUCCIÓN.

La papa *(Solanum tuberusum)* es muy importante en nuestro medio ya que gracias a sus altos rendimientos y su demanda constante es un cultivo que permite incrementar los ingresos económicos del productor. En Guatemala la producción se localiza en los departamentos del Altiplano, la zona Central y las Verapaces. El principal mercado de la papa de Guatemala ha sido El Salvador, siguiéndole en importancia Nicaragua, Honduras y Costa Rica. Durante el año 2013, la cosecha de papa alcanzo 11 millones de quintales, durante el mismo año se determinó que el rendimiento fue de 550 quintales por hectárea (385.10 quintales por manzana), según los datos proporcionados por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). (7).

La papa es afectada por un gran número de enfermedades y plagas, las cuales ponen en riesgo la producción de este cultivo, una de las plagas que ha incrementado su incidencia en el campo es un psílido llamado paratrioza *(Bactericera cockerelli*), insecto perteneciente a la familia Psyllidae; este afecta el cultivo de papa en dos formas, directamente cuando los insectos se alimentan de la planta, lo cual ocurre durante los diferentes estadíos de la plaga e indirectamente ya que B. cockerelli se constituye como vector de fitoplasmosis a la planta.

En la agricultura tradicional imperan métodos de control de plagas basados principalmente en el empleo de insecticidas orgánosintéticos, los cuales pueden llegar a ser nocivos para la salud del productor, al ambiente y los animales, además de ello, el uso excesivo de productos fitosanitarios induce con el tiempo, la resistencia de los insectos a los insecticidas, por estas razones es importante implementar nuevas medidas de control de este insecto, una de estas alternativas puede consistir en la combinación de diferentes tipos de control, de esta forma se obtendrán los beneficios de cada uno de ellos haciendo mas eficaz el control del vector.

Permutando tres tipos de control, en este caso etológico, químico y biológico, pudo determinarse la combinación más eficaz en el manejo de paratrioza, el control etológico consistió en el empleo de trampas cromáticas pegajosas, las cuales permitieron un control más amplio en cuanto al manejo de adultos. El control químico se basó en el uso de insecticidas sintéticos (Abamectina) el cual brindó mayor control sobre el insecto, actuando mediante la inmovilización del insecto además de inhibir su capacidad de reproducción, finalmente el control biológico consistió en el empleo de cepas entomopatógenas (*Beauveria bassiana* y *Verticillium lacanni),* las cuales mostraron un control amplio sobre ninfas de paratrioza. Los tratamientos consistieron en combinaciones de dos

tipos de control, además de un tratamiento en el que se combinaron los tres tipos de control, un testigo relativo en el cual se emplearon exclusivamente insecticidas químicos y finalmente un testigo absoluto, el cual no recibió ningún control.

Con base en los datos proporcionados por cada muestreo recolectado en el campo pudo determinarse la dinámica poblacional de paratrioza antes y durante el control, determinando que las condiciones climáticas influyen considerablemente en el comportamiento de la población plaga. Se determinó como el tratamiento más eficaz aquel que brindó el porcentaje más alto de eficacia obtenidos mediante el procesamiento de datos en la fórmula de Henderson y Tilton. Finalmente, mediante un análisis de costo-beneficio se determinó el tratamiento más rentable para el productor, esto se explica utilizando un análisis de costo- beneficio, en el que se comparó el costo que implica cada tratamiento con los ingresos que generó cada parcela tratada según la combinación.

Con base en la figura de dinámica poblacional se logró restablecer el momento propicio para la determinación de la eficacia de cada tratamiento, indicando que el tratamiento 3 es mas eficaz, se realizó un análisis de varianza en este mismo punto, demostrando que no existió diferencia significativa entre los tratamientos. El tratamiento 2, el cual empleó el control etológico y control biológico brindó rendimientos más significativos comparados con el resto de tratamientos. En relación a la incidencia de tubérculos dañados, el tratamiento 4 brindó a nivel de campo menor cantidad de daño. Finalmente en cuanto a rentabilidad fue el tratamiento 2 el que presenta una inversión considerable, pero mayores rendimientos, lo cual proporciona una utilidad mayor comparándolo con los demás tratamientos.

1.1. OBJETIVOS.

1.1.1. GENERAL.

- Contribuir al manejo fitosanitario de paratrioza (*Bactericera cockerelli* Sulc.) en el cultivo de papa, diversificando alternativas de control eficaces, rentables y ecológicamente sostenibles.

1.1.2. ESPECÍFICOS.

- Determinar la dinámica de población de *B. cockerelli* durante el desarrollo de la planta, considerando los factores ambientales de la región.

- Establecer el tratamiento más eficaz para el manejo de poblaciones de paratrioza (*B. cockerelli).*

- Comprobar la eficacia de los tratamientos a través del efecto sobre el rendimiento en toneladas por hectárea.

- Comparar el efecto de los tratamientos sobre el nivel de daño en tubérculos ocasionado por *Candidatus liberibacter* patógeno transmitido por *B. cockerelli*.

- Identificar costos, ingresos y rentabilidades que implica cada uno de los tratamientos empleados en el manejo de paratrioza, con base en un análisis económico.

1.2. HIPÓTESIS.

ALTERNATIVA.

Ha_1 Al menos un de los tratamientos brindará control eficaz sobre paratrioza (*Bactericera cockerelli)* en el cultivo de papa.

Ha_2 Al menos uno de los tratamientos manifestará variabilidad en aumento o reducción de rendimientos de tubérculos entre las unidades experimentales.

Ha_3 Se encontrará al menos un tubérculo dañado con halo café (síntoma ocasionado por *Candidatus liberibacter)* en alguna de las parcelas experimentales.

Ha_4 Al menos uno de los tratamientos será económicamente rentable para el productor.

NULA.

Ho_1 Ninguno de los tratamientos brindará control eficaz sobre paratrioza en el cultivo de papa.

Ho_2 Ninguno de los tratamientos manifestará variabilidad en aumento o reducción de rendimientos de tubérculos entre las unidades experimentales.

Ho_3 No se encontrará ningún tubérculo dañado con halo parduzco (síntoma ocasionado por *Candidatus liberibacter)* en ninguna de las parcelas experimentales.

Ho_4 Ningún tratamiento será económicamente rentable para el productor.

2. MARCO TEÓRICO.

2.1. PAPA O PATATA.

Perteneciente a la familia *Solanácea*, cuyo nombre científico es (*Solanum tuberosum) e*s una planta herbácea, vivaz, dicotiledónea, provista de un sistema aéreo y otro subterráneo de naturaleza rizomatosa del cual se originan los tubérculos.

2.1.1. VARIEDAD LOMAN.

Se adapta a altitudes de 1500 a 2400 msnm las plantas alcanzan alturas de 0.60 a 0.70 m, sus tallos son erectos al principio y luego, con la madurez adoptan un habito rastrero. Su follaje es verde oscuro y por lo regular no florea. Sus tubérculos son alargados y ligeramente aplanados con ápices terminados en punta. Su color externo es amarillo crema y el interno crema. Su ciclo vegetativo varía entre 90 y 100 días. Es susceptible al tizón tardío y sus rendimientos oscilan entre 180 y 385 quintales por manzana (12).

2.1.2. ASPECTOS CLIMÁTICOS PARA EL CULTIVO DE PAPA.

La papa es esencialmente un "cultivo de clima templado", para cuya producción la temperatura representa el límite principal, las temperaturas inferiores a 10 °C y superior a 30 °C inhiben considerablemente el desarrollo del tubérculo, mientras que la mejor producción ocurre donde la temperatura diaria se mantiene en promedio de 18 °C a 20 °C.

Para satisfacer la necesidad de agua, la papa necesita entre 400 y 800 mm de agua, de acuerdo con las condiciones climáticas y la duración del cultivo. Se debe considerar que el exceso de agua en el suelo, provoca un desarrollo pobre de las raíces, la pudrición de los tubérculos recién formados y de los que se utilizan como semilla, los cuales son especialmente susceptibles a la pudrición, máxime si se siembra y tapa, estando muy húmedo el suelo.

La papa puede cultivarse tanto bajo condiciones de lluvia natural, como bajo riego. La etapa más crítica en que la deficiencia de humedad en el suelo perjudica el cultivo, es la de formación de tubérculos. La excesiva variación de la humedad del suelo afecta la calidad de los tubérculos. Además, después de una sequía prolongada, el agua puede causar un segundo crecimiento de las plantas. (1).

2.1.3. SUELOS.

La papa se adapta a una gran variedad de suelos siempre que estos posean una buena estructura y un buen drenaje.

Los mejores suelos para papas son los porosos, friables y bien drenados, con una profundidad de 25-30 centímetros. Los suelos muy arenosos no retienen humedad y por esto requieren de riegos frecuentes. Los suelos derivados de materia orgánica son los mejores y producen los más altos rendimientos.

La papa se produce mejor en suelos con pH 5.0 a 5.4. Por arriba de pH 5.4, en suelos cultivados por mucho tiempo con papa, se tiene el problema del ataque del organismo que provoca la sarna común (*Streptomices scabies*) en los tubérculos.

En suelos con valores de pH debajo de 5.0, éste se puede subir por medio de la aplicación de enmiendas calcáreas (encalado de suelos), dos o tres meses antes de la siembra. En el caso contrario, suelos con pH arriba de 5.4, se deben usar abonos a base de sulfatos o bien hacer una aplicación de azufre, sulfato ferroso o sulfato de aluminio (alumbre). (3).

2.2. DESCRIPCIÓN DE LA PLAGA.

2.2.1. PARATRIOZA *(Bactericera cockerelli).*

Esta plaga pertenece a la familia Psillydae. El insecto divide su desarrollo en tres etapas: huevo, ninfa y adulto. Es en la etapa de ninfa que el insecto causa el daño. El mismo es causado por una toxina que las ninfas inyectan en las plantas cuando se están alimentando. Esta toxina causa trastornos fisiológicos en las plantas que afectan su desarrollo, rendimiento y la calidad de la producción. Los síntomas del daño pueden confundir a los expertos pues son similares a los que causan otros organismos patogénicos.
Bactericera (Paratrioza) cockerelli es un insecto que pertenece al Orden Hemiptera; Sub-orden Sternorrhyncha; Superfamilia Psylloidea y la Familia, Psyllidae, por lo que se le conoce también con el nombre de psílido. Algunas especies de esta familia junto con la Cicadellidae y Fulgoridae, se han descrito como vectores de procariontes.
El insecto se reproduce sexualmente y pasa por los estados de huevecillo, ninfa (cinco estadíos) y adulto. (11).

2.2.2. SÍNTOMAS OBSERVADOS DE LA INTERACCIÓN VECTOR-PATÓGENO.

• Hojas enrolladas. Este daño es similar al que produce el virus del enrollamiento de las hojas (PLRV).

• Tubérculos aéreos. Este síntoma es igual al que produce el micoplasma de la punta morada.

• Las zonas meristemáticas de los tallos presentan un color rojizo similar al que produce el micoplasma de la punta morada.

• Las raíces presentan lesiones similares a las que produce *R. solani*.

• Las plantas producen pocos tubérculos y los mismos son pequeños.

• La pulpa de los tubérculos presenta coloraciones de color pardo claro (similares a las que produce el virus plrv) y alto contenido de azúcares; por lo que su calidad para consumo en fresco y para fabricar papalinas y papas a la francesa no es adecuada. Como consecuencia del ataque los tubérculos pierden su calidad comercial.

• Los tubérculos semilla que se obtienen de plantas atacadas, no llegan a brotar o bien producen brotes ahilados, semejantes a los que producen los tubérculos afectados por virus.

• Por lo general el ataque se inicia en las orillas de las plantaciones y avanza lentamente hacia el interior, pero también pueden observarse manchones de color amarillo pálido rodeados de zonas de color verde. (3)

2.2.3. DURACIÓN DEL CICLO BIOLÓGICO.

Cuadro 1. Duración de cada etapa del ciclo de vida de paratrioza.

Estado/estadío	Días
Huevo a Ninfa 1	5.50
Ninfa 1 a ninfa 2	4.10
Ninfa 2 a ninfa 3	3.60
Ninfa 3 a ninfa 4	4.10
Ninfa 4 a ninfa 5	3.60
Ninfa 5 a adulto	6.10
Total	**27 días**

Fuente: SAGARPA, Comité de Estatal de Sanidad Vegetal, México.

La temperatura ideal para su desarrollo es a 23 ºC.

La paratrioza tiene hábitos migratorios, alcanzando vuelos de hasta 1.5 km de altura. Se presenta con mayor incidencia en zonas agrícolas de monocultivo de papa, llegando a éstos desde cultivos de otras regiones y sus hospedantes silvestres. En algunos lugares el insecto desaparece durante el invierno, emigrando a grandes distancias en busca de alimento. (11)

2.2.4. DAÑOS CAUSADOS POR PARATRIOZA.

DAÑOS DIRECTOS (ORIGINADOS POR LA TOXINA)

Los daños toxiníferos provocados por el pulgón saltador fueron dados a conocer por Richards (1928 y 1933), que atribuyó la enfermedad del "amarillamiento de la papa" a los procesos de alimentación de las ninfas en la planta, pues por el estilete también inoculan toxinas, lo que se confirmó al retirar las ninfas de las hojas y observar que los síntomas desaparecían lentamente, así mismo la planta tendía a recuperar su color verde normal. Diversos investigadores han aportado mayores elementos sobre el efecto de la toxina de *Bactericera* en las plantas de papa y tomate, sin embargo, en algunos casos estos son contradictorios y provocan confusión, pues algunos investigadores dicen que además del amarillamiento en papa, "las hojas apicales tienen foliolos ondulados y morados", síntomas que están más relacionados con los de la punta morada de la papa que con los causados por la toxina.

DAÑOS INDIRECTOS (ORIGINADOS POR PATÓGENOS)

La principal enfermedad de la papa es la punta morada, originalmente descrita en Estados Unidos y transmitida por chicharritas. A una enfermedad similar en papa observada en México, se le asignó el mismo nombre y estudios moleculares del ADN concluyeron que es causada por un fitoplasma del grupo del *aster yellows* y que a diferencia de los reportes de Estados Unidos, en México la punta morada de la papa parecer ser transmitida por *B. cockerelli* y no por chicharritas.
Estudios recientes han mostrado que una nueva especie de una bacteria no cultivable denominada *Candidatus liberibacter solanacearum (psyllaurous*), es responsable de la enfermedad "Permanente del tomate" y "Punta morada de la papa - manchado del tubérculo" (Zebra chip) y es transmitida por B. cockerelli. (4).

2.3. ENFERMEDADES ASOCIADAS A LA PARATRIOZA.

2.3.1. PUNTA MORADA DE LA PAPA-MANCHADO (ZEBRA CHIP) DEL TUBÉRCULO.

En el 2007, se registró una producción mundial de 19.3 millones de hectáreas, con una producción de 325 millones de toneladas (FAOSTAT, 2007), sembrada en 100 países. Sin embargo es afectado por una gran cantidad de factores que limitan su producción y calidad de los tubérculos; entre estos factores sobresalen los insectos, nematodos, maleza y enfermedades de tipo fúngicas, bacterianas, virosas, fitoplasmas u organismos tipo bacteria. Una de las principales enfermedades es conocida como “punta morada de la papa” (PMP) considerada de gran importancia por las pérdidas económicas que ocasiona y la cual se encuentra distribuida en Canadá, E.U.A., Centro, Sudamérica y en México ya como un problema muy serio pues se encuentra presente en la mayoría de las zonas productoras de papa.

Según Leyva-López y col, en 2002, la punta morada fue originalmente descrita en Estados Unidos y transmitida por chicharritas; en México, a una enfermedad similar en papa se le asignó el mismo nombre y estudios moleculares del ADN concluyeron que es causada por un fitoplasma del grupo aster yellows. El nombre de esta enfermedad hace alusión a la coloración morada que adquieren las hojas apicales, síntoma que está asociado con achaparramiento de la planta, enrollamiento de las hojas, y recientemente se han descritos síntomas adicionales que se caracterizan por una coloración oscura interna de los tubérculos y ausencia de brotación de los mismos. Esta enfermedad, se le conoce como “Zebra chips” y está causando mayores daños que la comúnmente conocida “Punta morada”. (4)

2.3.2. DESCRIPCIÓN DE PUNTA MORADA DE LA PAPA.

Los síntomas en plantas de papa y tomate afectadas son: enrollamiento de las puntas y los bordes de las hojas hacia el haz con una decoloración morada, una moderada proliferación de los brotes, entrenudos cortos, hinchamiento de los nudos, tuberización aérea, un decaimiento temprano de la planta.

Investigaciones previas han demostrado que el fitoplasma BLTVA infecta a varias plantas de importancia agrícola y entre ellas, varias de la familia solanáceae.

2.4. MANEJO DE LA PLAGA.

Antes de tomar decisiones inmediatas para su control es necesario realizar primero el monitoreo y muestreo de la plaga. Con ello se responden a las siguientes preguntas:

• ¿Cómo esta distribuida la plaga?

• ¿En que estado biológico se encuentra?
• ¿En que cantidad?
• ¿De donde proviene?

Dado que los adultos de paratrioza se desplazan preferentemente por las corrientes de aire, es importante detectar la dirección de los vientos, pues es por donde van a iniciar las primeras migraciones a los cultivos. (11)

2.4.1. Control cultural.

Dentro de algunas medidas se pueden mencionar

- Eliminar la maleza hospedera y/o plantas voluntarias, en las áreas cercanas al cultivo.
- Utilizar semilla certificada,
- Comprobando su sanidad con análisis de laboratorio, que determinen que los tubérculos están libres de fitoplasmas.
- Utilizar plantas libres de huevecillos y ninfas.

2.4.2. Control biológico.

Comercialmente existen productos biológicos para el control de la paratrioza. No obstante, también se encuentran de manera natural dentro del cultivo, por lo que al realizar una aplicación con insecticidas se debe tomar en cuenta que no sean tan agresivos con la fauna benéfica.

2.4.3. Control legal.

Consiste en el manejo y eliminación de focos de infestación de la plaga, a través de la destrucción de los residuos (rastrojos), inmediatamente después de la cosecha.

2.4.4. Control químico.

Es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

- Concentración de la mezcla (cantidad del Insecticida por volumen de agua).
- Cobertura de la aplicación.
- Libras de presión del aspersor.
- pH y dureza del agua.
- Horarios de aplicación.
- Técnica de la aplicación. (11).

2.5. ESTUDIOS REALIZADOS EN PSILIDOS.

2.5.1. PARATRIOZA COMO VECTOR DE PUNTA MORADA.

Un nuevo defecto de la papa *(Solanum tuberosum*), denominado zebra chip (ZC), ha sido recientemente documentado por ocurrir en plantaciones de producción comercial de papa en el suroeste de los Estados Unidos, México y Guatemala. Esta enfermedad fue observada por primera vez en el cultivo de papa en México en 1994 y luego fue observada en los Estados Unidos en el año 2000 en cultivares en Texas. Esta enfermedad se caracteriza por que al freír las papas provenientes de tubérculos de papa enfermos se tornan de una coloración café y hace que las papalinas (Chips) sean comercialmente inaceptables.

Varios estudios demuestran la relación entre la existencia de la enfermedad Zebra Chip y la presencia del psílido *Bactericera cockerelli*, el cual es conocido por ser un insecto vector de fitoplasmas y bacterias fastidiosas del floema, y en este caso lo asocian con la aparición de la enfermedad Zebra Chip.

Los síntomas de esta enfermedad en la papa y tomate son muy similares a los que presenta la enfermedad denominada punta morada de la papa provocada por el fitoplasma BLTVA. Los síntomas que presenta la enfermedad son: Clorosis, achaparramiento, entrenudos cortos e hinchados, decoloración morada en hojas y tallos superiores, proliferación de brotes axilares y tubérculos aéreos, se observa una coloración café en el sistema vascular en cortes de tallos, hojas corchosas y decaimiento de la planta, hojas pequeñas.

Estudios recientes realizados, revelan la presencia de la bacteria fastidiosa limitada al floema Candidatus liberibacter en plantas de papa con los síntomas de Zebra Chip (ZC), y suponen que una nueva especie de este género puede estar involucrada en la enfermedad Zebra Chip.

Varios de los estudios han estado enfocados a determinar la presencia de fitoplasmas en plantas con los síntomas de Zebra Chip ya que estos son muy similares a los de la denominada punta morada de la papa que es provocada por el fitoplasma BLTVA, de los cuales en algunos casos han resultado positivos y en otros no han encontrado fitoplasmas asociados con la enfermedad. (13).

2.5.2. OTROS ESTUDIOS REALIZADOS EN PSILIDOS.

Otros estudios similares que han sido realizados en cuanto a control y detección de psilidos que afectan cultivos agrícolas, encontramos a *Diaphorina citri*, un psilido que al igual que paratrioza, causa daños directos e indirectos; directos al momento de alimentarse, ya que extrae grandes cantidades de sabia de las plantas e indirectos, ya que es el vector de *Candidatus liberibacter*, agente causal de Huanglongbing o enverdecimiento de los cítricos. Esta plaga fue detectada en Guatemala en el año 2010. (5)

Impactos de la plaga

El daño indirecto es el de mayor severidad y relevancia, dado que es vector de *Candidatus liberibacter spp*. bacterias asociadas a la enfermedad conocida con el nombre de Huanglongbing (HLB). Esta enfermedad es considerada a nivel mundial como la más destructiva que afecta a los cítricos.

Los daños directos causados por el insecto se refieren a la extracción de savia y la producción de mielcilla. La mielcilla se vuelca sobre hojas, favoreciendo el desarrollo de *fumagina*. En adición, cuando se alimentan inyectan al vegetal toxinas que detienen la elongación terminal y causan malformaciones de hojas y brotes. En infestaciones severas, los brotes nuevos pueden morir. Los árboles adultos pueden ser tolerantes a estos daños debido a que la pérdida de hojas y brotes es tan sólo una pequeña porción del follaje total. En plantas jóvenes los daños pueden ser de mayor relevancia dependiendo de la intensidad de infestación. (5)

El HLB es una abreviatura de Huanglongbing, palabra de origen chino que significa enfermedad del brote amarillo. Es una enfermedad de reciente introducción Guatemala y que ataca a diversos cítricos, tales como limón, naranja, toronja; también puede atacar a la limonaria (*Murraya paniculata*). La enfermedad no tiene cura y los árboles infectados mueren en el transcurso de algunos años. (5)

Agente causal o patógeno.

El HLB es causado por *Candidatus liberibacter*, una bacteria Gram negativa. Existen tres variantes de esta bacteria, *C.l. asiaticus, C.l. africanus y C.l. americanus*. La enfermedad es originaria de China.

Síntomas.

Los síntomas que presenta la enfermedad son un moteado difuso de las hojas, los brotes se vuelven amarillentos. Las ramas y brotes mueren y se secan; en árboles que tienen una infestación prolongada, el árbol pierde follaje, los frutos no se forman por completo, tienden a caerse y después de un tiempo, el árbol se muere. Los síntomas de moteado no son exclusivos del HLB y únicamente sirven como un indicador de la posible infección por la bacteria. En el caso de los frutos, su desarrollo se detiene, en algunos casos los frutos se deforman, tienen una coloración atípica y las semillas son abortivas. El diagnóstico requiere de técnicas moleculares, como es la PCR (Polymerase Chain Reaction). Una técnica de campo que sirve para hacer un diagnóstico tentativo es la reacción yodo-almidón; se basa en el uso de una solución de yodo para teñir cortes foliares de plantas sospechosas, la reacción positiva al yodo se manifiesta por un cambio en la coloración del tejido.

Transmisión.

El HLB se transmite por medio de vectores, existen dos géneros importantes: *Diaphorina citri* en Asia y América y *Trioza erytreae* en Africa. Otra manera de transmitirse es mediante injerto de yemas infectadas. También se disemina a través del transporte de plantas enfermas.

Control.

El HLB no tiene curación y eventualmente las plantas infectadas mueren en un plazo de aproximadamente diez años, aunque esto es variable. Para disminuir la propagación de la enfermedad se recomienda principalmente:

- Eliminación de plantas enfermas.
- Utilización de plántulas de viveros certificados.
- Control del vector. En este caso, por ser de rápido efecto se recomienda el uso de insecticidas químicos.

De manera preventiva se recomienda lo siguiente:

- Realizar muestreos periódicos para detectar síntomas del HLB en el follaje.
- Remover plantas enfermas o que no tienen producción.
- No utilizar plántulas que no provengan de viveros certificados.
- Control de *Diaphorina citri*, ya sea mediante métodos químicos o de control biológico. (5).

2.6. INFORMACIÓN TÉCNICA DE LOS INSUMOS EMPLEADOS EN LOS TRATAMIENTOS.

ABAMECTINA.

Abamectina es una mezcla de avermectinas que contiene más del 80% de avermectina B1a y el resto de avermectina B1b. Estos dos compuestos B1a y B1b tienen unas propiedades toxicológicas parecidas. La avermectina es un derivado de compuestos obtenidos por fermentaciones en laboratorio de la bacteria del suelo *Streptomyces avermitilis*. (14). Sustancia activa: Pentaciclona con actividad insecticida y acaricida de acción traslaminar y sistémia localizada, de amplio espectro. Actúa estimulando la liberación presináptica de inhibidores neurotransmisores, como Gamma-aminobutirico, desde las terminales nerviosas y potenciando su fijación a los receptores postsinápticos entre ellos el receptor glutamato. En los artrópodos impide la transmisión de señales en las conexiones neuromusculares por el mismo mecanismo de amplificación de la acción del ácido ã-aminobutírico, a través de un aumento de la permeabilidad de la membrana al calcio. Los insectos sensibles quedan paralizados irreversiblemente y mueren. A diferencia de la mayoría de los insecticidas no afecta al sistema colinérgico. En los ensayos ha controlado cepas de ácaros fitófagos resistentes a los insecticidas y acaricidas en uso. Por su composición química y modo de acción no se prevén resistencias cruzadas con otros plaguicidas. (16).

Resulta eficaz por ingestión y contacto siendo mucho más activa en el primer caso. Tanto los ácaros como los insectos quedan inmovilizados poco después de ingerirla, dejan de alimentarse y acaban muriendo; pueden requerirse de 3 a 4 días para alcanzar su máxima eficacia. En términos generales es un plaguicida de acción lenta y larga actividad residual contra los ácaros. No es ovicida. Su acción sobre los minadores de hojas tiene lugar, al parecer, a través de dos mecanismos: la penetración foliar que produce una excelente mortalidad larvaria en las minas existentes, y la acción de los residuos foliares recientes que provocan una rápida reducción de la fecundidad o de la capacidad de oviposición de las hembras adultas expuestas a ellos. Aplicada adecuadamente penetra en el tejido foliar formando una reserva dentro de la hoja, siendo esta reserva la que proporciona su actividad residual mientras que la parte de producto que queda en la superficie se disipa.

Abamectina se fija fuertemente al suelo y se considera esencialmente inmóvil en él. Es rápidamente degradada por los microorganismos y no se acumula. Su vida media en condiciones aerobias oscila entre 2 semanas y 2 meses. Es fotosensible, degradándose rápidamente en el agua y sobre el suelo, siendo su

vida media inferior a 1 día. Cuando se aplica en forma de cebo directamente al suelo, su vida media es de 1 semana pero persiste más si está en la oscuridad. Posee poco o ningún potencial de lixiviación. (17).

ENTOMOPATÓGENOS

Para llevar a cabo el control biológico se emplearon dos cepas entomopatógenas (*Beauveria bassiana* y *Verticillium lacanni*)

Beauveria bassiana

Es cosmopolita, es decir, se encuentra distribuido en todo el planeta. Por lo que es considerado uno de los entomopatógenos de más amplio espectro, ya que infecta a más de 700 especies de insectos. (9).

Descripción del género

OBA, citando a Barnett & Hunter, expresa que *Beauveria spp.* presenta micelio blanco o ligeramente coloreado con una apariencia blanca algodonosa a amarillenta cremosa; los conidióforos son simples, agrupados irregularmente o en conjuntos verticilados; en algunas especies son anchos de la base, terminando en puntas que soportan las esporas con apariencia de zig-zag después de que varias esporas son producidas. Los conidios son hialinos, de redondos a ovoides, unicelulares, secos y nacen individualmente en un pequeño esterigmata. (9)

Rango de hospedero

Beauveria bassiana presenta un amplio rango de hospederos, entre ellos: mosquita blanca (*Bemisia tabaci, B. argentifofli, Trialeurodes vaporarium*), gallina ciega (*Phylophaga sp, Cyclophala spp.),* broca del cafeto (*Hypothenemus hampei*), barrenador del tallo en maíz (*Elasmopalpus angustellus)*, entre otros. (9)

Modo de infección

A diferencia de las bacterias y virus, los hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* pueden infectar insectos no solo a través del intestino, sino también por los espiráculos y particularmente en forma directa por penetración del integumento. Esta propiedad es independientemente de los hábitos alimenticios del insecto.

En general, el desarrollo de Beauveria bassiana sobre los insectos incluye la adhesión de los conidios al insecto, la penetración del tubo germinativo al interior del cuerpo del insecto, estableciéndose y diseminándose, produciendo la muerte del insecto.

Beauveria bassiana ocasiona la muerte del insecto, así como alteraciones en su ciclo biológico, en disminución de la ovoposición y aumento a la sensibilidad de otros agentes de control. Si las condiciones de temperatura y humedad son favorables esporula en el exterior del insecto. De manera similar a otros hongos entomopatógenos*, Beauveria bassiana* deshidrata y mata a los insectos que infecta si no hay condiciones favorables de humedad y temperatura para la esporulación. (9)

Condiciones ambientales.

OBA, citando a Ignoffo indica que el factor del ambiente que más puede afectar la persistencia de los entomopatógenos, es la luz solar. Las temperaturas presentes en la mayoría de los agroecosistemas, que varían entre 10 c y 40 c C, no afectan adversamente a estos microorganismos. Para una buena esporulación, la humead relativa (HR) debe ser superior al 80%.

OBA citando a Quintela (1996), quien explica que los entomopatógenos pueden vivir en el suelo por periodos de tiempo variable. Los principales *Deuteromycetes* como: *Beauveria bassiana, Paecilomyces fumosoroseus, Metarhizium anisopliae, Verticiflium lecanii* e *Hirsutelfa thompsonii*, luego de parasitar a los insectos pueden permanecer en sus cadáveres por un largo periodo, a la espera de un nuevo hospedero. (9).

Verticillium lecanii.

Verticillium lecanii se describe en 1861, como un hongo cosmopolita. Es un patógeno común de insectos que se detecta en regiones tropicales y subtropicales. *Verticillium lecanii* es un *Deuteromyceto* que es muy eficaz contra muchas plagas de algunas plantas, incluso los nematodos y antagónico para algunos mohos, se produce comercialmente en los años 80 en Gran Bretaña, EUA y Holanda para controlar áfidos.

OBA, citando a Munguía explica que la infección de insectos causada por hongos, es conocida por más de un siglo y solo a partir de los últimos 20 años, de ser reproducidos masivamente e implementar su uso dentro del control biológico de insectos plaga. La mayoría de estudios de hongos entomopatógenos que se han

desarrollado, van desde la caracterización de aislamientos, nutrición, taza de desarrollo, germinación y esporulación. (10).

Modo de infección.

El hongo *Verticillium lecanii*, puede causar infección en cualquier estado de desarrollo del insecto a través del integumento. Al entrar en contacto con la cutícula del insecto, las esporas inician el proceso de germinación. Durante la germinación producen enzimas que destruyen la pared celular y permiten que el hongo penetre y llegue a la cavidad homocélica, donde se reproducen hasta llenar el interior del insecto y matarlo. (10).

Condiciones ambientales.

OBA, citando a Ignoffo, expresa que el factor del ambiente que más puede afectar la persistencia de los entomopatógenos es la luz solar. Las temperaturas presentes en la mayoría de los agroecosistemas, generalmente varían entre los 10 y 40 °C, no afectan negativamente a estos microorganismos. Para una buena esporulación la humead relativa (HR) debe ser superior al 80%. (10).

OBA, citando a Quintela: Los entomopatógenos pueden vivir en el suelo por periodos de tiempo variable. Los principales Deuteromycetes como: *Beauveria bassiana, Paecilomyces fumosoroseus, Metarhizium anisopliae, Verticillium lecanii e Hirsutella thompsonii,* luego de infectar a los insectos pueden permanecer en sus cadáveres por un largo periodo, a la espera de un nuevo hospedero. (10).

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. MARCO REFERENCIAL.

3.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.

SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS.

San Pedro Sacatepéquez, es uno de los 29 municipios que conforman el departamento de San Marcos, situado en la parte Este del departamento en la Región VI o Región Sur-occidental.

Se localiza en la latitud NORTE 14° 57' 55" y en la longitud OESTE 91° 46' 36".
Su altitud es de 2,330 metros sobre el nivel del mar.

La cabecera municipal de San Pedro Sacatepéquez, se encuentra a una distancia de 2 kilómetros de la cabecera departamental de San Marcos y a 250 Kilómetros de la ciudad capital de Guatemala.

La extensión territorial del Municipio de San Pedro Sacatepéquez es de 253 Kms^2; y la del área urbana del "Valle de la Esmeralda" es de: 8.7 Km^2 14. (8).

3.1.2. LIMITES TERRITORIALES.

3.1.3.

Al Norte: con el municipio de San Lorenzo del departamento de SanMarcos.
Al Sur: con los municipios de: San Cristóbal Cucho, La Reforma y El Tumbador, del departamento de San Marcos.
Al Este: con el municipio de San Antonio Sacatepéquez, del departamento de San Marcos, y los municipios de Palestina de los Altos y San Juan Ostuncalco del departamento de Quetzaltenango.
Al Oeste: con los municipios de Esquipulas Palo Gordo y San Marcos, del departamento de San Marcos.

3.1.4. ASPECTOS FÍSICO-NATURALES.

- **Fisiografía:** este municipio se encuentra en la Sierra Madre.

- **Zona de Vida:** según la clasificación de zonas de vida de Holdridge, el área se encuentra clasificada como bosque muy húmedo, montañosos, bajo subtropical.

- **Suelos:** en el que predominan suelos francos a franco arcillosos con perfiles arables hasta 0.80 m con madera y drenaje interno, suelos profundos color negro a gris.

- **Relieve y Topografía:** pendientes entre 12- 32%, 32 a 45%, relieve accidentado en su mayor parte.

- **Precipitación:** una precipitación pluvial con un promedio de 2,730 mm anuales.

- **Temperatura:** temperatura de 12.50 a 18.60 °C.

- **Clima:** frío predominantemente, posee una franja de tierra cálida cuya extensión comprende las aldeas de Provincia Chiquita, Corral Grande, Chim y El Tablero, las que colindan con las zonas costeras de San Marcos y Quetzaltenango.

Durante el año se marcan dos estaciones:
La época seca, comprendida entre los meses de noviembre a abril. La época lluviosa, comprendida entre los meses de mayo a octubre. (8).

3.2. METODOLOGÍA

3.2.1. Localización del área de Estudio.

El ensayo fue desarrollado en el caserío Llano Grande, del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos. Localizado a 5 km de la cabecera municipal.

3.2.2. Descripción del trabajo.

El proyecto consistió en la evaluación de diferentes combinaciones de controles para el manejo de paratrioza (*Bactericera cockerelli Sulc*.) en papa (*Solanum tuberusum*); se combinaron tres tipos de control: etológico, químico y biológico con el fin de reducir la población del insecto y con ello los daños causados por el mismo dentro del cultivo, las combinaciones se realizaron de la siguiente manera: etológico-químico, etológico-biológico, químico-biológico, químico-biológico-etológico, testigo relativo y testigo absoluto.

3.2.3. Descripción del diseño experimental.

Para llevar a cabo la presente investigación se empleó un diseño experimental de bloques al azar, ya que es el diseño que mejor se adapta al tipo de experimento debido a que este fue realizado a campo abierto. El bloqueo fue realizado en función de la trayectoria del sol, este como componente en la determinación de la temperatura, al bloquear de esta forma se logró minimizar el impacto que tuvo esta condición para variar las diferencias entre unidades experimentales.

Este diseño se basa en unidades experimentales llamadas bloques, la finalidad de este es mantener la variabilidad dentro de las unidades experimentales dentro de los bloques, repitiendo únicamente una vez un tratamiento dentro de un mismo bloque, a fin de minimizar el error experimental, las unidades experimentales debieron ser tratadas lo mas uniformemente posible. (2)

3.2.4. Modelo lineal

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta de la ij-ésima unidad experimental.
μ = Efecto de la media general.
T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.
B_j = Efecto de la j-ésima repetición.
E_{ij} = Efecto del error experimental asociado a ij-ésima unidad experimental
i = Número de tratamientos.
j = Número de repeticiones. (2)

3.2.5. Número de tratamientos.

Se emplearon 6 tratamientos, en los cuales se incluyó un testigo absoluto y un testigo relativo.

3.2.6. Número de repeticiones.

Para esta investigación fueron empleadas 4 repeticiones por cada uno de los tratamientos.

3.2.7. Descripción de los tratamientos.

Los tratamientos que fueron empleados en la presente investigación consistieron en la combinación de diferentes tipos de control para el manejo de paratrioza, los tratamientos fueron permutados de la siguiente forma:

Tratamiento 1 = Etológico-químico.
Tratamiento 2 = Etológico-biológico
Tratamiento 3 = Químico-biológico.
Tratamiento 4 = Químico-biológico-etológico
Tratamiento 5 = Testigo relativo, y
Tratamiento 6 = Testigo absoluto.

Estos tratamientos consistieron en:

Control Etológico: consistió en el empleo de trampas cromáticas pegajosas, las cuales fueron colocadas en la dirección predominante en la que corría el viento. Fueron colocadas 2 trampas por unidad experimental que involucraba a este tratamiento, las dimensiones de cada trampa fueron de 0.40 x 0.40 m, estas consistieron en pantallas de plástico amarillo cubiertas con un adhesivo-pegante denominado Bio-Tac (adhesivo polibutano), el cual es empleado en el monitoreo y control de plagas insectiles en cultivos, aprovechando el comportamiento del insecto, los cuales fueron atraídos por el color hacia la trampa y de esta forma quedar adheridos.

Control Químico: consistió en el uso de insecticidas sintéticos, por su modo de acción traslaminar y sistémica localizada de amplio espectro la mejor opción que se determinó, además de su preferencia por los productores fue la molécula Abamectina (NewMectin 1.8 EC Lactosa Cíclica); las aplicaciones de este insecticida a la parcelas experimentales se realizaron de acuerdo a un calendario, alternado con la medida de control que le acompañaba en el tratamiento. El momento de aplicación de los insecticidas sintéticos fue determinado por la presencia del insecto en dentro de la plantación, considerando también la fase fenológica en la que se encontraba ya que esta plaga afecta al cultivo en fase de ninfa y de adulto, además se tomaron en cuenta las condiciones climáticas favorables para las aplicaciones.

Control Biológico: se han determinado varias cepas entomopatógenas las cuales brindan un control eficaz sobre un gran número de plagas insectiles. Para este tratamiento se emplearon dos cepas (*Verticillium lecanii* y *Beauveria bassiana)* las cuales representan una opción adecuada para este tipo de control en paratrioza, las cepas fueron empleadas en forma de insecticida biológico los cuales se aplicaron en forma de aspersión.

Testigo Relativo: este tratamiento fue manejado con base a la metodología empleada actualmente por el agricultor, la cual principalmente se basa en insecticidas sintéticos.

Testigo Absoluto: en este tratamiento no fue empleado ningún tipo de control descrito anteriormente, este tratamiento sirvió como comparador y para determinar la incidencia y el efecto de la plaga.

3.2.8. Dimensiones.

Cada bloque midió: 20.50 m de largo X 2.70 m de ancho.

Cada unidad experimental midió: 3 m de largo por 2.70 de ancho. Dejando un espacio entre unidad de 0.50 m y calles entre bloques de 1 m y espaldas de 0.50m.

Área total: 12.80 m X 20.50 m. = 262.4 m^2 (Ver anexo).

3.2.9. Descripción de las variables de respuesta.

- **Incidencia de la plaga.** Se llevaron a cabo muestreos quincenales en cada una de las unidades experimentales; estos fueron realizados mediante la selección de plantas al azar y revisadas las hojas de cada una de ellas a fin de cuantificar la incidencia de individuos del psílido en el cultivo. Estos conteos fueron tomados en cada una de las parcelas por tratamiento. El propósito fue determinar la dinámica poblacional del insecto tanto en incremento como en reducción de la misma antes y durante la aplicación de los tratamientos, identificando al insecto y la fase biológica en la que se encuentra.

- **Eficacia del tratamiento.** Eficacia: se describe como el porcentaje de control de un tratamiento sobre el insecto plaga. (4)

  El porcentaje de eficacia de cada tratamiento fue determinado empleando la fórmula propuesta por Henderson y Tilton.

$$\% \text{ de eficiencia} = 1 - \frac{Td * Ca}{Ta * Cd} * 100$$

Donde:

Ta = Infestación en la parcela antes del tratamiento.
Td = infestación en la parcela después del tratamiento.
Ca = Infestación en la parcela testigo antes del tratamiento.
Cd = Infestación en la parcela testigo después del tratamiento.

Para la obtención de estos datos fue de gran utilidad el empleo de un testigo absoluto, el cual proporciona datos para determinar el porcentaje de eficacia; la fórmula se empleó tomando los datos de cada muestreo comparándolo con el inmediato posterior.

- **Rendimientos.** Los rendimientos fueron determinados en toneladas por hectárea tomando en cuenta únicamente los tubérculos que reunieron condiciones de calidad para la comercialización.

  La calidad de los tubérculos se determinó por la observación de la uniformidad en color, tamaño y forma; los tubérculos que presentaron daño mecánico fueron clasificados como segunda y los tubérculos que presentaron halo pardo, daño característico de ataque de fitoplasmosis fueron desechados.

- **Tubérculos dañados.** Se realizó una selección al azar de 10 tubérculos para determinar si se encontraban dañados por efecto de la plaga, este daño fue identificado como una mancha (halo) café al momento de partir los tubérculos. Los resultados fueron analizados estadísticamente para determinar el daño que pudo causar el vector en las unidades experimentales.

- **Rentabilidad del tratamiento.** La rentabilidad de cada tratamiento se determinó mediante un análisis de costo beneficio, en el cual se calculó el costo de insumos empleados en la producción de todo el ensayo y fue dividido en cada unidad experimental, a cada uno de ellos se sumó el costo que implicó cada tratamiento, posteriormente se realizó el cálculo por hectárea, este resultado fue restado de los ingresos que generó cada unidad y de igual manera se calculó en volumen por hectárea, el valor de retorno fue dividido en el costo que implicó y fue multiplicado por 100 dando como resultado la utilidad de cada tratamiento. Se explica con la fórmula: beneficio – costo = beneficio (beneficio/costo) x 100 = rentabilidad (%).

3.2.10. Recursos.

Físicos.

- Semillas.
- Fertilizantes.
- Fungicidas.
- Insecticidas químicos.
- Insecticidas biológicos.
- Trampas cromáticas.
- Bomba de mochila.
- Azadones.
- Machetes.
- Materiales de oficina.

Humanos.

- Supervisor de EPS, Centro Universitario de Occidente, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Asesor de Tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala.

3.3. ANÁLISIS DE DATOS.

A fin de realizar el presente estudio, los datos de rendimientos y tubérculos dañados por halo parduzco fueron procesados estadísticamente mediante análisis de varianza y prueba de medias de Tukey a 0.05 de probabilidad, con el fin de determinar el tratamiento que presentó significancia estadística
El porcentaje de eficacia de los tratamientos se obtuvo mediante el uso de la fórmula de Henderson y Tilton, en la cual deben tomarse en cuenta los datos de las lecturas de cada muestreo y compararlos con los datos del muestreo posterior.

3.4. Análisis Económico.

Para realizar el análisis económico se llevó a cabo un estudio costo-beneficio, en el cual, fueron tomados los insumos que se emplearon de la misma forma en cada unidad experimental (fungicidas, fertilizante, mano de obra, etc.), posteriormente se calculó y sumó el costo de cada tratamiento para control de paratrioza, este dato fue transformado a costo por hectárea.
El segundo paso consistió en verificar los rendimientos de cada unidad experimental y convertirlos a toneladas por hectárea, luego fue calculado el beneficio con base en el precio de venta en el mercado al momento de realizar la cosecha.

Finalmente se sustrajeron los costos de control y manejo que implicó cada tratamiento de los beneficios que fueron obtenidos al comercializar el producto. De esta manera se obtuvo el beneficio que puede brindar cada tratamiento sobre las parcelas, expresando las cantidades en toneladas por hectárea.

3.3. Manejo Agronómico.

- **Preparación del suelo:** consistió en barbechar el suelo empleando azadón a una profundidad de 30 cm, con la finalidad de mullir el suelo y permitir un mejor desarrollo de la zona radicular y un mejor anclaje de la planta, además de eliminar malas hierbas.

- **Siembra:** se realizó un zanjeado de 15 cm de profundidad, al fondo se aplicó materia orgánica, posteriormente se colocaron las semillas a un distanciamiento de 0.90 m entre surcos y 0.25 m entre plantas, el suelo, la semilla y la materia orgánica fueron desinfectados utilizando los productos Actára (Tiametoxam), Mertect (Tiabendazol) y Amistar (Azoxystrobin + Clorotalonil).

- **Fertilización al suelo:** además de la fertilización orgánica de fondo, a los 30 dds se realizó una fertilización utilizando la formula 15-15-15 +EM, junto a esta de llevó a cabo el aporque de las plantas.

- **Fertilización foliar:** a los 60 días se realizó un aporte de potasio, con el fin de mejorar la calidad de los tubérculos, esta se repitió semanalmente, dos aplicaciones más.

- **Control de enfermedades:** se realizaron 12 aplicaciones de fungicidas de la siguiente manera: 6 aplicaciones de Mancozeb (Mancozeb), 4 aplicaciones de Revus (Mandiporpamid + Cloratolonil) y 1 aplicación de Ridomil (Mefanoxam + Mancozeb).

- **Control de insectos:** se realizaron 6 aplicaciones de insecticidas, tanto químicos (NewMectin 1.8 EC, Abamectina) como biológicos (*B. bassiana y V. lecanii*), debió tomarse en cuenta que para la aplicación de insecticidas biológicos se distanciaron las aplicaciones con los fungicidas protectantes para evitar daños en las cepas entomopatógenas.

- **Control de malezas:** una semana dds se aplicó el herbicida pre-emergente Afalón (Urea) para el manejo de malezas.

- **Cosecha:** 90 dds, se procedió a la defoliación de la planta, esto se realizó con el propósito de lograr la maduración de los tubérculos. 10 días después se realizó la cosecha de los tubérculos.

- **Post-cosecha:** al momento de cosechar, los tubérculos fueron pesados para utilizar los datos de rendimientos, posteriormente se empacaron en arpías y fueron llevados al centro de acopio de papa.

4. ANÁLSIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

El control de Paratrioza (*Bactericera cockerelli*) *en* el cultivo de papa es importante ya que esta plaga funciona como vector de *Candidatus liberibacter,* agente causal del Mal de Punta Morada o Zebra Chip en papa, ésta provoca daños considerables en el producto final del cultivo. En el desarrollo del experimento se tuvieron al menos dos factores que fueron determinantes respecto de la cantidad de individuos en la plantación, estos son: temperatura e historial de manejo de la plaga en la región, ya que con anterioridad el control de este insecto se realizó de manera agresiva.

Pudo identificarse una población limitada de paratrioza, lo cual no demerita los resultados obtenidos en el ensayo, ya que como se menciona, la plaga es vector de fitoplasmosis, siendo esta relación vector-patógeno la mayor causa de daños en el cultivo, lo que significa que aunque se presente en poblaciones pequeñas ésta puede llegar a causar efectos negativos importantes en los rendimientos y en la calidad del producto final.

4.1. Incidencia de la plaga.

Durante el desarrollo de la planta, esta se vio afectada por diferentes estadios de paratrioza, por lo tanto fue necesario realizar monitoreos constantes en la parcela experimental con el fin de determinar la incidencia de la plaga en el cultivo. Los datos obtenidos durante la experimentación no fueron procesados estadísticamente ya que la intención principal fue la de construir la dinámica poblacional del insecto. Tomando en cuenta que el adulto de paratrioza tiene mucha movilidad cuando es perturbado, los conteos se realizaron en su mayoría en ninfas. El muestreo consistió en elegir plantas al azar y observar el envés de las hojas, donde se localizan las ninfas. Dicha dinámica poblacional se representa a través de la figura 1.

El lugar donde se estableció el ensayo presentaba características adecuadas para el desarrollo de la plaga, ya que se contaba con alta insolación, además de viento que favorecía la dispersión del insecto.

El ensayo se desarrolló en los meses de noviembre de 2014 a febrero de 2015. En el primer mes de desarrollo de la plántula, el número de individuos encontrados fue muy bajo, esto pudo deberse a pocas fuentes de infestación, además la temperatura que se registró durante esos días se mantuvo en promedio en 12. 70 ^{O}C (6) (ver anexo), mientras que la temperatura óptima para el desarrollo de paratrioza oscila entre los 27 ^{o} a 29 ^{o}C. (15).

En el segundo mes de desarrollo los individuos de paratrioza se incrementaron, debido a que la insolación en el mes de diciembre fue mayor y aunque la temperatura media mensual fue de 11.40 ^{O}C, se registraron temperaturas máximas de 19.30 ^{O}C, las cuales beneficiaron al establecimiento del insecto. (6). Un aspecto a considerar es que en esas fechas se inició el cultivo en los alrededores de la parcela experimental, lo cual representó focos de infestación sobre el área de ensayo.

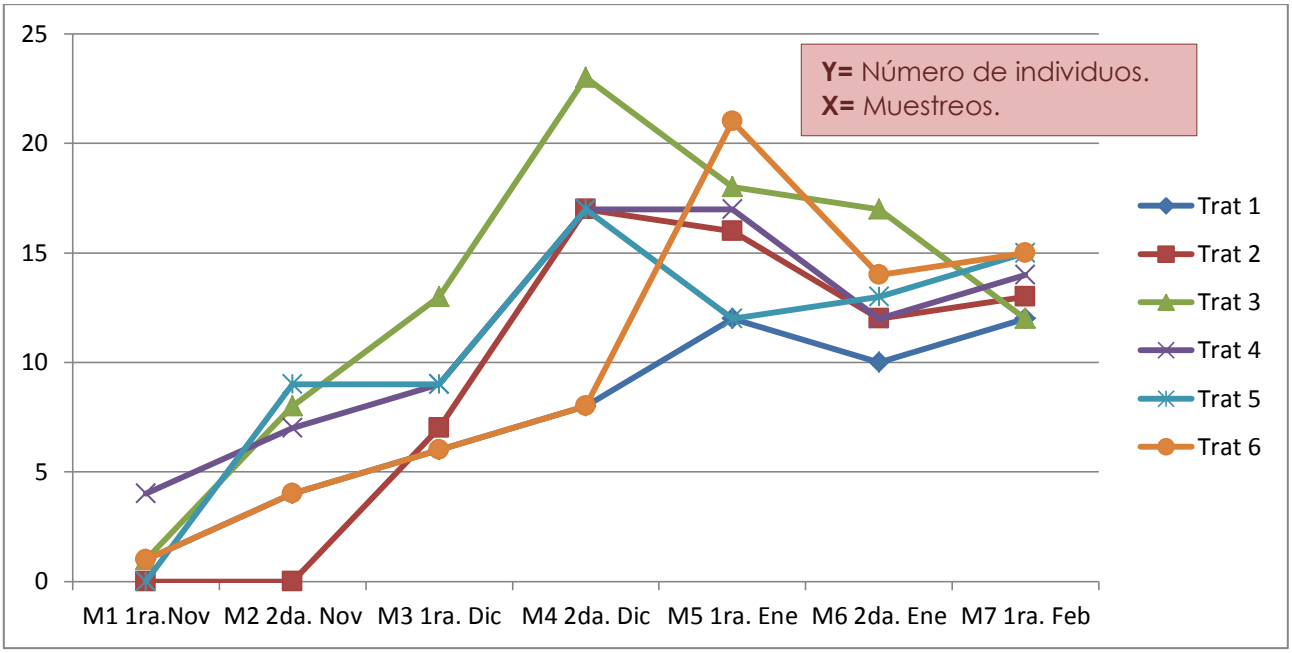
En la primer quincena del tercer mes de establecido el cultivo se vio, un incremento aun mayor de la población plaga, ya que las temperaturas máximas que se registraron en la zona estaban alrededor de los 25.30 ^{O}C en el día, momento en el que la plaga se encuentra mas activa, además la insolación fue mayor y la planta se encontraba en el máximo de su desarrollo, lo cual permitió que la plaga encontrara un hospedero adecuado. (6)

En la segunda quincena del tercer mes se observó un decrecimiento en los individuos de paratrioza, esto se debió a que, aunque las condiciones climáticas eran las adecuadas para el desarrollo de la plaga, los tratamientos surtieron el efecto deseado, reduciendo la población de insectos.
En el tiempo de establecimiento del ensayo los muestreos comparativos revelaron el incremento y reducción de la población (dinámica poblacional), en respuesta a factores ambientales, desarrollo de la planta, estadío del insecto y eficacia de cada uno de los tratamientos.

En la figura 1 mencionada con anterioridad, se ilustra la dinámica poblacional que presentó el insecto para cada uno de los tratamientos. Durante los primeros meses puede observarse que los tratamientos presentaron un incremento en los niveles de plaga, pero luego de llegar a su máximo nivel de infestación, se observa un decrecimiento sostenido de la población, aunque al final del ciclo nuevamente se nota un aumento sostenido en la población de paratrioza en la mayoría de tratamientos.

El tratamiento dos (etológico + biológico) hasta la segunda quincena de diciembre y el testigo absoluto hasta la primera quincena del mes de enero muestran claramente un incremento de los niveles poblacionales, posterior a esos días la población disminuye, debiéndose a la acción de los controles, y, aunque vuelven a incrementar sus niveles, son los tratamientos que muestran un aumento menos significativo al final del cultivo. Al final del experimento el testigo absoluto incrementó sus niveles de población al igual que la mayoría de los tratamientos, con excepción del tratamiento 2 (etológico + biológico), el cual se mantiene en un decrecimiento constate de la población del insecto.

Analizando la figura se observa que el tratamiento tres tuvo la mayor incidencia de la plaga durante el desarrollo de la plantación, pero también se observa que cuando las medidas de control dan inicio empieza una reducción bastante notoria de los individuos, además se observa un decrecimiento sostenido de la población, ya que a diferencia de los demás tratamientos, este no vuelve a incrementar sus poblaciones ni siquiera al final del ensayo.



Fuente: Investigación de campo 2014.

Figura 1. Dinámica poblacional de paratrioza en la evaluación de la combinación de tres tipos de controles para el manejo de paratrioza, vector de fitoplasmosis en el cultivo de papa.

En la figura puede identificarse el comportamiento de la población plaga para cada tratamiento, es notoria la conducta creciente de la plaga, hasta llegar a un punto máximo, de este punto en adelante se observa un decrecimiento de la población, lo cual indica el control que los tratamientos ejercieron sobre la plaga. Puede identificarse que el tratamiento tres mantuvo a partir del tercer mes de establecido el cultivo, un decrecimiento sostenido de la población, a diferencia de los demás tratamientos, que volvieron a incrementar sus niveles de población.

El tratamiento 1 presentó el mismo comportamiento que el testigo absoluto (T6) durante los primeros 4 muestreos, es decir desde la primer quincena del mes de noviembre hasta la segunda quincena de diciembre.

4.2. Eficacia del tratamiento.

La eficacia de los tratamientos fue determinada a través de la fórmula de Henderson y Tilton, la cual compara datos de población antes y después de cada tratamiento y los datos antes y después en la parcela del testigo absoluto. Considerando que se realizaron varios muestreos y debido a la dificultad que se tiene para contabilizar a los adultos, los muestreos se realizaron con ninfas, de esta forma pudo determinarse la eficacia de cada uno de los tratamientos empleados.

Apoyándose en la figura de la dinámica poblacional de la plaga, se logró determinar el momento preciso para realizar el análisis de eficacia de los tratamientos, lo cual sucede entre el muestreo 4 y el muestreo 5.
Los porcentajes de eficacia fueron transformados a datos arcoseno y con ellos se hizo el análisis de varianza (cuadro 3). Se determinó mediante el ANDEVA que no existió diferencia estadística entre tratamientos.

Según los porcentajes proporcionados mediante la formula de Henderson y Tilton, el tratamiento 3 presentó mayor eficacia en el control de paratrioza, brindando un 63.25% de control sobre la plaga, comparado al tratamiento 5 que brindó la menor eficacia de todos los tratamientos con un 37%.

El análisis de los datos permite demostrar que el tratamiento 3 es la opción mas eficaz para el control de ninfas de paratrioza, esto se debe a la acción combinada de los componentes del tratamiento (químico y biológico) la cual permite un manejo mas amplio del insecto, ya que cada uno de los métodos actuó de manera diferente: el control biológico basado en cepas entomopatógenas (*Beauveria bassiana y Verticillium lecanii)*, actuaron en el control de ninfas, presentando alta persistencia al integrarse dentro del agroecosistema, lo cual permitió un control adecuado del insecto en este estadío; el modo de acción de estas consiste en la adherencia de esporas a la cutícula del insecto, las cuales germinan y por acción enzimática penetran la misma, al desarrollarse las hifas invaden órganos vitales produciendo una serie de desbalances en el insecto. El hongo se desarrolla en condiciones de alta humedad y temperatura, factores que se presentaron dentro de la parcela experimental. El control químico se basó en el uso de Abamectina (NewMectin, 10 EC), insecticida de alta persistencia que por su modo de acción por ingestión y por contacto, inmoviliza al insecto por lo cual limita su capacidad de alimentación y que además limita la capacidad de oviposición de las hembras, por lo tanto su reproducción. De esta manera se determinó como un tratamiento que controla de manera amplia el vector de *Candidatus liberibacter.*

Cuadro 2. Porcentaje de eficacia de tratamiento mediante la fórmula de Henderson y Tilton para la evaluación de la combinación de 3 tipos de controles para el manejo de paratrioza, vector de fitoplasmosis en el cultivo de papa. Porcentajes.

Tratamiento	I	II	III	IV	Eficacia
1	75	28	78	0	45.25
2	60	64	57	50	57.75
3	80	59	48	62	62.25
4	67	28	78	41	53.50
5	82	52	14	0	37.00

Fuente: Investigación de campo 2014.

Los porcentajes expresados anteriormente fueron proporcionados por la fórmula indicada para cada tratamiento en cada bloque, el total de eficacia se obtuvo mediante un promedio general de las mismas, indicando que el tratamiento tres es el mas eficaz en relación a los demás, esto complementa la variable anterior demostrando la eficacia de las combinaciones.

Cuadro 3. Datos de eficacia transformados a valores arcoseno para la evaluación de la combinación de tres tipos de controles para el manejo de paratrioza, vector de fitoplasmosis en el cultivo de papa.

Tratamiento	I	II	III	IV	E	X
1	60.00	31.90	62.00	5.74	159.64	39.91
2	50.70	53.10	49.00	45.00	197.80	49.45
3	63.40	50.20	43.80	52.00	209.40	52.35
4	55.00	32.00	62.00	39.80	188.80	47.20
5	64.90	46.10	22.00	5.74	138.74	34.58
E	294	213.30	238.80	148.28	894.38	11.72

Fuente: Investigación de campo 2014.

Transformación % a As empleando la formula sen-I $\sqrt{P/100}$.
Valores = 0 o ≤ 1 se le asigna valor de 1.

Los valores en porcentaje deben transformarse a valores arcoseno, ya que mediante esta metodología se homogenizan los valores, reduciendo asi la tendencia a dispersarse de la media.

Cuadro 4. Compensación de datos para reducir la variabilidad dentro del análisis de varianza ya que en el cuadro tres se observa variabilidad entre los datos transformados a arcoseno.

Tratamiento	I	II	III	IV	E	X
1	60.00	31.90	48.45	39.91	180.26	45.06
2	50.70	48.51	49.00	41.26	189.47	47.36
3	52.88	52.35	43.80	52.00	201.03	50.25
4	55.00	47.20	51.00	39.80	193.00	48.25
5	41.92	46.10	22.00	34.68	144.70	36.17
	260.5	226.06	214.25	207.65	908.46	45.43

Fuente: Investigación de campo 2014.

En el cuadro puede observarse que el tratamiento 3, al compensar datos presenta la mayor media (50.25), mientras la media general es de 45.43, con estos valores logramos reducir la variabilidad en los datos al ser analizados estadísticamente.

Cuadro 5. Análisis de varianza sobre la eficacia de tratamientos para la evaluación de la combinación de tres tipos de controles para el manejo de paratrioza, vector de fitoplasmosis en el cultivo de papa.

FV	GL	SC	CM	F cal.	F tab.	Significancia
Bloques	3	422.68	140.89	3.05	3.49	NS
Tratamiento	4	552.13	138.03	2.99	3.26	NS
Error	12	553.24	46.10			
Total	19	1528.05				
	FC = 41223.2		CV = 10%			

Fuente: Investigación de campo 2014.

NS = No significativo.

Mediante el análisis de varianza se pudo determinar que no existió diferencia estadística entre los tratamientos y entre los bloques ya que la F tabulada es mayor que la F calculada.

4.3. Rendimiento (Ton/ha).

Al realizar el análisis estadístico se estableció que no existió diferencia significativa entre los tratamientos. Mediante observación entre los promedios de rendimientos totales por parcela, por tratamiento se logró determinar que el tratamiento dos brindó un rendimiento mayor para cada unidad experimental en comparación con los demás tratamientos.

Considerando que todas las parcelas experimentales recibieron el mismo manejo agronómico, como riego, fertilización y manejo de enfermedades, difiriendo únicamente entre ellas, el control de plagas insectiles, puede deducirse que uno de los tratamientos presentó mayor control de la plaga, siendo en este caso la combinación de control biológico y etológico, brindando mejores resultados en cuanto a rendimientos en toneladas por hectárea.

De lo anterior puede establecerse que la combinación de ambos controles (biológico y etológico) permite un mejor manejo de la plaga en estudio, además debe considerarse que esta combinación no es perjudicial a la salud humana ni al medio ambiente.

Dentro de la parcela experimental se observó una población limitada del insecto, debe tomarse en cuenta que aunque las poblaciones sean pequeñas este insecto afecta de manera indirecta funcionando como vector de fitoplasmosis, por lo tanto existe la probabilidad de que la plantación se vea afectada por la presencia de *Candidatus liberibacter* lo cual se traduce a la disminución de rendimientos, tanto en calidad como en cantidad de tubérculos.

La combinación de dos cepas de hongos entomopatógenos *(Beauveria bassiana* y *Verticillium lecanii)* unido al empleo de trampas cromáticas pegajosas de este tratamiento permitió un control eficaz del insecto vector de fitoplasmosis, actuando de dos maneras: el control biológico tuvo efecto en las ninfas y adultos de paratrioza, actuando sobre esta como patógeno, invadiendo los sistemas internos del insecto y ya que en horas de la mañana (6.00 a.m. – 10.00 a.m.) los adultos mantienen poca actividad y las ninfas permanecen inmóviles las aplicaciones de insecticidas biológicos (Metaveria Plus. Insecticida-Microbiológico) tuvieron mayor alcance en los insectos, permitiendo un adecuado control, y, el control etológico permitió un adecuado control de adultos, ya que estos psílidos tienen mayor movilidad dentro del cultivo en las horas mas cálidas del día y son atraídos a las trampas cromáticas pegajosas que se hallan permanentes en cada unidad experimental; estos dos efectos permitieron un control amplio de la población plaga.

Cuadro 6. Rendimientos expresados en toneladas por hectárea para la evaluación de la combinación de tres tipos de controles para el manejo de paratrioza, vector de fitoplasmosis en el cultivo de papa.

Tratamiento	I	II	III	IV	Total	Media
1	23.05	21.79	22.22	22.80	89.86	22.47
2	23.45	29.75	22.83	20.37	96.40	24.10
3	23.61	23.91	20.58	18.83	86.93	21.73
4	18.98	19.90	21.29	20.70	80.87	20.22
5	19.29	21.91	19.96	23.14	84.30	21.08
6	23.14	23.76	23.37	18.82	89.09	22.27
Media	131.52	141.02	130.25	124.66	527.45	21.97

Fuente: Investigación de campo 2014.

Rendimientos proyectados a toneladas por hectárea, para cada uno de los tratamientos evaluados. La media mas alta la presenta el tratamiento 2 con 24.10 ton/ha. Mientras la media general es de 21.97 por lo que el tratamiento que combina control biológico y etológico presenta un volumen mayor considerando la media general.

Cuadro 7. Análisis de varianza de los rendimientos obtenidos para la evaluación de la combinación de tres tipos de controles para el manejo de paratrioza, vector de fitoplasmosis en el cultivo de papa.

F. Variación	GL	SC	CM	F cal.	F tab.	Sig. 0.05
Bloques	3	23.08	7.69	1.59	3.29	NS
Tratamiento	5	35.20	7.04	1.46	2.90	NS
Error	15	72.29	4.81			
Total	23	130.57				
C.V. = 7.15						

Fuente: Investigación de campo 2014.

NS = No significativo.

Mediante el análisis de varianza se determinó que no existió significancia estadística entre los tratamientos, ni entre bloques ya que la F tabulada es mayor que la F calculada.

4.4. Tubérculos Dañados.

Se seleccionaron al azar 10 tubérculos de cada parcela experimental, estos fueron partidos por la mitad con el propósito de observar uno de los síntomas característicos de la presencia de *Candidatus liberibacter,* la cual consiste en una mancha o halo café en el interior del tubérculo. La cantidad de tubérculos que se observaron con el síntoma de *Candidatus liberibacter*, fueron expresados en porcentaje y posteriormente fueron transformados a valores arcoseno para su posterior análisis de varianza, el cual demostró que no existe diferencia estadística entre los tratamientos evaluados.

Dentro de las características observadas, en algunas plantas muestreadas puede determinarse la presencia de tubérculos aéreos, otro síntoma característico de la presencia de fitoplasmosis.

A nivel de campo el tratamiento cuatro presentó el menor porcentaje de tubérculos dañados por el halo, así como en la transformación arcoseno, proporcionó la menor cantidad de tubérculos. Tomando en cuenta lo anterior se decide que en esta ocasión es el mejor tratamiento (biológico + etológico + químico). Esto se debe a que este tratamiento combina la mayor cantidad de controles de paratrioza, obteniendo de cada uno de ellos el mejor efecto sobre la plaga. En este tratamiento puede observarse, la forma en que actuó cada método de control, el biológico (Metaveria Plus) siendo el controlador de ninfas encontradas en el envés de las hojas, infectado a los insectos; el control etológico (trampas cromáticas) como controlador de adultos activos dentro de la parcela principalmente en las horas mas calurosas del día y finalmente el control químico empleando Abamectina (NewMectin 1.8 EC), como insecticida traslaminar, permitiendo un control amplio del vector al inhibir sus capacidades de reproducción y alimentación.

Considerando la forma en la que actuaron los métodos de control, se determinó que existió un efectivo control sobre el vector, lo cual redujo considerablemente el patógeno dentro del ensayo, aunque como se mencionó anteriormente, a pesar de que la población plaga sea limitada existe el riesgo de que la fitoplasmosis sea transportada hacia la plantación, produciendo infecciones que afectan considerablemente la calidad del producto, ya que un número pequeño de insectos son capaces de actuar como vectores de la enfermedad.

Cuadro 8. Porcentaje de tubérculos dañados por el halo parduzco causado por C. liberibacter para la evaluación de la combinación de 3 tipos de controles para el manejo de paratrioza, vector de fitoplasmosis en el cultivo de papa.

Tratamiento	I	II	III	IV
1	20 %	0 %	0 %	10 %
2	0 %	0 %	0 %	20 %
3	0 %	10 %	0 %	0 %
4	0 %	0 %	0 %	0 %
5	0 %	10 %	0 %	0 %
6	20 %	0 %	0 %	10 %

Fuente: Investigación de campo 2014.

Los valores presentados anteriormente representan en porcentaje la cantidad de tubérculos que se hallaron dañados por el halo parduzco (síntoma característico de fitoplasmosis).

Cuadro 9. Datos de porcentaje de tubérculos con presencia de halo café transformados a arcoseno para la evaluación de la combinación de 3 tipos de controles para el manejo de paratrioza, vector de fitoplasmosis en el cultivo de papa.

Tratamiento	I	II	III	IV	Total	Media
1	26.56	5.73	5.73	18.43	56.45	14.11
2	5.73	5.73	5.73	26.56	43.75	10.94
3	5.73	18.43	5.73	5.73	35.62	8.91
4	5.73	5.73	5.73	5.73	22.92	5.73
5	5.73	18.43	5.73	5.73	35.62	8.91
6	26.56	5.73	5.73	18.43	56.45	14.11
Media	76.04	59.78	34.38	80.61	250.81	62.70

Fuente: Investigación de campo 2014.

Transformación de datos expresados en porcentaje a valores arcoseno empleando la formula sen-l $\sqrt{P/100}$.
Valore s = 0 o ≤ 1 se le asigna valor de 1.

Los valores en porcentaje deben transformarse a valores arcoseno, con el objetivo de homogenizar los valores, reduciendo así la tendencia a dispersarse de la media. Teneindo una media genral de 62.70, siendo el tratamiento uno el que presenta la media mas alta.

Cuadro 10. Análisis de varianza para la cantidad de tubérculos dañados por halo café, síntoma de presencia de *C. liberibacter* para la evaluación de la combinación de 3 tipos de controles para el manejo de paratrioza, vector de fitoplasmosis en el cultivo de papa.

F. Variación	GL	SC	CM	F cal.	F tab.	Sig. 0.05
Bloques	3	218.22	72.74	1.12	3.29	NS
Tratamiento	5	216.47	43.29	0.66	2.90	NS
Error	15	977.35	65.15			
Total	23	1412.05				

Fuente: Investigación de campo 2014.

NS = No Significativo.

Mediante el análisis de varianza se determinó que no existió significancia estadística entre los tratamientos, ni entre bloques ya que la F tabulada es mayor que la F calculada.

4.5. Rentabilidad del tratamiento.

Los costos de insumos y mano de obra fueron calculados con base en los precios del mercado, el total de la inversión en la parcela experimental fue dividido en el número de unidades experimentales, variando únicamente en cada una el costo de cada tratamiento, tomando como base el costo del testigo absoluto ya que éste no implicó ningún control. Los ingresos de cada tratamiento se determinaron con base en el precio de venta vigente en la fecha de cosecha. (Anexo, Cuadros 13, 14, 15, 16,17, 18 y 19).

Al realizar un análisis de costos totales puede establecerse que el tratamiento cuatro es el mas costoso con Q 95,345.00 por hectárea, en comparación con el tratamiento cinco (testigo relativo) que tuvo un costo de Q 80,530.00 por hectárea, siendo este el tratamiento que implicó menor costo de inversión. En cuanto a los ingresos, el tratamiento dos brindó la mayor recuperación con Q120,500.00, comparando con el tratamiento cuatro que presenta el menor índice de retorno con Q101,100.00.

El tratamiento cuatro presenta un mayor costo (Q 95,345.00) y menor ingreso por rendimientos (Q101,100.00), en consecuencia los ingresos proporcionados por este tratamiento representan una rentabilidad de 6.04% la cual es relativamente baja para el productor, equivaliendo a Q 5,755.00; esto se debe

a que este tratamiento implica el uso de tres tipos de control, lo cual significa un incremento considerable en el costo de producción por hectárea.
En comparación con el tratamiento dos implicó una inversión aceptable siendo esta de Q 87,777.00, y los ingresos totales que proporcionó este tratamiento fueron de Q 120,500.00 ya que sus rendimientos por hectárea son los que presentan mayor significancia comparado con los demás tratamientos, indicando una rentabilidad de 37.28%.

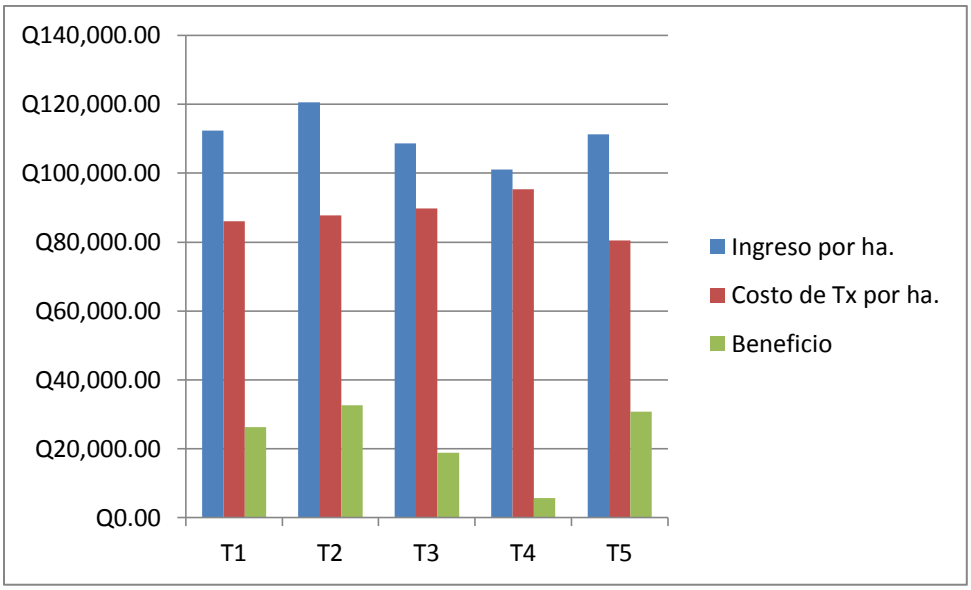
El tratamiento cinco requiere de un costo de producción por hectárea de Q 80,530.00 y aunque los ingresos son menores (101,100.00) representa una rentabilidad de 38.27% para el productor, la reducción en el costo se debe a que en este tratamiento se emplean únicamente insecticidas químicos, lo cual hace significativa la reducción de costos, por lo cual este se considera como la mejor opción económica para el control de paratrioza en el cultivo de papa, mientras los tratamientos uno y tres, representan porcentajes de rentabilidad de 30.51% y 21% respectivamente, los cuales pueden llegar a ser una opción aceptable para el productor.

Cuadro 11. Porcentaje de rentabilidad que representa el uso de cada tratamiento para la evaluación de la combinación de tres tipos de controles para el manejo de paratrioza, vector de fitoplasmosis en el cultivo de papa.

Tratamiento	Ingreso. Q	Costo de Trat. Q	Beneficio. Q	Rentabilidad %
T1	112,350.00	86,086.00	26,264.00	30.51
T2	120,500.00	87,777.00	32,723.00	37.28
T3	108,650.00	89,790.00	18,860.00	21.00
T4	101,100.00	95,345.00	5,755.00	6.04
T5	111,350.00	80,530.00	30,820.00	38.27

Fuente: Investigación de campo 2014.

Según los datos proporcionados se determinó que el tratamiento cinco es el mas rentable, esto se debe al bajo costo de producción que implicó, el tratamiento dos tiene un rentabilidad aceptable ya que se encuentra 0.99% por debajo del tratamiento cinco, eso se debió a los altos rendimientos que proporcionó. En ese caso ambos tratamientos llegan a tener mucha aceptación por parte del productor.



Fuente: Investigación de campo 2014.

Figura 2. Se presentan de manera gráfica los costos, ingresos y beneficios por hectárea que implicó cada uno de los tratamientos para la evaluación de la combinación de tres tipos de controles para el manejo de paratrioza, vector de fitoplasmosis en el cultivo de papa.

5. CONCLUSIONES.

1. En el desarrollo del ensayo se realizaron muestreos del insecto, principalmente en ninfas. A partir de la información obtenida en los muestreos se construyó una figura que demuestra el comportamiento de la población de paratrioza a lo largo del cultivo. El efecto de control que brindó el tratamiento 5 empleando únicamente abamectina (testigo relativo) produjo un decrecimiento en los niveles de población considerable a partir del muestreo 5, esta reducción fue momentánea, pues a partir del muestreo 6, los niveles volvieron a incrementarse. Por otra parte el tratamiento 3 que empleó controladores biológicos permitió un control sostenido de los niveles de población de ninfas hasta el final del ensayo. Por lo tanto se acepta la Ha_1, descartando la Ho_1, ya que al menos uno de los tratamientos brindó control sobre la plaga a lo largo del desarrollo del cultivo.

2. Mediante el empleo de la fórmula de Henderson y Tilton se logró determinar el porcentaje de eficacia de cada uno de los tratamientos, presentando que el tratamiento 3 (biológico + químico) es el mas eficaz controlando la plaga con un 62.35%, comparado con el tratamiento 5 (testigo relativo) que brindó un 34.68% de eficacia en cuanto al control de paratrioza. Tomando en cuenta lo anterior, se descarta la Ho_1, aceptando la Ha_1 ya que se demostró que al menos uno de los tratamientos brindó control eficaz sobre la plaga.

3. Para la variable rendimientos se acepta la Ho_2 ya que estadísticamente ninguno de los tratamientos significó una variación en cuanto a rendimientos de tubérculos dentro de las unidades experimentales. A nivel de campo se determinó que el tratamiento 2 (Etológico + Biológico) proporcionó mayores rendimientos expresados en toneladas por hectárea (22.47 ton/ha), mientras el tratamiento 4 proporciona el menor rendimiento con 20.22 toneladas por hectárea.

4. Estadísticamente todos los tratamientos son iguales. Verificando cada muestra de tubérculos que presentaron halo parduzco se determinó que el tratamiento 4 presentó menor incidencia de daño producido por fitoplasmosis con relación a los demás tratamientos, por lo que a nivel de campo se determinó que las parcelas tratadas con mayor número de tipos de control presentaron menor incidencia de este síntoma. La Ha_3 se comprueba ya que en la parcela experimental fueron encontrados tubérculos con halo parduzco.

5. El tratamiento 2 representa una rentabilidad de 37.28%, eso se debe a los altos rendimientos que brindó, comparado a la inversión para su producción. Mientras el tratamiento 5 representa una rentabilidad del 38.27%, lo cual indica que es el mayor porcentaje de rentabilidad con respecto a los demás tratamientos, el tratamiento 4 brindó una rentabilidad de 6.04%, lo cual no es aceptable para el productor, ya que por cada Q100.00 que se invierten, se recuperan únicamente Q6.04, La Ha_4 es aceptada para esta variable, además deshecha la Ho_4, considerando que ya sea el tratamiento 2 o el tratamiento 5, representan un porcentaje de rentabilidad aceptable para el productor.

6. En cuanto a la dinámica poblacional construida puede determinarse gráficamente que el tratamiento 3 (Químico + Biológico) logra un control sostenido de la población de paratrioza, a diferencia de los demás tratamientos que al final del ciclo incrementan nuevamente sus niveles de población, además, según los datos obtenidos mediante la fórmula de Henderson y Tilton se determinó que este tratamiento representa el mayor porcentaje de eficacia. Según el análisis de varianza para rendimiento de tubérculos (ton/ha) no existió significancia, aunque, verificando los valores en el campo pudo observarse que el tratamiento 2 brindó en cierta medida mayores rendimientos además este brinda una rentabilidad aceptable con 37.28%, difiriendo únicamente por 0.99% del tratamiento 5 que representa la utilidad mas alta según el análisis económico con 38.27%. finalmente el tratamiento 4, que combina tres tipos de control es que proporciona menor cantidad de tubérculos con mancha parduzca.

6. RECOMENDACIONES.

1. A pesar de presentar formas diferentes en sus mecanismos de acción, se recomienda el empleo del tratamiento 2 o el tratamiento 3, los cuales, a lo largo de la investigación demostraron ser herramientas bastante útiles en el manejo de paratrioza en el cultivo de papa, coincidiendo ambos tratamientos en el empleo de controladores biológicos. Por lo tanto, el uso de cepas entomopatógenas como parte de una estrategia de manejo integrado de plagas contribuye a controlar la paratrioza, principalmente en ninfas, ya que dichas cepas tienen alta persistencia dentro del agroecosistema, además, este tipo de controles no son perjudiciales al ambiente ni a la salud humana.

2. En cuanto al tratamiento 3, se recomienda para reducir los costos; al implementar este tratamiento pueden realizarse aplicaciones alternadas de insecticidas biológicos (Metaveria Plus) e insecticidas químicos (NewMectin 1.8 EC) semanalmente, realizando las aplicaciones en horas de la mañana, de esta manera se optimizará la acción controladora de dichos insecticidas, de esta forma se tendrá un intervalo de aplicaciones mas largo y con ello una considerable reducción en los costos.

3. Realizando un análisis entre los factores de beneficio para el productor se recomienda el empleo del tratamiento 2, ya que a través de la investigación, se determinó que brinda mayores rendimientos por hectárea lo que indica que tiene cierto impacto sobre paratrioza y si bien es cierto requiere de una inversión mayor, mas su rentabilidad es aceptable. A diferencia del testigo relativo que presenta un porcentaje ligeramente superior en cuanto a rentabilidad pero el tratamiento no ejerce control apropiado sobre la plaga. .

4. Se recomienda el uso de trampas cromáticas pegajosas en todas las fases de la planta, ya que permiten un control permanente no solo de paratrioza sino de una gran variedad de insectos, además de funcionar como método de muestreo de plagas.

5. Espaciar las aplicaciones de fungicidas con el insecticida biológico ya que podemos provocar un bajo funcionamiento de las cepas entomopatógenas o emplear fungicidas que no afecten al tipo de hongos del cual esta constituido el insecticida biológico.

6. Tomando en cuenta que el adulto de paratrioza tiene mucha movilidad principalmente en las horas más calurosas del día (10.00 a.m. a 12.00 p.m.) se recomienda aplicar los insecticidas en forma dirigida y en horas de la mañana, ya que el insecto no ha sido perturbado y se puede tener mejor cobertura con el insecticida.

7. Se recomienda realizar los muestreos en ninfas ya que por su limitada capacidad de movimiento son fáciles de identificar y cuantificar. En cuanto a muestreos también se sugiere seguir un orden de realización de ellos, se recomienda llevarlos a cabo en plantas determinadas de cada unidad experimental así como en determinadas hojas de la planta, de esta forma se logrará observar adecuadamente el comportamiento de la población plaga

8. Se recomienda el desarrollo de investigación que vaya dirigida puntualmente a controladores biológicos, cepas entomopatógenas o parasitoides en poblaciones plaga, ya que según la presente investigación, fue un aspecto determinante en el control de paratrioza, al ser el factor común en los tratamientos recomendados (T2 y T3) para el manejo de la plaga en el cultivo de papa.

7. BIBLIOGRAFIA.

1. Chávez, G. ICTA Guatemala. *Manual para cultivo de papa para consumo.* Quetzaltenango, Guatemala. 2010. 18 p.

2. De Paz, R. *Diseños y Análisis de Experimentos Agrícolas.* Quetzaltenango, Guatemala. 2009. Segunda Edición. 99 p.

3. Franco Rivera, J. ICTA. *Cultivo de papa (solanum tuberosum) en Guatemala*. Guatemala. 2002. Primera Edición. 52 p.

4. Garzón Tiznado, J.A. FCQB-UAS. *Paratrioza (Bactericera cockerelli Sulc), vector de la bacteria candidatus liberibacter solanacearum-Zebra chip en papa*. Sinaloa, Mexico. 12 p.

5. Méndez R. *Huanglongbing ("citrus greening") y el psílido asiático de los cítricos, una perspectiva de su situación actual*. Año 2010. 15 p

6. Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. Datos meteorológicos enero 2012 a febrero 2015, estación meteorológica Sinóptica, EFA, San Marcos. San Marcos, Guatemala. 2p.

7. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Guatemala. 2014.

8. Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos. *Programa de descentralización y fortalecimiento municipal. Plan de Desarrollo Municipal de municipio de San Pedro Sac. San Marcos*. Guatemala. 193 p.

9. Organismos Benéficos para la Agricultura S.A. de C.V. Jalisco México. *Fichas técnicas. Ficha técnica (Beauveria bassiana)*. 3p.

10. Organismos Benéficos para la Agricultura S.A. de C.V. Jalisco México. *Fichas técnicas. Ficha técnica (Verticillium lecanii*). 2p

11. SAGARPA, Comité de Estatal de Sanidad Vegetal, México. *Manejo Integrado de la Paratrioza (Bactericera cockerelli Silc)*. México. 18 p.

12. Superb, manual agrícola. Superb Superseed S.A. *Manual agrícola.* Guatemala. 2008. 5ta. Edición. 456 p.

13. Universidad de San Carlos de Guatemala. Programa Universitario de Investigación en alimentos y nutrición. *Determinación del agente causal de la enfermedad conocida como Moradillo en los cultivos de tomate y papa en Guatemala, por medio de técnicas moleculares*. Guatemala. Enero de 2011. 55 p.

E- grafía.

14. Bayer Crop Science [en línea] documento electrónico disponible en internet. Año 2015. [Fecha de consulta: 22-06-2015]. Recuperado de: http://www.bayercropscience.com.mx/bayer/cropscience/bcsmexico.nsf/id/ParatriozaPests_BCS

15. López Collado, J. Huanglongbing, Citrus Greening, enfermedad del brote amarillo, dragón amarillo de los cítricos. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, México. [en línea] documento electrónico, disponible en internet. Año 2009. [Fecha de consulta: 24-04-15] Recuperado de: https://sites.google.com/site/diaphorina/hlb.

16. Terralia. Vademécum [en linea] documento electrónico disponible en internet. Año 2015. [fecha de consulta: 27-04-2015]. Recuperado de: http://www.terralia.com/vademecum_de_productos_fitosanitarios_y_nutricionales/index.php?proceso=registro&numero=1

17. Universidad de Cornell. Red de Extensión Toxicológica. Programa de manejo y educación de plaguicidas. [En línea, disponible en inglés]. Documento electrónico disponible en internet. Año 1998. [Fecha de consulta: 08-05-2015]. Recuperado de: http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/extoxnet/24d-captan/abamectin-ext.html

8. Anexos.

Fuente: Investigación de campo 2014.

Figura 3. Presencia de ninfas de paratrioza en su fase 4 – 5.

Fuente: Investigación de campo 2014.

Figura 4. Ninfa y huevecillo de paratrioza detectados en el envés de las hojas.

Fuente: Investigación de campo 2014.

Figura 5. Presencia de tubérculos aéreos en las plantas. Síntoma característico de la presencia de *Candidatus liberibacter.*

Fuente: Investigación de campo 2014.

Figura 6.verificación de rendimientos por parcela en el campo.

Fuente: Investigación de campo 2014.

Figura 7. Tubérculo con manchado parduzco, signo definitivo de la presencia de *Candidatus liberibacter.*

Fuente: Investigación de campo 2014.

Figura 8. Croquis de campo de ensayo para la evaluación de la combinación de 3 tipos de control de paratrioza en el cultivo de papa.

Cuadro 12. Calendario de labores y aplicaciones realizadas durante el ensayo.

Noviembre						
L	**M**	**X**	**J**	**V**	**S**	**D**
					1 Establecimiento del cultivo de papa.	**2**
3	**4**	**5**	**6**	**7**	**8** Aplicación de herbicida selectivo.	**9**
10	**11**	**12**	1**3** Emergencia de los brotes.	**14**	**15**	**16**
17	**18**	**19** Aplicación de fungicida.	**20**	**21**	**22**	**23**
24	**25** Aplicación de fungicida.	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
Diciembre						
L	**M**	**X**	**J**	**V**	**S**	**D**
1	**2** Aplicación de fungicida.	**3** Colocación de trampas cromáticas y división de parcelas.	**4**	**5** Fertilización 15-15-15.	**6** Aplicación de insecticidas químicos y biológicos.	**7**
8	**9** Aplicación de fungicida.	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**
15	**16**	**17** Aplicación de fungicida.	**18**	**19**	**20** Aplicación de insecticidas químicos y biológicos.	**21**
22	**23**	**24**	**25** Aplicación de fungicidas.	**26**	**27**	**28**

29	**30**	**31** Aplicación de fungicidas.				
Enero						
L	**M**	**X**	**J**	**V**	**S**	**D**
			1	**2**	**3** Aplicación de insecticidas químicos y biológicos	**4**
5	**6**	**7** Aplicación de fungicida.	**8**	**9**	**10**	**11**
12	**13**	**14** Aplicación de fungicidas.	**15**	**16**	**17** Aplicación de insecticidas químicos y biológicos.	**18**
19	**20**	**21**	**22** Aplicación de fungicidas.	**23**	**24**	**25**
26	**27**	**28** Aplicación de fungicidas.	**29**	**30**	31 Aplicación de insecticidas químicos y biológicos	
Febrero						
L	M	X	J	V	S	D
						1
2	**3**	**4** Aplicación de fungicida	**5**	**6**	**7** Aplicación de insecticidas químicos y biológicos.	**8**
9	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
16	**17** Defoliación	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**
23	**24** Cosecha.	**25**	**26**	**27**	**28**	

Cuadro 13. Total de insumos empleados en la parcela experimental, para la evaluación de 3 tipos de control de paratrioza como vector de fitoplasmosis en el cultivo de papa.

Cantidad	Concepto	Unidad	P. Unitario	Total
1	Alquiler	Cuerda	Q300.00	Q300.00
3	Semilla	Caja	Q100.00	Q300.00
5	Gallinaza	Sacos	Q30.00	Q150.00
50	Fertilizante	Libras	Q3.00	Q150.00
1	Herbicida	Sobre	Q30.00	Q30.00
1	Insecticida	Sobre	Q45.00	Q45.00
1	Fungicida	Copa	Q20.00	Q20.00
1	Fungicida	Sobre	Q16.00	Q16.00
				Q1,011.00

Fuente: Investigación de campo 2014.

Cuadro 14. Total de fungicidas empleados para el control de enfermedades dentro de la parcela experimental, para la evaluación de 3 tipos de control de paratrioza como vector de fitoplasmosis en el cultivo de papa.

Cantidad	Concepto	P. Unitario	Total
1	Sobre	Q16.00	Q16.00
Cuarto	Litro	Q65.00	Q65.00
1	Kilo	Q42.00	Q42.00
			Q123.00

Fuente: Investigación de campo 2014.

Cuadro 15. Total de mano de obra contratada para labores dentro del ensayo, para la evaluación de 3 tipos de control de paratrioza como vector de fitoplasmosis en el cultivo de papa.

Descripción	Cantidad	Concepto	P. Unitario	Total
Labrado	1	Jornal	Q75.00	Q75.00
Siembra	2	Jornal	Q45.00	Q90.00
Fertilizacion	1	Jornal	Q50.00	Q50.00
Cosecha	1	Jornal	Q50.00	Q50.00
				Q265.00

Fuente: Investigación de campo 2014.

Cuadro 16. Total de costo de cada tipo de control, para la evaluación de 3 tipos de control de paratrioza como vector de fitoplasmosis en el cultivo de papa.

Control	Descripción	Cantidad	Concepto	P. Unitario	Total
Biológico.	Teraboveria	1	Kilo	Q90.00	Q90.00
Químico.	NewMectin	1	Octavo	Q85.00	Q185.00
Etológico.	Trampas	12	Unidad	Q7.50	Q90.00
					Q365.00

Fuente: Investigación de campo 2014.

Cuadro 17. Total de costo por parcela, sin tomar en cuenta los tratamientos

Concepto	Subtotal	Parcelas	Total / Parcela
Insumos	Q1,011.00	24	Q42.13
Fungicidas	Q123.00	24	Q5.13
Mano de obra	Q265.00	24	Q11.04
			Q58.29

Fuente: Investigación de campo 2014.

Cuadro 18. Total de costo para cada tratamiento.

Tipo de control	Subtotal	Parcelas	Total por Parcela
Control Biologico	Q54.00	12	Q4.50
Control Quimico	Q111.00	16	Q6.94
Control Etologico	Q90.00	12	Q7.50

Fuente: Investigación de campo 2014.

Cuadro 19. Costo de cada parcela, incluyendo el costo de insumo, mano de obra y tratamiento.

Tratamiento.	Costo por tratamiento.	Costo por insumos.	Costo total por parcela.
T1 Q + B	Q11.44	Q58.29	Q69.73
T2 B + E	Q12.00	Q58.29	Q70.29
T3 Q + E	Q14.44	Q58.29	Q72.73
T4 Q + B + E	Q18.94	Q58.29	Q77.23
T5 Ta	Q6.94	Q58.29	Q65.23
T6 To	0	Q58.29	Q58.29

Fuente: Investigación de campo 2014.

Cuadro 14. Datos Meteorológicos, INSIVUMEH.

INSIVUMEH

Instituto Nacional de Sismología Vulcanología Meteorología e Hidrología

Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda
GUATEMALA C.A.

ESTACION: METEOROLÓGICA SINÓPTICA EFA. SAN MARCOS

DATOS MENSUALES DE TEMPERATURA MEDIA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2012					14.0	13.4	13.5	13.4	13.2	13.3	11.8	11.7	13.8
2013	12.1	12.6	13.6	13.9	14.2	13.3	13.6	13.6	13.3	13.8	12.6	12.5	13.2
2014	11.1	12.7	13.6	14.1	12.2	13.4	13.9	14.6	14.1	13.9	12.7	11.4	13.1
2015	11.5	12.4											

DATOS MENSUALES DE TEMPERATURA MINIMA °C

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2012					9.0	7.4	6.0	6.5	5.4	5.1	4.3	4.3	6.0
2013	4.1	4.7	5.0	7.1	8.2	8.5	6.7	7.8	8.9	8.1	6.8	5.6	6.7
2014	3.8	5.5	6.8	7.9	8.5	8.4	8.4	7.7	8.9	8.4	6.8	4.9	7.1
2015	5.1	5.2											

DATOS MENSUALES DE TEMPERATURA MAXIMA °C

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2012					19.1	18.9	19.7	19.3	19.6	18.9	19.3	19.1	19.2
2013	19.2	19.7	20.7	20.7	19.5	19.0	19.1	18.6	18.3	24.9	19.1	19.2	19.8
2014	19.3	19.5	17.2	20.3	16.7	18.3	18.0	20.7	16.2	19.2	19.7	19.3	18.7
2015	25.3	20.0											