

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA-MANAGUA

Facultad Regional Multidisciplinaria-Matagalpa

Departamento de Ciencias, Tecnología y Salud



Monografía para optar al título de Ingeniero Agrónomo

Título:

Efecto del hongo *Metarhizium anisopliae* sobre el control de plagas en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris*) durante la época de postera 2019, en la comunidad Las Mercedes, departamento de Matagalpa.

Autores:

Br. Exiquia Katiela Guevara Salgado

Br. Joseph Fabricio Muñoz Calderón

Tutor:

PhD. Francisco Javier Chavarría

Asesores:

PhD. Julio Cesar Laguna Gámez

Msc. Indra Elizabeth Martínez Pon



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA-MANAGUA

Facultad Regional Multidisciplinaria-Matagalpa

Departamento de Ciencias, Tecnología y Salud



Monografía para optar al título de Ingeniero Agrónomo

Título:

Efecto del hongo *Metarhizium anisopliae* sobre el control de plagas en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris*) durante la época de postera 2019, en la comunidad Las Mercedes, departamento de Matagalpa.

Autores:

Br. Exiquia Katiela Guevara Salgado

Br. Joseph Fabricio Muñoz Calderón

Tutor:

PhD. Francisco Javier Chavarría

Asesores:

PhD. Julio Cesar Laguna Gámez

Msc. Indra Elizabeth Martínez



DEDICATORIA

A Dios: En primera instancia por bendecirme a diario y ayudarme a culminar mis estudios.

A mis padres: Sonia Azucena Salgado Lumbí y Ernesto José Guevara Salinas, por ser los pilares fundamentales en mi vida y ser quienes lucharon a diario para que pudiera alcanzar este logro.

A mis abuelos y demás familiares: Quienes con sus palabras me alentaron a no decaer, hasta que cumpliera mis ideales.

A mi estimado: Ulises Bojorge por su cariño, comprensión y apoyo incondicional durante la elaboración de esta investigación.

A mis maestros: Por ser quienes me ayudaron en mi formación como profesional.

A mi compañero de tesis: Joseph Muñoz por confiar en mí en la elaboración de este trabajo monográfico.

A las personas: Francisco Herrera y Tatiana Tinoco por siempre estar ahí cuando los necesitamos.

A las instituciones Biotor Labs, UNAG y productor Sr. Oscar Soza: Por trabajar de la mano para que esta investigación se llevara a cabo.

Y por último pero no menos importante a mis compañeros y amigos: Quienes sin esperar nada a cambio compartieron sus conocimientos y buenos momentos durante el transcurso de la carrera.

Br. Exiquia Katiela Guevara Salgado

DEDICATORIA

A Dios: por su gran ayuda durante toda mi carrera, su amor, gracia y favor para mi persona, han provocado que pueda alcanzar muchas victorias en la vida, he creído en El y en lo que hará en mi vida profesional mi esfuerzo más su ayuda creo que es la fórmula perfecta para ser exitoso en todo lo que emprenda.

A mis padres: Orontes Emilio Muñoz Mejía y Cándida Rosa Calderón Moreno por su entrega y apoyo en toda la etapa de mi formación, sin ellos no hubiese alcanzado este logro.

A mis hermanas y demás familiares: Lisseth Karolina y Vanessa Yahoska, ya que su ejemplo de profesionalismo me inspiraron a alcanzar las metas propuestas, a mis abuelos Salomé Mejía y Leonel Rodríguez que también son un pilar fundamental en la vida.

A mis amigos: en especial a Francisco Javier Herrera Centeno y Tatiana Gabriela Tinoco Sobalvarro, que durante mi formación, sus consejos fueron de gran ayuda para tomar muchas decisiones difíciles, a José Luis Herrera Centeno y por ultimo a mi estimado Edrai Josué Rodríguez Gutiérrez, que de igual forma sus palabras de ánimo cuando quería abandonar mis sueños ellos estaban allí para recordarme que era capaz.

A mí tutor: por su destacado acompañamiento en esta etapa y en la formación durante cinco años ya que compartió sus conocimientos y experiencias con el fin de crear un buen profesional en mi persona.

A Biotor Labs y UNAG-PCaC Jucuapa especialmente a los coordinadores del proyecto y su equipo técnico por haber apoyado arduamente la investigación. Al productor Oscar Soza por su disponibilidad de tiempo que a pesar de las arduas labores en el campo estaba entusiasmado por aprender y también por compartir su conocimiento en las actividades del rubro.

Br. Joseph Fabricio Muñoz Calderón

AGRADECIMIENTOS

A nuestro Padre Celestial: Por habernos brindado la vida, la salud, sabiduría y entendimiento durante toda la carrera.

A nuestro tutor: PhD Francisco Javier Chavarría Aráuz por brindarnos el tiempo necesario por su paciencia y toda su disponibilidad en esta etapa destacándose como excelente docente y sobre todo un gran amigo.

A nuestros asesores: Por el acompañamiento para la elaboración de este documento.

A los docentes:

PhD. Jairo Emilio Rojas Meza.

PhD. Evelyn Calvo Reyes.

PhD. Carmen Fernández Hernández.

PhD. Julio César Laguna Gámez.

MSc. Rosa María Cabrera Vallejos.

MSc. Virginia López Orozco.

MSc. Amaru Ernesto Martínez Vega.

Todos grandes docentes que se destacan por su compromiso con la academia y la carrera para formar grandes ingenieros y profesionales.

Br. Exiquia Katiela Guevara Salgado

Br. Joseph Fabricio Muñoz Calderón

AVAL DEL TUTOR

Por medio de la presente, el suscrito, en mi calidad de Tutor, emito la siguiente valoración del trabajo de tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo de los Egresados **EXIQUIA KATIELA GUEVARA SALGADO** y **JOSEPH FABRICIO MUÑOZ CALDERÓN**, con el título “*Efecto del hongo *Metarhizium anisopliae* sobre el control de plagas en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris*) durante la época de postrera 2019, en la comunidad Las Mercedes, departamento de Matagalpa*”.

A mi criterio, el trabajo desarrollado por **MUÑOZ** y **GUEVARA**, cumple con lo estipulado por la UNAN Managua en el Reglamento de Régimen Académico. Existe coherencia entre su título, planteamiento del problema, sus objetivos, hipótesis, resultados, conclusiones y recomendaciones.

Los resultados del trabajo realizado por los colegas, es un valioso aporte para producir con bajos insumos sintéticos, contribuyendo tanto a la sostenibilidad económica como ambiental.

Qué Jehová les siga bendiciendo para cosechen muchos más éxitos y así puedan ayudar a sus patrias pequeñas (sus familias) y de paso a nuestra hermosa y gran patria Nicaragua.

Francisco Javier Chavarría Aráuz

Tutor

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ANDEVA: Análisis de varianza.

BCA: Bloques Completamente al Azar.

BCN: Banco Central de Nicaragua.

CENAGRO: Censo Nacional Agropecuario.

CENTA: Centro de Tecnología Agropecuaria.

EAs: Explotación Agropecuaria.

ECURED: Enciclopedia colaborativa en la red.

IICA: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

INEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos.

INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

MAG: Ministerio de Agricultura y Ganadería.

MIFIC: Ministerio de Fomento, Industria y Comercio.

MR18: Cepa Monte rosa 2018.

OIEA: Organismo Internacional de Energía Atómica.

PCaC: Programa de campesino a campesino.

PDA: Papa, agar y dectrosa.

SWISSAID: Fundación Suiza para la cooperación al desarrollo.

T1: Representa tratamiento 1 (Testigo absoluto).

T2: Representa tratamiento 2 (Manejo químico o convencional).

T3: Representa tratamiento 3 (Control biológico).

TTO: Tratamiento.

UNAG: Unión Nacional de Agricultores y Ganaderos.

RESUMEN

Las altas poblaciones de plagas en los campos y la resistencia a los diferentes químicos usados para su control han generado daños en los cultivos, y en los bolsillos de los productores. Los hongos entomopatógenos son importantes, debido a que ejercen un control natural sobre un amplio rango de plagas en diversos cultivos. En el presente trabajo investigativo, se evaluó el efecto del hongo (*Metarhizium anisopliae*) sobre el control de plagas en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en la época de postrera 2019, en la comunidad Las Mercedes-Matagalpa. Las variables estudiadas fueron efectos del hongo, costos de producción en relación del manejo químico y biológico. La investigación es de carácter experimental con un diseño BCA donde se establecieron tres tratamientos en tres bloques, el tamaño de la parcela fue de $24m^2$ y del experimento en total $216m^2$. Los datos provenientes del experimento se argumentaron utilizando análisis de varianza ANDEVA, mediante el programa SPSS 22. Los resultados obtenidos en la investigación muestran que el uso de *Metarhizium anisopliae* es una alternativa agroecológica y económicamente rentable en relación a los manejos convencionales con químicos sintéticos que existen en el país para algunas plagas como Lorito verde (*Empoasca kraemeri Ross & Moore*), Saltamontes (*Schistocerca americana*), Mosca blanca (*Bemisia tabaci Genn*) y Maya (*Diabrotica sp*), sin embargo, en el caso de Gallina ciega (*Phyllophaga spp*) no se observó efecto alguno de la cepa sometida a estudio.

Palabras claves: Hongo, entomopatógeno, plagas, experimento, frijol (*Phaseolus vulgaris*).

ABSTRACT

The high populations of pests in the fields and the resistance to the different chemicals used for their control have caused damage to crops, and the pockets of farmers. Entomopathogenic fungi are important because they exert natural control over a wide range of pests in various crops. In the present research work, the effect of the fungus (*Metarhizium anisopliae*) on pest control in the cultivation of beans (*Phaseolus vulgaris*) in the late 2019 season, in the Las Mercedes-Matagalpa community, was evaluated. The variables studied were effects of the fungus, production costs in relation to chemical and biological management. The investigation is of an experimental nature with a BCA design where three treatments were established in three blocks, the size of the plot was 24 m² and the total experiment was 216 m². The data from the experiment were argued using ANDEVA analysis of variance, using the SPSS 22 program. The results obtained in the research show that the use of *Metarhizium anisopliae* is an agroecological and economically profitable alternative in relation to conventional management with synthetic chemicals that exist in the country for some pests such as Leaf hopper (*Empoasca kraemeri* Ross & Moore), Grasshoppers (*Schistocerca americana*), Whitefly (*Bemisia tabaci* Genn) and Leaf beetle (*Diabrotica* sp), however, in the case of White grub (*Phyllophaga* spp) No effect was observed for the strain under study.

Key words: Fungus, entomopathogen, pests, experiment, beans (*Phaseolus vulgaris*)

ÍNDICE

DEDICATORIA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
CARTA AVALGLOSARIO DE TÉRMINOS	iv
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
1.1 Introducción.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	3
1.2.1 Pregunta general	4
1.2.2 Preguntas específicas.....	4
1.3 Justificación.....	5
1.4 Objetivos	6
1.4.1 Objetivo general:	6
1.4.2 Objetivos específicos:	6
CAPITULO II	7
2.1 Marco Referencial.....	7
2.1.1 Antecedentes.....	7
2.1.2 Marco teórico	11
2.1.2.1 Control biológico.....	11
2.1.2.2 Uso de agentes microbiológicos	11
2.1.2.3 Forma de acción de los Hongos	13
2.1.2.4 Forma de acción de <i>Metarhizium anisopliae</i>	15
2.1.2.4.1 Modo de acción	15
2.1.2.4.2 Adhesión.....	15
2.1.2.4.3 Germinación	16
2.1.2.4.4 Penetración.....	16
2.1.2.4.5 Multiplicación del hongo en el homocelo	16
2.1.2.4.6 Producción de toxinas	17
2.1.2.4.7 Muerte del insecto	17
2.1.2.4.8 Colonización total	18
2.1.2.4.9 Emergencia del hongo hacia el exterior.....	18

2.1.2.4.10	Esporulación.....	18
2.1.2.5	Cultivo del frijol	18
2.1.2.5.1	Producción de frijol en Nicaragua	19
2.1.2.5.2	Producción de frijol en Matagalpa.....	21
2.1.2.5.3	Condiciones edafoclimáticas del frijol.....	22
2.1.2.5.4	Clasificación taxonómica del frijol.....	23
2.1.2.5.5	Descripción Botánica.....	23
2.1.2.5.6	Etapas de desarrollo del cultivo	24
2.1.2.5.6.1	Germinación	25
2.1.2.5.6.2	Emergencia	25
2.1.2.5.6.3	Hojas primarias	25
2.1.2.5.6.4	Primera hoja trifoliada	26
2.1.2.5.6.5	Tercera hoja trifoliada	26
2.1.2.5.6.6	Pre-floración	26
2.1.2.5.6.7	Floración.....	26
2.1.2.5.6.8	Formación de vainas.....	27
2.1.2.5.6.9	Llenado de vainas	27
2.1.2.5.6.10	Madurez fisiológica y cosecha.....	27
2.1.2.6	Manejo agronómico del frijol	27
2.1.2.6.1	Preparación del suelo	27
2.1.2.6.2	Selección de semillas.....	28
2.1.2.6.3	Semilla.....	28
2.1.2.6.4	Siembra	29
2.1.2.6.5	Fertilización.....	29
2.1.2.6.6	Control de malezas.....	30
2.1.2.7	Época de postera	30
2.1.2.8	Semillas Acriolladas.....	31
2.1.2.9	Control de plagas	31
2.1.2.9.1	Control químico:.....	31
2.1.2.9.2	Controladores biológicos de plagas (Kimura, S.f)	33
2.1.2.9.2.1	Entomopatígeno.....	33
2.1.2.10	Plagas de importancia económica en el cultivo del frijol	33
2.1.2.10.1	Gallina ciega	34

2.1.2.10.2	Maya.....	37
2.1.2.10.3	Lorito verde, Cigarrita verde del frijol o salta hojas.....	40
2.1.2.10.4	Saltamontes	43
2.1.2.10.5	Mosca blanca.....	45
2.1.2.11	Cosecha.....	49
2.1.2.12	Costos de producción del cultivo del frijol.....	49
2.1.3	Marco legal	51
2.1.3	Hipótesis.....	54
2.1.3.1	Hipótesis General	54
2.1.3.2	Hipótesis Específicas.....	54
CAPITULO III	56
3.1	Diseño metodológico	56
3.1.1	Ubicación del área de estudio	56
3.1.2	Suelos y pendientes.....	56
3.1.3	Tipo de estudio.....	57
3.1.4	Población y Muestra.....	58
3.1.5	Diseño experimental	58
3.1.6	Tratamientos.....	60
3.1.7	Técnicas e instrumentos para la recolección y procesamiento de datos	60
3.1.7.1	Indicadores de suelo y agua en campo	60
3.1.7.2	Pluviometría.....	61
3.1.7.3	Temperatura	61
3.1.7.4	Conteo de plantas (mortalidad).....	61
3.1.7.5	Estimado de cosecha	62
3.1.7.6	Plagas.....	62
3.1.7.7	Hojas afectadas por las plagas en estudio	63
3.1.7.8	Entrevista.....	63
3.1.7.9	Manejo agronómico	63
3.1.7.10	Selección de la semilla.....	64
3.1.7.11	Preparación del suelo.....	64
3.1.7.12	Siembra.....	64
3.1.7.13	Control de malezas.....	64
3.1.7.14	Control de plagas	65

3.1.7.15 Cosecha.....	65
3.1.7.16 En laboratorio	66
3.1.8 Metodología utilizada en el procesamiento de datos	67
3.1.8.1 Humedad gravimétrica	67
3.1.8.2 Materia orgánica.....	67
3.1.8.3 pH de suelo.....	67
3.1.8.4 Nitrógeno, Fosforo, Potasio.....	68
3.1.8.5 Textura de suelo	68
3.1.8.6 pH de agua	68
3.1.8.7 Clima y mortalidad.....	69
3.1.8.8 Incidencia de plagas.....	69
3.1.8.9 Costos de producción.....	69
3.1.10 Operacionalización de variables	70
CAPITULO IV	72
4.1 Análisis y discusión de resultados.....	72
4.1.1 Resultados de suelo y agua	72
4.1.1.1 Humedad gravimétrica de suelo.....	72
4.1.1.2 Materia orgánica	73
4.1.1.3 pH de suelo	74
4.1.1.4 Prueba de nitrógeno, fósforo, potasio	75
4.1.1.5 Textura de suelo (Casanova)	76
4.1.1.6 pH de agua.....	77
4.1.2 Datos de clima	77
4.1.2.1 Pluviometría	77
4.1.3 Temperatura	78
4.1.4 Conteo de plantas (mortalidad)	80
4.1.5 Estimado de cosecha	82
4.1.6 Incidencia de plagas	83
4.1.7 Hojas afectadas por plagas.....	98
4.1.8 Costos de producción	101
4.1.9 Costo de la investigación.....	104
4.1.10 Entrevista Biotor Labs	106
CAPITULO V	107

5.1 Conclusiones	107
5.2 Recomendaciones	108
5.3 Anexos	110
5.3 Bibliografía	125

ÍNDICE DE TABLAS

TABLAS

Tabla 1 Distribución de unidades productivas en el departamento Explotaciones Agropecuarias según tamaño de las EAs -----	21
Tabla 2 pH de suelo-----	75
Tabla 3 Análisis de N, P, K-----	76
Tabla 4 Conteo de plantas en 18/10/19-----	80
Tabla 5 Conteo de plantas 06/12/19 -----	81
Tabla 6 Resultados de ANDEVA para (<i>Phyllophaga</i> spp)-----	83
Tabla 7 Resultados de ANDEVA para (<i>Empoasca kraemeri</i> Ross & Moore) -----	86
Tabla 8 Resultados de ANDEVA para (<i>Schistocerca americana</i>). -----	89
Tabla 9 Resultados de ANDEVA para (<i>Bemisia tabaci</i> Genn)-----	92
Tabla 10 Resultados de ANDEVA para (<i>Diabrotica</i> sp)-----	95
Tabla 11 Costos directos e indirectos de la producción en relación a una manzana-----	102
Tabla 12 Costos de producción con (<i>Metarhizium anisopliae</i>) -----	102
Tabla 13 Costos de actividades (Días/hombre)-----	103
Tabla 14 Rentabilidad de los manejos -----	104
Tabla 15 Margen existente entre los tratamientos -----	104
Tabla 16 Costos de la Investigación -----	105

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Humedad gravimétrica del suelo.....	73
Gráfico 2 Materia orgánica en los tratamientos.....	74
Gráfico 3 Pluviometría en el ciclo de postera.....	78
Gráfico 4 Temperatura del área de estudio.....	79
Gráfico 5 Estimado de cosecha.....	82
Gráfico 6 Porcentaje de plantas afectadas por (<i>Phyllophaga</i> spp) ante los efectos de los tratamientos en estudio.....	84
Gráfico 7 Etapa con más porcentaje de plantas afectadas por (<i>Phyllophaga</i> spp).....	85
Gráfico 8 Porcentaje de plantas afectadas por (<i>Empoasca kraemeri</i> Ross & Moore) ante los efectos de los tratamientos en estudio.....	87
Gráfico 9 Etapa con más porcentaje de plantas afectadas por (<i>Empoasca kraemeri</i> Ross & Moore).....	88
Gráfico 10 Porcentaje de plantas afectadas por (<i>Schistocerca americana</i>) ante los efectos de los tratamientos en estudio.....	90
Gráfico 11 Etapa con más porcentaje de plantas afectadas por (<i>Schistocerca americana</i>).....	91
Gráfico 12 Porcentaje de plantas afectadas por (<i>Bemisia tabaci</i>) ante los efectos de los tratamientos en estudio.....	93
Gráfico 13 Etapa con más porcentaje de plantas afectadas por (<i>Bemisia tabaci</i>).....	94
Gráfico 14 Porcentaje de plantas afectadas por (<i>Diabrotica</i> sp) ante los efectos de los tratamientos en estudio.....	96
Gráfico 15 Etapa con más porcentaje de plantas afectadas por (<i>Diabrotica</i> sp).....	97
Gráfico 16 Hojas afectadas por plagas en la etapa de Germinación (V0-V4).....	98
Gráfico 17 Hojas afectadas por plagas en estudio en la etapa de Floración (R5-R7).....	99
Gráfico 18 Hojas afectadas por plagas en estudio en la etapa de Cosecha (R8-R9).....	100

CAPITULO I

1.1 Introducción

El frijol (*Phaseolus vulgaris*) es una planta anual, herbácea, pertenece a la familia de las fabáceas de la sub familia de las papilionoidae, se cultiva desde la zona tropical hasta las zonas templadas (INTA, 2009).

El cultivo de frijol ha estado sujeto a distintos factores adversos que han limitado la producción y la productividad del mismo, el rendimiento promedio de grano de frijol por unidad de superficie es bajo, la planta de frijoles requiere condiciones adecuadas para un buen desarrollo y rendimiento (Robin, 2007). El frijol se ha visto afectado en su producción debido a muchos factores uno de ellos es la alta incidencia de plagas en los campos en donde se cultiva este preciado rubro, la Unión Nacional de Agricultores y Ganaderos (UNAG) junto con la red de bancos de semillas facilitan a pequeños productores distintas variedades de semillas acriolladas las que tienen una resistencia importante ante condiciones edafoclimáticas y fitosanitarias, tales semillas logran promover la seguridad alimentaria de los territorios.

En la agricultura moderna en Nicaragua cada vez se dificulta hacer controles y manejos de plagas, ya que el abuso de químicos sintéticos y en especial la amplia familia de los plaguicidas ha provocado el deterioro de muchos organismos biológicos que habitan en el suelo, los investigadores comprometidos con el agro y el ambiente se han dado a la tarea de estudiar a los biocontroladores o controladores biológicos, dentro de ellos se encuentran los hongos y es *Metarhizium* uno de los que ha presentado características entomopatógenas pero aún no ha sido probado en algunos cultivos y plagas de interés económica del país partiendo de esto nace este trabajo investigativo.

En la presente investigación se pretendió conocer el efecto del hongo ***Metarhizium anisopliae*** en el control de plagas del cultivo de frijol (***Phaseolus vulgaris***) durante la época de postrera, 2019 en la comunidad Las Mercedes, departamento de Matagalpa.

Esta investigación es de tipo experimental y de corte transversal de acuerdo al tiempo que se llevó a cabo en el periodo comprendido del mes de septiembre al mes de noviembre del 2019.

Se realizó la observación y toma de datos de manera ordenada, se utilizó una hoja de campo siendo esta un instrumento diseñado previamente, una guía de evaluación y caracterización proporcionada por SWISSAID adaptada y editada para el presente estudio para la triangulación de algunos datos, se usó la fotografía como evidencia y comprobación a observaciones realizadas.

1.2 Planteamiento del problema

Los hongos entomopatógenos, son un grupo de microorganismos biocontroladores ampliamente estudiado, distribuidos mundialmente, capaces de infectar insectos causándoles la muerte. Destacan los géneros ***Beauveria***, ***Metarhizium***, ***Verticillium***, ***Paecilomyces*** y ***Trichoderma*** entre otros (Sepulveda, 2017).

La utilización de estos hongos en el país es poca, es por ello que algunas universidades, organismos e instituciones se han dedicado a la investigación y a la reproducción de muchas especies de organismos benéficos nativos o introducidos en zonas en donde se puedan adaptar y actuar. Entre ellos se encuentran (predadores, parasitoides, antagonistas, competidores y entomopatógenos). El trabajo con entomopatógenos tiene como objetivo reducir poblaciones y efectos de insectos plagas en los diferentes cultivos.

Sin embargo, en su mayoría las instituciones encargadas de las investigación y reproducción de hongos entomopatógenos no han invertido mucho en la experimentación o aplicación de estos hongos en cultivos específicos que tienden a verse afectados por plagas que causan grandes pérdidas económicas de no ser controladas.

Durante mucho tiempo los hongos entomopatógenos han sido un competidor silencioso al tratar de incluirse en la agricultura, intentos fallidos han desalentado a muchos productores, es por ello que para la selección de una cepa se debe tomar en cuenta varios factores como la virulencia, adaptabilidad y efectividad de la misma.

En base a lo citado se hacen las siguientes preguntas.

1.2.1 Pregunta general

¿Posee *Metarhizium anisopliae* propiedades entomopatógenas para el control de plagas en el cultivo del frijol (*Phaseolus Vulgaris*) en las condiciones edafoclimáticas de la comunidad Las Mercedes?

1.2.2 Preguntas específicas

- 1) ¿Cuál es el efecto de *Metarhizium anisopliae* como controlador biológico en plagas como: Gallina ciega (*Phyllophaga spp*), Saltamontes (*Schistocerca americana*), Maya (*Diabrotica sp*), Mosca blanca (*Bemisia tabaci Genn*) y Lorito verde (*Empoasca kraemeri Ross & Moore*)?
- 2) ¿Es rentable el uso de *M. anisopliae* en comparación con los manejos convencionales de la zona?
- 3) ¿Los rendimientos productivos varían con la aplicación de *M. anisopliae*?

1.3 Justificación

La producción de frijol en Nicaragua es un asunto estratégico, por cuanto este grano constituye uno de los elementos básicos de la dieta de las familias nicaragüenses. Mediante su producción se garantiza la soberanía, seguridad alimentaria y nutricional.

Debido al cambio climático y el deterioro de los suelos, cada día es más difícil y costoso producir alimentos. Las afectaciones de plagas y enfermedades hacen que los productores acudan al uso de pesticidas sintéticos, afectando con ello la salud del medio y de ellos mismos.

Mediante la presente investigación se determinó el efecto del hongo *Metarhizium anisopliae* sobre el control de plagas en el cultivo del frijol (*Phaseolus Vulgaris*) durante la época de postrera de 2019, bajo condiciones edafoclimáticas de la comunidad Las Mercedes, departamento de Matagalpa.

Cabe destacar, que la información generada por la investigación es de gran utilidad para todos los productores de la zona y en especial donde se realizó el experimento, ya que se podrá adquirir un conocimiento más acertado para el control de plagas de interés económico que afecten sus cultivos.

El impacto de esta investigación es valioso, debido a que se facilitó una solución a algunos de los problemas más latentes en la zona, como lo es la proliferación de plagas y su debido control; debido que, las prácticas tradicionales de los productores para el control de plagas no son amigables con el medio ambiente.

Los datos y los resultados generados sirven como documento de consulta a organizaciones que trabajan en la producción de granos básicos y a la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN-Managua en su Facultad Regional Multidisciplinaria de Matagalpa, docentes e investigadores interesados con el tema en especial a los estudiantes que cursan la carrera de Ingeniería Agronómica.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general:

Identificar el efecto del hongo *Metarhizium anisopliae* en el control de plagas del cultivo del fríjol (*Phaseolus Vulgaris*) durante la época de postrera, 2019 en las condiciones edafoclimáticas de la comunidad Las Mercedes, departamento de Matagalpa

1.4.2 Objetivos específicos:

- 1) Caracterizar las principales condiciones edafoclimáticas del área experimental.
- 2) Describir el efecto de *Metarhizium anisopliae* como controlador biológico en plagas como: Gallina ciega (*Phyllophaga spp*), Saltamontes (*Schistocerca americana*), Maya (*Diabrotica sp*), Mosca blanca (*Bemisia tabaci Genn*) y Lorito verde (*Empoasca kraemeri Ross & Moore*) que afectan el cultivo de fríjol (*Phaseolus Vulgaris*) en la comunidad Las Mercedes.
- 3) Comparar los costos de producción con el uso de *Metarhizium anisopliae* en relación con el manejo químico en el cultivo del fríjol en la comunidad Las Mercedes departamento de Matagalpa.
- 4) Evaluar los efectos de *Metarhizium anisopliae* sobre los rendimientos productivos del cultivo del fríjol en la comunidad Las Mercedes, departamento de Matagalpa.

CAPITULO II

2.1 Marco Referencial

2.1.1 Antecedentes

Los hongos endófitos han recibido una creciente atención en los años recientes, ya que han demostrado tener un potencial económico en la agronomía, debido a su posible uso como agentes de control biológico. El establecimiento endofítico de hongos entomopatógenos en cultivos de interés, ofrece un campo amplio y prometedor para comprender las relaciones entre plantas y hongos y los mecanismos de defensa que estos últimos pueden inducir en las plantas. El estudio realizado por Bonilla en Santiago de Cali Colombia en el 2012, buscó inocular y evaluar la colonización endofítica de tres especies de hongos entomopatógenos en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*). Para ello, se emplearon dos cepas de cada especie, una comercial y la otra de la colección de entomopatógenos del Centro Internacional de Agricultura Tropical; cada cepa constituyó un tratamiento individual. A partir de la siembra y desarrollo de las cepas, se generaron inóculos de 108 conidios/mL que fueron inoculados en las plantas de frijol Diacol, variedad Calima.

Se encontró que *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Lecanicillium lecanii* colonizaron individualmente las hojas de frijol. Los porcentajes de colonización promedio para las cepas de la colección del CIAT fueron de 16% ($\sigma=18,84$) para *B. bassiana*, 13% ($\sigma=4,96$) en *M. anisopliae* y 4% ($\sigma=4,64$) para *L.lecanii*. Con respecto a las cepas comerciales, estos valores fueron 4% ($\sigma=4,64$) para *B. bassiana*; 26% ($\sigma=32$) para *M. anisopliae* y 44% ($\sigma=13,02$) para *L. lecanii*. Todas las cepas de hongos inoculadas pudieron ser recuperadas de tejido vegetal, lo que sugiere su posible uso como agentes de control biológico al menos para el cultivo del frijol. (Bonilla, 2012)

El trabajo de investigación realizado por Lesmus en el municipio de Jutiapa Guatemala en el 2018, tuvo como objetivo determinar la eficacia de control de cuatro, dosis 0.25g, 0.33g, 0.41g y 0.5g del hongo ***Metarhizium anisopliae*** para la colonización de larvas de gallina ciega, en comparación con un tratador químico de semillas (Imidacloprid/Thiodicarb 60 FS).

La metodología utilizada consistió en la utilización de cajones de madera de 0.50 m de largo por 0.35m de ancho y 0.20 m de profundidad, simulando las condiciones de vida de la larva. La captura de los insectos fue por medio de trampas luz y seguidamente a la separación por sexo, se introdujeron en botes plásticos, un macho con tres hembras, y después de 20 minutos que dura el periodo de apareamiento se eliminaron los machos y se introdujeron las hembras a los cajones con materia orgánica en descomposición.

Luego de un periodo de 15 días se revisó que hubiera huevos en los cajones donde se había colocado las hembras. Las larvas en su segundo estadio larval se colocaron en los cajones con las plantas de maíz, una semana después se procedió a la inoculación del entomopatógeno en cada postura de maíz y por último se procedió a la verificación de la eficacia de control del ***Metarhizium*** sobre las larvas de ***Phyllophaga spp.*** Las variables evaluadas fueron número de larvas vivas, porcentaje de mortalidad y eficacia de control; se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones.

De acuerdo con la prueba de media realizada con una confianza del 95%, la mejor dosis de ***Metarhizium*** para la colonización de larvas de gallina ciega fue la de 0.41 y 0.5 g en el estadio larvario 2. La mejor relación beneficio costo es la utilización de la dosis 0.41 g de ***Metarhizium anisopliae***, en el estadio larvario. (Lesmus, 2018)

El objetivo de la investigación realizada por Estrada y Pavón en Managua Nicaragua en 2011, fue evaluar la influencia de diferentes cepas de hongos entomopatógenos para el control de mosca blanca en diferentes especies de plantas hospederas. El estudio se realizó en la Universidad Nacional Agraria entre los meses de octubre 2010 a febrero 2011. Los tratamientos consistieron en cuatro especies de plantas: Tomate (*Solanumlycopersicum L*), Fríjol (*Phaseolus vulgaris L*), Pipián (*Cucurbita mixta*) y Berenjena (*Solanum melongena*).

Los hongos entomopatógenos utilizados en el estudio fueron: *Paecilomyces fumosoroseus*, *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*.

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Realizando un experimento con cada cepa de hongos evaluados. Cada planta fue infestada con 15 parejas de adultos de mosca blanca, obtenidas de una cría de mosca blanca en plantas de frijol. Cuando las ninfas alcanzaron el estado ninfa III, se procedió a la inoculación de los hongos. Para cada especie de planta se utilizó un testigo el que fue tratado con agua destilada. Los muestreos se realizaron cada 48 horas, iniciando 96 horas después de la aplicación de los hongos entomopatógenos.

Las variables evaluadas fueron: Número de huevos, número de ninfas, número de ninfas muertas y número de adultos emergidos. Las ninfas muertas se colocaron en cámara húmeda para propiciar el crecimiento del hongo, para su debida identificación. Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos y también hubo diferencias significativas entre fechas de muestreo.

En general en las plantas de tomate se observó mayor mortalidad de ninfas. En plantas de tomate y frijol la mayor mortalidad de ninfas de *B. tabaci* fue causada por *Metarhizium anisopliae* cepa – NB. En plantas de Berenjena y Pipián *Paecilomyces fumosoroseus* cepa–Nic fue el que causó la mayor mortalidad de ninfas. Los tratamientos testigos Tomate, Fríjol y Berenjena presentaron la menor mortalidad de ninfas.

El mayor número de adultos emergidos se observó en el tratamiento Berenjena testigo y el menor número de adultos emergidos se presentó en tratamiento Pipián tratado con *Beauveria bassiana* cepa 114. (Estrada y Pavón, 2012)

La investigación realizada por Sainz en México DF en el 2015 consistió en obtener propágulos de *Metarhizium anisopliae* obtenidos por fermentación sólida en granos de arroz se usaron para producir micro cápsulas mediante la técnica de secado por aspersión.

Como matriz se probaron gelatina bovina, maíz nixtamalizado, almidón de maíz, así como un fago estimulante y un protector de rayos UV.

Se elaboraron ocho formulaciones variando la composición y ajustando las temperaturas de entrada y de salida del secador a 120 °C/70 °C respectivamente y la velocidad del flujo a 3.34 mL/min.

Previamente se determinó la preferencia alimenticia de *Heliothis virescens* (Fabricius) a dos fago estimulantes (garbanzo y aceite de maíz). Para seleccionar la formulación con la mayor capacidad de adherencia se realizó una prueba de adherencia sobre portaobjetos después de cinco lavados con agua (64 mL/min durante 24 s). Se evaluó la virulencia de estas formulaciones mediante bioensayos con larvas del primer estadio de *H. virescens*. La mortalidad fue evaluada después de siete días. La mejor formulación (F6) mostró la mayor adherencia a portaobjetos (85.55 ± 1.79 %), la mejor preferencia por las larvas (6.6 ± 1.24 %) y estuvo compuesta por gelatina bovina (26 g), aceite de maíz (20 mL), colorante rojo (4 g) y *M. anisopliae* 1.49×10^9 esporas/g.

El proceso de secado logró la encapsulación del hongo en gránulos con un tamaño de partícula $< 20 \mu\text{m}$, con humedad de 8.74 ± 3.6 % y 5.4 ± 0.6 % de germinación de esporas a las 24 h, con una virulencia de 10.31 % sobre larvas del primer estadio de *H. virescens*. Los resultados de virulencia fueron bajos, por lo que se sugiere reducir la temperatura de entrada del secador (entre 60 °C y 70 °C) para aumentar la sobrevivencia de esporas y la mortalidad de larvas (Sainz, 2015).

2.1.2 Marco teórico

2.1.2.1 Control biológico

Es un método de control de plagas, enfermedades y malezas que consiste en utilizar organismos vivos con objeto de controlar las poblaciones de otro organismo. Posee muchas ventajas entre las que se pueden destacar, la resistencia de las plagas al control biológico es muy rara (ECURED, 2018).

Ventajas del control biológico

Para OIEA (2019), el control biológico cuando funciona posee muchas ventajas entre las que se pueden destacar:

- Poco o ningún efecto nocivo colateral de los enemigos naturales hacia otros organismos incluido el hombre.
- La resistencia de las plagas al control biológico es muy rara.
- El control biológico con frecuencia es a largo término, pero permanente.
- El tratamiento con insecticidas es eliminado de forma sustancial.
- La relación coste/beneficio es muy favorable.
- Evita plagas secundarias.
- No existen problemas con intoxicaciones.

2.1.2.2 Uso de agentes microbiológicos

Los seres vivos son afectados por microorganismos capaces de causar enfermedades y mortalidad en sus poblaciones. Estos microorganismos pertenecientes a los grupos: bacterias, virus, hongos, protozoarios y rickettsias. Aquí también se incluyen los nematodos que a pesar de no ser microorganismos, son muy comunes afectando y causando enfermedades a insectos. (Altieri, Daxl, & Lacayo, 1993)

En la agricultura moderna el uso de agentes microbiológicos está en la boca de muchos técnicos especialistas, ingenieros y agricultores, pero aún no es un tema del que se encuentre mucha información cuando de conocimiento se habla, uno de los objetivos de la investigación es la divulgación y el buen uso del hongo estudiado (***Metarhizium anisopliae***).

Las amplias familias de plagas y su enorme resistencia a productos químicos usados convencionalmente por productores del país han llevado a muchos organismos, empresas e incluso cooperativas a indagar más sobre el uso de agentes microbiológicos.

En la presente investigación se destacan los hongos ***Metarhizium*** y ***Trichoderma***

¿Que son los hongos entomopatógenos?

Los hongos entomopatógenos, son un grupo de microorganismos biocontroladores ampliamente estudiado, distribuidos mundialmente, y capaces de infectar insectos y causarles la muerte. Destacan los géneros ***Beauveria***, ***Metarhizium***, ***Verticillum*** y ***Paecilomyces***, ***Trichoderma*** entre otros. (Sepulveda, s.f.)

Los hongos entomopatógenos están divididos en géneros, y todos tienen la amplia capacidad de infestar a otros organismos hasta ocasionarles la muerte. La agricultura de hoy en día nos plantea muchos retos y uno de ellos es el control de las plagas que afectan los cultivos y como una gran solución están los hongos entomopatógenos.

El ciclo vital de estos hongos se divide en una fase parasítica, que va desde la infección hasta la muerte del hospedero y una saprofítica, que transcurre después de la muerte del insecto. Este aspecto de su biología, permite a los hongos entomopatógenos actuar como patógenos facultativos, es decir, son capaces de sobrevivir a expensas de la materia orgánica del suelo u otro sustrato, mientras no haya insectos disponibles para infectar (Urra, 2015).

Estos hongos son capaces de atacar de manera interna a las plagas provocándoles la muerte. Una vez que el hongo ya se ha aplicado en un determinado cultivo o terreno, este es capaz de seguirse reproduciendo y sobrevivir con lo que se encuentre en su entorno.

Los hongos entomopatógenos producen enfermedades y causan la muerte de insectos y otros artrópodos. Se conocen alrededor de 750 especies de estos hongos, la mayor parte de ellas incluidas en los grupos Ascomycota y Zygomycota (Urra, 2015)

Existen muchos tipos de hongos con la misma capacidad de afectar o combatir plagas que estén afectando el cultivo. En el presente trabajo investigativo se indagó más de las propiedades que tienen los hongos en especial ***Metarhizium anisopliae***.

2.1.2.3 Forma de acción de los Hongos

El modo de infección de un hongo entomopatógeno comienza cuando una conidia entra en contacto con la cutícula de un insecto susceptible, formando un tubo germinativo que permitirá el ingreso del hongo al hemocele gracias a una serie de enzimas que degradan la cutícula del hospedero. Una vez en el interior del cuerpo del insecto, el hongo comienza a colonizar distintos órganos, liberando toxinas que inhiben el desarrollo fisiológico y finalmente provocan la muerte al insecto (García, 2013)

Los hongos entomopatógenos una vez que ya se encuentre dentro del insecto iniciará a liberar sustancias tóxicas que afecten los órganos del insecto hasta provocarles la muerte, un leve contacto del insecto plaga con las esporas del hongo estaría condenándolo a una muerte segura, una vez concretado este proceso de colonización e infección la excesiva población de insectos plagas en los cultivos se reducirá significativamente.

A diferencia de otros agentes patógenos, como bacterias y virus, que deben ingresar al cuerpo del insecto junto con el alimento, los hongos entomopatógenos infectan a su hospedero a través de la cutícula. Este proceso infectivo incluye la adhesión de las esporas a la cutícula, la penetración de la cutícula por un tubo germinativo, el crecimiento del hongo dentro del cuerpo del insecto y finalmente la producción de nuevas esporas y su dispersión. La muerte del insecto ocurre por daño mecánico causado por el crecimiento interno del micelio del hongo o por la acción de toxinas (Shahid y Rao, 2014)

La muerte de los insectos sucede cuando el crecimiento de las esporas del hongo se ha esparcido de manera interna iniciando su afectación desde la cutícula externa, a diferencia de otros agentes patógenos ***Metarhizium*** o los hongos entomopatógenos no necesitan ser ingerido para causar daño a su hospedero.

Los hongos entomopatógenos atacan a insectos de diferentes grupos, como Coleoptera, Lepidoptera, Diptera, Hymenoptera, Hemiptera y Orthoptera, y también a otros artrópodos, como arañas y ácaros. Muchas de las especies incluidas en el grupo (Ascomycota), tienen un amplio rango de hospederos, mientras que los (Zygomycota), se caracterizan por ser específicos, infectando sólo a unas pocas especies de insectos.

La especificidad de los hongos del grupo (Ascomycota), depende en gran medida de su variabilidad intraespecífica, o sea, variaciones dentro de la misma especie del hongo. Por ejemplo, ***Beauveria bassiana*** y ***Metarhizium anisopliae***, son capaces de infectar una amplia gama de especies, pero cada cepa o variedad del hongo es específica para unas pocas especies de insectos (Leger, S.f).

Los hongos tienen la capacidad de afectar insectos, pero cada uno tiene su función y esto dependerá del tipo de hongo o del tipo de insecto plaga que esté afectando el cultivo y queramos tratar. Unos son más específicos que otros por ende antes de una aplicación específica es de suma importancia conocer las características del hongo.

2.1.2.4 Forma de acción de *Metarhizium anisopliae*

La forma de acción de *Metarhizium anisopliae* consta de 10 etapas tales como: Modo de acción, adhesión, germinación, penetración, multiplicación del hongo en el homocelo, producción de toxinas, muerte del insecto, colonización total, emergencia del hongo hacia el exterior y esporulación según lo dicho por (Monzon, 2010). A continuación se describen cada una de ellas.

2.1.2.4.1 Modo de acción

Los hongos entomopatógenos al igual que la mayoría de los hongos de plantas y vertebrados, infectan al hospedante a través de la cutícula. Esta forma de penetración es única de los hongos ya que otros entomopatógenos como bacterias y virus penetran por la vía oral.

El contacto entre el inóculo del entomopatógeno y el insecto es fundamental para el inicio del proceso infeccioso; el contacto ocurre al azar, un clima favorable, suficiente cantidad de inóculo del entomopatógeno en el ambiente, así como la existencia de suficientes insectos hospedantes, son factores que favorecen el efecto de los hongos entomopatógenos (*Véase Anexo 1*)

2.1.2.4.2 Adhesión

Consiste en la fijación de los propágulos del hongo con la superficie del insecto esta constituye una de las fases más importantes del proceso infeccioso y está correlacionada con la especificidad hospedante patógeno. Sólo las cepas más virulentas logran exitosamente la adhesión en el proceso de adhesión participan sustancias como lectinas (proteínas o glucoproteínas) y mucopolisacáridos, además de algunos lípidos estas sustancias o secreciones aparecen al inicio del contacto del hongo con el insecto.

2.1.2.4.3 Germinación

Luego de la adhesión de la espora sobre el integumento del insecto, ésta germina emitiendo un tubo germinativo, formando luego un apresorio el tubo germinativo puede ser largo o corto y en algunos casos puede no llegar a formarse en el proceso de germinación juegan un rol importante los requerimientos nutricionales de la espora y las condiciones ambientales presentes, en este sentido se ha observado que las esporas de beauveria son más exigentes en carbono y energía que las de metarhizium.

2.1.2.4.4 Penetración

Después de la germinación se producen una serie de transformaciones físicas y químicas, tanto en el insecto como en el hongo, que permiten al patógeno penetrar la cutícula de su hospedante. Un conidio puede germinar, sin embargo, si no se dan las condiciones físicas-químicas y los estímulos correspondientes este no lograra penetrar, las enzimas producidas principalmente por la hifa son lipasas, proteasas y quitinasas, estas ocasionan una alteración de la cutícula, que facilita la entrada de la hifa de penetración.

2.1.2.4.5 Multiplicación del hongo en el homocete

En el interior del insecto el hongo se multiplica, principalmente por gemación, produciendo formas miceliales libres y unicelulares llamadas blastosporas, en los deuteromycetes también se pueden formar en el hifas, protoplastos y células sin pared.

Los insectos tienen un sistema inmunológico que les permite reconocer y reaccionar a partículas extrañas como propágulos de hongos, bacterias y virus, en el homocete, las cuales pueden ser fagocitados, evitando así la presencia de otros organismos.

2.1.2.4.6 Producción de toxinas

Las toxinas son sustancias de baja toxicidad para mamíferos pero muy tóxicas para artrópodos, por lo que pueden causar la muerte del insecto debido a sus propiedades insecticidas; además actúan como inhibidoras de las reacciones de defensa del insecto, la producción de toxinas es una característica de todos los hongos y cepas.

Las toxinas producidas pueden ser de dos tipos: a) macromoléculas proteicas y b) sustancias de bajo peso molecular, las primeras son enzimas secretadas en cantidades significativas tanto en medios de cultivo como en el cuerpo del insecto.

La serilproteasa y sulfidrilproteasa, han sido aisladas de metarhizium; otras enzimas encontradas son lipasas, glicogenasas, amilasas y quitinasas el segundo tipo corresponde a metabolitos secundarios, cuya producción es una propiedad genética de los hongos, pero que puede ser afectada por factores como nutrientes, pH, temperatura, etc las toxinas más comunes de este tipo son principalmente las destruxinas, demetildextruxina protodextruxina.

2.1.2.4.7 Muerte del insecto

La muerte del insecto parasitado, ocurre generalmente antes que el hongo colonice totalmente el homocelo del insecto, esto se debe en gran parte a la acción de las toxinas, con la muerte del insecto finaliza la fase parasítica y se inicia la saprofítica.

Cuando el insecto muere no se observa evidencia del hongo causante de la muerte, sino posteriormente. La duración de la muerte depende de la cepa del hongo, del hospedante y de las condiciones ambientales.

2.1.2.4.8 Colonización total

Luego de la muerte del insecto, el micelio invade todos los órganos y tejidos, iniciando generalmente por el tejido graso pueden existir órganos o tejidos que no son colonizados después de la colonización, el cadáver del insecto se transforma en una momia, la que es resistente a la descomposición bacteriana, aparentemente debido a la acción de antibióticos liberados por el hongo.

2.1.2.4.9 Emergencia del hongo hacia el exterior

Después de la colonización, si las condiciones externas son de baja humedad relativa, el hongo puede mantenerse en el interior del insecto, protegido por el integumento, pero en condiciones húmedas el hongo emerge del cuerpo del insecto principalmente a través de las zonas menos esclerosadas.

2.1.2.4.10 Esporulación

Después que las hifas atraviesan el integumento, si las condiciones son de alta humedad relativa, en un período de 24 a 48 horas ocurre la producción de esporas o conidias. Es en esta fase, que el insecto muerto adquiere una coloración característica de acuerdo al hongo, por ejemplo, verde si es *Metarhizium* y blanco si es Beauveria.

2.1.2.5 Cultivo del frijol

El frijol (*Phaseolus vulgaris*) es un cultivo importante para la alimentación humana por su alto contenido de proteína y generar empleo e ingresos a las familias rurales. Como fuente alimenticia tiene alto contenido de proteína (22%) carbohidratos, vitaminas y minerales.

Según cifras del Banco Central Nicaragüense, el consumo aproximado por persona se estima en 67 libras o 30.45 kg al año lo que corresponde a 82 g/día.

El cultivo genera más de 200 mil empleos directos e indirectos en la producción y comercialización, ingresos al país porque se exporta a otros países de Centroamérica en forma de grano comercial y semilla. En el 2008 alcanzó unos 65 millones de dólares, por la venta de este producto (BCN, 2015).

En la actualidad el frijol se ha convertido en un rubro muy importante en el territorio nacional y Centroamericano, ya que está presente en la dieta de muchos, es por eso que en su gran mayoría los productores de nuestro territorio se han dedicado a la siembra de este rubro para satisfacer las necesidades de los consumidores. Este cultivo es de mucha importancia porque genera una gran cantidad de dinero en la comercialización del mismo, es importante destacar que Nicaragua tiene la capacidad de satisfacer la demanda de frijol por parte de mercados internacionales.

2.1.2.5.1 Producción de frijol en Nicaragua

Según las características de la producción nicaragüense, el frijol se produce en casi todo el territorio nacional, a diferentes escalas donde se han identificado 3 zonas agroclimáticas diferenciadas por las épocas de siembra:

- 1) La zona seca o cálida y áreas secas del Norte, para siembra de primera y postrera: que incluye los municipios de Estelí, Condega, Limay, Somoto, Ocotal, Pueblo Nuevo, San Lucas, Teustepe, Esquipulas, Terrabona, Darío, La Concordia, Sébaco, San Isidro
- 2) La zona Semihúmeda (Pacífico e Interior Central) para siembra de postrera: contempla las Sierras de Managua, Carazo, Masaya, Matagalpa, San Dionisio, Santa Cruz, San Fernando, Ciudad Antigua, Jícaro, Jalapa, Jinotega y partes altas de Rivas
- 3) La zona húmeda para siembra de apante: comprende los municipios de Nueva Guinea, San Carlos, zonas montañosas de Matagalpa y Jinotega, áreas de la zona Atlántica en las riberas de los grandes ríos Solís (2017).

La producción de frijol ha mostrado una tendencia creciente, aunque en algunos casos irregular; y en los últimos 10 años ha pasado de aproximadamente 1200,000 quintales (qq) a casi 5 millones de quintales. La tendencia positiva que experimenta la producción se debe al aumento sustancial del área cosechada sin embargo el rendimiento por manzana no ha variado mucho en los últimos 10 años manteniéndose entre los 8 y 13 quintales; lo cual se deriva de la susceptibilidad del rubro a daños climáticos y plagas, como también de la falta de tecnificación y de manejo del cultivo Solis (2017).

La producción de frijol en Nicaragua es de manera ascendente quizás por la gran cantidad de personas que se dedican a producir este rubro pero es alarmante cuando se investiga acerca de los rendimientos por manzanas, ya que estos no superan los 13 o 15 quintales, según el Ministerio de Fomento Industria y Comercio, la raíz o el origen de estos rendimientos tan bajos en la gran afectación de plagas que hay en el cultivo y la bajos niveles de tecnificación, otro de los factores que están muy relacionados con la producción es la degradación de los suelos, debido a muchas circunstancias, una de ella es el excesivo uso de químicos para control de malezas y plagas.

2.1.2.5.2 Producción de frijol en Matagalpa

En la siguiente tabla se aprecia el total de superficies agropecuarias encontradas en el departamento de Matagalpa, y su distribución en explotaciones agropecuarias y el tamaño de las mismas.

Tamaño de las EAs	Superficie	%	Numero de EAs	%
Matagalpa	787 088.58	100	21, 931	100
De 0.5 Mz a menos	217.58	0	592	3
De 0.51 a 1 Mz	1,135.38	0	1, 174	5
De 1.01 a 2.5 Mz	5, 178.99	0	2, 686	12
De 2.51 a 5 Mz	13, 885.61	2	3, 513	16
De 5.01 a 10 Mz	29, 513.90	4	3, 683	17
De 10.01 a 20 Mz	53, 504.38	7	3, 390	15
De 20.01 a 50 Mz	128, 986.81	16	3, 709	17
De 50.01 a 100 Mz	131, 645.31	17	1, 719	8
De 100 a 200 Mz	127, 345.97	16	842	4
De 200.01 a 500 Mz	148,043.25	19	456	2
De 500 a mas	147, 631.40	19	167	1

Fuente: INEC, 2009

**Tabla 1 Distribución de unidades productivas en el departamento
Explotaciones Agropecuarias según tamaño de las EAs**

Según datos del III Censo Nacional Agropecuario (**III CENAGRO**), el departamento de Matagalpa alcanza una superficie agropecuaria de 787,088.58 manzanas distribuidas en un total de 21,931 explotaciones, lo que representa el 11 por ciento de las EA's del país y el 9 por ciento de la superficie, de estos datos resulta que el promedio de manzanas por EA en el departamento es de 35.89

manzanas, por debajo del promedio nacional que es de 44.78 mzs / EA y el 89% de estas EAs son destinadas a la siembra de frijol.

Matagalpa tanto como departamento y municipio siempre se ha destacado en su producción en cuanto a frijol. Existe una gran cantidad de explotaciones agropecuarias que anualmente se están destinando para la siembra de este rubro.

2.1.2.5.3 Condiciones edafoclimáticas del frijol.

La planta de frijoles requiere condiciones adecuadas para un buen desarrollo y rendimiento Robin (2007).

Las condiciones de suelo, agua y clima son sumamente importantes en este cultivo porque si este no cuenta con dichas condiciones no podrá tener un óptimo desarrollo y posteriormente no alcanzará los índices de cosecha que se desean; esta planta no es tan resistente a variables de clima como otras especies de la misma familia, por eso antes del establecimiento siempre se recomienda hacer los estudios previos de suelo y de clima para que este rubro se desarrolle en perfectas condiciones edafoclimáticas .

Temperatura: El frijol se cultiva en una gran diversidad de climas, pero los mejores rendimientos se obtienen en temperaturas que oscilan entre los 18° y 24°c mayores a 26°C, favorecen el desarrollo vegetativo. No obstante, se encuentra mayor cantidad de aborto y desaparición de flores, por otra parte las vainicas presentan un alto porcentaje de granos vanos.

Precipitación: Se obtienen buenas cosechas en zonas con precipitaciones entre los 500 y 2300 mm anuales. El frijol requiere entre 300 y 400 mm de agua durante su ciclo. Esta cantidad debe ser distribuida 110 a 180 mm desde la siembra a floración y entre 50 a 170 mm hasta alcanzar la madurez fisiológica.

Viento: El viento puede afectar negativamente la planta de frijol. Indirectamente aumenta la evaporación, directamente el viento fuerte puede desprender la flor, quebrar tallos y ramas por donde pueden introducirse patógenos.

Condiciones edáficas: Es necesario e importante que el suelo tenga buenas características físicas hasta una profundidad de 50 cm, como mínimo, ya que ayuda a la penetración y desarrollo del sistema radical. Se prefiere suelos francos arcillosos y francos arenosos, que permiten la infiltración adecuada de agua y buena aeración de las raíces. El drenaje debe ser eficiente, el encharcamiento aún durante pocas horas es perjudicial para el cultivo. El pH más indicado para las regiones húmedas es de 5.8 a 6.5 para obtener un óptimo desarrollo y rendimiento del cultivo.

2.1.2.5.4 Clasificación taxonómica del fríjol.

Nombre Científico: (*Phaseolus vulgaris*)

Reino: **Plantae**

División: **Magnoliophyta**

Clase: **Magnoliatae**

Orden: **Fabales**

Familia: **Fabaceae**

Subfamilia: **Faboideae**

2.1.2.5.5 Descripción Botánica

INTA (2009), identifica al fríjol común es una planta anual, herbácea, pertenece a la familia de las fabáceas de la sub familia de las papilionoidae, se cultiva desde la zona tropical hasta las zonas templadas. Existen dos centros de origen del fríjol que son la región de Los Andes y la Mesoamericana. El fríjol común es una especie que presenta una enorme variabilidad genética que es preservada por los agricultores tradicionales de las zonas Centro y Norte del país.

Existen muchas variedades criollas adaptadas a diferentes condiciones climáticas, con semillas de diversos colores, formas y tamaños. Si bien el cultivo se destina en su mayoría a la obtención de grano seco, también se consume como grano tierno o en vainas.

2.1.2.5.6 Etapas de desarrollo del cultivo

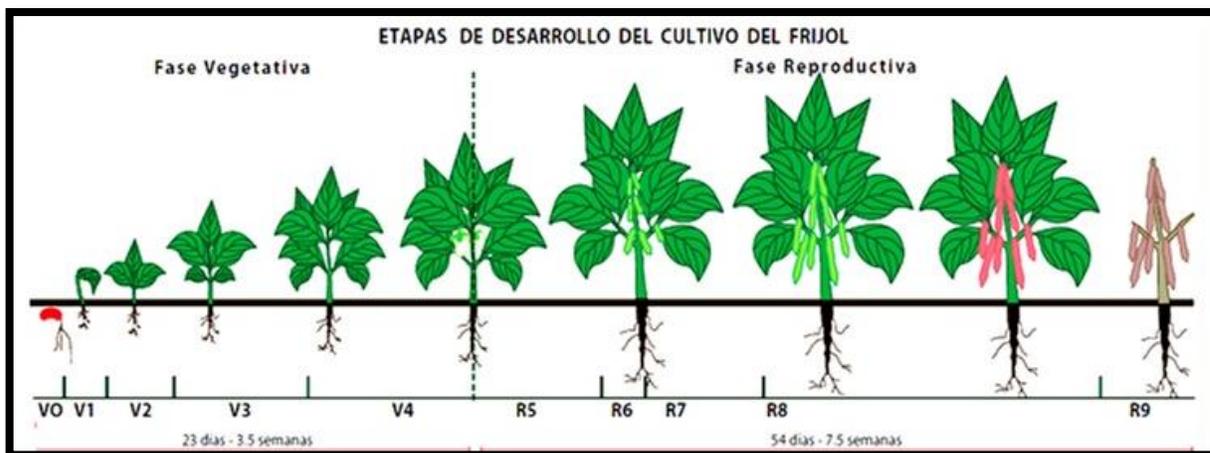


Imagen 1 Etapas de desarrollo de cultivo del frijol

Fuente INTA (2009)

Fases y etapas con explicación del código

La siguiente imagen 2 muestra la explicación de los códigos utilizados en la imagen 1, donde se encuentran las dos fases del cultivo, vegetativa y reproductiva y las diferentes etapas en ellas.



Fase	Etapa	Código	DDS*
Vegetativa	Germinación	V0	0-5
	Emergencia	V1	5-7
	Hojas primarias	V2	7-11
	Primera hoja trifoliada	V3	11-16
	Tercera hoja trifoliada	V4	16-23
Reproductiva	Prefloración	R5	23-32
	Floración	R6	32-36
	Formación de vainas	R7	36-44
	Llenado de vainas	R8	44-62
	Maduración	R9	62-77

* DDS: días después de la siembra

Imagen 2 Fase vegetativa y reproductiva del cultivo de frijol

Fuente INTA (2009)

2.1.2.5.6.1 Germinación

En esta etapa la semilla absorbe agua para favorecer el proceso de germinación con la aparición de la radícula, la cual se convierte en la raíz primaria, en la parte alta de la radícula se desarrollan entre tres y siete raíces secundarias, sin embargo, si la semilla es de mala calidad ésta no germina o se pudre en el suelo CENTA (2017).

2.1.2.5.6.2 Emergencia

El hipocotílo, corresponde a la parte subterránea del tallo principal, comienza a desarrollarse uno a dos días después de la aparición de la radícula y conduce a los cotiledones hacia arriba hasta que son visibles sobre el suelo. Si la semilla es de calidad, emerge uniforme y crece con vigor CENTA (2017).

2.1.2.5.6.3 Hojas primarias

Son unifoliadas, opuestas y se desarrollan a partir del segundo nudo del tallo en la medida que la planta alcanza otras etapas fenológicas, las hojas primarias se desprenden en alguna etapa del cultivo y dejan visible el segundo nudo del tallo CENTA (2017).

2.1.2.5.6.4 Primera hoja trifoliada

Al inicio los folíolos todavía unidos aumentan de tamaño, luego se separan, al final se despliegan y extienden en un solo plano, cuando se inicia la etapa V-3 la primera hoja trifoliada se encuentra por debajo de las hojas primarias CENTA (2017).

2.1.2.5.6.5 Tercera hoja trifoliada

Se presenta entre los 18 y 22 días después de la siembra, el frijol comienza a producir los brotes laterales que posterior se convierten en ramas principales donde se fijará la producción de vainas en este momento las plantas demandan mayor cuidado en lo que respecta a las malezas, por ser el período crítico de competencia se debe realizar control de malezas mecánico o químico con la aplicación de herbicidas selectivos para que su efecto sea incrementar el rendimiento CENTA (2017).

2.1.2.5.6.6 Pre-floración

En las variedades de hábito indeterminado el inicio de esta etapa se presenta con la aparición de racimos en los nudos inferiores CENTA (2017).

2.1.2.5.6.7 Floración

La floración ocurre entre los 28 y 38 días después de la siembra. Las variedades precoces florecen más rápido mientras que la floración en variedades tardías lo realiza en mayor número de días. Las variedades de color rojo tienen flores de color blanco

Las variedades de color negro tienen flores lilas o moradas el frijol es una planta autógama, por lo tanto, las flores se auto fecundan la fecundación cruzada se puede presentar entre 2 y 5 por ciento, en condiciones normales de cultivo CENTA (2017).

2.1.2.5.6.8 Formación de vainas

La formación de vainas en las variedades comerciales ocurre entre 40 y 60 días después de la siembra CENTA (2017).

2.1.2.5.6.9 Llenado de vainas

Las vainas después de la floración comienzan su desarrollo y el grano comienza a crecer. Las vainas aumentan entre los 15 a 20 días después de la floración. Los granos crecen rápido y alcanzan su peso máximo entre los 30 a 35 días después de la floración CENTA (2017).

2.1.2.5.6.10 Madurez fisiológica y cosecha

Cuando las plantas entran en madurez fisiológica, las hojas comienzan a madurar y se desprenden de la planta, las vainas cambian de color verde a crema o amarillo rojizo de acuerdo con la variedad las variedades de color negro pueden tener vainas rojas o verdes que cambian de forma progresiva a rojo oscuro o crema de acuerdo a la variedad las variedades de grano color rojo tienen vainas verdes que cuando maduran son cremas.

La cosecha en las variedades comerciales se realiza entre los 75 y 85 días después de la siembra. Al momento del arranque, el grano tiene de 20 a 25% de humedad, la que se reduce entre 13 y 15% para su comercialización MAG (2017).

2.1.2.6 Manejo agronómico del frijol

2.1.2.6.1 Preparación del suelo

Una buena preparación del suelo provee las condiciones adecuadas para que las semillas del cultivo presenten una buena germinación, se desarrolle con un excelente vigor y obtengamos una excelente producción IICA (2008).

Las labores que generalmente han venido realizando los productores con buenos resultados son: Chapoda, basureo (montoneo y distribución de la basura), labranza mínima, aplicación de herbicidas pre-siembra.

2.1.2.6.2 Selección de semillas.

2.1.2.6.3 Semilla

El uso de semilla de buena calidad es muy importante en el cultivo de frijol. Las siembras con buena semilla aumentan las posibilidades de obtener una buena cosecha Para la producción de frijol es recomendable: Utilizar semilla certificada o producida en parcelas con baja o sin presencia de enfermedades, obtenida de una fuente confiable (empresa o agricultor).

Previo a la siembra, tratar la semilla con insecticida si en el lote se han observado daños por plagas del suelo. Si no se conoce la calidad de la semilla, o ha estado almacenada por mucho tiempo, hacer una prueba de germinación 2 a 3 semanas antes de la siembra. MAG (2013).

Una de las recomendaciones de muchos especialistas es procurar mantener las parcelas y las cosechas provenientes de buena semilla lo más puro posible y renovar la semilla cada 2 a 3 años. Antes de la siembra, tratar la semilla con fungicida, especialmente si proviene de lotes que han sido afectados por enfermedades transmitidas por semilla como antracnosis (*C.lindemunthianum*), bacteriosis (*Xanthomonas oxonopodis*), mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*) y mustia hilachosa (*Thanatephorus cucumeris*).

2.1.2.6.4 Siembra

Para el establecimiento del cultivo de fríjol se recomienda semillas criollas, aunque también se pueden utilizar variedades híbridas, el cultivo se puede establecer en cualquier época del año siempre y cuando se cuente con agua para riego.

En la época lluviosa existen tres sistemas de siembra 1) en mayo (siembra de primera), 2) septiembre (siembra de postrera o arrastre) y 3) diciembre (siembra de apante) (Escalante, S.f)

La gran cantidad de variedades de semillas de fríjol, permite tener muchas opciones de selección para la siembra y esta se puede hacer en las tres épocas que existen en nuestro país o bien en cualquier momento en el año solamente que se cuente con agua necesaria.

2.1.2.6.5 Fertilización

Las condiciones de producción del cultivo en el país son muy variadas al igual que el resto de Centro América, es decir, se siembra desde el nivel del mar hasta los 1800 m. de altura. Esta diversidad de ambientes lo expone a diferentes factores limitantes es cuestión de minerales, las recomendaciones de fertilización están orientadas al suministro de N y P, que son los elementos de mayor demanda del cultivo, lógicamente los requerimientos varían de un valle a una ladera, un análisis de suelo nos resuelve el problema de inmediato, desgraciadamente esta práctica no está disponible ni es accesible para pequeños productores.

Las cantidades totales que consume el frijol para producir 1 tonelada de grano corresponden en promedio a 53 kg de Nitrógeno, 6 de Fósforo (15 kg P₂O₅), 55 de potasio (66 de K₂O) Bertsh (2009).

En términos generales y a través de las investigaciones realizadas en los últimos años se definió las recomendaciones de fertilización, en base a dos fuentes de fertilizante comercial más dos aplicaciones de fertilizante foliar completo Escoto (2004).

2.1.2.6.6 Control de malezas

El control eficiente de las malezas durante del período crítico de competencia (5-30 días después de la siembra), reduce las pérdidas por rendimiento entre 50% y 70%. En siembras con labranza cero y mínima es importante efectuar las limpiezas entre los 18 y 22 días antes de la siembra mediante el control mecánico de las malezas con el uso de machetes o chapodadora mecánica a fin de obtener cobertura vegetal y favorecer el rebrote de las malezas, que serán utilizadas como cobertura muerta al momento de la siembra.

Los controles de las malezas también pueden ser realizadas mediante la utilización de herbicidas de pre y post emergencia. Los herbicidas de post emergencia, son aplicados después de la salida de las malezas, en función del desarrollo del cultivo y condiciones ambientales INTA (2009)

El control de malezas hay momentos que se vuelve un dolor de cabeza para los productores, pero la incidencia de esta dependerá a la rotación de los cultivos y el método de siembra que se utilice los métodos como labranza cero ayudan a amortiguar un poco la propagación de las arvenses.

2.1.2.7 Época de postrera

Nicaragua cuenta con tres épocas de siembra entre ellas tenemos la época de primera (mayo-junio) la época de postrera o de arrastre (agosto-septiembre) y la época de apante (noviembre-diciembre) todo esto va a variar por las lluvias y con respecto a la zona del país.

La época de postrera es una de las épocas en donde la mayoría de las regiones del país se preparan para sembrar cultivos como frijol, maíz, sorgo entre otros debido a que esta es la zona más lluviosa del país y por ende se obtienen buenos rendimientos en esta época.

2.1.2.8 Semillas Acriolladas

Son las semillas nacidas de variedades de plantas mejoradas traídas de otro lugar, o de centros experimentales a nivel nacional, pero que se han venido aclimatando al lugar donde vivimos. Es decir, son semillas adaptadas a cada lugar por haber sido sembradas por el campesinado por más de 15 años. Entre estas variedades en frijol, por ejemplo, está el Revolución-84, el Estelí 90-A, el DOR-364 entre otras dando lugar a una gran diversidad Identidad (2016).

2.1.2.9 Control de plagas

2.1.2.9.1 Control químico:

El control químico es tal vez el más usado y, por seguro, el más controvertido método de control de plagas de plantas cultivadas. A pesar de los problemas de resistencia de insectos a resurgimiento rápido de niveles de poblaciones de plagas y envenenamiento del hombre, sus animales y el medio ambiente, el control químico seguirá siendo importante en el futuro próximo porque en general sirve, es rápido, fácil y económico y los retos que hoy se tienen los ingenieros es crear conciencia del uso de estos químicos de uso convencional.

Los insecticidas son venenos, siendo un veneno una química que perturba adversamente a la homeóstasis del organismo. Aunque son dirigidos a las plagas, sus propiedades tóxicas afectan a otros organismos como insectos benéficos, aves, peces, plantas y mamíferos incluyendo al hombre (Hallman , S.f).

El siguiente cuadro indica los principales químicos más usados en la agricultura convencional, los nombres comerciales y las dosis por manzana recomendadas para el control de las plagas en estudio.

Cuadro 1 Químicos más usados en la producción de fríjol.

Plagas	Daño que ocasiona	Nombre técnico	Nombre comercial	Dosis utilizada por Mz
Gallina ciega <i>(Phyllophaga spp.)</i>	Daños en la raíz y el tallo	Foxim	Volation	30 lb
Maya <i>(Diabrotica sp)</i>	Daños en flores y vainas	Cipermetrina	Tigre 25 EC	0.75-1 lt
Lorito verde <i>(Empoasca kraemeri Ross & Moore)</i>	Quemaduras en la punta de la hoja (necrosis en el apice) se alimenta de la savia de las venas del envés. encarrujamiento y rizado de las hojas amarilla miento general, achaparra miento	Dimetoato + Cipermetrina	Tigre 25 EC	0.75-1 lt
Saltamontes <i>(Schistocerca americana)</i>	Cortes severos en hojas flores y vainas.			
Mosca blanca <i>(Bemisia tabaci Genn)</i>	Succión de la savia, transmisión de virus, interrupción de la fotosíntesis.	Dimetoato + Cipermetrina	Tigre 25 EC	0.75-1 lt

Fuente (Hallman , S.f)

2.1.2.9.2 Controladores biológicos de plagas (Kimura, S.f)

2.1.2.9.2.1 Entomopatógeno

Kimura (sf), que los microbios que causan enfermedad a los insectos, se conocen como “Entomopatógenos”.

Los entomopatógenos pueden ser hongos, bacterias y virus. *Beauveria* y *Metarhizium* son muy conocidos como un producto de control biológico en forma de emulsión de esporas.

Los microorganismos con características entomopatógenas pueden ser bacterias y virus, en la agricultura moderna es común el uso de hongos que poseen estas características entomopatógenas ya que existe un alto grado de problemas ocasionados por la incidencia de plagas y estos hongos, como es el caso de ***Metarhizium*** vienen a proporcionar una posible solución a tan grave problema.

2.1.2.10 Plagas de importancia económica en el cultivo del frijol

Los problemas de incidencia de plagas en los cultivos cada vez son más latentes debido a eso se han venido creando diferentes alternativas para sus respectivos controles. En cada rubro hay una serie de plagas que lo afectan con frecuencia a este grupo se le denomina plagas de importancia económica ya que ocasionan grandes pérdidas y daños en el cultivo y por ende en la economía de los productores Mancía, Salguero, & Gonzales (1992).

2.1.2.10.1 Gallina ciega

Nombre científico: *Phyllophaga sp*

Familia: Scarabaeidae

Orden: Coleóptera.

Las larvas se alimentan de las raíces y base de los tallos de las plantas. Las plantas afectadas presentan una coloración amarillenta y un marchitamiento en las horas más soleadas en lugares donde hay altas infestaciones el porcentaje de mortalidad de las plantas oscila entre un 60 y 90%; las larvas atacan además del frijol a pastos, caña de azúcar, algodón, arroz, maíz, papa, fresa, café, rosas, flores y por lo general la mayoría de las plantas cultivadas.

Descripción

Los huevos son blancos aperlados. Las larvas o gallinas ciegas tienen el cuerpo curvado, blanco sucio, miden de 2.5 a 3.5 cm de longitud en su último estado larvario; cabeza color café y bien esclerotizada, mandíbulas fuertes, bien desarrolladas; tienen tres pares de patas torácicas largas. Las pupas son del tipo exarata (patas libres, no pegadas al cuerpo) color blanco sucio amarillento, miden de 2.5 a 3.5 cm de largo.

Los adultos son amarillos, café o café negruzco, el pronotum varía en tonalidad y son de cuerpo ancho o alargado, de patas espinosas y en algunas especies como *Anómala sp.*, el dorso es convexo; miden entre 1.5 y 2.0 cm de longitud.

Ciclo de vida y hábitos

Los adultos del género *Phyllophaga sp.*, se alimentan durante la noche de hojas de árboles silvestres, rara vez lo hacen en plantas de frijol. Los adultos de *Anómala sp.*, que son de hábitos crepusculares y nocturnos, si atacan el frijol, alimentándose de las hojas, flores y vainas; ocasionalmente este daño puede ser serio. Ambos géneros aparecen con las primeras lluvias, entre mayo y junio.

Los adultos se aparean por la noche y al amanecer regresan al suelo, donde las hembras ponen sus huevecillos, uno a varios centímetros debajo de la superficie, generalmente en los terrenos con pastos o grupos de hierbas o zacates, y en los campos cultivados. Los huevecillos incuban en 2 a 3 semanas. Por lo general el ciclo de vida de la oruga, según la especie, es de 1 a 3 años.

En el territorio existe alto grado de incidencia de *Phyllophaga sp* esta se ha convertido en un problema latente para los productores de las zonas ya que ocasiona muchas pérdidas económicas cuando esta se encuentra en su umbral de afección.

Existen gallinas ciegas que viven un año y son de ciclo anual. Hay otras que viven dos años y son de ciclo bianual. Dependiendo del ciclo de vida, así será el período del año en que la Gallina Ciega causará más daño. Tal y como se muestra en la imagen 3.

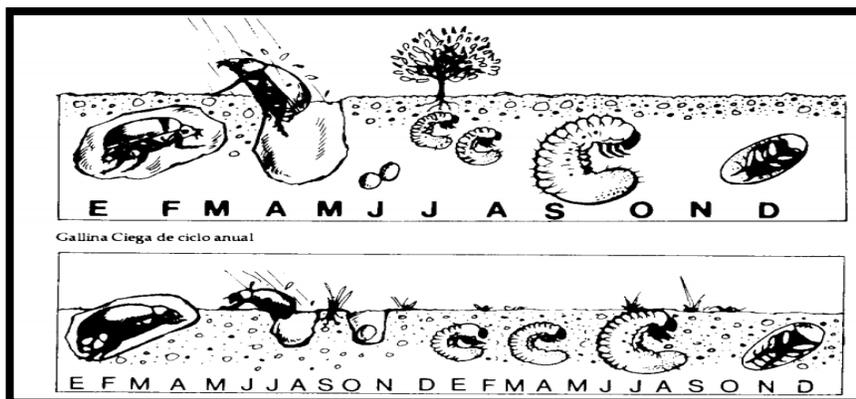


Imagen 3 Ciclo de vida anual de *Phyllophaga sp*

Fuente de Mancía, Salguero & Gonzáles (1992)

En la siguiente imagen 4 se muestra las diferentes etapas del frijol en donde los daños ocasionados por gallina ciega (*Phyllophaga sp.*) son críticos, se encuentra entre V0 y V4 lo que corresponde a los días 0 a 23 días después de la siembra.

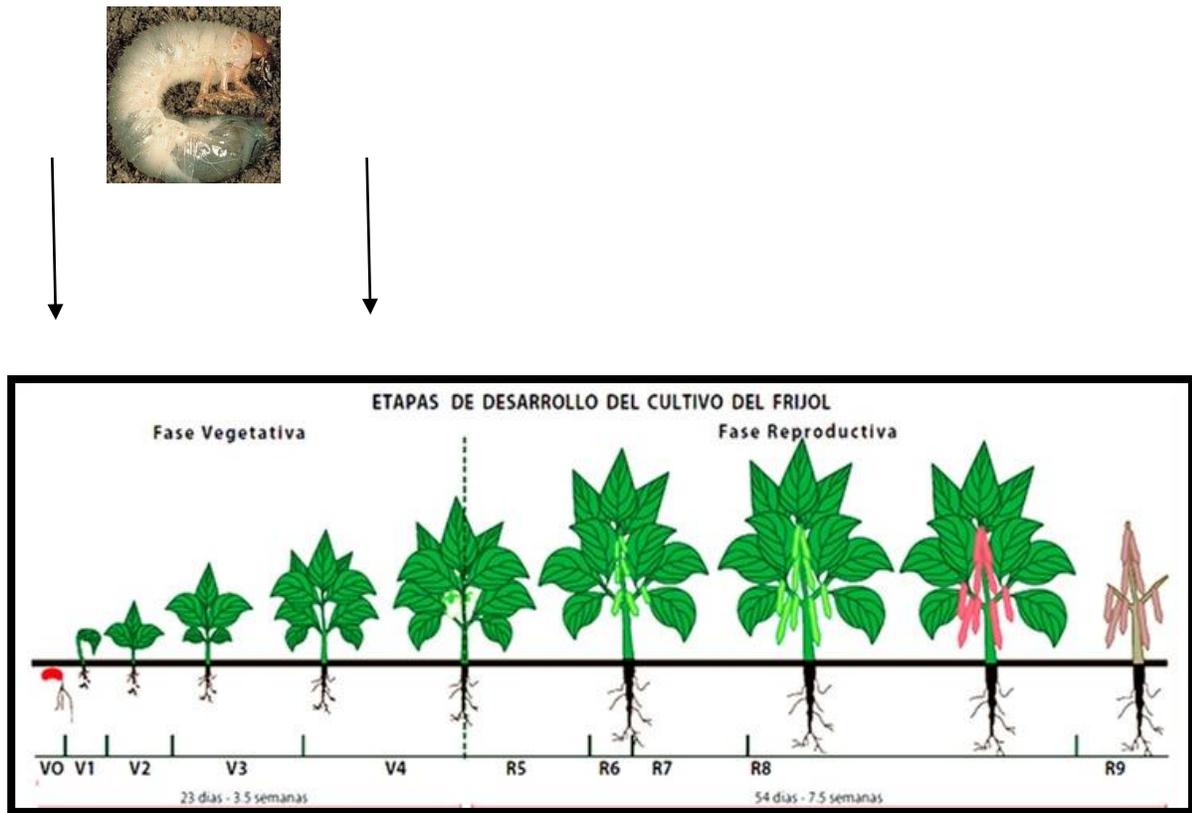


Imagen 4 Etapas de desarrollo de la planta de frijol en que ocurre y es crítico el daño ocasionado por gallina ciega (*Phyllophaga sp.*)

Fuente de Mancía, Salguero & Gonzáles (1992)

En la imagen 5 se muestra la metamorfosis de (*Phyllophaga sp.*), donde se muestra su crecimiento desde la larva, pupa y adulto.

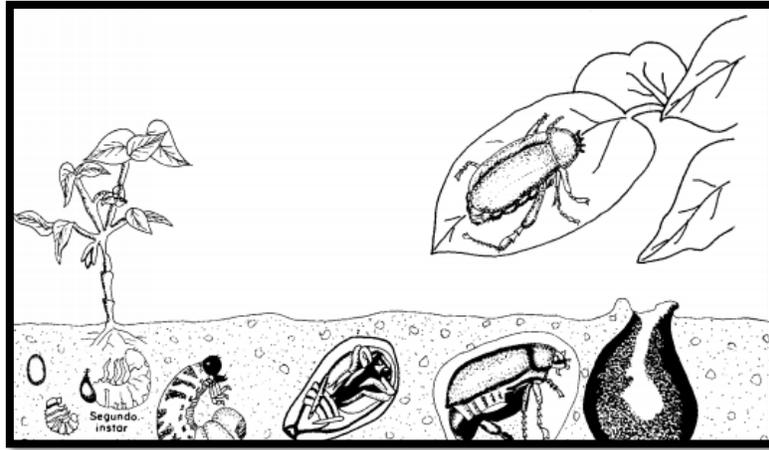


Imagen 5 Metamorfosis de (*Phyllophaga sp.*)

Fuente de Mancía, Salguero & Gonzáles (1992)

2.1.2.10.2 Maya

Nombre Científico: *Diabrotica sp*

Familia: Chrysomelidae

Orden: Coleóptera

Importancia, daño y hospedantes.

Los adultos de *Epitrix sp.* Se alimentan del follaje del frijol, causándole pequeñas perforaciones circulares. Cuando la invasión es alta, las hojas adquieren una apariencia de cedazo, se marchitan y las más dañadas mueren las larvas atacan las raíces de sus plantas hospedantes, se alimentan de los hipocotilos y los cotiledones cuando están germinando. Este tipo de pulga saltona es considerado también como un vector de enfermedades bacterianas.

Descripción

Las larvas miden más o menos 4 mm de largo por 1 mm de ancho, son de un blanco sucio con las partes bucales color café. El adulto mide de 1.5 a 2 mm de longitud, es de forma oval y oblonga, negro brillante, antenas y patas rojizas, el dorso finamente punteado y élitros estriados.

Biología y hábitos

Los *Epitrix* sp. ovipositan en las grietas del suelo, de preferencia en la proximidad de las plantas que puedan ser hospedantes adecuados. Los huevecillos son blancos, ligeramente ovalados y difíciles de observar a simple vista por su tamaño. Los huevos son incubados en un lapso de 7 a 10 días. Las larvas alcanzan su estado de madurez en 16 a 26 días y se transforman en una pupa blanquecina; cinco a seis días después emergen los adultos. El ciclo de vida suele completarse en 4 ó 6 semanas y pueden encontrarse 2 a 4 generaciones anuales.

En la imagen 6 se muestra el ciclo biológico de (*Diabrotica sp*) desde que está en larva hasta su estado adulto.

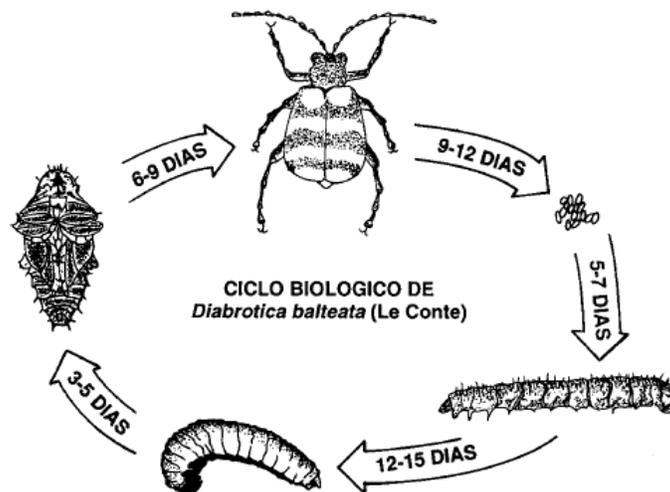


Imagen 6 Ciclo de vida de (*Diabrotica sp*)

Fuente de Mancía, Salguero &Gonzáles (1992)

En la imagen 7 se muestra las diferentes etapas del frijol donde los daños que ocasiona (*Diabrotica sp*) son muy relevantes, entre V3 que corresponde entre los 11-16 días hasta R8 que corresponde a los 44-62 días después de la siembra

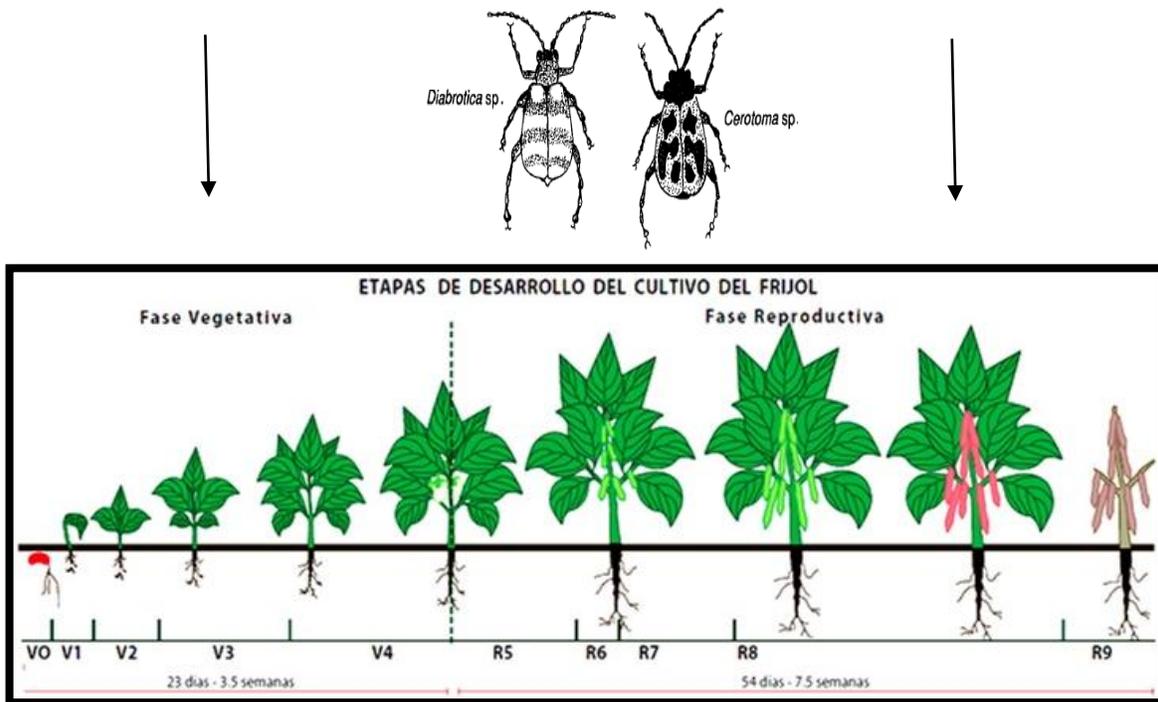


Imagen 7 Etapas del desarrollo de la planta en que ocurre y es crítico el daño ocasionado por (*Diabrotica sp*)

Fuente de Mancía, Salguero &Gonzáles (1992)

2.1.2.10.3 Lorito verde, Cigarrita verde del fríjol o salta hojas.

Nombre Científico: *Empoasca kraemeri* Ross & Moore

Familia: Cicadellidae

Orden: Homóptera.

Descripción

Los huevecillos son alargados, blanquecinos, transparentes, pequeños y de 1 mm de largo.

Las ninfas son de color amarillo-verde pálido, similar en forma a los adultos. El adulto es una chicharrita verde, en forma de cuña, de 0.3 cm de largo por 0,075 cm de ancho. El cuerpo es más ancho en el extremo de la cabeza (de forma redondeada) y se va haciendo gradualmente más angosto hacia la punta de las alas; posee un número regular de puntos blancos desvanecidos en la cabeza y el tórax. Una de las marcas características de esta especie es una hilera de seis puntos blancos redondeados a lo largo del margen interior del protórax; en el hemi escutelo tiene dos rayas blanquecinas, paralelas y en posición longitudinal, en el mismo escudo tiene otra serie de puntos blanquecinos. Las patas posteriores son largas, con dos hileras de espinas en la longitud de la tibia. Antenas cetáceas y coxa posterior transversa.

Ciclo de vida y hábitos

Las hembras por medio de un ovipositor agudo introducen los huevecillos en la vena central, venas mayores y en los pecíolos de las hojas. Un promedio de 2 a 3 huevecillos son puestos diariamente. La oviposición ocurre entre 3 y 10 días después de la cópula; los huevos son incubados en unos diez días. Antes de llegar al estado de adulto, pasan por cinco estadios ninfales, los cuales quedan completamente desarrollados aproximadamente en dos semanas.

La longevidad de las hembras es de un mes o más. El ciclo de huevo a adulto es más o menos de 35 días (Figura 1.8). Los adultos tienen la característica de dar grandes saltos cuando son molestados, debido a la longitud de sus patas posteriores; las ninfas caminan lentamente hacia los bordes de las hojas cuando se les molesta.

Daños y hospedantes

E. kraemeri puede ocasionar daño durante toda la vida de la planta de fríjol. Sin embargo, este daño puede ser crítico si ocurre durante las etapas de desarrollo vegetativo.

El insecto se alimenta en el envés de las hojas, chupando la savia de las venas. Cuando las poblaciones son altas se les encuentra alimentándose en los peciolos, raquis y vainas. Se alimentan directamente del floema y atrofian el sistema de conducción de la savia elaborada. Los daños ocasionados al alimentarse atrofian a su vez el crecimiento de las plantas.

El insecto también produce la quemadura de la punta de la hoja, comenzando por una necrosis café en el ápice de los folíolos. Causa un encarrujamiento y rizado apretado de las hojas, seguido por un amarillamiento general de las plantas, las cuales quedan enanas y difícilmente florecen, pues hay un debilitamiento general de éstas.

En la imagen 8 se observa el ciclo de vida del Lorito verde (*Empoasca kraemeri*) desde que está en huevecillos, ninfa y estado adulto.

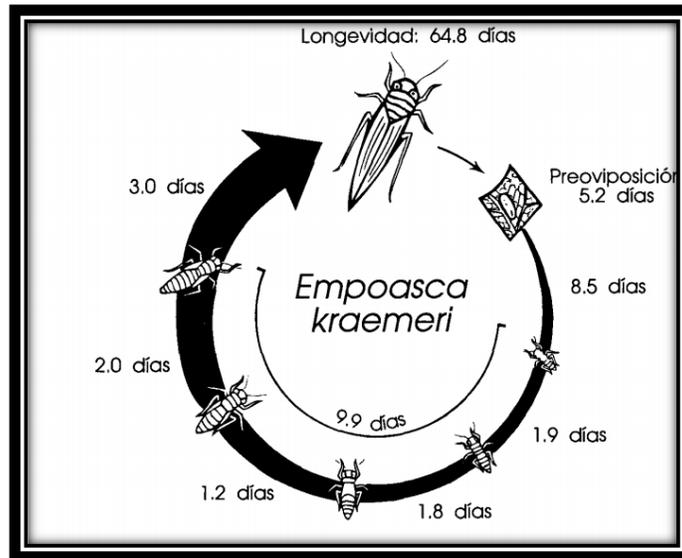


Imagen 8 Ciclo de vida de Lorito verde (*Empoasca kraemeri*).

Fuente de Mancía, Salguero & Gonzales (1992)

En la imagen 9 se muestra las diferentes etapas del frijol donde los daños que ocasiona (*Empoasca kraemeri*) son muy relevantes, entre V2 que corresponde a los 7-11 días hasta R7 que corresponde a los 36-44 días después de la siembra.

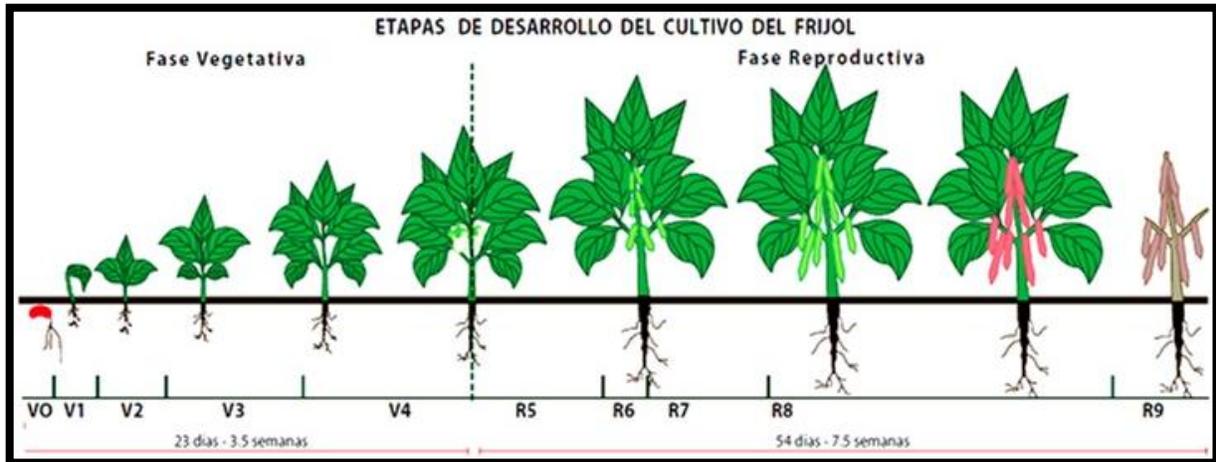


Imagen 9 Etapas del desarrollo de la planta en que ocurre y es crítico el daño ocasionado por *Empoasca kraemeri*

Fuente de Mancía, Salguero & Gonzáles (1992)

2.1.2.10.4 Saltamontes

Nombre científico: (*Schistocerca americana*)

Familia: Acrididae

Orden: Ortópteros

Descripcion:

El macho adulto mide hasta 4,5 cm de largo y la hembra adulta puede alcanzar los 5,5 cm. El cuerpo del adulto es generalmente de color amarillo-marrón y las alas son pálidas con grandes manchas marrones. Las ninfas son diferentes en apariencia. Cambian de color a medida que maduran y su coloración es un rasgo polifénico, influenciado por las condiciones ambientales, que producen

múltiples formas de un genotipo. Esto no es raro entre los saltamontes; en esta especie, la coloración de las ninfas está especialmente influenciada por la temperatura. Las ninfas pueden tener varios tonos de verde, amarillo o rojo, generalmente con un patrón de marcas negras. A menudo los tonos son rojos cuando las temperaturas son más bajas, pero a temperaturas más altas solo se producen tonos verdes y amarillos.

+El patrón negro también está influenciado por la temperatura, con temperaturas más bajas se producen marcas más oscuras. La densidad también es un factor común en el polifenismo del color, pero es menos importante en esta especie que en muchos otros saltamontes. Las ninfas criadas en condiciones de hacinamiento desarrollan marcas negras más oscuras, pero la densidad tiene poco efecto en sus colores de fondo.

En la imagen 10 se muestra el ciclo de vida del saltamonte (*Schistocerca americana*) desde que está en huevo, ninfa, con alas y estado adulto.

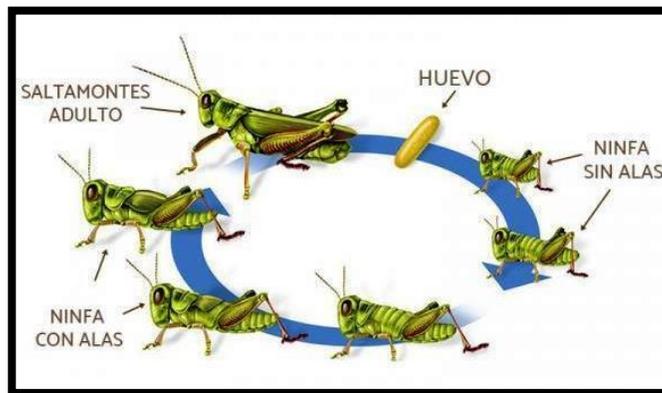


Imagen 10 Ciclo de vida de (*Schistocerca americana*)

Fuente de Mancía, Salguero & Gonzáles (1992)

En la imagen 11 se muestra las diferentes etapas del frijol donde los daños que ocasiona (*Schistocerca americana*) son muy relevantes entre V3 que corresponde a los 11-16 días y R8 que corresponde a los 44-62 días después de la siembra.

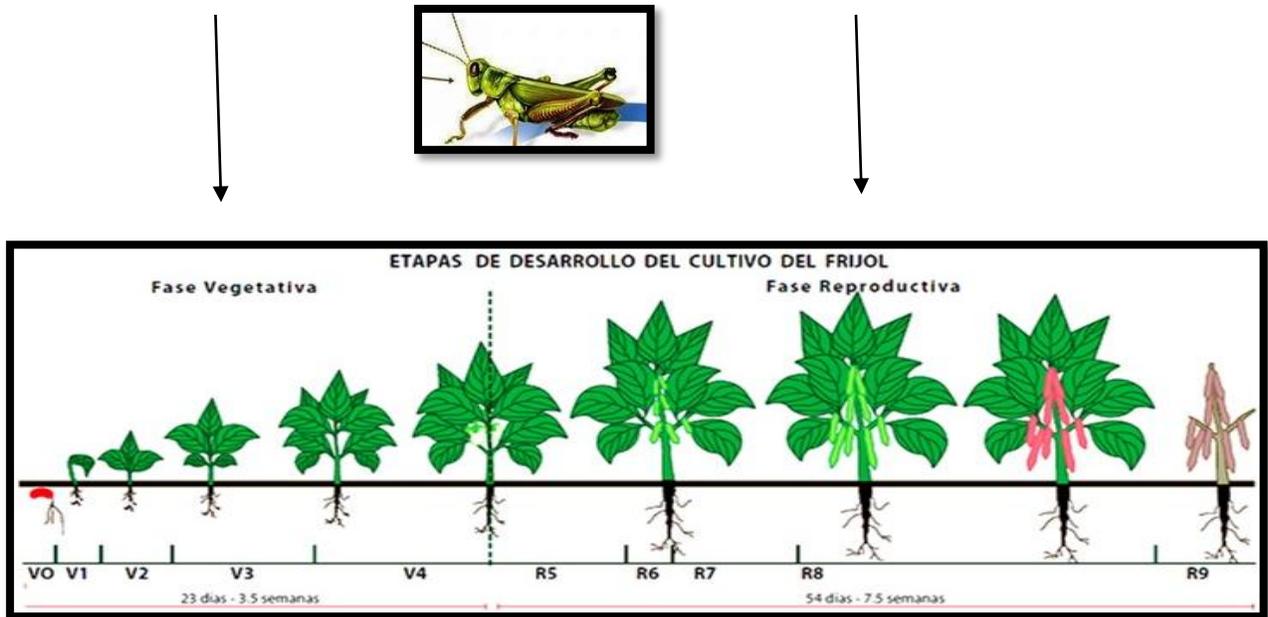


Imagen 11 Etapas del desarrollo de la planta en que ocurre y es crítico el daño ocasionado por (*Schistocerca americana*)

Fuente de Mancía, Salguero & Gonzáles (1992)

2.1.2.10.5 Mosca blanca

Nombre científico: Bemisia tabaci.

Familia: Aleyrodidae

Orden: Homóptera.

Descripción:

Los adultos de *B. tabaci* se ven blancos a simple vista. Sin embargo, su cuerpo es amarillento cuando se les observa con estereoscopio. Poseen ojos oscuros y separados, un par de antenas que constan de 7 segmentos y un aparato succionador; tienen dos pares de alas traslúcidas cubiertas de una especie de polvo de consistencia cerosa; poseen en el primer par de ellas dos venas únicamente y carecen de éstas en el segundo par.

Las hembras adultas tienen una longitud de 1.5 mm. El macho adulto es un poco más pequeño, tiene una longitud de 1 mm y el abdomen es más angosto y agudizado en su parte trasera.

Los huevecillos miden 0.2 mm de largo y tienen forma alargada, gruesa, curva, lisa, brillante las ninfas son móviles durante su primer estadio de desarrollo. Recién emergidas son casi transparentes, con un color que varía de amarillo claro a verde claro. Miden 0.26 mm de longitud.

Ciclo de vida y hábitos

La hembra antes de ovipositar abre una pequeña hendidura en el envés de la hoja, introduciendo en ésta el pedicelo del huevo o pie, quedando así el huevecillo firmemente adherido, aparentemente sésil y aún después de la eclosión permanece incrustado. Se cree que el huevecillo absorbe humedad de la hoja en forma osmótica, a través de sus membranas, manteniéndose así vivo por algún tiempo en clima seco. Dichos huevecillos son depositados por las hembras en forma individual, formando semicírculos, pero a veces solitarios.

Los huevecillos provenientes de las hembras copuladas por los machos dan origen a hembras y machos; los que son ovipositados por hembras no copuladas (partenogénesis) dan origen a machos (arrenotoquia). El período de incubación de los huevecillos dura 5 días. Las ninfas pasan por cuatro estadios ninfales, el último de los cuales es llamado pupa por algunos autores.

Su período ninfa dura 20 días; en la ninfa en estado de reposo, es posible observar dos aberturas en forma de T, por donde saldrán primero la cabeza y el tórax, y por último el abdomen del nuevo adulto La pupa dura aproximadamente 6 días.

En la imagen 12 se observa el ciclo de vida de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) desde que está en huevo, ninfa, pupa y estado adulto.

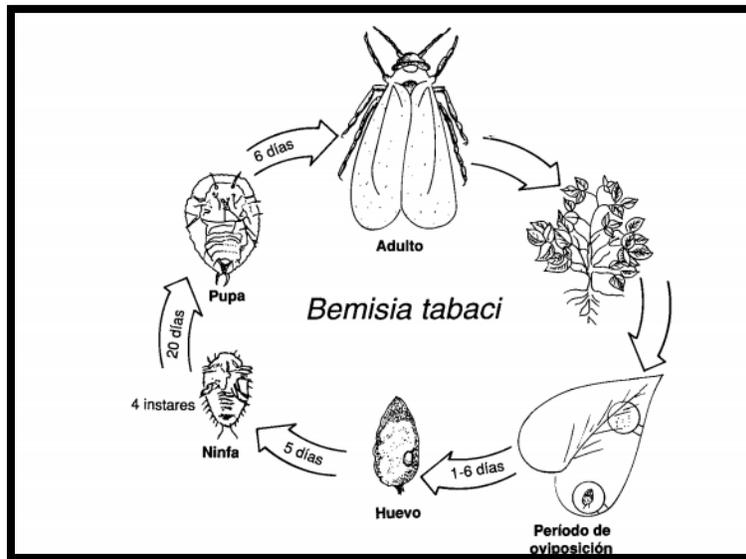


Imagen 12 Ciclo de vida de mosca blanca *Bemisia tabaci*

Fuente de Mancía, Salguero & Gonzáles (1992)

Daño y hospedantes.

Los daños que causa *B. tabaci* pueden ser de 4 tipos: por succión de la savia, transmisión de virus, interrupción de la fotosíntesis y daño de la fibra (algodón) debido a excreciones pegajosas. Con su aparato bucal succionador las ninfas extraen la savia de las plantas generalmente por el envés de las hojas. Cuando hay altas infestaciones se las puede encontrar también en el haz.

A 27 C las hembras y machos presentan su mayor grado de fertilidad. Debido a las excreciones pegajosas tanto de las ninfas como de los adultos, se desarrolla un hongo que produce una enfermedad llamada comúnmente fumagina; sin embargo, no atraen a las hormigas como en el caso de las secreciones de los pulgones; algunos autores creen que se debe a que los excrementos de la mosca blanca no tienen sustancias azucaradas.

El principal daño indirecto causado por la mosca blanca es la transmisión del virus del mosaico dorado del frijol. Este virus reduce la floración según la etapa en que la planta lo adquiera y las vainas que se obtienen son débiles y raquíticas. La mosca trasmite además el moteado clorótico (enano) del frijol.

En la imagen 13 se muestra las diferentes etapas de frijol donde los daños que ocasiona mosca blanca (*Bemisia tabaco*) son muy relevantes en V2 que corresponde entre los 7-11 hasta R6 que corresponde a los 32-36 días después de la siembra.

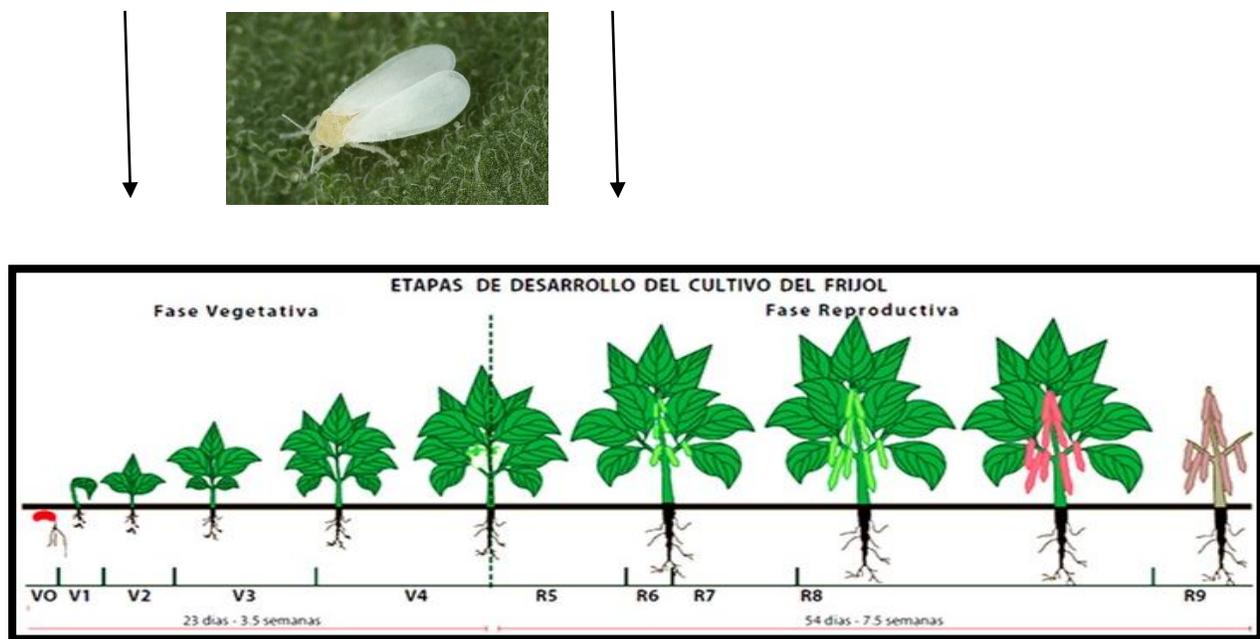


Imagen 13 Etapas del desarrollo de la planta en que ocurre y es crítico el daño ocasionado por *Bemisia tabaci*

Fuente de Mancía, Salguero & Gonzáles (1992)

La mosca blanca está presente durante casi todo el ciclo del cultivo del frijol, pero el momento donde ocasiona más daño son el primer mes cuando la planta se está desarrollando es ahí en esa etapa que la convierte susceptible a insectos.

2.1.2.11 Cosecha

En este cultivo no existe la cosecha mecanizada, por lo que esta actividad se debe realizar en forma manual este es un proceso, mediante el cual se arrancan las plantas de frijol formando manojos no muy densos, luego se ubican en hileras o carriles, con las raíces hacia arriba para favorecer el secado de las plantas la disposición de las raíces hacia arriba, permite el escurrimiento del agua en las plantas si se presentan períodos lluviosos y facilitan el transporte de las plantas al lugar de la trilla sin provocar el desgrane INTA (2009).

En Nicaragua los métodos de cosecha en cuanto a este rubro del frijol no son muy tecnificados ya que estos suelen hacerse en pasos sencillos y de manera manual la cosecha consiste en arrancar la planta y exponer sus raíces al sol para acelerar su secado y posteriormente el aporreo de las vainas para obtener el grano

La cosecha comúnmente se hace en épocas de poca lluvia o en la canícula de la temporada si la siembra es de primera la canícula de esta será en los meses de julio.

2.1.2.12 Costos de producción del cultivo del frijol

La producción de frijol está en manos de pequeños productores; ésta es una actividad de gran importancia en la economía nacional, sin embargo, los eslabones de la cadena productiva no están bien organizados y existen pérdidas en la producción. El estudio se realizó en la comunidad Los Jabalíes, Quilalí, Nueva Segovia, con el objetivo de analizar la estructura de costos de pequeños productores de frijol de primera 2017.

En éste se explican los análisis de los costos de producción, evaluando la rentabilidad y determinando el punto de equilibrio. Entre los principales resultados obtenidos se encontró que los productores realizan solamente el 44% de las actividades recomendadas por el INTA, sin embargo, obtuvieron un rendimiento promedio de 930.37 kg/ha, 11% por encima del promedio nacional.

El costo de producción promedio por hectárea y kilogramo fue de US\$401.41 y US\$0.47 respectivamente, siendo la actividad de siembra la que tiene mayor peso en la estructura de costo con 21%.

También se encontró que solamente cuatro productores superaron el punto de equilibrio en rendimientos e ingresos, generando un beneficio costo promedio de 44 centavos por cada dólar invertido, los demás productores tuvieron pérdidas mayores al 8%, lo que les generó un déficit promedio de 117.6 kg en el rendimiento, no logrando cubrir sus costos.

Los resultados obtenidos se debieron a la inadecuada administración de los recursos productivos, falta de asistencia técnica y financiamiento, repercutiendo negativamente en la rentabilidad del cultivo para cuatro productores. Según lo citado por (Moreno, 2017)

2.1.3 Marco legal

En el marco legal en el Capítulo V de la constitución política de Nicaragua, trata sobre el diagnóstico y vigilancia epidemiológica en sanidad vegetal acerca del uso de opciones de control biológico, resalta en la ley básica de salud animal y sanidad vegetal (Ley 291), en el artículo 23 inciso 1, 2, 3 y 4 que considerando un diagnóstico echo u obtenido por la Dirección de Sanidad Vegetal el Ministerio Agropecuario y Forestal procederá a:

Delimitar y mantener en observación las zonas donde se sospeche la presencia de una nueva plaga o enfermedad introducida, o bien que por modificaciones del medio ambiente se constituya en una amenaza para la agricultura también definir las áreas o regiones afectadas, también de prevención para dictar las medidas que deban aplicarse para mantener y combatir en estas áreas o regiones, la plaga o enfermedad motivo de la declaración. Para luego declarar áreas libres de plagas y enfermedades, como áreas de baja prevalencia de las mismas, determinando la demarcación correspondiente, con objeto de tomar las providencias del caso (Nicaragua C. P., 1999).

También en el capítulo VI se refiere al sistema de vigilancia y control, en la ley básica para la regulación y control de plaguicidas, sustancias tóxicas, peligrosas y otras (Ley No. 274), en los artículos 40, 42, 43 al 47, dicta que:

La fabricación, reproducción, comercialización y aplicación de sustancias químicas o biológicas en el caso de plaguicidas y sustancias tóxicas, peligrosas las autoridades competentes deben de ejercer un sistema de vigilancia y control de calidad de dichas sustancias o agentes biológicos una vez establecidos en el mercado, estas de no cumplir con las normativas establecidas en la ley o por las autoridades correspondientes pueden ser retenidas y sancionadas conforme a lo dispuesto.

Con respecto al capítulo X de la misma (Ley No. 274), la eficacia para la regulación y control de plaguicidas, sustancias tóxicas, peligrosas y otras, dicta en los artículos 53 al 56 que:

Las sustancias, agentes biológicos y productos formulados, cuya eficacia no ha sido experimentalmente comprobada en las condiciones ambientales generales de Nicaragua y cuya molécula y/o ingrediente activo se registre por primera vez, será sometido a pruebas de eficacia en el territorio nacional, previo a su registro o a las disposiciones contempladas en la normativa que establezca la autoridad de aplicación.

Si estas sustancias, agentes biológicos muestran evidencias de disminución importante en su eficacia, estas serán sometidas a reevaluación y los costos de los ensayos u otros gastos en que se incurran correrán a cuenta del titular del registro.

La resistencia mencionada en el capítulo XI de la presente (Ley No. 274), en los artículos 57 al 59 orienta que las sustancias químicas, agentes biológicos y productos formulados deberán de someterse a un registro cada 5 años de encontrarse ineficiencia de los mismo se actuara conforme a lo antes estipulado en los Arto 53-56.

El capítulo XIX, en el acápite "Protección de la salud humana" de la (Ley No. 274), los artículos del 93 al 97 dictan que:

Para proteger a la salud humana de los efectos adversos que se puedan derivar de la exposición a los productos y sustancias controlados por la Ley y el presente Reglamento, el Ministerio de Salud deberá establecer un Programa de prevención y control de las intoxicaciones agudas y crónicas donde tal programa debe de contar con los recursos humanos y material para el tratamiento de los afectados y el Ministerio de Salud y otras Instituciones del Estado establecerá un programa de vigilancia de residuos de plaguicidas en los alimentos y el agua.

El capítulo XX el título “protección del ambiente” de la (Ley No. 274), el **Artículo 98**. Para la protección del ambiente de los efectos adversos que pudiesen derivarse del uso y manejo de los productos de sustancias controladas y regulados por la Ley del presente Reglamento, así como de los desechos tóxicos y peligrosos, el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, en coordinación con la Autoridad de Aplicación, establecerá las medidas, acciones y actividades apropiadas para que sean desarrolladas a través de un programa especializado en la vigilancia y control ambiental.

El Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales procederá a la elaboración de la normativa técnica correspondiente a la protección ambiental, en un plazo no mayor de 180 días a partir de la entrada en vigencia el presente Reglamento. (Nicaragua C. p., 1998).

2.1.3 Hipótesis

2.1.3.1 Hipótesis General

El hongo *Metarhizium anisopliae* presentara viabilidad como controlador biológico de plagas en el cultivo de fríjol (*Phaseolus vulgaris*) en la comunidad Las Mercedes departamento de Matagalpa en el ciclo agrícola de postrema 2019

2.1.3.2 Hipótesis Específicas

Es efectivo el uso de *Metarhizium anisopliae* como controlador de plagas en el cultivo de fríjol (*Phaseolus vulgaris*).

Se adaptará a la zona y al cultivo de fríjol (*Phaseolus vulgaris*) el hongo *Metarhizium anisopliae*.

El uso y/o aplicación del hongo *Metarhizium anisopliae* en el cultivo de fríjol (*Phaseolus vulgaris*) tendrá interferencia sobre los rendimientos productivos.

Ho No existe diferencia estadística significativa al 95% de confianza, del efecto de *Metarhizium anisopliae* sobre el control de gallina ciega (*Phyllophaga spp*)

Ha Existe diferencia estadística significativa al 95% de confianza, del efecto de *Metarhizium anisopliae* sobre el control de gallina ciega (*Phyllophaga spp*)

Ho No existe diferencia estadística significativa al 95% de confianza, del efecto de *Metarhizium anisopliae* sobre el control de Lorito verde (*Empoasca kraemeri Ross & Moore*).

Ha Existe diferencia estadística significativa al 95% de confianza, del efecto de *Metarhizium anisopliae* sobre el control de Lorito verde (*Empoasca kraemeri Ross & Moore*).

Ho No existe diferencia estadística significativa al 95% de confianza, del efecto de ***Metarhizium anisopliae*** sobre el control de Saltamontes (***Schistocerca americana***).

Ha Existe diferencia estadística significativa al 95% de confianza, del efecto de ***Metarhizium anisopliae*** sobre el control de Saltamontes (***Schistocerca americana***).

Ho No existe diferencia estadística significativa al 95% de confianza, del efecto de ***Metarhizium anisopliae*** sobre el control de Mosca blanca (***Bemisia tabaci Genn***)

Ha Existe diferencia estadística significativa al 95% de confianza, del efecto de ***Metarhizium anisopliae*** sobre el control de Mosca blanca (***Bemisia tabaci Genn***)

Ho No existe diferencia estadística significativa al 95% de confianza, del efecto de ***Metarhizium anisopliae*** sobre el control de Maya (***Diabrotica sp.***)

Ha Existe diferencia estadística significativa al 95% de confianza, del efecto de ***Metarhizium anisopliae*** sobre el control de Maya (***Diabrotica sp.***)

CAPITULO III

3.1 Diseño metodológico

3.1.1 Ubicación del área de estudio

La presente investigación se realizó en la comunidad de las Mercedes jurisdicción del Municipio de Matagalpa. Esta comunidad se encuentra ubicada al sur del casco urbano de la ciudad de Matagalpa. Limita al Norte con el Municipio de Matagalpa, al Sur con San Dionisio, al Oeste con la comunidad de Jucuapa abajo y al Este con la comunidad de Samulalí. Geográficamente está comprendida entre las coordenadas Longitud Oeste 619087, Latitud Norte 1421928

Las temperaturas que predominan en la comunidad en época de invierno son de 14°C - 24°C y en el verano de 20°C - 25°C. Las precipitaciones varían entre los 1000 y 1500 mm al año AMUPNOR (2013)

3.1.2 Suelos y pendientes

En el territorio se identifican al menos cuatro órdenes de suelos, siendo: **Alfisoles**, **Molisoles**, **Vertisoles** y **Entisoles** entre los que más predominan son los Molisoles y entisoles.

Molisoles. Son suelos de color oscuro, son suelos de textura franca, se desarrollan a partir de rocas volcánicas y se localizan en superficies fuertemente erosionados. Este orden de suelos representa el 26% del área total del territorio y se ubica tanto en la parte alta, media y baja de la cuenca.

Entisoles. Son suelos muy superficiales, con una capa orgánica reducida. Se consideran suelos poco desarrollados. Estos suelos están presente en la mayor parte del territorio, agrupa aproximadamente el 53 % del área total. Los encontramos principalmente en la parte baja y media del territorio.

Los encontramos en pendientes fuertes, son superficiales, pedregosos de estructura gruesa en la superficie y más fina en el subsuelo en el territorio podemos encontrar pendientes menores de 6% PRODESA (2014).

Segun lo citado en PRODESA (2014). La investigación se realizó en la época de postrera en el periodo comprendido entre Septiembre y Noviembre de 2019 en la Finca “El Encanto” del productor Oscar Soza la unidad productiva está ubicada al costado sur de la ciudad de Matagalpa.

Imagen 13 Mapa de ubicación del estudio

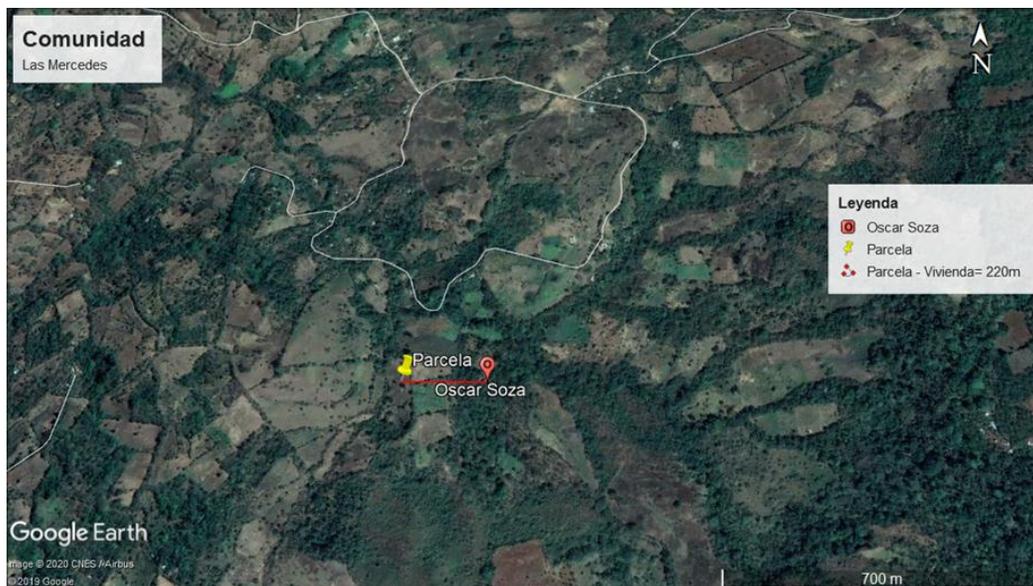


Imagen 13 Mapa de ubicación del estudio

Fuente: Elaboración propia

3.1.3 Tipo de estudio

La presente investigación es de tipo experimental debido a que se encuentra en una situación donde se desea comprobar los datos ante una intervención específica según Vásquez (2005).

La intervención es la aplicación del Hongo al cultivo y donde se logra conocer sus efectos como biocontrolador o entomopatógeno en plagas, la investigación consta de tres tratamientos distribuidos en tres bloques en orden diferente para evitar la repetición.

Conforme a su tiempo de estudio la investigación es de corte transversal debido a que se realizó en el periodo de siembra de postrera 2019 y es de enfoque Mixto ya que posee caracteres cualitativos y cuantitativos.

3.1.4 Población y Muestra

Población es el conjunto total de individuos, objetos o medidas que poseen algunas características comunes observables en un lugar y en un momento determinado. Cuando se vaya a llevar a cabo alguna investigación debe de tenerse en cuenta algunas características esenciales al seleccionarse la población bajo estudio Pértega Díaz (2001). La población del presente estudio son todas las plantas de las tres parcelas, cada parcela tiene una medida de 6 metros de largo y 4 m de ancho.

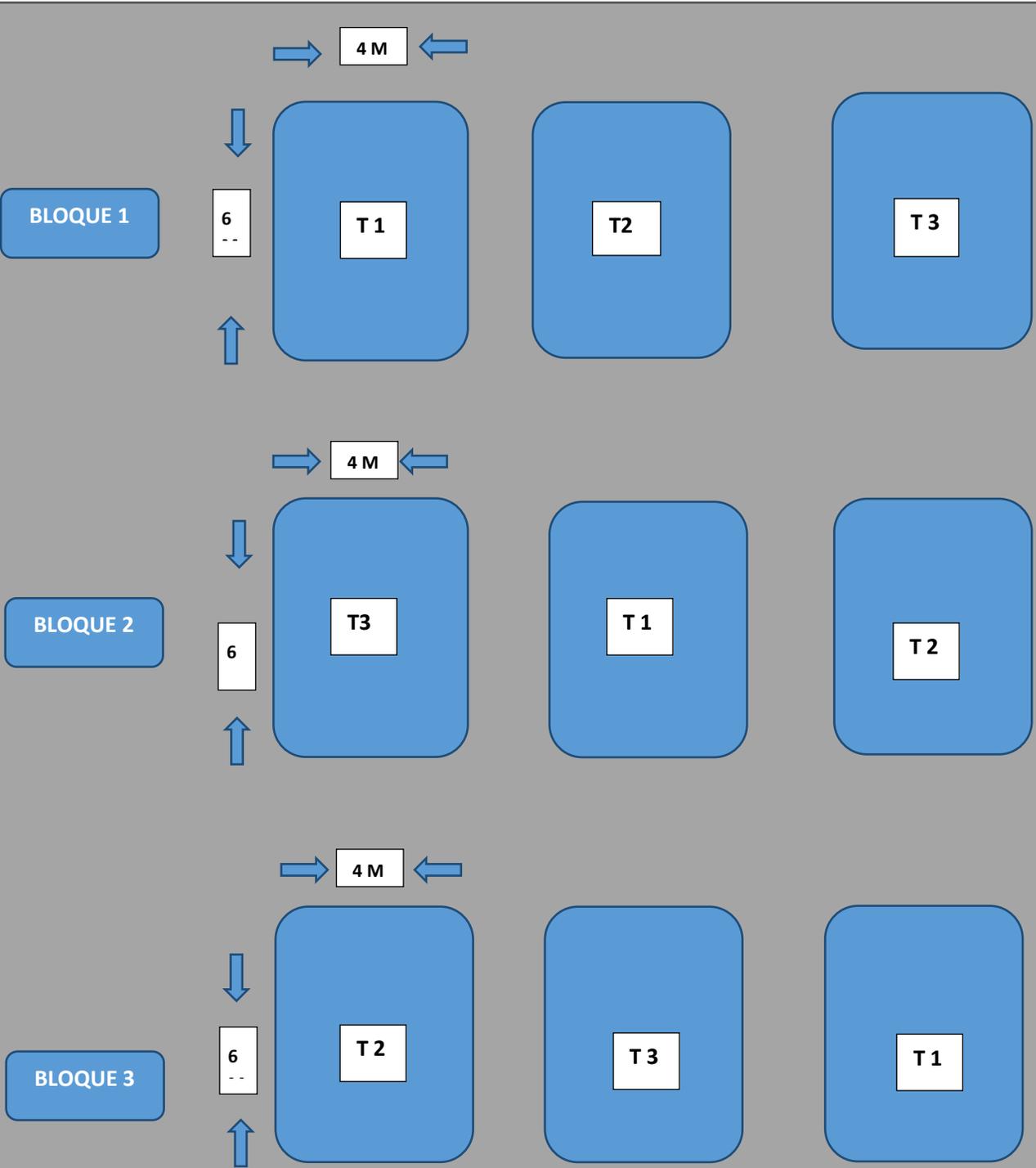
La muestra es un subconjunto fielmente representativo de la población el tipo de muestra que se seleccione dependerá de la calidad y cuán representativo se quiera sea el estudio de la población Wigodski (2010).

La muestra consistió en todas las plantas que se sometieron al menos a un tipo de estudio.

3.1.5 Diseño experimental

El diseño seleccionado es BCA (Bloques Completamente al Azar), consta de 3 bloques y 3 tratamientos. Los tratamientos representaron cada uno de los manejos que se les proporcionó a las parcelas en cuanto a controles de plagas se refiere, todas las parcelas que representan los tratamientos poseen la misma medida de 6m de largo y 4m de ancho, de forma lineal con una separación de 1 metro entre ellas.

Diseño de la parcela



3.1.6 Tratamientos

Los tratamientos evaluados son los siguientes

T1 Representó el testigo absoluto, en este tratamiento no se hizo un manejo en relación a plagas y con respecto a la fertilización al igual que los otros dos tratamientos se aplicó 1gr de fertilizante con formula (18-46-0) por planta.

T2 Representó un manejo químico o convencional de productores de la zona, a este se le aplicó herbicida comercial (Gramoxone), dos plaguicidas como la (Cipermetrima y Lorsban liquido).

T3 Representó la aplicación de un controlador biológico u hongo Entomopatógeno que lleva el nombre de *Metarhizium anisopliae* (**Cepa MR 18**), se aplicó 1 gr por parcela.

3.1.7 Técnicas e instrumentos para la recolección y procesamiento de datos

3.1.7.1 Indicadores de suelo y agua en campo

La técnica utilizada para obtener muestras de suelo para luego someterlas a análisis en el laboratorio de la UNAN MANAGUA consistió en la utilización de cilindros o anillos especializados.

El primer muestreo tuvo como objetivo determinar la textura de suelo, por ende se hicieron 5 sub muestras para luego homogenizarlas y determinar la textura por medio del método de campo CASANOVA.

Una vez medido el terreno y definida el área experimental se procedió a recolectar cinco sub muestras de cada tratamiento en cada bloque y luego homogenizarlas para someterlas a los análisis correspondientes del estudio tales como: Humedad Gravimétrica, Materia orgánica, pH de suelo.

Con respecto al recurso hídrico, se pretendió definir el potencial de iones de hidrógenos de la fuente que se encontró cerca de la parcela experimental.

El método empleado fue simple, se seleccionó una botella de plástico utilizada exclusivamente para almacenamiento de agua, la cual se procedió a enjuagar 3 veces (quebrada abajo) para evitar remover los sedimentos del agua, luego (quebrada arriba) se sumergió de manera horizontal hasta que esta se llenara una vez llena sin sacarla del agua se tapó.

3.1.7.2 Pluviometría

Para la recolecta de estos datos se hizo con la ayuda de la Unión Nacional de Agricultores y Ganaderos (UNAG), mediante el programa campesino a campesino (PcaC) que realiza el proyecto de mejoramiento genético en la zona y que poseen un constante monitoreo de la comunidad las Mercedes, esto se realizó con el área técnica y con ayuda de los productores.

3.1.7.3 Temperatura

En cuanto a la temperatura, la metodología utilizada por los productores del programa campesino a campesino consiste en tomar los datos de un termóhigrómetro, se toman en cuenta las temperaturas altas y bajas diarias para luego sacar una media mensual.

3.1.7.4 Cuento de plantas (mortalidad)

Se realizó un conteo general en todo el experimento con el apoyo de la ficha de campo facilitada por SWISSAID, este se efectuó en dos etapas del mismo contando los surcos y plantas por surcos de cada tratamiento correspondiente a los bloques.

3.1.7.5 Estimado de cosecha

Con el apoyo de una ficha de campo facilitada por SWISSAID, se procedió a contar vainas y granos de 5 plantas ubicadas en cada uno de los tratamientos y así determinar un estimado de cosecha véase formato 4 *Anexo 12*.

3.1.7.6 Plagas

Para la recolección de datos en cuanto a plagas, se evaluó 5 afectaciones de diferentes plagas tales como: Gallina ciega (*Phyllophaga spp*), Lorito verde (*Empoasca kraemeri Ross & Moore*), Saltamontes (*Schistocerca americana*), Mosca blanca (*Bemisia tabaci Genn*) Maya (*Diabrotica sp*). Se realizó un muestreo en 1 metro lineal al azar en cada tratamiento, asumiendo que en 1 metro se encontraba 5 golpes lo cual es igual a 10 plantas.

La prueba se realizó en 3 momentos claves donde se comprende que las plagas tienen más presencia y afectaciones, tales como germinación (V0-V4), encierra todas las etapas de la fase vegetativa. (V0 germinación, V1 emergencia, V2 hojas primarias, V3 primera hoja trifoliada, V4 tercera hoja trifoliada) las etapas comprenden los 0 días a 23 días de desarrollo.

El siguiente momento que se evaluó se denominó floración (R5-R7) es parte de la fase reproductiva de la planta y abarca la R5 prefloración, R6 floración y R7 formación de vainas comprenden desde los 23 a 44 días después de la siembra, el último momento evaluado es cosecha (R8-R9) que consta del llenado de vaina y maduración y engloban a 44 a 77 días o más después de la siembra.

Todo esto se realizó con el apoyo de un instrumento de campo diseñado con anticipación véase en *Anexo 11*

3.1.7.7 Hojas afectadas por las plagas en estudio

El muestreo que se realizó para la recolección de datos de hojas afectadas por plagas, consistió en ubicarse por cada tratamiento en un metro lineal y en 5 puntos dentro de ese metro lineal, se seleccionaron 5 golpes y las plantas que se encontraban en cada golpe que por lo general eran 2 para un total de 10 plantas, en *anexo 11* se puede apreciar la ficha utilizada para este indicador.

3.1.7.8 Entrevista

Según Morga Rodríguez (2012). La entrevista es, una forma de encuentro, comunicación e interacción humana de carácter interpersonal e intergrupala (esto es, dos o más de dos personas), que se establece con la finalidad.

Muchas veces implícita, de intercambiar experiencias e información mediante el diálogo, la expresión de puntos de vista basados en la experiencia y el razonamiento, y el planteamiento de preguntas.

Previamente se diseñó una entrevista con el propósito de aplicarla al gerente de Biotor labs o a algún trabajador de la institución que esté enterado del tema a investigar con el objetivo de generar más información acerca del uso, reproducción y costos en la aplicación del Hongo *Metarhizium*.

3.1.7.9 Manejo agronómico

Se les aplicó el mismo manejo agronómico a todos los tratamientos, este consistió en la preparación previa del terreno para la siembra, el establecimiento de barreras vivas de sorgo antes de la siembra para que estas alcancen una altura óptima para evitar la exposición de los tratamientos ante las aplicaciones de algunos productos químicos ya que el área vecina es ocupada para monocultivo con manejo convencional del frijol.

En el caso de enfermedades producidas por hongos en el suelo de manera preventiva se aplicó Trichomax (*Trichoderma asperelum*) un producto biológico producido y distribuido por Biotor labs, este se encarga de colonizar rápidamente el suelo y el sistema radicular de las plantas y posteriormente buscar y parasitar los hongos y nematodos responsables de producir enfermedades así alimentándose de ellos.

3.1.7.10 Selección de la semilla

Se seleccionó una semilla de calidad de variedad Rojo Nica, es una semilla acriollada y fue facilitada por el banco de semillas ubicado en la comunidad bajo el convenio de la UNAG PcaC y la UNAN FAREM Matagalpa.

3.1.7.11 Preparación del suelo

La preparación del suelo se hizo de manera cultural con chapia y labranza mínima o cero labranza.

3.1.7.12 Siembra

La siembra se llevó cabo en época de postrera, se realizó con espeque utilizando dos semillas por golpe con un espaciamiento entre plantas de 20 cm y entre surcos de 25 cm.

3.1.7.13 Control de malezas

La eliminación de las arvenses en la parcela que se encuentre con el tratamiento a estudiar (T3) y el (T1) se realizó cada 20 días de manera manual para evitar que estas plantas compitan entre sí por nutrientes luz y espacio. A excepción del otro TTO (T2) A este se aplicó herbicida comercial 1,1 dimetil- 4,4- bipiridilo (Gramoxone)

3.1.7.14 Control de plagas

El control de plagas se realizó de forma separada en cada Tratamiento el T2 se les aplicó insecticidas comerciales con compuestos activos como la Cipermetrina y Dimetoato, también el Lorsban líquido, ingrediente activo Clorpirifos (fosforotiato de o dietilo y tricloro biperidilo), el T1 no se aplicó nada ya que este indicará la presencia de plagas en la parcela y el T3 consta de un manejo biológico con el hongo ***Metarhizium anisopliae (Cepa Monterosa)***.

Las dosis suministradas se hicieron en relación a una manzana, según la literatura consultada y las recomendaciones de Biotor Labs es de 300 gr por manzana. Y en 24 metros cuadrados lo que corresponde a una parcela se aplicó 1 gramo de sustrato colonizado por ***Metarhizium***, la concentración de este producto corresponde a que cada gramo de sustrato colonizado de ***Metarhizium*** tiene 1×10^9 UFC/g (unidades formadoras de colonias) ósea 1, 000, 000,000 UFC esta se diluirá en agua respectivamente la cantidad de 0.7 litros correspondiente a cada 24 m^2 en base a la fórmula planteada por Biotor Labs.

$$200 \text{ lt} = 1 \text{ mnz o } (7026 \text{ m}^2)$$

$$24 \text{ m}^2$$

$$x = \frac{200 \times 24 \text{ m}^2}{7026 \text{ m}^2}$$

$$X = 0.7 \text{ litros.}$$

3.1.7.15 Cosecha

Una vez alcanzada la madurez fisiológica de la planta, se precedió a cortarla y se expusieron sus raíces al sol para acelerar su secado con el objetivo de reducir la cantidad de humedad en las vainas y granos para el subsiguiente proceso de aporreo.

3.1.7.16 En laboratorio

Parte de la investigación se desarrolló en dos laboratorios el de UNAN-MANAGUA ubicado en el recinto de la FAREM Matagalpa que lleva por nombre Carlos Fonseca Amador y en el laboratorio de Biotor Labs ubicado entre el municipio de Sébaco y San Isidro exactamente en el km 108.

La selección de la Cepa se hizo rigurosamente y es un tema de confidencialidad entre el convenio echo por Biotor Labs y la FAREM-Matagalpa.

Para conocer de la vitalidad y el potencial germinativo de la misma en ambos laboratorios se procedió a hacer diferentes pruebas, en el laboratorio de la universidad se hizo un cultivo simple con medio PDA (papa, agar, dextrosa), con instrucciones especializadas por uno de los asesores y con ayuda del personal de laboratorio se preparó el medio de cultivo, de manera rigurosa para evitar la contaminación de la cepa y del medio, también preventivamente se utilizó antibiótico especializado para evitar la proliferación de bacterias en el cultivo. (Véase Anexo 2,3)

En Biotor Labs quien nos proporcionó el material utilizado para el estudio se hicieron pruebas similares con otros métodos, pero tales no pueden ser revelados por asuntos de autenticidad y confidencialidad de la empresa / convenio.

3.1.8 Metodología utilizada en el procesamiento de datos

3.1.8.1 Humedad gravimétrica

Para este proceso una vez recolectada la muestra de suelo en toda la parcela experimental y unificada se procedió a pesar 50 g de suelo en un beacker para luego ponerse a secar en la cocina eléctrica, cuando ya estaba seco se hizo el siguiente cálculo matemático.

$$Hg = \frac{PSH - PSS}{PSH} \times 100$$

Fuente: Castaño, Aristazabal, & Gonzalez (2012)

3.1.8.2 Materia orgánica

El procedimiento en laboratorio se realizó utilizando una sub muestra de suelo de cada tratamiento y depositándola en un beacker, para luego agregarle agua oxigenada en igual cantidad de suelo hasta cubrirlo, al esperar 3 min se hacía un tipo de efervescencia donde los microorganismos de suelo se están oxidando. (Véase *Anexo 9* figura 14).

3.1.8.3 pH de suelo

El procedimiento que se realizó en el laboratorio para calcular el pH, fue sacar una sub muestra de suelo de 20 gr en un beacker donde se le agregó agua destilada para colocarlo en un agitador y luego tomar el pH de la solución con la cinta pH – métrica y con potenciómetro (Véase *Anexo 9* figura 13).

3.1.8.4 Nitrógeno, Fosforo, Potasio

En laboratorio se realizó un método comparativo, cualitativo y colorimétrico donde se procedió a colocar 1 gr de suelo en un tubo de ensayo y luego aplicarle 1 gr de reactivo para cada elemento, después se aplicó un ml de reactivo líquido para luego esperar un minuto y comparar los resultados con las fichas del análisis. Véase *Anexo 8* figura 11 y 12.

3.1.8.5 Textura de suelo

Con una muestra de suelo recolectada y unificada en todas las parcelas, se realizó un procedimiento para conocer la textura llamado CASANOVA el cual consiste en hacer una esfera pequeña con la muestra húmeda, luego hacer un cilindro muy fino de no lograrse si la muestra se deshace es un suelo arenoso posteriormente hacer un anillo, si este se logra se clasificaría un suelo franco-arcilloso. Con una sub muestra se procede a suplementarle agua en la palma de la mano para conocer un poco de las partículas de arena o limo. Véase *Anexo 9* figura 15

3.1.8.6 pH de agua

Mediante un reactivo de pH de la marca brasileña Detect 10 se realizó el análisis dicho procedimiento es observativo y colorimétrico.

En un litro de agua recolectada se le agrego un ml de reactivo a como se muestra en el *Anexo 6* luego de esperar unos segundos el agua se torna de otro color y esta se compara con la cinta que provee el método. (Véase *Anexo 6*)

3.1.8.7 Clima y mortalidad

El procesamiento de datos para: mortalidad, se realizó mediante el programa Microsoft Excel 2016, y fórmulas matemáticas.

De igual forma por medio de una base de datos en Excel se procesaron los datos de pluviometría, temperatura y la cantidad de hojas afectadas por los insectos plagas en estudio.

3.1.8.8 Incidencia de plagas

El procesamiento de los datos de plagas se realizó primeramente en Microsoft Excel para ordenarlos y consolidarlos de manera que la creación de la base de datos fuese más manejable. Luego se creó una base de datos en IBM SPSS Statistics y fue ahí donde se realizó el análisis estadístico correspondiente, un análisis de varianzas (ANDEVA).

3.1.8.9 Costos de producción

Se utilizó Microsoft Excel para determinar los costos de producción tanto directos e indirectos, en relación a un área determinada en este caso una manzana, el objetivo de este procedimiento fue demostrar la diferencia que existe entre el manejo químico y biológico de este estudio y así señalar la rentabilidad de este trabajo investigativo.

3.1.10 Operacionalización de variables

OBJETIVOS	VARIABLES	SUBVARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Caracterizar las principales condiciones edafoclimáticas del área experimental en la comunidad las Mercedes, departamento de Matagalpa	Condiciones edafoclimáticas	Comportamiento del hongo y del cultivo en las condiciones edafoclimáticas de la zona	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pluviometría ✓ Temperatura ✓ Humedad gravimétrica ✓ Materia orgánica ✓ pH de suelo ✓ N, P, K ✓ Textura de suelo ✓ pH del agua 	Pluviómetro Termómetro Muestreo de suelo en laboratorio Potenciómetro Kit para muestreo de suelo Milwaukee Método de casanova Detect 10
Describir el efecto de <i>Metarhizium anisopliae</i> como controlador biológico en plagas como gallina ciega, grillos, mosca blanca y lorito verde que afectan el cultivo de frijol en la comunidad de Las Mercedes	Efecto de <i>Metarhizium anisopliae</i> como controlador biológico	Comportamiento del hongo sobre las plagas y el cultivo	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Incidencia de plagas ✓ Adaptabilidad del hongo en la parcela ✓ Buen desarrollo vegetativo del cultivo 	Muestreo de afectaciones de plagas Observación Ficha de caracterización SPSS Fotografía Microsoft Excel
		Incidencia de plagas de interés económico	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Afectación con la eclosión de síntomas ✓ Presencia de alguna etapa de la metamorfosis de las plagas 	Muestreo de afectación de plagas Fotografía SPSS Observación
Comparar los costos de producción con el uso de <i>Metarhizium anisopliae</i> en relación con el manejo químico en el cultivo de frijol en la comunidad Las Mercedes	Costos de producción con el uso de <i>Metarhizium anisopliae</i>	Costos de la aplicación del hongo	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Costos de las labores empleadas en la aplicación de <i>Metarhizium</i> ✓ Descripción del proceso de la reproducción y aplicación. 	Hoja de Excel Estimado de cosecha Entrevista (Biotor labs)

	Relación del manejo químico y Biológico en el cultivo del frijol	Comportamiento del cultivo ante los diferentes manejos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desarrollo vegetativo de ✓ Altura de la planta ✓ Incidencia de plagas 	
Evaluar los efectos de <i>Metarhizium anisopliae</i> sobre los rendimientos productivos del cultivo de frijol en la comunidad Las Mercedes	Efectos de <i>M.anisopliae</i> sobre los rendimientos productivos	Comportamiento del cultivo	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Crecimiento de vainas ✓ Llenado de vainas ✓ N° de vainas ✓ N° de granos por vaina 	Ficha de caracterización y evaluación (UNAG SWISSAID) Observación Fotografía Hoja de campo Microsoft Excel

CAPITULO IV

4.1 Análisis y discusión de resultados

4.1.1 Resultados de suelo y agua

4.1.1.1 Humedad gravimétrica de suelo

La actividad microbiana, en la cual se incluye a *Metharrizium anisoplae*, se ve influenciada por diferentes factores. Entre estos la humedad del suelo, temperatura, vegetación, pH, disponibilidad de oxígeno, nutrientes inorgánicos y accesibilidad al sustrato. Todos estos influyen en la descomposición de la materia orgánica (Melendez y Soto, 2003).

En cuanto a la humedad gravimétrica, esta desempeña un papel fundamental en la regulación de la temperatura, el traslado de nutrientes y la facilitación de procesos físico-químicos que favorecen a los organismos del suelo. Los organismos requieren de humedad, pero que esta se encuentre en cantidades que no obstaculicen la transferencia de gases como oxígeno y CO₂; es decir estos no sobreviven en condiciones anóxicas que se consiguen en suelos bajo saturación, pero tampoco sobreviven bajo condiciones de aridez.

El siguiente gráfico de línea indica que la humedad gravimétrica para el T1 es 24%, para el T2 18% para el T3 22%. Lo cual es similar a las condiciones evaluadas por Ramos y zuñiga, (2008), que determinaron que las mejores condiciones para la microfauna de suelo es cercana al 18%.

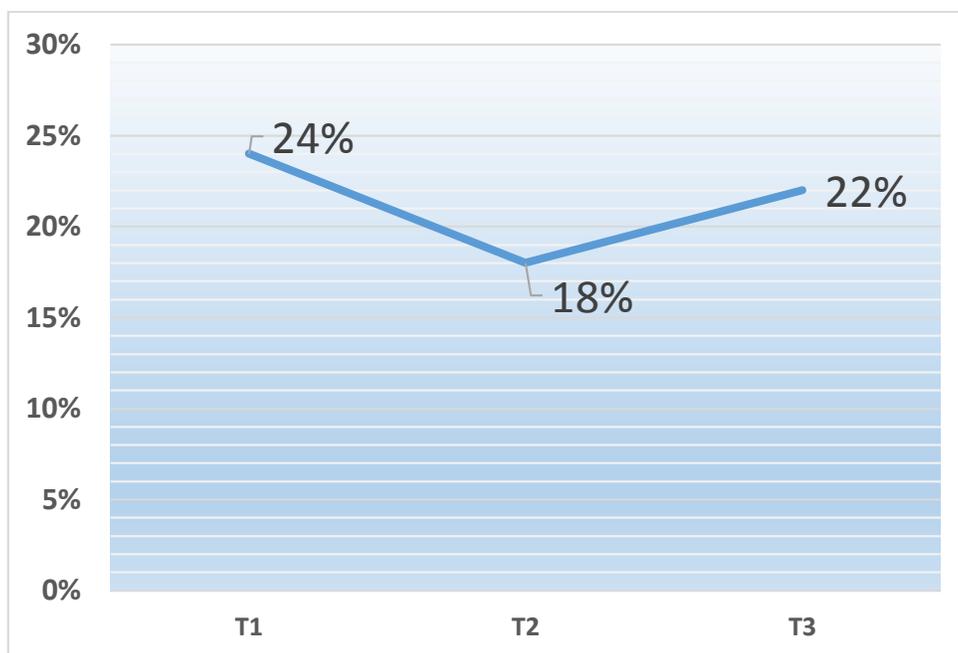


Gráfico 1 Humedad gravimétrica del suelo

Fuente: Resultados de investigación

4.1.1.2 Materia orgánica

El suelo está compuesto de un 40% o 60% de poros de los cuales pueden estar divididos en 20% o 30% de agua, 20% o 30% de aire y 50% de Materiales sólidos, estos divididos en 45% minerales y 5% Materia Orgánica (Food Agriculture, Organization 2018).

El gráfico 2 es indicador que el buen manejo del cultivo y del suelo en ese tratamiento produjo una protección y la capacidad de simbiosis de todos los microorganismos del suelo, esto generó que la descomposición del rastrojo materia seca y húmeda pudiese transformarse en MO durante todo el ciclo.

Otra de las explicaciones que la no utilización de fungicidas sintéticos en ese tratamiento permitió a que microorganismos benéficos se desarrollaran durante todo el ciclo y realizaran un buen trabajo en cuanto a la descomposición.

La materia orgánica es un factor influyente en cuanto al hábitat de *Metharrizium anisoplae*, ya que este de no encontrar hospederos, se alimentaría de Materia orgánica. El siguiente gráfico indica que el porcentaje de materia orgánica encontrada en el tratamiento 1 es 3%, 2.80% en el tratamiento 2 y en el tratamiento 3 se encuentra el más alto con 4.80%.

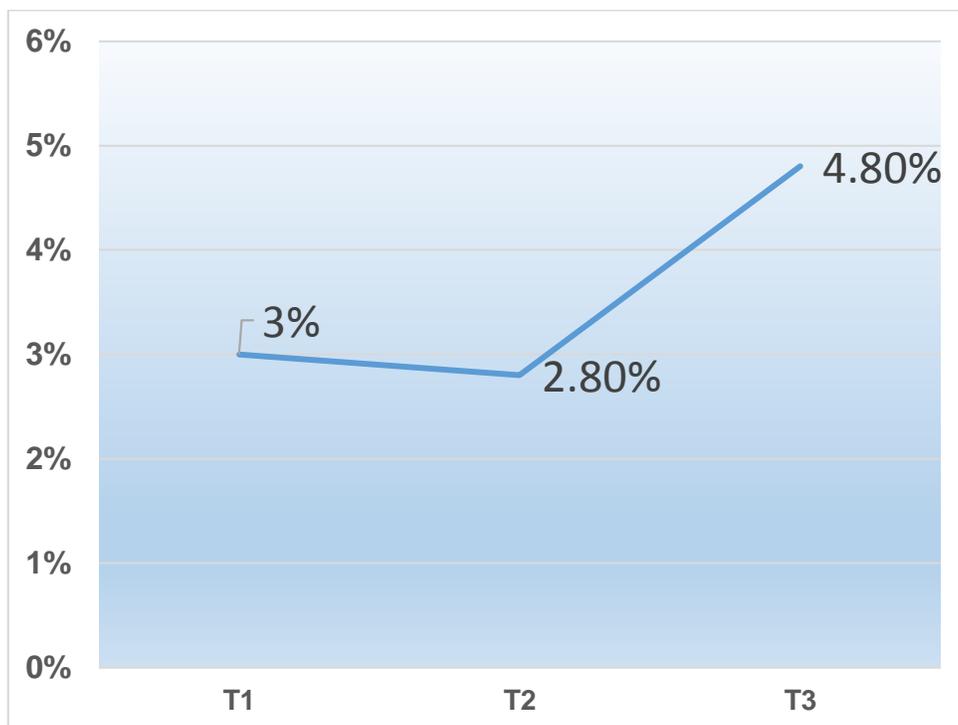


Gráfico 2 Materia orgánica en los tratamientos

Fuente: Resultados de investigación

4.1.1.3 pH de suelo

El pH más indicado para las regiones húmedas es de 5.8 a 6.5 para obtener un óptimo desarrollo y rendimiento del cultivo. (Robín 2009).

Para el cultivo este es un pH óptimo ya que aquí puede desarrollarse perfectamente y no existirá antagonismo, ni sinergias en cuanto a los elementos que se encuentren en el suelo.

El pH es otro de los factores más influyentes en cuanto al crecimiento del hongo los pH más utilizados en las condiciones de laboratorio en la investigación realizada por Aguirre, Villamizar, y Espinel, (2009). Oscilan entre 5 a 8 en donde los hongos crecen perfectamente.

La tabla 2 orienta que es un suelo neutro y es ahí donde el hongo encuentra la capacidad de adaptarse y reproducirse según lo planteado por Aguirre, Villamizar, y Espinel, (2009).

Tabla 2 pH de suelo

<i>Tratamientos</i>	<i>Resultados</i>		
	pH cinta	pH potenciómetro	Medias
<i>T1</i>	7	6.70	6.85
<i>T2</i>	7	6.65	6.82
<i>T3</i>	7	6.63	6.81

Fuente: Resultados de investigación

El mismo procedimiento para corroborar los datos se realizó con el potenciómetro indicando datos similares, obsérvese en la tabla 2 que para los tres tratamientos la cinta orienta un pH de 7 mientras que el potenciómetro indica para el T1 6.85, T2 6.65 y T3 6.63. Véase *Anexo 9* figura 13.

4.1.1.4 Prueba de nitrógeno, fósforo, potasio

La diversidad de ambiente lo expone a factores limitantes en cuestión de minerales, las recomendaciones de fertilización, están orientadas al suministro de Nitrógeno y Fosforo que son elementos de mayor demanda (Bertsh 2009).

El método colorimétrico indico lo siguiente: Para el T1 N alto, P medio, K alto. Para el T2 N alto, P bajo, K alto para el T3 N alto, P indicio, K alto. La demanda del cultivo con respecto a estos elementos es alta esta prueba se realizó con una muestra recolectada antes del estudio y el área era utilizada para la siembra de frijoles en la época anterior eso explica el alto contenido de nitrógeno en los tratamientos. (Véase Anexo 8).

Tabla 3 Análisis de N, P, K

<i>Elementos</i>	T1	T2	T3
N	Alto (High)	Alto (High)	Alto (High)
P	Medio (Medium)	Bajo (Low)	Indicio (Trace)
K	Alto (High)	Alto (High)	Alto (High)

Fuente: Resultados de investigación

4.1.1.5 Textura de suelo (Casanova)

Es necesario e importante que el suelo tenga buenas características físicas hasta una profundidad de 50 cm, como mínimo, ya que ayuda a la penetración y desarrollo del sistema radical. Se prefiere suelos francos arcillosos y francos arenosos, que permiten la infiltración adecuada de agua y buena aeración de las raíces (Robín 2007).

En este caso resultó ser un suelo de textura franco arcilloso, donde existe una buena retención de humedad, este es un suelo óptimo para la siembra de frijol (*Phaseolus vulgaris*).

4.1.1.6 pH de agua

El pH en el agua es un factor importante cuando esta se le va a proporcionar como riego al cultivo, de igual manera si esta es ocupada para disolver productos que se aplicaran al cultivo tales como fertilizantes foliares, fungicidas es importante conocer el potencial de iones de hidrógenos para que este no cree antagonismos con el producto y ocasione daños al cultivo (Gomez y Pitty, 2006).

La metodología empleada indicó que el pH del agua es de un 7.5 o sea es ligeramente alcalino, por ende, no afectará en la mezcla para la aplicación del hongo.

4.1.2 Datos de clima

4.1.2.1 Pluviometría

Se obtienen buenas cosechas en zonas con precipitaciones entre los 500 y 2300 mm anuales. El frijol requiere entre 300 y 400 mm de agua durante su ciclo. Esta cantidad debe ser distribuida 110 a 180 mm desde la siembra a floración y entre 50 a 170 mm hasta alcanzar la madurez fisiológica (Robín 2007).

La pluviometría total se encuentra en un rango de 420 mm de lluvia distribuidos en 3 meses, los cuales comprende para el mes de Septiembre 52.5 mm, Octubre 299.5 mm y Noviembre 68 mm. El estudio realizado por Pérez y Urbina, (2014) mostro que la variedad Rojo Nica posee amplia adaptabilidad en condiciones de pluviometría similares, este se realizó en la finca la Cailagua en el departamento de Matagalpa.

El clima es uno de los factores más importantes en cuanto al crecimiento y desarrollo de la planta se refiere, el siguiente grafico muestra que el mes de octubre posee 299.5 mm y esta cantidad representa la demanda total del cultivo en todo el ciclo, las carencias o excesos son pertinentes factores que inciden para proliferación de enfermedades y la incidencia de plagas.

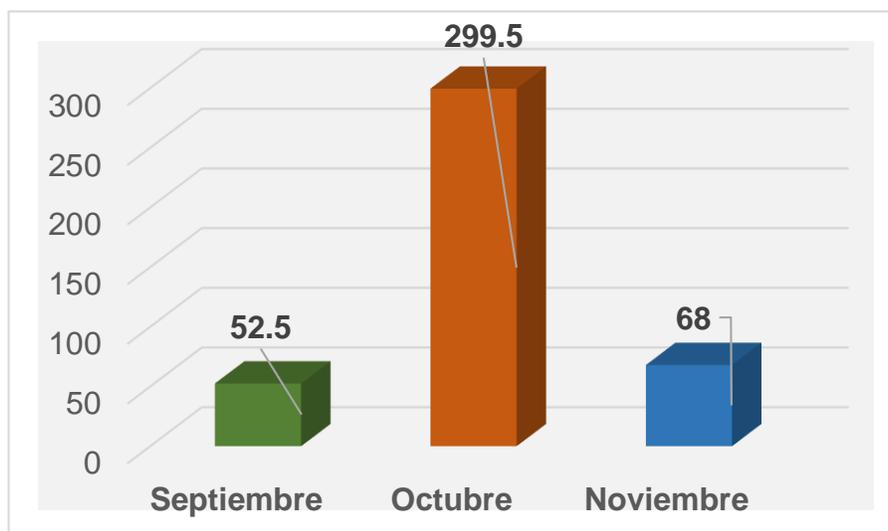


Gráfico 3 Pluviometría en el ciclo de postrera

Fuente: Resultados de la investigación

4.1.3 Temperatura

El frijol se cultiva en una gran diversidad de climas, pero los mejores rendimientos se obtienen en temperaturas que oscilan entre los 18° y 24°c mayores a 26°C, favorecen el desarrollo vegetativo. No obstante, se encuentra mayor cantidad de aborto y desaparición de flores, por otra parte las vainicas presentan un alto porcentaje de granos vanos (Robín 2007).

En cuanto al cultivo se refiere en el grafico 4 se puede apreciar como las temperaturas medias se encuentran en el rango que describe Robín (2007) como óptimo para el cultivo.

Las temperaturas son factores muy importantes que influyen en el crecimiento del cultivo y en la adaptabilidad del hongo en el campo, el experimento realizado por Sainz 2015 recomendó aumentar las temperaturas para que la propagación de las esporas sea más rápida.

El gráfico siguiente indica las temperaturas máximas, mínimas expresadas en grados Celsius y las medias presentadas en los meses donde estuvo establecido el cultivo, en el mes de Septiembre se encontró una temperatura máxima de 24° Celsius y una mínima de 18.4° para una media de 21.2°, el mes de Octubre la temperatura máxima es de 22.6°, la mínima de 14.2° y la media de 18.4°, en el mes de Noviembre presentó una temperatura máxima de 21.2° y mínima de 16.5°, la temperatura media correspondiente a este mes es de 18.85°.

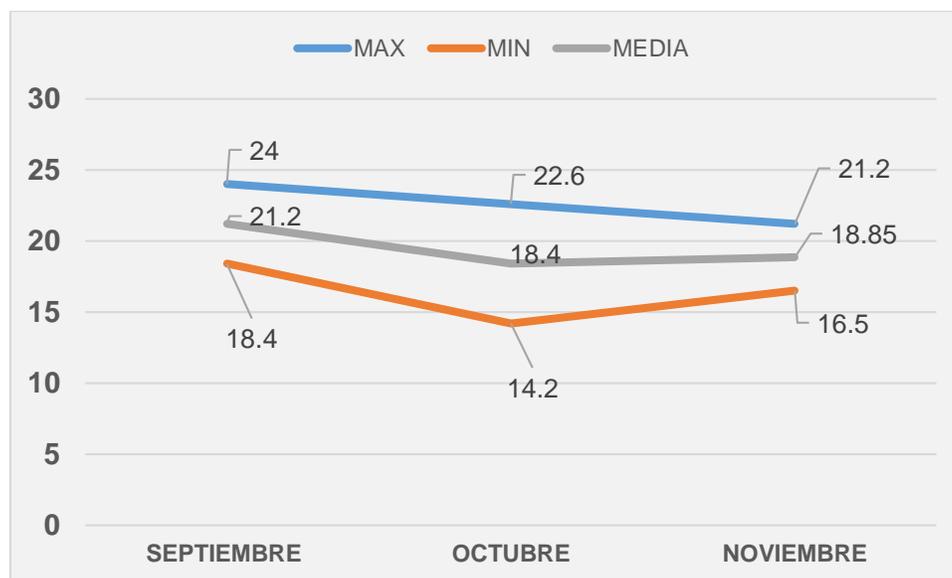


Gráfico 4 Temperatura del área de estudio.

Fuente: Resultados de la investigación

4.1.4 Conteo de plantas (mortalidad)

En dos etapas del experimento donde se realizaron ambos conteos para luego compararlos. Indican que 60 plantas murieron estas representan el 1.07% o sea señaló que la variedad tiene un alto porcentaje germinativo y que las condiciones de suelo, clima y temperatura son óptimas para el crecimiento y desarrollo de la variedad por tanto es indicio que los diferentes manejos en cada tratamiento no pusieron en riesgo la vida de las plántulas.

CONTEO DE PLANTAS/SURCOS				
FECHA: 18/10/2019		SURCOS	PLANT	MEDIA
BLOQUE 1	T1	16	710	44.4
	T2	17	700	41.2
	T3	16	654	40.9
BLOQUE 2	T1	15	370	24.7
	T2	16	612	38.3
	T3	15	635	42.3
BLOQUE 3	T1	16	638	39.9
	T2	17	640	37.6
	T3	17	630	37.1
TOTAL		145	5589	

Tabla 4 Conteo de plantas en 18/10/19

Fuente: Resultados de la investigación

La mortalidad del cultivo es un factor de amplia relevancia para demostrar su adaptabilidad ante factores que infieren en él y ponen en riesgo la viabilidad de la planta, algunos de esos factores son las incidencias de plagas que comprometen al cultivo cuando no se realiza un manejo integrado de plagas (MIP), otro factor importante es la aplicación de productos químicos o Biológicos donde las plantas se ven estimuladas a adaptarse a tales productos.

Por ende el presente estudio muestra con un conteo de plantas que la población inicial es diferente a la final presentando una mortalidad de 1.07% que corresponde a 60 plantas muertas.

CONTEO DE PLANTAS				
FECHA:06/12/19		SURCOS	PLANT	MEDIA
BLOQUE 1	T1	16	708	44.3
	T2	17	691	40.6
	T3	16	650	40.6
BLOQUE 2	T1	15	348	23.2
	T2	16	605	37.8
	T3	15	626	41.7
BLOQUE 3	T1	16	635	39.7
	T2	17	638	37.5
	T3	17	628	36.9
MORTALIDAD				
60	1.07%	TOTAL	145	5529

Tabla 5 Conteo de plantas 06/12/19

Fuente: Resultados de la investigación

4.1.5 Estimado de cosecha

En los últimos 10 años la producción se ha mantenido entre 8 y 13 quintales por manzana, sin embargo, el Ministerio de fomento, Industria y Comercio (MIFIC) plantea que las producciones en Nicaragua oscilan entre 13 a 15 quintales por manzana (Solís 2017).

El estimado de cosecha realizado mostró que la producción oscila de 23.1 a 34 según el tratamiento en estudio, similar a los datos obtenidos por Pérez y Urbina (2014).

En cuanto a la metodología aplicada para la estimación de cosechase indica que para el testigo la estimación es de 23.1 qq, para el tratamiento químico o convencional 33.7 qq, y para el tratamiento biológico 34.0 qq. Esto es clara evidencia que al hacer un manejo biológico en comparación a un químico existe una diferencia productiva de 0.3 equivalente a 30 lb.

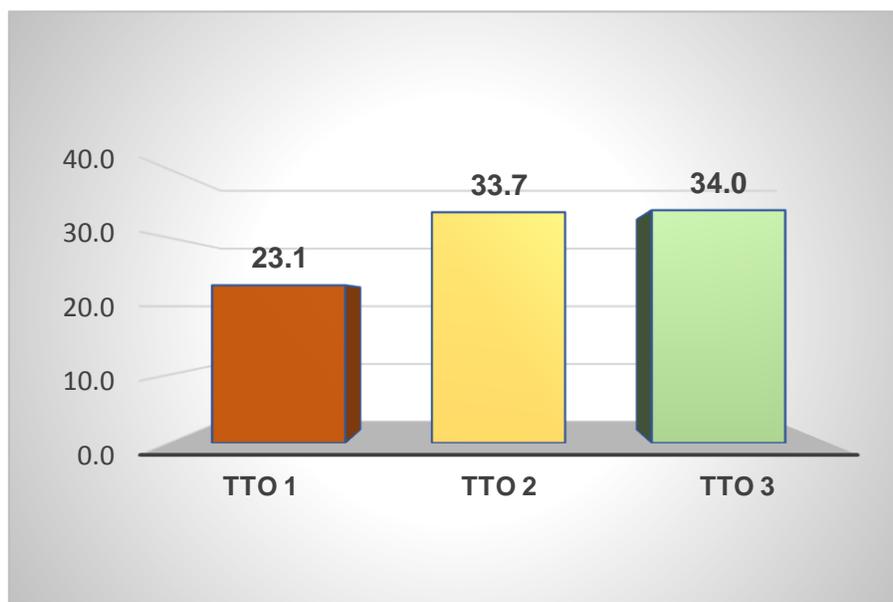


Gráfico 5 Estimado de cosecha

Fuente: Resultados de investigación

4.1.6 Incidencia de plagas

Después de una comparación de los tratamientos por medio de ANDEVA, mediante la utilización del programa IBM SPSS Statistics versión 22 se obtuvieron los siguientes resultados:

Gallina ciega (*Phyllophaga spp*),

En la siguiente tabla 6 se representa el análisis de varianza (ANDEVA), la cual demuestra que con un nivel de significancia de un 95%, que los tratamientos en estudio no tuvieron una diferencia estadística significativa en el control de la plaga (*Phyllophaga spp*), por lo tanto, se acepta la hipótesis nula.

La ANDEVA demuestra que hay diferencia estadística significativa de la incidencia de la plaga en la etapa de germinación.

Tabla 6 Resultados de ANDEVA para (*Phyllophaga spp*)

Variable dependiente:GALLINA CIEGA ANDEVA					
Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	67.111	4	16.778	11.615	.018
Intersección	32.111	1	32.111	22.231	.009
TTO	2.889	2	1.444	1.000	.444
ETAPAS	64.222	2	32.111	22.231	.007
Error	5.778	4	1.444		
Total	105.000	9			
Total corregida	72.889	8			

Fuente: Resultados de investigación

En la gráfica 6, se muestra que la incidencia de gallina ciega fue porcentualmente superior en el T3 con respecto a los T1 y T2, por lo que se puede afirmar que en las condiciones en que se realizó el experimento, no mostró ser efectivo el uso de *M. anisopliae* para el control de esta plaga.

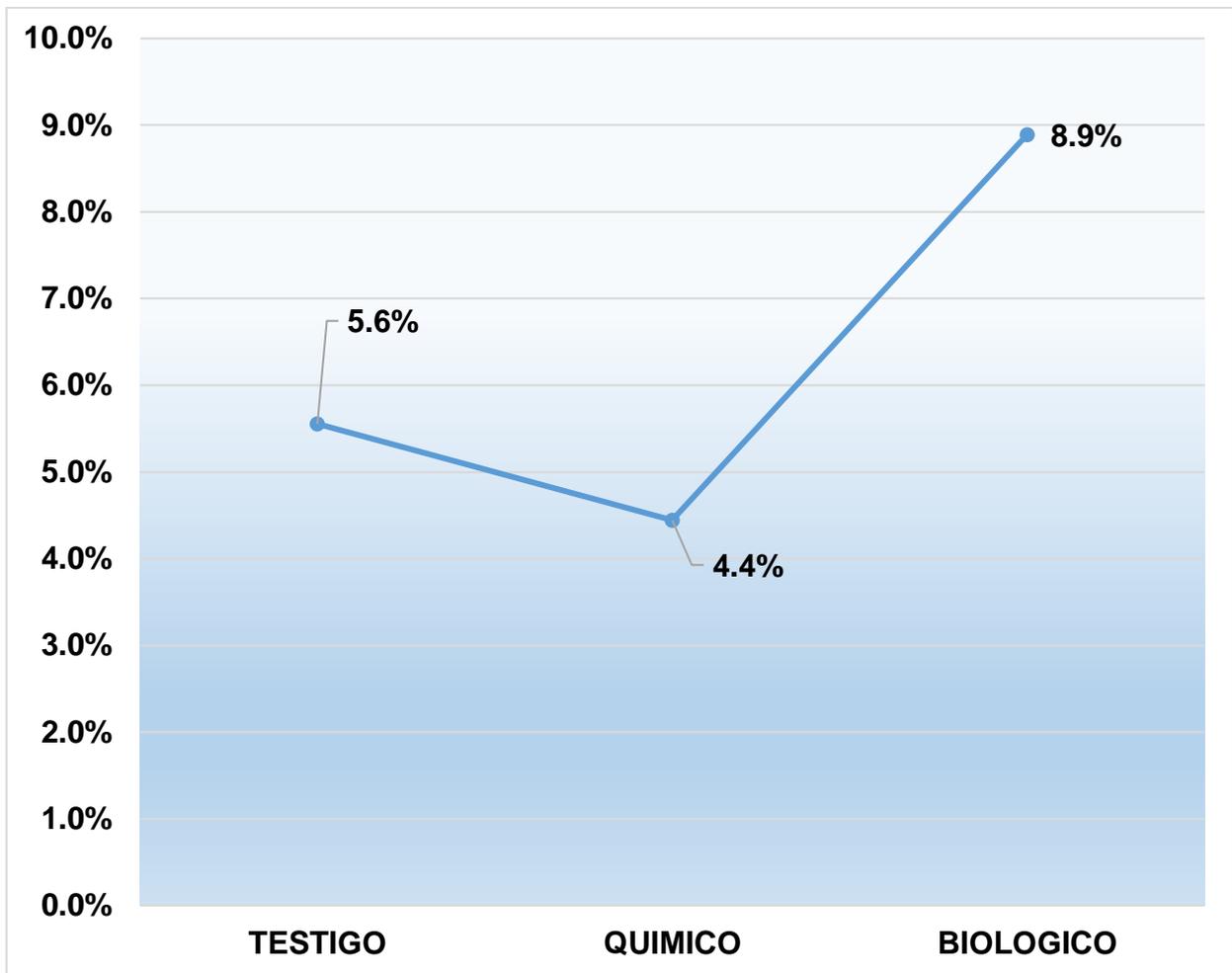


Gráfico 6 Porcentaje de plantas afectadas por (*Phyllophaga spp*) ante los efectos de los tratamientos en estudio.

Fuente: Resultados de investigación

El gráfico 7 muestra en el eje de las X las etapas estudiadas y en el eje Y el porcentaje de plantas afectadas en esa etapa. En este caso la etapa donde hubo más presencia de plantas afectadas por (*Phyllophaga spp*) es germinación con el 6.3%.

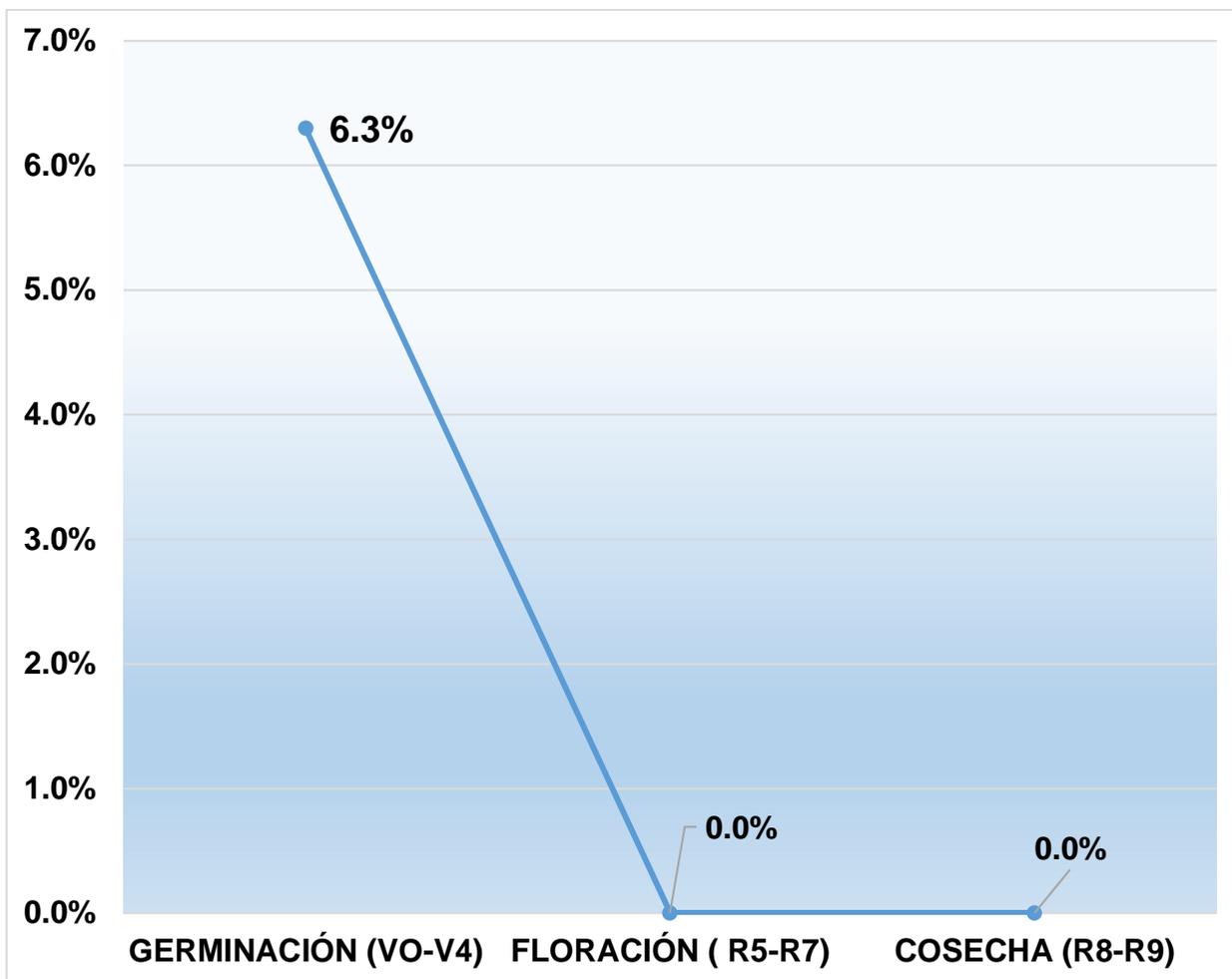


Gráfico 7 Etapa con más porcentaje de plantas afectadas por (*Phyllophaga spp*)

Fuente: Resultados de investigación

Lorito verde (*Empoasca kraemeri* Ross & Moore)

El análisis de varianza (ANDEVA) muestra en la siguiente tabla 7, con un 95% de confianza que todos los tratamientos estudiados no tienen una diferencia estadística significativa en el control de (*Empoasca kraemeri* Ross & Moore) por ende se acepta la hipótesis nula.

Tabla 7 Resultados de ANDEVA para (*Empoasca kraemeri* Ross & Moore)

Fuente: Resultados de investigación

Variable dependiente:LORITO VERDE ANDEVA					
Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	84.444	4	21.111	2.317	.218
Intersección	560.111	1	560.111	61.476	.001
TTO	77.556	2	38.778	4.256	.102
ETAPAS	6.889	2	3.444	.378	.707
Error	36.444	4	9.111		
Total	681.000	9			
Total corregida	120.889	8			

Podemos apreciar que el tratamiento 1 o testigo no tuvo ningún efecto en la plaga (*Empoasca kraemeri* Ross & Moore) ya que hay una afectación del 21.1% de plantas, sin embargo, en comparación químico y biológico se encuentra una diferencia de 3.3% de afectación en plantas, lo que indica que la acción de ambos tratamientos sobre lorito verde es porcentualmente similar.

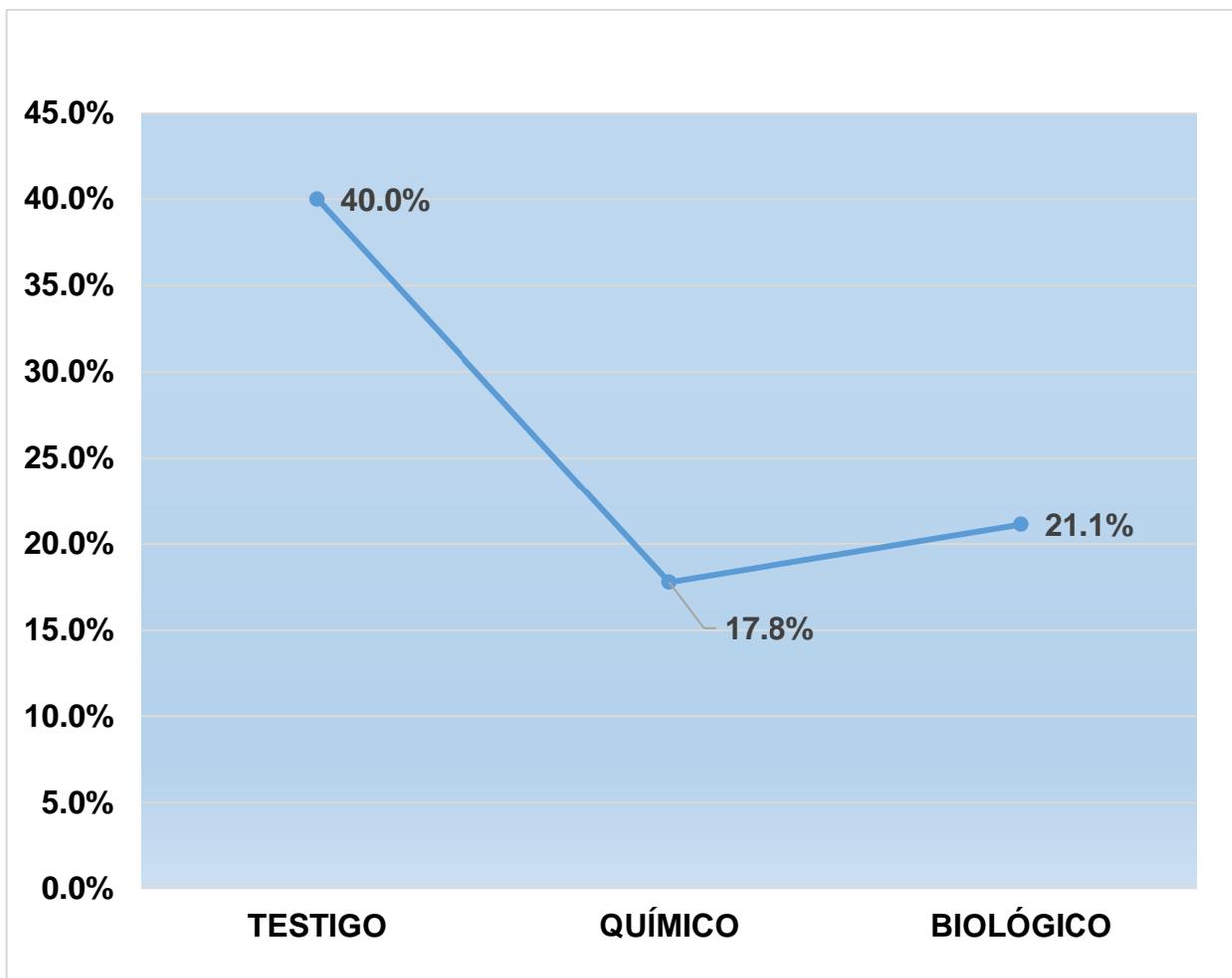


Gráfico 8 Porcentaje de plantas afectadas por (*Empoasca kraemeri* Ross & Moore) ante los efectos de los tratamientos en estudio

Fuente: Resultados de investigación

En el gráfico 9 se muestra que antes las etapas evaluadas donde hubo mayor incidencia de Lorito verde es la etapa de floración (R5-R7), con un porcentaje de plantas afectadas de un 9.6%, es en esa etapa donde la planta se encuentra más succulenta para el insecto.

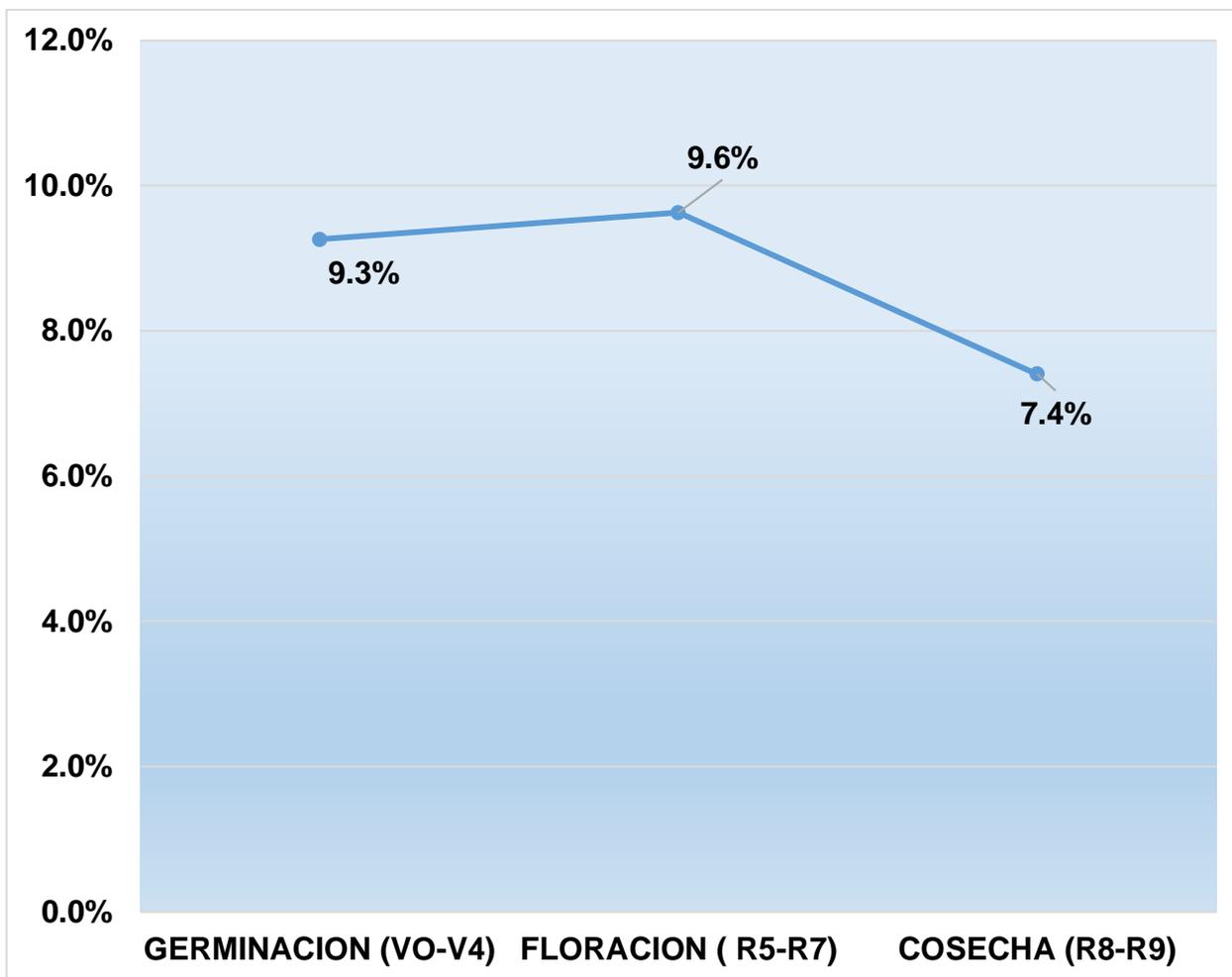


Gráfico 9 Etapa con más porcentaje de plantas afectadas por (*Empoasca kraemeri* Ross & Moore)

Fuente: Resultados de investigación

Saltamontes (*Schistocerca americana*).

En la siguiente tabla (ANDEVA) con un nivel de confianza de 95%, se muestra que los tratamientos en estudio no tuvieron una diferencia significativa en el control de (*Schistocerca americana*) por tanto se acepta la hipótesis nula. En cambio, se demuestra que hay diferencia estadística significativa en la etapa de floración y cosecha.

Tabla 8 Resultados de ANDEVA para (*Schistocerca americana*).

Variable dependiente:SALTAMONTES ANDEVA					
Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	289.111	4	72.278	12.159	.016
Intersección	455.111	1	455.111	76.561	.001
TTO	72.222	2	36.111	6.075	.061
ETAPAS	216.889	2	108.444	18.243	.010
Error	23.778	4	5.944		
Total	768.000	9			
Total corregida	312.889	8			

Fuente: Resultados de investigación

El siguiente gráfico en el eje X se encuentran los tratamientos estudiados, mientras que en el eje Y el porcentaje de plantas afectadas por la plaga (***Schistocerca americana***), se aprecia que ante el T1 (Testigo) existe una porcentaje considerable de plantas afectadas y el que posee menos incidencia es el T3 (biológico).

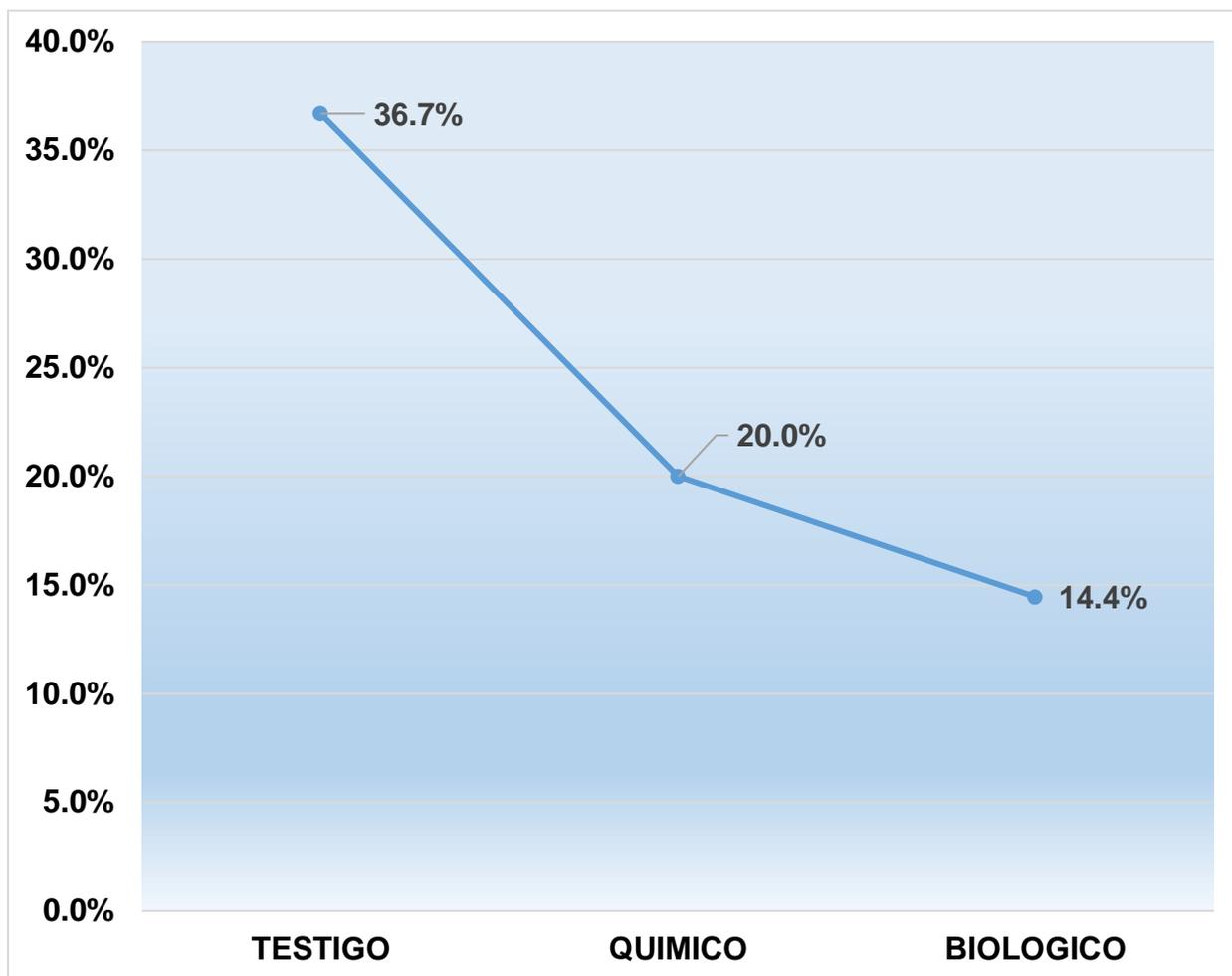


Gráfico 10 Porcentaje de plantas afectadas por (*Schistocerca americana*) ante los efectos de los tratamientos en estudio.

Fuente: Resultados de investigación

El gráfico 11 muestra el porcentaje de plantas afectadas por saltamontes en las etapas de estudio, donde la etapa floración (R5-R7) se encuentran con más de 14.8% de plantas que presentan daño.

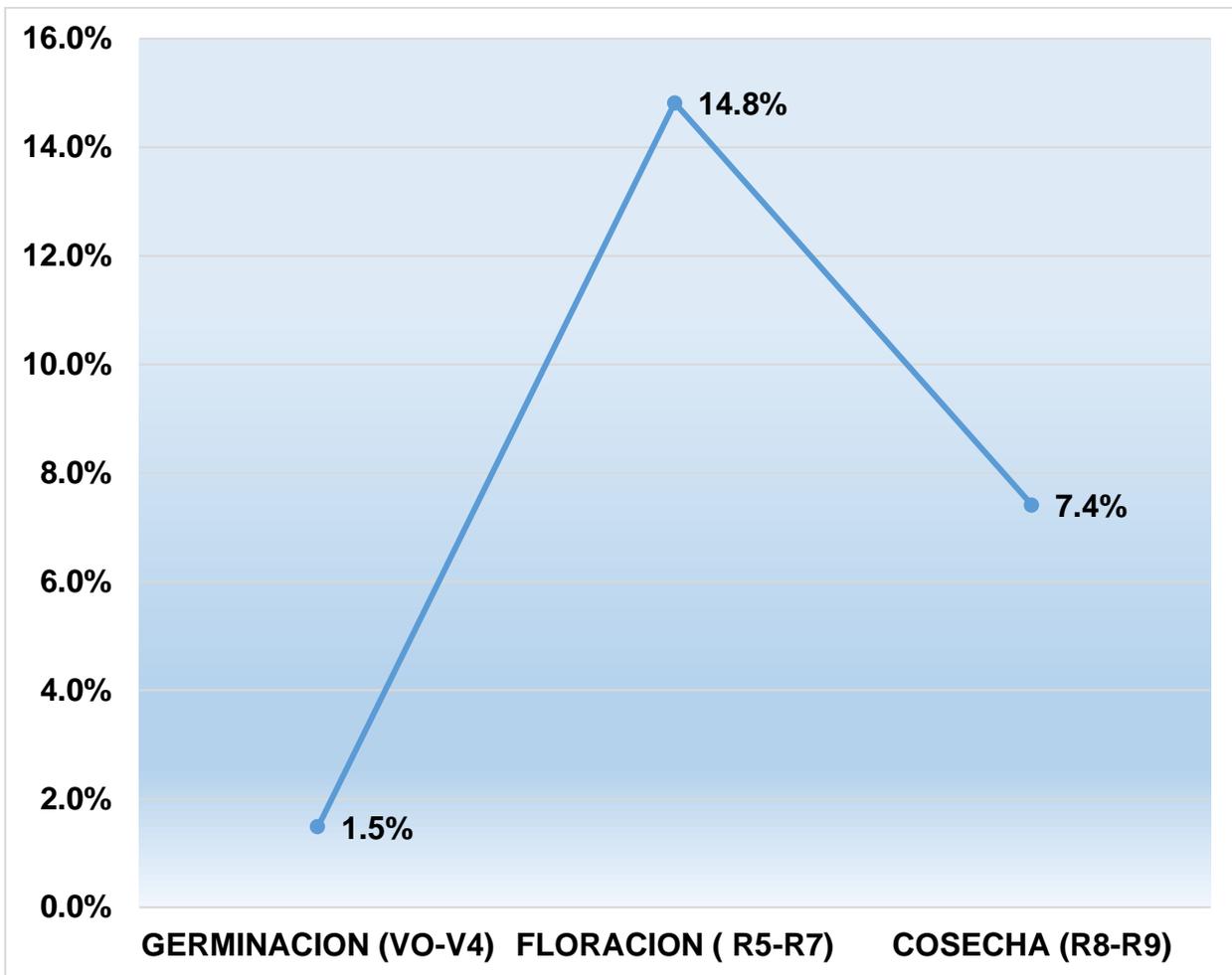


Gráfico 11 Etapa con más porcentaje de plantas afectadas por (*Schistocerca americana*)

Fuente: Resultados de investigación

Mosca blanca (*Bemisia tabaci Genn*)

Consecutivamente en la tabla de (ANDEVA), con un nivel de confianza de 95%, se señala que los tratamientos estudiados no presentan diferencia estadística significativa sobre la incidencia de (*Bemisia tabaci Genn*) por tanto se acepta la Hipótesis nula.

Tabla 9 Resultados de ANDEVA para (*Bemisia tabaci* Genn)

Variable dependiente:MOSCA BLANCA ANDEVA					
Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	133.333	4	33.333	2.439	.204
Intersección	1681.000	1	1681.000	123.000	.000
TTO	44.667	2	22.333	1.634	.303
ETAPAS	88.667	2	44.333	3.244	.145
Error	54.667	4	13.667		
Total	1869.000	9			
Total corregida	188.000	8			

Fuente: Resultados de investigación

El gráfico siguiente orienta que, ante los tratamientos estudiados, el porcentaje de plantas afectadas por la plaga (*Bemisia tabaci*) es menor para el control biológico con 35.6% respectivamente que para el control químico con 47.8%. Existiendo una competencia entre ambos, presentando un margen de un 12.2% este se considera significativo.

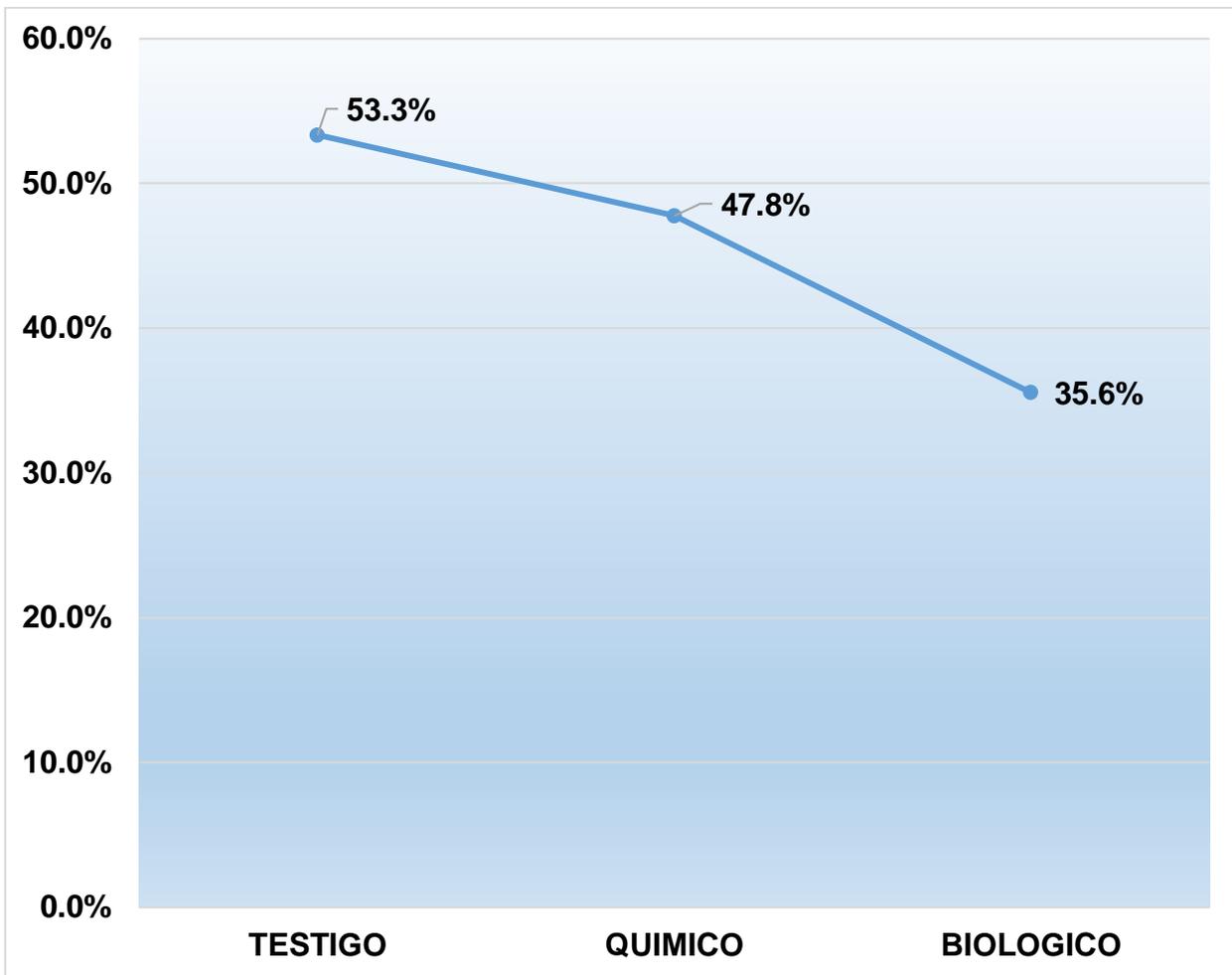


Gráfico 12 Porcentaje de plantas afectadas por (*Bemisia tabaci*) ante los efectos de los tratamientos en estudio

Fuente: Resultados de investigación

El gráfico 13 muestra que en la etapa de floración (R5-R7) hay más presencia de la plaga (*Bemisia tabaci*) por ende, se encuentran un 18.5% de plantas afectadas por la misma, la otra etapa más afectada es la de germinación (V0-V4) con 16.7% esto indica que la planta es suculenta en esas etapas por la plaga.

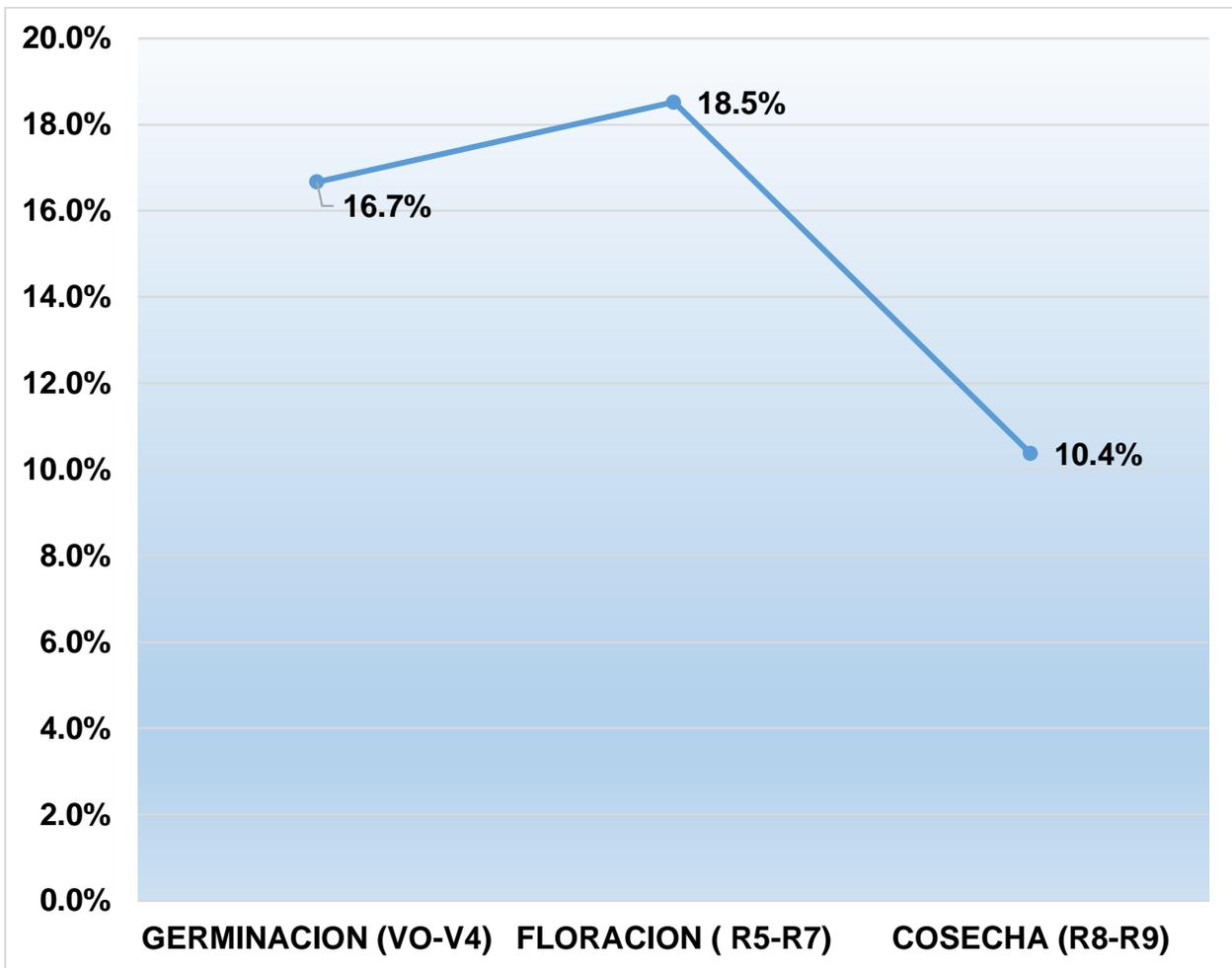


Gráfico 13 Etapa con más porcentaje de plantas afectadas por (*Bemisia tabaci*)

Fuente: Resultados de investigación

Maya (*Diabrotica sp*).

Seguidamente en la tabla de comparación de medias (ANDEVA) se muestra que con un nivel de confianza al 95% las etapas y los tratamientos estudiados no presentan diferencia estadística significativa en la plaga (*Diabrotica sp*) por tanto se acepta la hipótesis nula.

Tabla 10 Resultados de ANDEVA para (*Diabrotica sp*)

Variable dependiente:MAYA ANDEVA					
Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	218.444	4	54.611	8.261	.032
Intersección	1547.111	1	1547.111	234.017	.000
TTO	38.222	2	19.111	2.891	.167
ETAPAS	180.222	2	90.111	13.630	.016
Error	26.444	4	6.611		
Total	1792.000	9			
Total corregida	244.889	8			

Fuente: Resultados de investigación

El gráfico 14 demuestra que el tratamiento que posee más porcentaje plantas afectadas por el insecto plaga que lleva por nombre Maya (*Diabrotica sp*) es el testigo con 53.3%, mientras que el porcentaje de plantas afectadas en el manejo químico son 40%, sin embargo, el control biológico tiene menos presencia de la plaga, por lo tanto, tendrá menos porcentaje de plantas afectadas en total 37.8%.

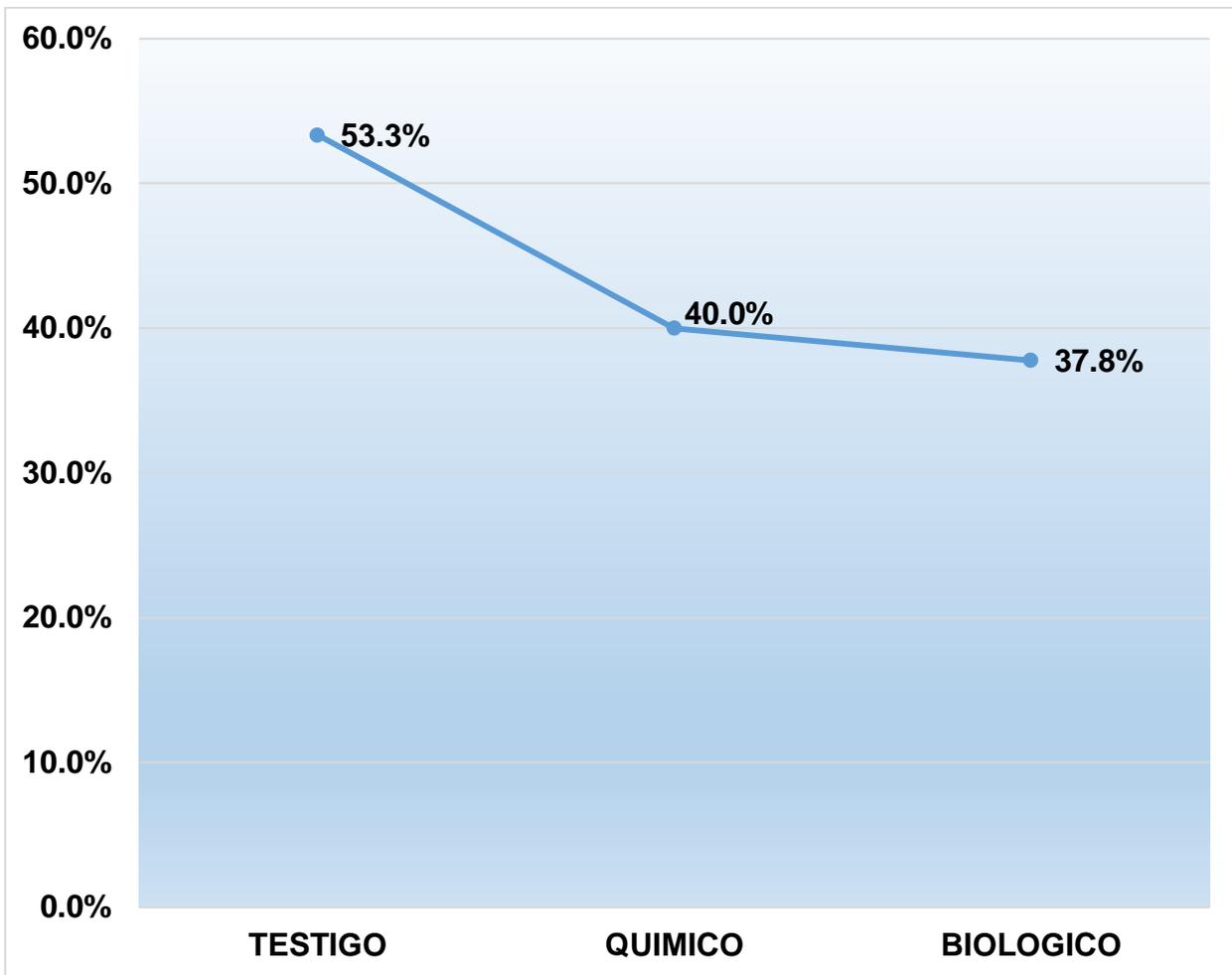


Gráfico 14 Porcentaje de plantas afectadas por (*Diabrotica sp*) ante los efectos de los tratamientos en estudio

Fuente: Resultados de investigación

Esta plaga tuvo más presencia en la etapa de germinación con 21.5% de plantas afectadas, la segunda etapa donde también se encontró incidencia es la de floración con 12.2%, sin embargo, la etapa de cosecha presento 10% de plantas afectadas, esto indica que las etapas más susceptibles para el insecto plaga (*Diabrotica sp*) son germinación y floración debido a que la planta posee más sabia en tallos, hojas, vainas tal y como se muestra en el grafico 15.

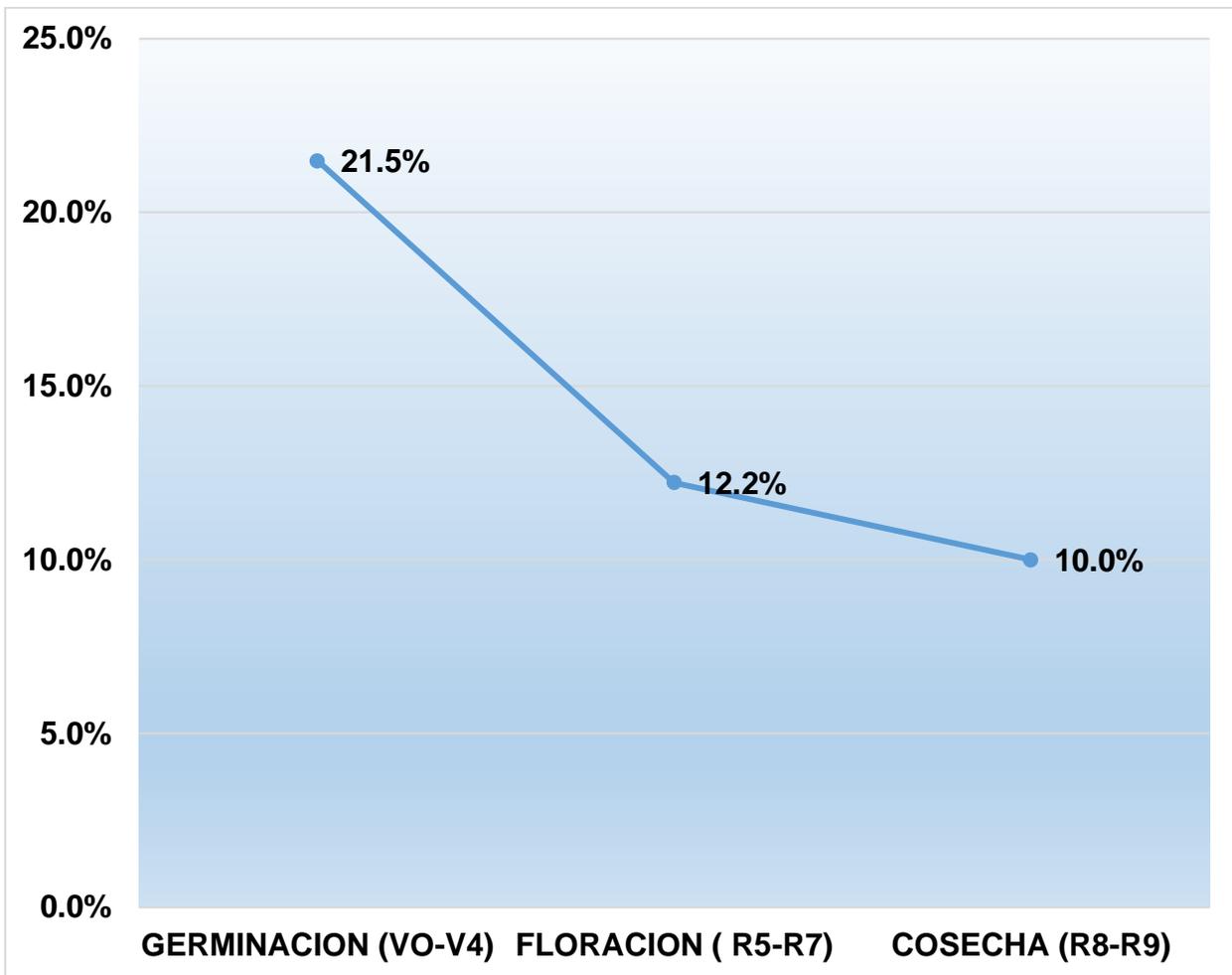


Gráfico 15 Etapa con más porcentaje de plantas afectadas por (*Diabrotica sp*)

Fuente: Resultados de investigación

4.1.7 Hojas afectadas por plagas

En el siguiente gráfico 16 se muestra la cantidad de hojas afectadas por las plagas en estudio, este muestreo se realizó para el momento denominado como germinación (V0-V4) que se refiere al día 0 hasta el día 23 después de la siembra, donde según INTA (2009) la planta debería de tener entre 9 a 12 hojas.

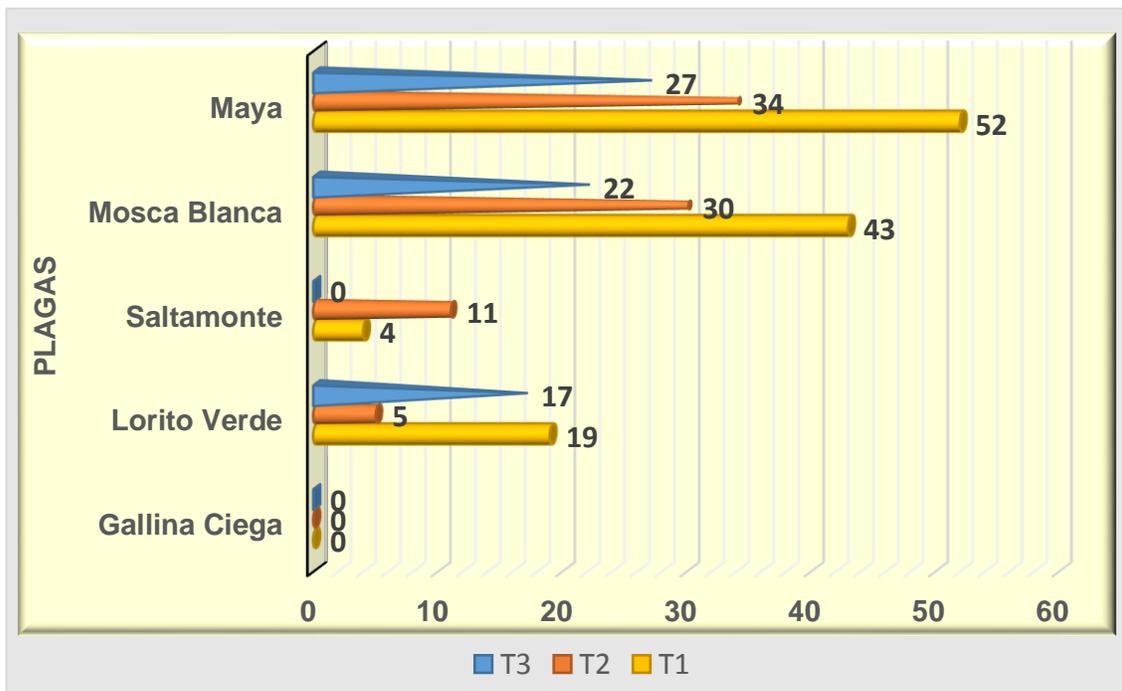


Gráfico 16 Hojas afectadas por plagas en la etapa de Germinación (V0-V4)

Fuente: Resultados de investigación

El número de hojas afectadas para el T1 oscilan entre las 16 a 31 si comparamos el T2 y el T3 en la plaga Lorito verde se puede apreciar que las cantidades de hojas afectadas es menos para el T3 que posee un total de 15 hojas al contrario de 36 para el T2 esto es indicio que el T3 pudo ser más efectivo en esa etapa para esa.

En el gráfico 17 Demuestra la cantidad de hojas afectadas, el muestreo se realizó en el momento de floración (R5-R7) constituyen los días 23-44 después de la siembra según INTA (2009), donde la planta ya debería de estar en la formación y llenado de vainas.

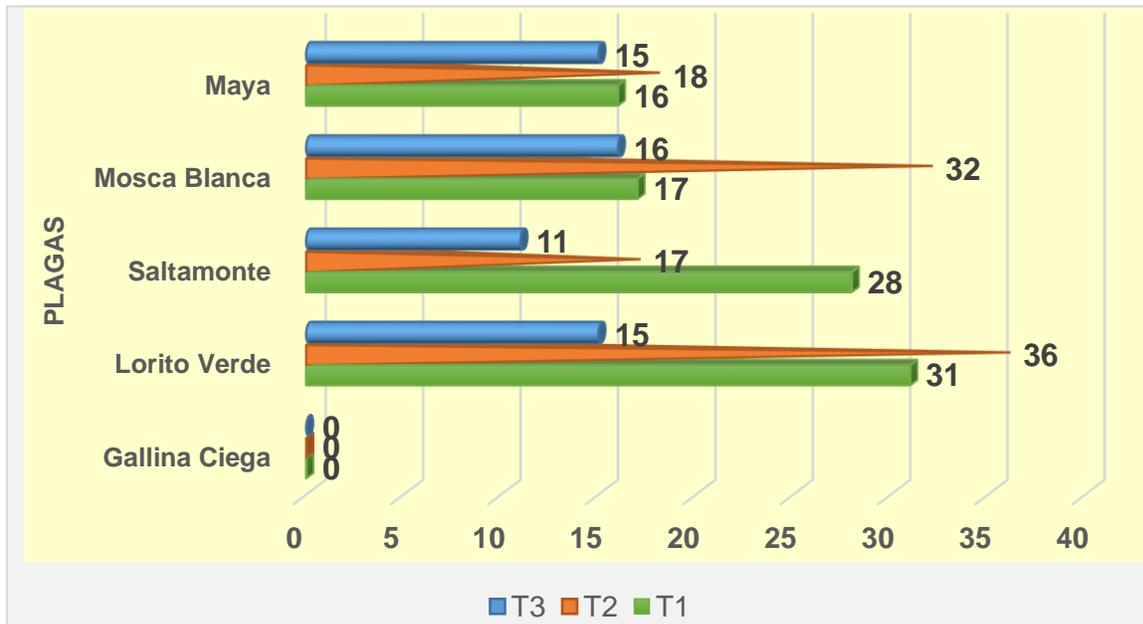


Gráfico 17 Hojas afectadas por plagas en estudio en la etapa de Floración (R5-R7)

Fuente: Resultados de investigación

El número de hojas afectadas radica entre las 11 y 36 hojas, en cada uno de los tratamientos, estos varían según la plaga que tuvo más incidencia, en este caso la plaga que provocó más daños en la hoja es lorito verde en el T1 posee 31 hojas afectadas en el T2 36 y en el T3 15, mientras que en el caso de mosca blanca se aprecia que el tratamiento con más relevancia es el T3 que posee 16 hojas afectadas en comparación al T2 con 32 hojas afectadas.

Otra de las etapas en estudio es la cosecha (R8-R9), esta comprende los 44-77 DDS donde la planta se encuentra en la fase final del llenado de vainas y su maduración y es aquí también donde algunas plagas atacan.

El gráfico 18 muestra las plagas que más afectan el follaje lorito verde y maya donde los tratamientos más afectados por (*Empoasca kraemeri* Ross & Moore) está el T1 con 24 hojas afectadas T2 17 hojas y T3 20 hojas, y en el caso de (*Diabrotica sp*) para el T1 21 hojas con daños T2 14 y T3 15.

Los datos anteriores orientan que las diferencias entre los tratamientos 2 y 3 no son amplias, sin embargo, estas ameritan un análisis estadístico más profundo.

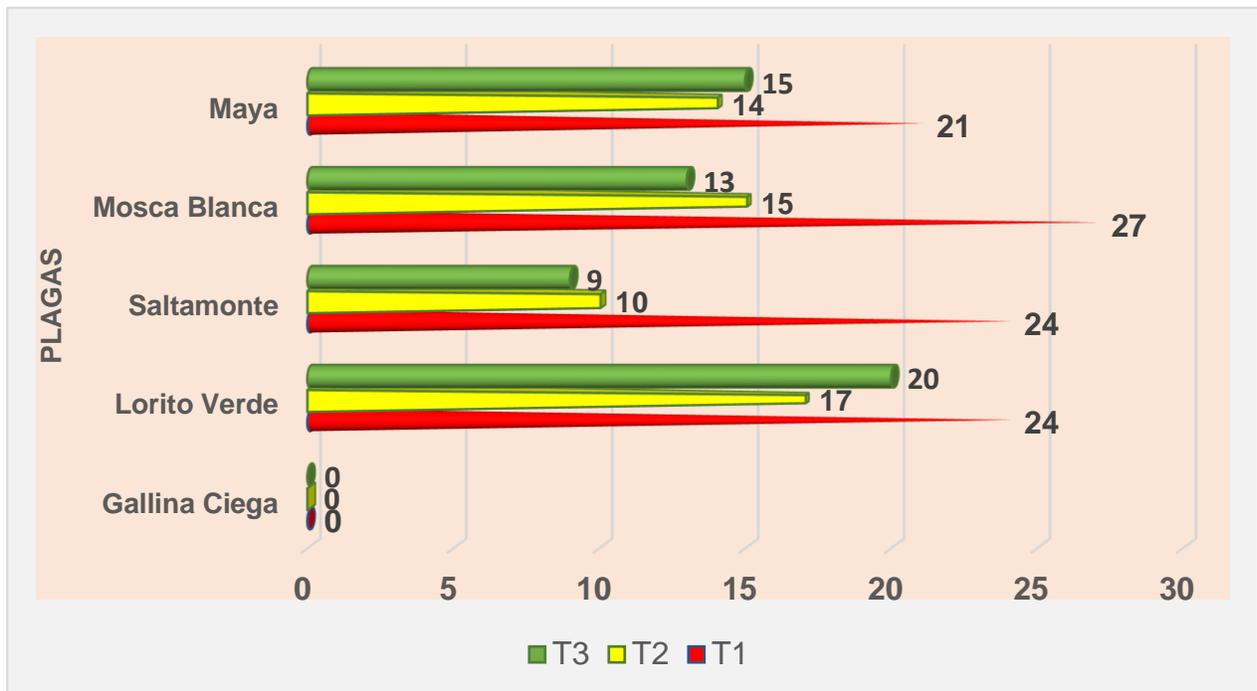


Gráfico 18 Hojas afectadas por plagas en estudio en la etapa de Cosecha (R8-R9)

Fuente: Resultados de investigación

4.1.8 Costos de producción

Uno de los problemas en los sistemas de producción de frijol, es la administración deficiente de los recursos productivos, lo que incrementa los costos de producción (Moreno, 2017).

Saber cuánto es el costo de las tecnologías y llevar un control de lo que se invierte en todas las labores que conlleva establecer un cultivo, son dos de las cosas más importantes que se destacan en la administración agropecuaria.

Los resultados indicaron que la rentabilidad en la aplicación de un control biológico en relación al manejo químico asumiendo una producción según el estimado de cosecha previamente elaborado de 33.7 qq para el T2 y 34.0 qq para el T3 y una venta de C\$1200 córdobas el quintal existiendo un margen de C\$ 651.00 córdobas, asumiendo como costos de producción para el manejo químico C\$12,623.00 córdobas y para el manejo biológico C\$ 11,972.00. Los datos obtenidos en la presente investigación tienen una amplia similitud con el estudio realizado por Eugarríos y López, (2010).

En la tabla 11 se muestran los costos directos, e indirectos en la producción químico/convencional del frijol de manera correspondiente al T2 en relación a una manzana de terreno y los insumos utilizados en esta, dando un total de C\$ 4,823.00 córdobas.

Tabla 11 Costos directos e indirectos de la producción en relación a una manzana

TABLA DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL FRÍJOLQUÍMICO				
COSTOS DIRECTOS	Cantidad	Unid. Med.	C/U	C.Total
Semilla	80	libras	10	800
Gramoxone	2	litros	180	360
18-46-0	2	qq	1000	2000
Lorsban liquido	1	litro	400	400
Cipermetrina	1	litro	293	293
Engordador	1	kg	120	120
Total				C\$ 3,973.00
Costos indirectos	Cantidad	Unid. Med.	C/U	C.Total
Sacos	20	Unidad	20	400
Cabuyas	2	rollo	10	20
Acarreo	20	viajes	20	400
Gastoxin	3	unidad	10	30
Total				C\$ 850.00

Fuente: Resultados de investigación

La siguiente tabla 12 muestra los costos de producción en relación a una manzana de terreno con el biológico el hongo (*Metarhizium anisopliae*) lo que corresponde a un total de **C\$ 3,322.00**.

Tabla 12 Costos de producción con (*Metarhizium anisopliae*)

TABLA DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL FRIJOL CON (M.anisopliae)				
COSTOS DIRECTOS	Cantidad	Unid. Med.	C/U	C.Total
Semilla	80	libras	10	800
18-46-0	2	qq	1000	2000
Engordador	1	kg	120	120
M.anisopliae	300	gr	1.34	402
				C\$ 3,322.00

Fuente: Resultados de la investigación

La tabla 13 muestra las actividades realizadas durante el experimento pero en relación a una manzana y con los días hombres correspondientes, con el costo del jornal que se tiende en la comunidad.

Tabla 13 Costos de actividades (Días/hombre)

Actividades	Días	C/U	C.Total
Chapia	5	150	750
Barrer	3	150	450
Siembra	8	150	1200
Fumigación (Plagas)	3	150	450
Fertilización	2	150	300
Deshierba	4	150	600
Foleo	2	150	300
Arranca	8	150	1200
Rodeo	4	150	600
Aporreo	6	150	900
Secado	3	150	450
Zarandeo/espolvoreo	4	150	600
Total			C\$ 7,800.00

Fuente: Resultados de investigación

En la tabla 14 se muestran la rentabilidad de los manejos en relación a la producción donde para el control químico (T2) corresponde a 33.7 qq multiplicado por un precio base de C\$ 1,200 para un total de C\$ 40,440 en cambio la producción correspondiente para el manejo biológico (T3) es de 34.0 qq multiplicado por el mismo precio quintal consta de C\$ 40,800.00 para una diferencia de C\$ 360.

Por último se muestran las ganancias existiendo en esta un margen de C\$ 1,011.00 córdobas esta cantidad es el resultado de la sumatoria entre la diferencia existente entre los costos totales de los manejos o sea C\$ 651 y la diferencia entre los ingresos totales C\$ 360 la sumatoria de ambos es el margen de ganancias que hay entre el manejo químico (T2) y el manejo biológico (T3)

Tabla 14 Rentabilidad de los manejos

	QUÍMICO/CONV	BIOLÓGICO
Prod/venta	C\$ 40,440.00	C\$ 40,800.00
COSTOS TOTALES	C\$ 12,623.00	C\$ 11,972.00
INGRESOS TOTALES	C\$ 40,440.00	C\$ 40,800.00
GANANCIAS	C\$ 27,817.00	C\$ 28,828.00

Fuente: Resultados de investigación

Tabla 15 Margen existente entre los tratamientos

	COSTOS	INGRESOS	GANANCIAS
QUÍMICO/CONV.	C\$ 12,623.00	C\$ 40,440.00	C\$ 27,817.00
BIOLÓGICO	C\$ 11,972.00	C\$ 40,800.00	C\$ 28,828.00
DIFERENCIA	C\$ 651.00	C\$ 360.00	C\$ 1,011.00

Fuente: Resultados de investigación

4.1.9 Costo de la investigación

El principal costo en la producción de frijol para esta investigación se basa en el pago de algunas labores de campo ya que la semilla y el transporte fue proporcionado por uno de los organismos que apoyaron esta investigación. En la tabla siguiente se muestra detalladamente los principales gastos.

Tabla 16 Costos de la Investigación

LABOR	N.Jornal	C/U	C. TOTAL
Preparación del terreno	1	150	150
Siembra	0.5	150	75
Foleo	0.5	150	75
Limpieza	2	150	300
Foleo plagas	0.5	150	75
Fertilización	1	150	150
Arranca	1	150	150
Aporreo	1	150	150
M.anisopliae	1	28.35	28.35
T.Hazarium	1	140	140
INSUMOS	1	630	630
Total			C\$ 1,923.35

Fuente: Resultados de investigación

4.1.10 Entrevista Biotor Labs

Como un instrumento de triangulación para corroborar lo investigado, conocer más acerca del trabajo, la experiencia que tienen con entomopatógenos y las metodologías que realiza la empresa Biotor Labs en la producción y manejo de hongos se procedió a hacer una entrevista que duro 25 min más 30 min hora un pequeño recorrido por las instalaciones del laboratorio.

Las respuestas nos muestran que la rentabilidad, el manejo y la efectividad de los entomopatógenos son factores muy importante que se deben de tomar en cuenta en cuanto al uso de ellos, tal y es el caso que tan prestigioso laboratorio, ya que tiene más de 12 años de estar presente no solo en el mercado nacional si no también internacional en países como Costa Rica, Panamá, Honduras entre otros. En el *Anexo 13* se puede apreciar las preguntas que se realizaron en la entrevista.

CAPITULO V

5.1 Conclusiones

Las principales características de suelo encontradas son: Humedad gravimétrica, Materia Orgánica, pH de suelo, textura de suelo y los principales elementos: Nitrógeno, Fosforo y Potasio, también el pH de agua como otro factor influyente en la aplicación de *Metarhizium anisopliae*. La pluviometría y temperatura como parte de las condiciones climáticas del área experimental.

El efecto del hongo *Metarhizium anisopliae* (Cepa MR18) como controlador biológico de plagas de interés económico en el cultivo de fríjol (*Phaseolus vulgaris*) es alta, para plagas como: Lorito verde (*Empoasca kraemeri Ross & Moore*), Saltamontes (*Schistocerca americana*), Mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y Maya (*Diabrotica sp*), sin embargo, en el caso de Gallina ciega (*Phyllophaga spp*) esta cepa no hizo efecto alguno.

Las diferencias existentes entre los costos de los manejos químico y biológico, es la cantidad de C\$ 651 y la diferencia entre los ingresos totales de los manejos es representada por C\$ 360, la sumatoria de ambas se verán reflejadas en las ganancias que equivalen al monto de C\$ 1,011 córdobas. Lo que indica que es una tecnología rentable de lograr la producción estimada, a esto se añade los beneficios ambientales a largo plazo y auto dependencia de insumos químicos para el control de plagas.

El efecto sobre los rendimientos productivos de (*Metarhizium anisopliae*) en el T3 influyó de manera positiva incrementándola en 0.30 quintales, para un total de 34 quintales, en relación al manejo químico o convencional o (T2) que presentó una producción de 33. 7 qq y el testigo (T1) 23.1 quintales.

5.2 Recomendaciones

A la academia:

Que le den seguimiento a los convenios que se hacen con las instituciones, para evitar que las partes incumplan con los acuerdos estipulados.

Que los laboratorios se encuentren siempre disponibles, y que las herramientas que se utilizan se les hagan sus respectivos mantenimientos ya que esto pone en riesgo la calidad de las investigaciones y progreso de la misma.

Incentivar a los próximos investigadores a que retomen la temática de esta investigación en otras condiciones edafoclimáticas.

A las instituciones:

Que sigan apoyando este tipo de trabajos investigativos para caracterizar y fortalecer las nuevas tecnologías agrícolas las cuales inciden en la producción de rubros que son parte de la dieta de todos.

Que los acompañamientos sean más cercanos de tal modo que fortalezcan las relaciones productor- investigador y por ende que esta investigación sea un bastión para los productores del territorio de tal manera que estos puedan cambiar las practicas convencionales de producción.

A los estudiantes:

Realicen un estudio en la misma propiedad donde se pueda comprobar si el hongo ***Metarhizium anisopliae* (Cepa MR18)**, logro reproducirse en la parcela y si tiene la capacidad de infectar plagas sin la necesidad de hacer muchas aplicaciones, del mismo modo que se pueda hacer un sondeo de plagas colonizadas por (***M. anisopliae***), para comprobar la esporulación o sea la salida del hongo al exterior.

Utilicen esta investigación con el fin de fortalecer los conocimientos en cuanto al control biológico, ya que este es un tema tabú para muchos y este tipo de tecnologías es la solución para la agricultura del futuro.

Retomar el tema de la investigación en otra área, con otras condiciones edafoclimáticas para comprobar la capacidad del hongo *Metarhizium anisopliae* (Cepa MR18), en situaciones diferentes.

A los productores:

Adopten esta tecnología de tal forma que puedan incrementar sus producciones y amortiguar un poco los efectos climáticos que afectan al territorio nicaragüense.

Que adquieran un nivel más de responsabilidad en el trabajo de campo, ya que este es fundamental para obtener resultados concretos en la investigación.

Que el sitio donde se llevó a cabo el experimento pueda ser trabajado sin la aplicación de fungicida, esto ocasionaría que las esporas existentes del hongo mueran, de igual forma de establecerse otros cultivos en otro ciclo que no se utilicen plaguicidas de no hacerse se aceleraría la muerte de las posibles plagas germinadas o parasitas por el hongo y esto evitaría que el hongo salga al exterior y posteriormente el rompimiento del ciclo reproductivo.

5.3 Anexos

Anexo 1. Forma de acción del hongo



Figura 1. Invasión de esporas de *Metarhizium*

Fuente: Inia Quilamapu

Anexo 2. Inoculación de Metarhizium



Figura 2. Medio de cultivo PDA

Fuente: Elaboración propia



Figura 3. Sellado de platos petri

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Reproducción de *Metarhizium*



Figura 4. *Metarhizium* en medio PDA

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Plagas de estudio encontradas



Figura 5. Gallina ciega (*Phyllophaga sp*)

Fuente: Elaboración propia



Figura 6. Maya (*Diabrotica sp*)

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5. Parcela experimental



Figura 7. Diseño de parcelas

Fuente: Elaboración propia



Figura 8. TTO 3 con *Metarhizium*

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6. pH de agua

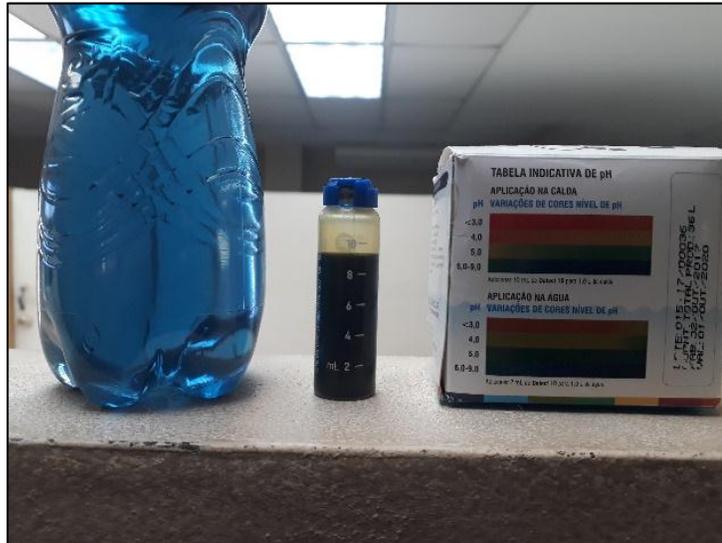


Figura 9. Prueba de pH con Detec10

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7. *Metarhizium Anisopliae*



Figura 10. Dosis de *Metarhizium*

Fuente: Elaboración propia

Anexo 8 Análisis de N-P-K



Figura 11. Prueba de Nitrógeno

Fuente: Elaboración propia



Figura 12. Prueba de Potasio

Fuente: Elaboración propia

Anexo 9 Análisis de suelo y Materia Orgánica.



Figura 13. Prueba de pH con potenciómetro

Fuente: Elaboración propia



Figura 14: Muestra de suelo para materia orgánica.

Fuente: Elaboración propia



Figura 15: prueba de Textura de suelo (CASANOVA)

Fuente: Elaboración propia

Anexo 10.Semilla



Figura 16: Peso de semilla 25 gr

Fuente: Elaboración propia



Figura 17: Humedad de semilla 19,5%

Fuente: Elaboración propia

Anexo 11 Ficha de campo 1

<p>Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua</p> <p>FAREM-Matagalpa</p> <p>Evaluación y registro de datos relevantes del área de estudio</p> <p>(Muestreo de plantas afectadas por plagas)</p>

Finca: _____ Municipio: _____ Comunidad: _____

Nombre del productor: _____

Coordenadas UTM X: _____

Coordenadas UTM Y: _____

Temperatura: _____ Pluviosidad: _____

Textura: _____ PER: _____ MO: _____

Pendiente: _____ Cobertura de suelo: _____

Fecha del recuento: _____

Cultivo: _____ Variedad: _____

Fecha de siembra: _____

Plaga de estudio:					
Etapa del cultivo:					
Bloque N°1	Tratamiento N°1				
	01	02	03	04	05
N° de plantas afectadas					
N° de hojas afectadas					
N° Tallos afectados					
Localización					
Daños (1, 3, 5)					

Fuente: Elaboración propia

Anexo 12 Ficha de campo 2

Formato 1.

Nombre del Productor: _____ **Nombre del investigador:** _____

Título: Trabajo de campo para monografía

Objetivo: Identificar la efectividad del hongo *Metarhizium anisopliae* en el cultivo de frijol

Localidad: Las Mercedes, Matagalpa.

Tratamientos: El cultivo se establecerá en parcelas divididas utilizando control químico (convencional), control biológico (con el uso del hongo), y un testigo

Observaciones a medir:

Tipo de datos	Variables medidas
Primarios	Rendimiento de grano (Libras/parcela convertido a kg/ha)
Secundarios	
A nivel de plantas	Componentes del rendimiento en plantas existentes en la parcela útil
A nivel de parcela	Número de semillas germinadas, emergencia, Plagas y enfermedades, Días a floración, Días a madurez fisiológica, Días a cosecha, Rendimiento del cultivo, Registro de prácticas de manejo de plagas, enfermedades y malezas realizadas
A nivel de campo	Profundidad del suelo, Textura del suelo a dos profundidades (0-15 y de 15 -30 cm), pH a las profundidades antes indicadas, Pendiente y posición de la parcela en la pendiente
Diseño experimental	Parcela de 6x4 metros Parcela útil 3x2 metros
Análisis de Resultados	Estadístico (Adaptabilidad y estabilidad)
Actividades	Persona responsable
Establecimiento del cultivo	_____
Seguimiento del cultivo	_____
Toma de datos	_____
Revisión de datos	_____
Análisis de los datos	_____
Análisis de los resultados	_____

Formato 2.

2.1 Información General

Nombre del productor: _____	Nombre del investigador: _____
Municipio: _____ _____	Finca: _____
Época de siembra: _____	Fecha de Siembra: _____

2.2. Información a nivel de Campo

Latitud N: _____ Longitud (W): _____ MSNM: _____

Textura del suelo: Ligera Mediana Pesada
Clasificación _____

Drenaje: Bueno Regular Malo

Perfil Capa arable _____ pH: _____

Manejo del cultivo

Preparación del terreno: Bueyes Otro medio (especifique)

Distancia entre surcos (pulgadas): _____ Distancia entre plantas (pulgadas):

Manejo de la fertilidad del suelo:

¿Aplicó algún producto para mejorar la fertilidad del suelo a la siembra? : Si (si su respuesta es SI llene el cuadro siguiente) No

Tipo de producto	Forma de aplicación	Cantidad/parcela	Fecha

¿Aplicó algún producto para mejorar la fertilidad del suelo después de la siembra? : Si (si su respuesta es SI llene el cuadro siguiente) No

Tipo de producto	Forma de aplicación	Cantidad/parcela	Fecha

Aplicó algún producto o utilizó alguna práctica para manejar las plagas y enfermedades? Si (si su respuesta es SI llene el cuadro siguiente) No

Producto/Práctica utilizada	Cantidad/parcela	Fecha

¿En qué momentos del cultivo realizó el control de las malezas?

	Fecha de realización
1 ^{ra}	
2 ^{da}	
3 ^{ra}	

Formato 3.
Hoja para la toma de datos en campo

Bloque	TTO	Planta	Emergencia (N°)	Fecha 50% Floración	Hábito crecimiento		Altura de la planta (cm)	Color de la flor								
					Matón	Bejuco										
	1	1														
		2														
		3														
		4														
		5														
	2	1														
		2														
		3														
		4														
		5														
	3	1														
		2														
		3														
		4														
		5														

Formato 4.

Variedad	Surco	Planta	Fecha a 50% Camaguá	Color vaina Camaguá	No. Vaina / planta	Plantas/cosecha r/ parcela (N°)	Granos/vaina		Rendimiento/parcela (g)	Humedad Semillas	Color de semillas	Peso1000 semillas	
							1	2					
	1	1											
		2											
		3											
		4											
		5											
	2	1											
		2											
		3											
		4											
		5											
	3	1											
		2											
		3											
		4											
		5											
	4	1											
		2											
		3											
		4											
		5											
5	1												
	2												
	3												
	4												

Fuente: SWISSAID

Anexo 13 Entrevista a gerente general de Biotior Labs

1) ¿Cuál es su nombre?

Luis Fernando Torres

2) ¿Qué función desempeña en la empresa?

Gerente general

3) ¿Qué tipos de hongos reproducen en el laboratorio?

Producimos todo tipo de hongo, un hongo mico parasítico Trichoderma Asperelum y un nematófago Pochonia Chlamydosporia.

4) ¿Conoce acerca de *Metarhizium anisopliae*?

Si conozco acerca de *Metarhizium anisopliae* el cual es un hongo entomopatógeno que sirve para el control de chinches, Beauveria es más para gallina ciega y mosca blanca.

5) ¿Trabaja Biotior Labs con este hongo?

Actualmente el laboratorio no trabaja con *Metarhizium*

6) ¿Cómo reproducen el hongo *Metarhizium anisopliae*?

Metarhizium en si no lo reproducimos, pero en el laboratorio para reproducir los otros hongos con los que trabajamos se utiliza fermentación solida es la transformación del arroz que luego este se convierte en hongo cuando se inocula, en la compañía se hacen 4 procesos primero es el cepario primario u original que nos mandan los proveedores de genética que nos sule para un año.

Luego de la cepa original se saca un frasco para un mes para producir la cepa secundaria que son cuatro platos que se sacan del original y cada plato se utiliza para una semana que será un lote por semana, esa cepa secundaria se produce el inóculo para producción.

El proceso de las cepas son tres multiplicaciones de la cepa original inoculándose la cepa de producción ya cuando esta inoculada la cepa de producción en el sustrato masivo lo dejamos cultivar por 7 días si es *Trichoderma* colonizando, ya si es *Pochonia* dilata 20 días, se deshidrata, se cosechan las esporas y se formulan.

7) ¿Cómo es la forma de reproducción de este hongo?

Que no se reproduzca mucho la misma cepa porque si se reproduce mucho de cuatro que es lo que normalmente se hace, si se sacan 20 o más de la misma cepa y no se está renovando, la cepa se acostumbra al sustrato y luego pierde la capacidad para crecer en el campo y deja de producir enzimas que son las que se encargan de penetrar las enfermedades o la plaga.

8) ¿En qué cultivos se puede aplicar este hongo?

Nosotros no estamos trabajando con *Metarhizium*, pero este hongo tiene un rango de insectos que mata sin importar el cultivo en el que estos se encuentren, *Trichoderma* si se utiliza en diferentes cultivos.

9) ¿De qué manera se puede mantener el hongo para evitar que este pierda su capacidad de virulencia?

Una cepa bien seleccionada de *Metarhizium* si sería efectiva para el control de plagas, lo indicado es mantenerlo en lugar fresca sin humedad en el ambiente y a temperatura de 14 grados.

10) ¿Qué tipos de plagas controla el hongo?

Chinches y salivita son de las plagas que tengo conocimiento que controla *Metarhizium*.

11) ¿Es efectivo el uso de *Metarhizium* ante una incidencia de plagas?

Una de las ideas que tienen los insecticidas biológicos es la rapidez con la cual ellos vayan a actuar porque los productores siempre están comparando los químicos con los biológicos

12) ¿Cuánto sería la dosis a aplicar el hongo?

Referente a las dosis va a depender del producto.

13) ¿Cuánto son los costos para la reproducción de este hongo?

Producir biológico es bien económico, si es de manera artesanal lo más que puede costar una dosis son \$12, si se reproduce con selección, industrialización, control de calidad y eficacia el *Trichoderma* tiene un precio de \$25 pero se vende muy bien porque si funciona.

14) ¿Es rentable el uso de *Metarhizium* para los pequeños y medianos productores? ¿por qué?

Si no funciona el hongo o la cepa no es muy buena no es rentable para nada usar este hongo. Para pequeños y medianos productores es un tema muy complejo porque si no hay capacitación y si la hay les venden productos de mala calidad porque si a uno no le funciona todos los productores de la zona se darán cuenta y no van a querer optar por biológicos.

15) ¿Cuántos años de experiencia tiene Biotor Labs en trabajar con este hongo?

12 años de experiencia trabajando con biológicos.

Fuente: Elaboración propia

5.3 Bibliografía

- Aguirre, N., Villamizar, L., & Espinel, C. (4 de Marzo de 2009). *pH indicados en la producción de hongos entomopatógenos*. Obtenido de Efecto del pH y de la actividad de agua sobre el desarrollo de *Nomurea rileyi*: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v35n2/v35n2a05.pdf>
- Altieri, M. A., Daxl, R., & Lacayo, L. (1993). *Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura estado actual y futuro*. Tegucigapa: Andrews Keit L.
- AMUPNOR, D. d.-D. (4 de Noviembre de 2013). *D.O.D.T. AMUPNOR*. Obtenido de DIAGNOSTICO DEL PLAN MUNICIPAL DE ORDENAMIENTO Y DESARROLLO TERRITORIAL: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://www.bvsde.org.ni/Web_textos/ALCALDIAS/0002/0002DiagnosticoEsquipulas2013.pdf#10
- Antimex. (1 de Julio de 2018). *Controles de plagas*. Obtenido de Grillos en el frijol : <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4105/1/206983.pdf>
- Bertsh Hernandez, F. (12 de Febrero de 2009). *Manual de recomendaciones técnicas del frijol*. Obtenido de Manual de recomendaciones técnicas del frijol: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-9533.pdf>
- Bonilla, M. M. (1 de Enero de 2012). *Inoculación y establecimiento de endofitos de cepas de los Hongos entomopatógenos*. Obtenido de Resartchgate: https://www.researchgate.net/publication/309430834_INOCULACION_Y_ESTABLECIMIENTO_ENDOFITICO_DE_CEPAS_DE_LOS_HONGOS_ENTOMOPATOGENOS_Beauveria_bassiana_Metarhizium_anisopliae_Y_Lecanicillium_lecanii_EN_PLANTAS_DE_FRIJOL_Phaseolus_vulgaris
- Castaño, A. M., Aristazabal, M., & Gonzalez, H. (4 de Marzo de 2012). *CIENCIAS AGROPECUARIAS*. Obtenido de Humedad de suelo: <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/download/831/946?inline=1>
- CENTA. (7 de Abril de 2017). *Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal*. Obtenido de Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal: <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/Guia%20Tecnica%20Frijol.pdf>
- Ecured. (S,f). *Ecured*. Obtenido de Grillos en el cultivo del frijol : <https://www.ecured.cu/Grillo>
- Escalante, W. (S.f). *Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental*. Obtenido de Manejo Agronómico del Frijol.
- Estrada y Pavón, M. y. (1 de Septiembre de 2012). *Universidad Nacional Agraria*. Obtenido de Repositorio Facultad de Agronomía: <http://repositorio.una.edu.ni/2169/1/tnh10e82.pdf>

- Eugarrios, R. I., & Lopez, A. G. (2 de Febrero de 2010). *Costo de producción del cultivo de frijol*. Obtenido de Costo de producción del cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.) de los pequeños productores de Masaya y Carazo Postrera 2010: <http://repositorio.una.edu.ni/826/1/tne16l864.pdf>
- Gomez, J. M., & Pitty, A. (2 de Junio de 2006). *Influencia del pH en el agua para la aplicacion de herbicidas*. Obtenido de Efecto del pH del Agua en la Efectividad de los Herbicidas Glifosato, Fluazifop-p-butyl y Bentazon: file:///C:/Users/LUIS%20GARCIA/Downloads/443-Texto%20del%20art%C3%ADculo-1369-1-10-20110610.pdf
- Hallman , G. (S.f). *cgspace*. Obtenido de EL CONTROL QU IMICO DE PLAGAS DE FRIJOL: <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/81818/el-03e98811.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- IICA. (2008). *Instituto Interamericano de cooperacion para la agricultura*. Obtenido de <http://repiica.iica.int/DOCS/B2170E/B2170E.PDF>
- INFORURAL. (1 de Noviembre de 2015). *INFORURAL: Caracteristicas generales del frijol*. Obtenido de <https://www.inforural.com.mx/frijol-caracteristicas-generales/>
- INTA. (1 de Noviembre de 2009). *Ficha tecnica*. Obtenido de Ficha tecnica: <http://www.inta.gob.ni/>
- Kimura, Y. (S.f). *JICA*. Obtenido de Japan International Cooperation Agency: https://www.jica.go.jp/project/panama/0603268/materials/pdf/04_manual/manual_04.pdf
- Leger, J. (S.f). *Annual Reviews*. Obtenido de interacciones entre patógenos fúngicos y hospedadores de insectos.
- Lesmus, A. A. (1 de Abril de 2018). *UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR*. Obtenido de CONTROL DE Metarhizium anisopliae SOBRE Phyllophaga spp BAJO CONDICIONES: <http://biblio3.url.edu.gt/publijrcifuentes/TESIS/2018/06/03/Mota-Jose.pdf>
- MAG. (5 de Agosto de 2013). *Ministerio de agricultura y ganaderia*. Obtenido de Guia tecnica para el manejo agronomico del frijol : <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/Guia%20Tecnica%20Frijol.pdf>
- MAG. (6 de Abril de 2017). *Ministerio de Agricultura y Ganaderia*. Obtenido de Ministerio de Agricultura y Ganaderia: <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/Guia%20Tecnica%20Frijol.pdf>
- Mancia, J. E., Salguero, V., & Gonzales , G. (1992). *MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS EN FRIJOL*. Cali: Agricola Española SA.

- Melendez, G., & Soto, G. (3 de Marzo de 2003). *Propiedades de la materia organica en* . Obtenido de Taller de abonos organicos:
<http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Taller%20Abonos%20Org%C3%A1nicos.pdf>
- Monzon, A. (2010). *Producción y uso de hongos entomopatógenos*. Managua: Programa CATIE/MIP-AF.
- Moreno, A. (1 de Octubre de 2017). *Costos de la produccion del frijol*. Obtenido de Estructura de costos de producción de frijol rojo (*Phaseolus vulgaris* L.) de pequeños productores en la comunidad Los Jabalíes, Quilalí, Nueva Segovia, siembra de primera, 2017:
<http://repositorio.una.edu.ni/3619/>
- Nicaragua, C. p. (30 de julio de 1998). *Decretos ejecutivos*. Obtenido de Normas Juridicas de Nicaragua:
<http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/9e314815a08d4a6206257265005d21f9/a0170b85041e11260625710e0057a30b?OpenDocument>
- Nicaragua, C. P. (21 de Enero de 1999). *Cenida*. Obtenido de Decretos Ejecutivos Agropecuarios:
<http://cenida.una.edu.ni/leyes/ley291.htm>
- OIEA. (2 de Enero de 2019). *FAO*. Obtenido de Organismo internacional de energia atomica:
<https://www.iaea.org/es/temas/control-biologico>
- Pérez, E. D., & Urbina, J. O. (1 de Marzo de 2014). *Adaptabilidad de Variedades de frijol en Matagalpa*. Obtenido de Caracterización de tres variedades de semillas criollas de frijol:
<https://repositorio.unan.edu.ni/7001/1/6537.pdf>
- Pértega. (6 de junio de 2001). *Estadística descriptiva de los datos*. Obtenido de poblacion y muestra: <http://www.fisterra.com/mbe/investiga/10descriptiva/10descriptiva.asp>
- Pértega Díaz. (6 de junio de 2001). *Estadística descriptiva de los datos*. Obtenido de poblacion y muestra : <http://www.fisterra.com/mbe/investiga/10descriptiva/10descriptiva.asp>
- PRODESSA. (2014). *Identifcacion del area territorial de Jucuapa Matagalpa* . Matagalpa: Ayuda en accion .
- Ramos, E., & zuñiga, D. (21 de Diciembre de 2008). *Ecologia aplicada*. Obtenido de EFECTO DE LA HUMEDAD, TEMPERATURA Y PH DEL SUELO EN LA:
<https://www.redalyc.org/pdf/341/34111584015.pdf>
- Robin, A. (3 de septiembre de 2007). *Caracterización y plan de acción para el desarrollo de la agrocadena de Frijol (Phaseolus vulgaris)*. Recuperado el 2 de octubre de 2018, de Ministerio de Agricultura y ganaderia: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/ac-frijol-rhn-2007.pdf>

Sainz, J. C. (3 de Enero de 2015). *SCIELO*. Obtenido de Formulacion de metarrizium anisopliae:
<http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v31n3/v31n3a1.pdf>

Sepulveda , E. (3 de Enero de 2017). *Biolnia*. Obtenido de Hongos entomopatogenos:
<http://www.inia.cl/bioinia/hongos-entomopatogenos/>

Sepulveda, M. (s.f.). *INIA*. Obtenido de Biolnia.

Solis, A. (2017). *Repositorio UNA*. Obtenido de
<http://repositorio.una.edu.ni/3622/1/tne10s687.pdf>

wigodski, J. (14 de julio de 2010). *Metodologia de la investigacion*. Obtenido de Población y muestra: <http://metodologiaeninvestigacion.blogspot.com/2010/07/poblacion-y-muestra.html>