

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**BIOPLAGUICIDAS PARA EL MANEJO DE INSECTOS PLAGA EN EL CULTIVO DE
FRIJOL *Phaseolus vulgaris* (L.), CATACAMAS, HONDURAS**

POR:

MOISÉS ARMANDO PACHECO MARTÍNEZ

TRABAJO PROFESIONAL SUPERVISADO

**PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

LICENCIADO EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

DICIEMBRE, 2023

BIOPLAGUICIDAS PARA EL MANEJO DE INSECTOS PLAGA EN EL CULTIVO DE
FRIJOL *Phaseolus vulgaris* (L.), CATACAMAS, HONDURAS

POR:

MOISÉS ARMANDO PACHECO MARTÍNEZ

MARIO EDGARDO TALAVERA SEVILLA, PhD.

Asesor Principal

TRABAJO PROFESIONAL SUPERVISADO

PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

DICIEMBRE, 2023

CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE CUADROS	iv
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE ANEXOS	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo General	3
2.2. Objetivos Específicos	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1. Origen y taxonomía del frijol común	4
3.1.2 Taxonomía y morfología de la planta frijol	4
3.3. Importancia del frijol	6
3.4. Contribución del frijol a la seguridad alimentaria	7
3.5. Datos nutricionales.....	8
3.6. Uso irracional de plaguicidas sintéticos y contaminación	9
3.7. Factores que limitan la producción del frijol	9
3.8. Plagas y enfermedades del frijol.....	10
3.8.1. Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i>).	10
3.8.2. Lorito Verde (<i>Empoasca kraemeri</i>)	13
3.8.3. Crisomélidos (<i>Diabrotica sp.</i>).....	15
3.9. Métodos de control de plagas en frijol.....	16
3.9.1. Control cultural.....	16
3.9.2. Control químico	17
3.9.3. Control biológico	17
3.9.4. Bioplaguicidas.....	18

3.10. Plantas con propiedades insecticidas	19
3.10.1. Árbol de neem (<i>Azadirachta indica</i>)	20
3.10.2. El chile (<i>Capsicum annum</i>)	20
3.10.3. El ajo (<i>Capsicum annum</i>)	21
IV. MATERIALES Y MÉTODO	22
4.1. Descripción del lugar y del experimento.	22
4.2. Materiales y equipo	22
4.3. Preparación del terreno.	23
4.3.1. Siembra	23
4.3.2. Riego y control de malezas	23
4.3.3. Fertilización	24
4.4. Manejo de las plagas: aplicación de los tratamientos	24
4.5. Diseño experimental	24
4.5.1. Descripción de tratamientos	25
4.5.2. Preparación del extracto de semillas de neem	25
4.5.3. Extracto de chile + ajo + cebolla + detergente	26
4.5.4. <i>Isaria fumosorosea</i>	27
4.5.5. <i>Metarhizium anisopliae</i>	27
4.6. Variables evaluadas	27
4.6.1. Número de insectos plaga por tratamiento.	28
A. Tortuguillas (<i>Diabrotica</i> sp)	28
B. Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i>)	28
C. Lorito verde (<i>Empoasca kraemeri</i>)	28
4.7. Análisis estadístico de los resultados	29
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
5.1. Efecto de los tratamientos sobre el insecto <i>Bemisia tabaci</i>	30
5.2. Efecto de los tratamientos sobre el insecto <i>Empoasca kraemeri</i>	31
5.3. Efecto de los tratamientos sobre el insecto <i>Diabrotica</i> sp	33

VI. CONCLUSIONES.....	36
VII. RECOMENDACIONES.....	37
VIII. BIBLIOGRAFÍA	38
IX. ANEXOS.....	44

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Información nutricional del frijol.	8
Cuadro 2. Tratamientos evaluados en el experimento	25
Cuadro 3. Promedio de insectos <i>Bemisia tabaci</i> por planta contabilizados desde la semana dos a la semana 12 en cada uno de los tratamientos.....	30
Cuadro 4. Promedio de insectos <i>Empoasca kraemeri</i> por planta contabilizados de la semana dos a la 12 en cada uno de los tratamientos.....	32
Cuadro 5. Promedio por planta de insectos <i>Diabrotica sp</i> contabilizados desde la semana dos a la semana 12 en cada uno de los tratamientos.....	34

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Evolución del efecto de los tratamientos en el control de la población de <i>Bemisia tabaci</i> en el cultivo de frijol común.....	31
Figura 2. Evolución del efecto de los tratamientos en el control de la población de <i>Empoasca kraemeri</i> en el cultivo de frijol común.	33
Figura 3. Evolución del efecto de los tratamientos en la población de las especies de <i>Diabrotica sp.</i>	35

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Actividades realizadas durante	44
Anexo 2. Análisis de la varianza	45

PACHECO MARTINEZ, M. A. 2023. BIOPLAGUICIDAS PARA EL MANEJO DE INSECTOS PLAGA EN EL CULTIVO DE FRIJOL *Phaseolus vulgaris* (L.), CATACAMAS, HONDURAS. 57 p.

RESUMEN

El manejo de las plagas *Bemisia tabaci*, *Empoasca kraemeri* y *Diabrotica sp*, representa un desafío constante en la producción de frijol en Honduras, siendo controladas actualmente mediante el uso de productos químicos sintéticos que generan impactos negativos en el medio ambiente. Este estudio se centró en evaluar el impacto de dos insecticidas botánicos (ajo+cebolla+chile+detergente y semillas de neem) y dos biológicos (*Metarhizium Anisopliae* e *Isaria Fumosorosea*), así como un tratamiento control (aplicación de agua), en la incidencia de estas plagas. La investigación se llevó a cabo bajo un diseño de bloques completos al azar (DBCA) que incluyó cinco tratamientos con cuatro repeticiones. Se realizaron muestreos semanales de las plagas para realizar conteos y determinar poblaciones presentes de las mismas. Se sembró la variedad de frijol Rosita. Los análisis estadísticos revelaron resultados significativos entre los tratamientos. Para *Bemisia tabaci*, *Empoasca kraemeri* y *Diabrotica sp*, el insecticida más efectivo fue el compuesto de semillas de neem (T1), con reducciones promedio de la población del 60.8%, 71.4% y 68.8%, respectivamente. La prueba de medias de Tukey al 0.05% evidenció diferencias estadísticas entre los tratamientos a base de Extracto de semillas de neem (T1) y Ajo + chile + cebolla + detergente (T2) en control de las tres plagas, siendo más efectivos en la reducción de las poblaciones de estas que los demás tratamientos. El testigo absoluto mantuvo el promedio de insectos plaga por planta más alto (0.77). En resumen, los resultados destacan la eficacia de los tratamientos botánicos y biológicos en la reducción de las plagas evaluadas en el cultivo de frijol. Estos hallazgos respaldan la viabilidad de implementar alternativas de control más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente en la producción de este importante cultivo.

Palabras claves: *Bemisia tabaci*, *Diabrotica sp*, *Empoasca kraemeri*, insecticidas botánicos y biológicos.

I. INTRODUCCIÓN

En Honduras el frijol común es una de las leguminosas más importantes en la dieta diaria de la población. Dentro de los granos básicos, el frijol ocupa el segundo lugar después del maíz, tanto por la superficie sembrada, como por la cantidad que consume la población. En Honduras se siembran alrededor de 150 mil manzanas, que generan una producción de 1.8 millones de quintales, lo que representa un rendimiento promedio de 12 quintales por manzana (Escoto, 2015). Sin embargo, su importancia no solo radica en su contenido nutricional, también por el impacto que causa sobre la economía local, representando una fuente de empleo y su aporte al PIB nacional (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2014). Otro de los beneficios es la fijación de nitrógeno al suelo, debido a que sus raíces se encuentran en simbiosis con ciertas bacterias benéficas que son las encargadas de realizar este proceso (Paredes, 2013).

Los problemas de plagas en el cultivo de frijol que afrontan los pequeños agricultores son una de las principales limitantes de la producción. Generalmente los agricultores han controlado las plagas por medio del uso de plaguicidas sintéticos. Sin embargo, la falta de conocimiento técnico para su uso ha traído consecuencias negativas sobre la salud del agricultor, contaminación del ambiente, resistencia a los plaguicidas, aparición de nuevas plagas, eliminación de insectos benéficos y disminución de la rentabilidad del cultivo. Como consecuencia final los sistemas de producción campesina cada vez son menos sostenibles (Escuela Agrícola Panamericana, 2015).

Los bioplaguicidas son la alternativa saludable para controlar las plagas de los cultivos agrícolas, por el hecho de que sus formulaciones están compuestas por organismos vivos completos, sus partes o productos proteicos. Estos organismos vivos son también llamados

agentes de control biológico, entre los que figuran las bacterias, los hongos, los parásitos y los virus (Ibarra, 2006). Los bioplaguicidas compuestos con hongos entomopatógenos más utilizados son los que contienen a los hongos microscópicos de los géneros *Metarhizium* y *Beauveria* (Butt et al., 2016) ya que estos dos géneros presentan diferentes formas de acción que no solo actúan eliminando al insecto plaga sino también estableciendo relaciones benéficas con las plantas (Litwin et al., 2020).

El propósito de este trabajo es evaluar el efecto de diferentes bioplaguicidas para el manejo de poblaciones de *Bemisia tabaci*, *Empoasca kraemeri* y *Diabrotica sp* en el cultivo de frijol.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de diferentes bioplaguicidas para el manejo de poblaciones de *Bemisia tabaci*, *Empoasca kraemeri* y *Diabrotica sp* en el cultivo de frijol.

2.2. Objetivos Específicos

- Comparar la efectividad de tratamientos bioplaguicidas para el manejo sostenible de poblaciones de plagas insectiles en el cultivo de frijol.
- Determinar el impacto del uso de bioplaguicidas sobre número de insectos *Bemisia tabaci*, *Empoasca kraemeri* y *Diabrotica sp* en el cultivo de frijol.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Origen y taxonomía del frijol común

El frijol común pertenece al género *Phaseolus*, género que comprende un amplio número de especies que incluyen hierbas anuales perennes, erectas y volubles. La especie más importante hasta ahora es el frijol común (*Phaseolus vulgaris*), siendo este grano un complemento importante en la dieta alimenticia especialmente de la población de México, América central y Suramérica (Polanía et al. 2012).

Los estudios arqueológicos revelan que el frijol, del género *Phaseolus*, se origina en el continente americano. Al respecto se han encontrado evidencias con antigüedad de 500 a 8 mil años en algunas regiones de México, Estados Unidos y Perú (Ulloa, 2011). Se argumenta que, a principios del siglo XVI, durante la conquista española, fueron los españoles quienes llevaron a Europa las primeras semillas de frijol. Años después el producto es distribuido por comerciantes portugueses en la región de África Oriental (Reyes et al. 2008).

3.1.2 Taxonomía y morfología de la planta frijol

Clasificación taxonómica

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Fabales
Familia:	Fabaceae
Género:	<i>Phaseolus</i>

Especie: *Vulgaris*

Nombre botánico: *Phaseolus vulgaris* L.

Nombres comunes: fréjol, frijol, poroto, habichuela, judía, alubia, caraota (Freytag, 1965; Ventura et al., 2018).

La morfología de la planta oscila aproximadamente entre los 20 y 60 cm, con una raíz principal que puede alcanzar una profundidad de hasta dos metros (en algunas variedades) y raíces laterales que se desarrollan en forma radicular cónica. Así mismo, las raíces, principalmente las laterales poseen unas estructuras llamadas nódulos, que en su interior albergan las bacterias simbióticas (*Rhizobium*), las cuales tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico a la planta (Ulloa, 2011).

Con respecto a la morfología foliar, la planta de frijol presenta hojas de dos tipos: a) hojas cotiledonales, las cuales son las dos primeras hojas que surgen luego de la emergencia epigea, siendo de forma acorazonada, sencilla y opuesta y b) hojas verdaderas, que son pinnadas, trifoliadas y pubescentes. La inflorescencia aparece en forma de racimo, naciendo en las axilas de las hojas. Las flores tienen formas y colores variados, conformándose de cinco sépalos, cinco pétalos, diez estambres y un pistilo. El estandarte es el pétalo más grande y se sitúa en la parte superior de la corola. Al fruto se le denomina legumbre o vaina, que puede ser color verde, amarillo, blanco o plateado. Esta encierra las semillas que difieren en tamaño, forma y color (Debouck e Hidalgo, 1985).

3.2. Condiciones edáficas y climáticas para la producción del frijol

El frijol común destaca por su notable capacidad de adaptación, lo que le ha permitido convertirse en uno de los cultivos más extendidos en América y cultivado desde zonas las tropicales hasta templadas en los cinco continentes, prosperando su cultivo. Sin embargo, es importante destacar que el crecimiento del cultivo se ve afectado principalmente por tres factores, la precipitación pluvial, la radiación solar y la temperatura estacional.

La relación entre el crecimiento y el rendimiento del cultivo de frijol se da en función del clima en el que este se desarrolla, identificándose la disponibilidad de agua como el factor de mayor importancia. En regiones cálidas que presentan baja o irregular precipitación, la producción de biomasa y rendimiento de grano varía en función de la fecha y época de siembra. Así mismo, estudios demuestran que la producción de biomasa y rendimiento en frijol varía entre las siembras invernales y las de verano, siendo superiores en volumen de peso por unidad de área las invernales. Lo anterior debido a que la evapotranspiración y la radiación solar son más bajas en el invierno (Escalante, 2001).

De acuerdo con estudios realizados por CENTA (2008), para que el cultivo de frijol se desarrolle en buenas condiciones requiere suelos fértiles, con alto contenido de materia orgánica, texturas medias o moderadamente pesadas, buen drenaje y con buena aireación ya que es un cultivo que no tolera suelos compactos. El pH óptimo fluctúa entre 6.5 y 7.5, considerando que dentro de este límite la mayoría de los elementos nutritivos del suelo presentan una máxima disponibilidad para la planta.

3.3. Importancia del frijol

Algunos autores como Debouck e Hidalgo (1985), indican que, dentro del grupo de las leguminosas comestibles, el frijol común es una de las más importantes por ser producto indispensable en la seguridad alimentaria, además de presentar semillas con alto contenido de proteína, alcanzando hasta aproximadamente 29.33%. En ese sentido, un estudio realizado por CDAIS menciona que en Honduras el cultivo del frijol es uno de los granos básicos más importantes en la dieta diaria y que ocupa el segundo lugar solamente superado por el maíz, tanto en superficie sembrada, como en cantidad consumida por la población (Capacity Development for Agricultural Innovation System, 2017).

El cultivo de frijol en Honduras se desarrolla en todas las zonas del país, variando el área de siembra, los rendimientos y las tecnologías de manejo de una región a otra. Olancho es el departamento con mayor producción del país. En el territorio hondureño el área de siembra

del cultivo de frijol es de alrededor de 132,600 manzanas, que generan una producción de 1.5 millones de quintales, lo que representa un rendimiento promedio de 11.4 quintales por manzana (Instituto Nacional de Estadística, 2019). Las siembras se realizan por 114 mil productores en dos ciclos de siembra anuales, primera y postrera, en los cuales se siembra el 23% y 77% del cultivo, respectivamente. (Capacity Development for Agricultural Innovation System, 2017; Instituto Nacional de Estadística, 2019).

Además, el cultivo de frijol ofrece es importante para la conservación de suelos, ya que según López et al. (2010) tiene la capacidad de fijar aproximadamente 45 kilogramos de nitrógeno atmosférico por hectárea, producto de la simbiosis desarrollada con bacterias del género *Rhizobium*. Sumado a ello, también es conveniente mencionar la incorporación al suelo de materia seca posterior a la cosecha lo que mejora su fertilidad y estructura.

3.4. Contribución del frijol a la seguridad alimentaria

En Honduras, el consumo promedio anual por persona es variable, especialmente cuando se consideran criterios como disponibilidad, opciones alimenticias, procedencia (campo o ciudad) y estrato social. Sin embargo, según Escoto (2015) el consumo de frijol per cápita oscila entre un rango de 12-23 kg/persona/año, con un promedio de 14 kg/persona/año).

En los últimos años, la demanda de alimentos refleja las mayores necesidades de sustento de una población creciente, lo que conlleva a una mayor producción alimenticia, en ese sentido el cultivo de frijol desempeña un papel importante ya que nutricionalmente es muy valorado por los altos contenidos de proteína en el grano. Lo que lo sitúa como una de las principales fuentes de proteína en la dieta de grandes segmentos de la población, lo cual es relevante porque en Honduras existe un nivel elevado de desnutrición energético-proteínica, principalmente en las zonas rurales y urbanas marginales (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2021).

Las legumbres son un excelente alimento complementario para que los lactantes y niños pequeños satisfagan sus necesidades diarias de energía. Pueden incluirse en la dieta de los niños por medio de alimentación familiar y los programas de comidas escolares tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2021). Por otro lado, combinación con otros alimentos, aumenta el valor nutricional de las legumbres facilitando al organismo la absorción de hierro y otros minerales que contienen las legumbres.

3.5. Datos nutricionales

El frijol común es la leguminosa más importante para consumo humano en el mundo, ya que es una fuente importante de proteína, calorías, vitaminas del complejo B y minerales. Así mismo, el frijol es rico en componentes bioactivos como inhibidores de enzimas, lecitinas, entre otras. Además, dentro de sus actividades biológicas están la capacidad antioxidante, la reducción del colesterol y lipoproteínas, por lo que tiene efecto protector contra enfermedades cardiovasculares y se ha mostrado que el consumo del frijol tiene efectos favorables contra el cáncer (Urbina-Herrera, 2021). De acuerdo con Aguilar (2015) el frijol contiene más proteínas y hierro que la papa (2% de proteínas y 1 mg de hierro/porción) y el maíz (3.3% de proteínas y 89 mg de hierro/porción), es tan nutritivo como la carne.

Cuadro 1. Información nutricional del frijol.

Tamaño de la Porción	1 taza (200 g) Por porción
Energía	1,598 kJ 382 kcal
Proteína	14.02 g
Carbohidratos	54.12 g
Fibra	13,9 g
Grasa	13.03 g
Grasa Saturada	4,928 g
Grasa Poliinsaturada	1,872 g
Grasa Monoinsaturada	5,396 g
Colesterol	13 mg
Sodio	1,068 mg
Potasio	906 mg

Fuente: Todoalimentos (2023).

3.6. Uso irracional de plaguicidas sintéticos y contaminación

El termino contaminación del suelo se refiere a la presencia de un químico o una sustancia fuera de sitio y/o presente en una concentración más alta de lo normal que tiene efectos adversos sobre cualquier organismo al que no están destinados. La contaminación del suelo con frecuencia no puede ser directamente evaluada o percibida visualmente, convirtiéndola en un peligro oculto (Rodríguez-Eugenio et al. 2019). Así mismo las prácticas agrícolas modernas aceleran la contaminación del suelo por el uso intensivo de fertilizantes y plaguicidas para aumentar la productividad y reducir las pérdidas en las cosechas.

Cuando los contaminantes alcanzan altos niveles en el suelo, no solo se lleva a cabo procesos de degradación del suelo, sino que la productividad agrícola también puede resultar afectada, lo cual pone en peligro la salud humana y el medio ambiente (Rodríguez-Eugenio et al. 2019). En ese sentido, en la actualidad el uso de bioplaguicidas para el cultivo de frijol se ha convertido en una opción para el control de plagas y enfermedades.

3.7. Factores que limitan la producción del frijol

En América central existen muchas plagas importantes que pueden afectar al cultivo del frijol. La situación es muy heterogénea, puesto que las plagas de mayor importancia en algunos países o áreas son menos trascendentales en otras. Sin embargo, hay poca información sobre las pérdidas ocasionadas por las plagas en la región y acerca de estimados umbrales económicos para ser usados en control.

En América central cientos de plagas pueden atacar al frijol, solo una fracción de ellas se consideran como factor limitante, o sea, que causa daño económico, las plagas más importantes pueden variar de un país a otro o dentro del mismo país (Hallman, 1985).

Los bajos promedios de rendimiento son debidos a que la mayoría de los productores de frijol son pequeños agricultores cuyas fincas menores de dos hectáreas se encuentran usualmente

ubicadas en áreas de suelos marginales y de laderas y utilizan tecnologías de bajos insumos. La gran mayoría de estos agricultores todavía continúan utilizando variedades criollas, o algunas selecciones de variedades criollas liberadas hace más de 25 años, que son altamente susceptibles a los factores bióticos y abióticos predominantes, debido en gran parte a la falta de acceso a variedades mejoradas y semilla de calidad (Rosas, J.C., 1989).

3.8. Plagas y enfermedades del frijol

Un mal manejo o uso irracional de los insecticidas provoca consecuencias negativas, como intoxicaciones, presencia de residuos en alimentos, contaminación ambiental, aparición de nuevas plagas, eliminación de insectos benéficos y resistencia de los insectos plagas a los insecticidas (DICTA, 2013). La diversidad, cantidad, incidencia y agresividad de las plagas, sugiere un control a través de un programa de manejo integrado de plagas, que involucre la selección, implementación de estrategias de control cultural, mecánico, biológico, legal y químico.

El manejo integrado de plagas es, en realidad, una filosofía del control de plagas que no está orientada hacia la plaga, sino hacia el agroecosistema en su conjunto. Su objetivo principal es mantener un sistema saludable en el que todas las partes funcionen y en el que las plagas puedan ser toleradas hasta cierto grado. Por ello es necesario entender que el control efectivo al largo plazo es muy complejo y requiere la comprensión de los diversos componentes de un agroecosistema determinado, tanto bióticos como abióticos (Murguido et al., 2002).

3.8.1. Mosca blanca (*Bemisia tabaci*).

La mosca blanca es un insecto chupador y una de las plagas ampliamente distribuidas en regiones tropicales y subtropicales donde las temperaturas son elevadas y la precipitación pluvial es baja, condiciones climáticas óptimas para el desarrollo de poblaciones de mosca blanca, que llegan alcanzar niveles elevados. Esto ocasiona una disminución del potencial productivo del cultivo, afectando a más de 600 especies de plantas cultivadas y silvestres

cuya incidencia y prevalencia en cultivos de frijol (*Phaseolus vulgaris*) ha incrementado vertiginosamente en los últimos 5 años en todo el mundo; y lo más crítico, que medidas se deben tomar para evitar pérdidas significativas en la producción (Gutiérrez-Solórzano, 2016). En Honduras, la mosca blanca se ha convertido en los últimos años en la plaga de mayor importancia económica del frijol, cuyo manejo es complejo y difícil de realizar.

Tiene la habilidad de adquirir resistencias insecticidas utilizados para su control, principalmente los organofosforados y los piretroides. Por su condición de ser muy polífaga, se encuentra hospedando en numerosas plantas cultivadas y en malezas. El mayor peligro de la mosca blanca radica en la transmisión de ciertos virus del grupo geminivirus de frijol, tomate, chile, pepino, ayotes, sandía, melón, tabaco, soya y otros. El frijol trasmite el virus llamado ``Mosaico Dorado`` por los síntomas provocados en las hojas (DICTA, 2013).

La mosca blanca presenta cuatro estados diferenciados:

Huevo: La hembra deposita preferentemente los huevos en el envés de las hojas, unidos por un pedicelo que es insertado en el tejido de la hoja, aunque en algunos cultivos prefiere el haz. Pueden o no estar recubiertos por una secreción cerosa blanca. Los huevos son elípticos, asimétricos. Los huevos recién puestos tienen un corion suave y amarillento brillante, cubiertos por un polvillo blanco proveniente de las alas de hembra. El período de incubación varía con la temperatura y la humedad, a 25°C y 75% de HR la duración del estado de huevo es de seis a siete días (Jiménez-Martínez, 2016).

Ninfa: La ninfa pasa por cuatro instares y un estado conocido como pupa al final del cuarto instar. Una vez eclosionado el huevo emerge una pequeña ninfa que mide alrededor de 0,27 mm de largo, es móvil y se desplaza sobre la superficie de la hoja hasta que encuentra un lugar apropiado para alimentarse, introduce su pico y se fija allí donde transcurrirá el resto del estado de ninfa sin volverse a desplazar (Jiménez-Martínez, 2016).

Pupa: son ovaladas, aplanadas, de color blanco amarillento y translúcido. En todos los estadios el contorno es irregular. Pasan por tres estadios (I, II y III). Existen algunas discrepancias en la utilización del término pupa, que no lo es realmente, ya que existe alimentación en la primera parte del estado, y la transformación en adultos se produce en la parte final del mismo, sin que exista una muda pupal.

Por ello sería más correcto el nombre de ninfas en lugar de larva (I, II y III) y ninfa IV para la pupa. Sin embargo, la terminología larva-pupa sigue utilizándose en la actualidad. El período ninfal tiene una duración de 14-16 días (Jiménez-Martínez, 2016).

Adulto: están revestidos de una secreción aérea pulverulenta blanca, tienen los ojos de color rojo oscuro, con dos grupos de omatidios unidas en el centro por una o dos de ellas. Cuando están en reposo las alas se pliegan sobre el dorso formando un tejado casi rectangular. Su ciclo de vida, desde la incubación del huevo hasta la formación del adulto, dura alrededor de 22 días a una temperatura promedio de 25°C y 65% de humedad relativa.

La prevención contra una plaga se basa en hacer un riego adecuado, abonado orgánico sólido de liberación lenta, ceñirse a los calendarios de siembra recomendados, orientar correctamente el huerto para obtener las horas de sol necesarias y sobre todo elevar lo máximo posible la biodiversidad, plantando el mayor número de plantas posibles y atendiendo a compatibilidades entre ellas, lo que fortalecerá mucho la resistencia del huerto a todo tipo de plagas y enfermedades, posibilitando la vida también de mayor variedad de bichos beneficiosos. También es importante la vigilancia, cuanto más asiduamente se observe el estado de salud de las plantas, especialmente el envés de las hojas y su vigorosidad; menor será el riesgo de padecer cualquier plaga y más efectiva será la retirada manual.

Uno de los productos más efectivos en la lucha contra la mosca blanca es el jabón potásico, éste tiene la propiedad de reblandecer el exoesqueleto de los insectos, estos quedan muy debilitados y acaban muriendo, además es un producto natural e inocuo para la salud. Después de haber usado el jabón potásico, aproximadamente una hora después, viene muy

bien aplicar el aceite de neem, se trata de un insecticida natural que se extrae del fruto de este árbol, que actúa frente a una amplia gama de plagas como: mosca blanca, minador, araña roja, trips, pulgones, piojo, escarabajo de la patata, chinches. La acción conjunta de jabón potásico y neem hace que sea todavía más efectivo el tratamiento.

A continuación, también se debe aplicar un producto de limpieza para eliminar la melaza, atrayente extraordinariamente efectivo de hongos y bacterias perniciosas para la planta, estos productos suelen además llevar desinfectantes que protegerán la planta y eliminarán hongos y bacterias (Ordoñez, 2012).

Según Cuellar y Morales (2006) el frijol común no es un hospedero preferido por *B. tabaci*, pero en ausencia de otras especies más adecuadas, este insecto puede alimentarse y reproducirse sobre esta leguminosa causando un daño severo como plaga y como vector de virus. Es así como desde mediados del siglo XX diferentes geminivirus transmitidos por *B. tabaci* se han reportado afectando el frijol en América Latina.

3.8.2. Lorito Verde (*Empoasca kraemeri*)

El descenso de los rendimientos del frijol se origina fundamentalmente por el déficit nutricional, así como por la incidencia de plagas y enfermedades. Entre los insectos plagas que afectan el cultivo, el saltahoja (*Empoasca kraemeri*) es considerada en el género *Phaseolus*, ya que puede atacar en cualquier fase fenológica y a veces pérdidas totales. *Empoasca kraemeri* es el insecto plaga más importante que actúa sobre las diferentes variedades del frijol en Latinoamérica. El daño causado por esta plaga se conoce como quemado de saltahoja y es producido por los adultos y las ninfas del insecto, cuando punzan las hojas, los pecíolos y los tallos de la planta para succionar los jugos que le sirven de alimento (Arboláez et al., 2013).

El lorito verde (*Empoasca kraemeri*) también denominado chicharrita, chicharra, saltahoja y Empoasca, es una plaga de importancia económica en el cultivo del frijol en Honduras, que

en incidencia elevada influye el crecimiento y desarrollo de la planta. Como consecuencia del ataque resultan afectados los componentes de rendimiento: número de vainas por planta, número de semillas por vaina, y peso de la semilla.

El lorito verde inicia su ataque inmediatamente después de la germinación. Provoca un encorvamiento de las hojas hacia arriba o hacia abajo, que posteriormente se encrespan. Los márgenes de las hojas primarias se tornan amarillos. La planta se retrasa en su crecimiento y presenta síntomas similares a los causados por el ataque de virus. Sin embargo, hasta el momento no se conocen informes que indiquen que insecto que este insecto transmite algún virus (DICTA, 2013).

Huevo: Las hembras insertan los huevos en las hojas paralelos a las nervaduras, en los peciolos y en los tallos, pero de preferencia en los péndulos; los huevos son oblongos, translúcidos y muy pequeños. Como están dentro del tejido, solo se pueden ver mediante la utilización de técnicas de clareamiento de tejidos (CIAT, 1980).

Ninfas: Las ninfas son muy pequeñas y de color verde pálido; aunque su forma general es similar a la de los adultos, se pueden diferenciar de éstos porque carecen de alas. El insecto pasa por cinco instares ninfales que generalmente ocurren en el envés de las hojas donde fueron incubados los huevos, las ninfas van aumentando progresivamente en tamaño, intensidad de color y actividad (CIAT, 1980).

Adultos: Después de la Quinta muda aparecen los adultos los cuales miden entre 3,5 y 4,0 mm. Son de color verde pálido con manchas blancas pequeñas en la cabeza y en el tórax, tienen dos pares de alas translúcidas y un pico o estilete. y poseen patas posteriores largas que les permiten saltar a distancia considerable (CIAT, 1980).

El lorito verde es una plaga que puede llegar a ser limitante en la época de verano, ya que afecta al desarrollo y crecimiento de las plantas. El daño es ocasionado por la saliva, que es fitotóxica y es inyectada en el momento de la alimentación, lo que provoca la reducción de

la producción, que los bordes de las hojas se tornen amarillos y se encrespen y, cuando se dan ataques severos, se produce el achaparramiento de las plantas.

Por consiguiente, el frijol común tolera bajas poblaciones de la plaga; según Moura et al. (2017), se puede permitir hasta un adulto por planta, pues cuando la densidad poblacional es mayor, el rendimiento del cultivo se reduce en un 16% (De Oro Aguado, 2021).

3.8.3. Crisomélidos (*Diabrotica sp.*)

Muchas especies de crisomélidos atacan el frijol. Los más comunes son los géneros *Diabrotica*, *Neobrotica* y *Cerotoma*. La especie *Diabrotica balteata* es la más abundante. Los adultos son cucarrones pequeños de diversos colores que causan perforaciones en las hojas y pueden atacar también flores y vainas. La mayor parte del daño ocurre durante el estado de plántula, cuando el insecto consume un porcentaje relativamente alto del follaje.

Las larvas también pueden ocasionar daño en las raíces del frijol y en los nódulos radicales que contienen *Rhizobium*. Estos insectos también son vectores del virus del mosaico rugoso. La alimentación de los crisomélidos adultos tiene poco efecto en los rendimientos del frijol, excepto cuando el ataque tiene lugar durante las dos primeras semanas después de la siembra y, en menor grado, durante la floración (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2021).

Este insecto tiene un ciclo de vida completo pasa por las etapas de huevo, larva, pupa y adulto.

Huevo: eclosiona entre 5 y 7 días, miden 1mm de largo, son anaranjados y ovalados con las superficies reticuladas, las hembras lo ponen de uno en uno en el suelo, cerca de raíces de cultivos de gramíneas y malezas (Jiménez-Martínez, 2016).

Larva: período larval dura de 14- 26 días. Las larvas son delgadas como un hilo, de color blanquecino crema pálido, con la cabeza y el último segmento del abdomen de color café. Llegan a medir unos 10 mm de largo cuando está madura, pasa por tres estadíos, se vuelve más corta y más gorda en la madurez, conforme se acerca a la fase prepupal (Jiménez-Martínez, 2016).

Pupa: Las larvas empupan en una celda débil en el suelo, cerca de la superficie y del sitio de alimentación. La pupa es cremosa con ojos cafés y se puede ver en la pupa las características del adulto desarrollándose, miden de 4-5 mm de largo.

Adulto: mide de 4-6 mm de largo, tienen antenas filiformes en ambos sexos que los distinguen de *Cerotoma atrofasciata*, donde los machos tienen el cuarto segmento de las antenas alargadas y bidentadas. Los colores de *Diabrotica* pueden variar, pero generalmente son de color verde con bandas transversales de color amarillo, cabeza roja, protórax verde y abdomen amarillo (Jiménez-Martínez, 2016).

El crecimiento de las plantas afectadas se atrasará, e inclusive, si el daño ocurre muy temprano, las plantas pueden morir. El daño a las raíces ocasiona marchitamiento de las plantas, de las hojas basales y dilación en el desarrollo del cultivo. En ocasiones estos daños son mal interpretados, culpando a la mala calidad de la semilla o deterioro por el adulto. Los adultos también pueden afectar al frijol actuando como vectores del virus del mosaico rugoso (Arcos et al., 2020).

3.9. Métodos de control de plagas en frijol

3.9.1. Control cultural

Este método involucra la utilización de implementos manuales y tradicionales como el azadón, machete y algunos de tracción animal, que se adapten a las necesidades de los productores. El mismo puede ser aplicado para todos los sistemas de producción, se

recomienda hacer dos limpiezas manuales con azadón, la primera entre los 15-20 días después de la siembra y una segunda entre los 25-30 días después de la siembra, lo cual garantiza llegar a la cosecha con un nivel aceptable de limpieza del cultivo (DICTA, El cultivo del frijol, 2013).

3.9.2. Control químico

La adopción de un nuevo sistema de control de malezas en frijol, por parte de los productores a través de la utilización de productos químicos ha venido a potencializar los rendimientos y la rentabilidad producto de tener cultivos más libres de malezas, a menores costos, el marcado y continuo efecto de la migración del campo a la ciudad. hacen cada vez más difíciles las oportunidades de encontrar mano de obra calificada y oportuna.

Razón por la cual es muy común ver productores haciendo uso de prácticas como esta para controlar las malezas, ya que esto conlleva a utilizar significativamente menor cantidad de mano de obra, menor costo y más rápido a la utilización del control químico de malezas en frijol involucra el conocimiento de aspectos básicos tanto de los productos químicos a utilizar tales como: nombre del producto, modo de acción, y forma de aplicaciones (DICTA, 2013).

3.9.3. Control biológico

El control biológico de plagas contempla el fortalecimiento del control natural, la introducción de especies no-nativas de controladores y el uso de plaguicidas derivados de animales, plantas, hongos, bacterias, virus y minerales para prevenir, repeler, eliminar o bien reducir el daño causado por las plagas (Carballo, y Guaharay, 2004).

Actualmente en la agricultura se hace hincapié en el uso de productos más amigables con el ambiente y la salud humana. En este sentido, los microorganismos entomopatógenos constituyen una herramienta importante para el manejo integrado de plagas. Tal es el caso de

los hongos entomopatógenos que poseen gran potencial como agentes controladores de poblaciones de artrópodos. Entre los géneros más importantes están: *Beauveria*, *Metarhizium*, *Paecilomyces*, *Verticillium*. Dentro de estas, la especie más utilizada comercialmente alrededor del mundo es *Beauveria bassiana* por los resultados favorables que ha mostrado en el control de insectos plaga en cultivos (Coeto, 2016).

El género *Trichoderma* posee buenas cualidades para el control de enfermedades en plantas causadas por patógenos fúngicos del suelo, principalmente de los géneros *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Sclerotium*, *Pythium* y *Fusarium*, entre otros. Las especies de *Trichoderma* actúan como hiperparásitos competitivos que producen metabolitos antifúngicos y enzimas hidrolíticas a los que se le atribuyen los cambios estructurales a nivel celular, tales como vacuolización, granulación, desintegración del citoplasma y lisis celular, encontrados en los organismos con los que interactúa (Perez Sanchez, 2005).

3.9.4. Bioplaguicidas

El empleo de extractos vegetales para el control de plagas, enfermedades y arvenses en el marco de una agricultura sostenible constituye una alternativa promisorio, debido a su efectividad, bajo costo y no ser contaminantes del ambiente. Alrededor de 3,000 compuestos naturales de origen vegetal han sido reportados mostrando actividad bactericida, fungicida, insecticida, repelente y nematocida. Las plantas y sus derivados han mostrado efectos controladores contra ácaros, roedores, nematodos, bacterias, virus, hongos e insectos (Celis et al., 2008).

Desde hace mucho tiempo, los hindúes, chinos, griegos y romanos han utilizado extractos de origen vegetal para combatir roedores, insectos y preservar los alimentos almacenados. Durante muchos siglos, se han utilizado formulaciones basadas en plantas para combatir insectos plaga. Los extractos se distinguen por la presencia de metabolitos secundarios específicos que participan en las estrategias defensivas de las plantas. Estos metabolitos secundarios pueden pertenecer a grupos como compuestos nitrogenados, fenólicos o

terpenoides. Estos compuestos dan a los extractos propiedades como antialimentarias, antivirales, antimicrobianas e inhibidoras de la germinación de semillas (Celis et al., 2009). Según Nava Perez (2013), los bioplaguicidas son eficaces en el control de plagas agrícolas, sin causar daños graves al ambiente. La investigación y el desarrollo de su aplicación práctica en el campo se enfocan a mitigar la contaminación ambiental causadas por residuos de plaguicidas químicos, aunque por su naturaleza biológica también promueven el desarrollo sustentable de la agricultura. El desarrollo de nuevos bioplaguicidas estimula la modernización de la agricultura y sin duda, va a reemplazar gradualmente a una cantidad de los plaguicidas químicos.

En general, en la agricultura el manejo exitoso del cultivo depende del conocimiento de las plagas y enfermedades que lo atacan. En el cultivo de frijol se recomienda que las labores agronómicas y de cultivo se realicen en el momento adecuado. Para mejorar las condiciones del cultivo y evitar o reducir el ataque de plagas y enfermedades, se debe realizar un manejo integrado de los diversos métodos de control, que incluyen realizar diferentes tareas o prácticas de manera coordinada y en el momento adecuado. Estos métodos de control se utilizan para prevenir y evitar que las plantas se deterioren por plagas y enfermedades (Tamayo y Londoño, 2001).

3.10. Plantas con propiedades insecticidas

De acuerdo con Alfonso (2002), en las plantas son frecuentes los metabolitos secundarios con funciones defensivas contra insectos, debido a que son tóxicos para animales y algunas otras plantas, actuando como repelentes, alomonas, antialimentarios y reguladores del crecimiento. Algunas de las plantas con propiedades insecticidas son: el árbol de neem (*Azadirachta indica*), el chile (*Capsicum annum*), albahaca (*Ocimum basilicum*), Tabaco (*Nicotiana tabacum*), el madreño (*Gliricidia sepium*), Guanábana (*Annona muricata*), entre otros (Asociación Guatemalteca de Exportadores, 2021; Gonzáles y Gurdían, 1998; Leiva Gonzales, 2018.; Mejía, 2019).

3.10.1. Árbol de neem (*Azadirachta indica*)

El neem es una planta de la familia meliácea, originaria de la India y Myanmar. Es un árbol que produce flores blancas, sus frutos son drupas que se producen en racimos y tienen un color amarillo cuando alcanzan la madurez. Se usa para fines ambientales, ornamentales, para elaboración de jabones, extracción de aceites, para generar gas metano y principalmente, como insecticida biológico. El neem es muy resistente a sequías, y también, por sus propiedades, tiene pocas plagas de importancia; las principales son los ortópteros y las hormigas. Los primeros porque prefieren alimentarse de brotes tiernos, donde todavía no se acumula suficiente insecticida como para acabar con un insecto tan grande (MYCSA, 2015).

La *Azadirachtina* es el principal principio activo del árbol de neem (*Azadirachta indica*), este compuesto se encuentra en la corteza, hojas y frutos de este árbol, pero la mayor concentración se ubica en la semilla y no tiene toxicidad sobre los animales de sangre caliente. Según Fernández (2009), todas las partes del árbol contienen químicos naturales que se utilizan como insecticida, sin embargo, es la semilla la que contiene mayor cantidad de fitoquímicos útiles para la fabricación de insecticidas. Además, argumenta que su mecanismo de acción altera el comportamiento, o los procesos vitales de los insectos. Uno de los efectos más importantes de la azadiractina es que interfiere en la metamorfosis, evitando que se desarrollen en crisálidas, por tanto, mueren sin producir una nueva generación. Así mismo, en los insectos inmaduros inhibe la formación de la quitina. Otra sustancia que contiene el neem es la salanina, cuya acción es fungir como repelente de insectos.

3.10.2. El chile (*Capsicum annum*)

El chile cuenta con propiedades útiles para la salud y la agricultura, es un diurético natural, que se puede usar como laxante, es un poderoso antiséptico, antiirritante y gracias a su alto contenido en ácido cápsico (capsicum), también es un excelente repelente de insectos (FAO, 2010). El ácido cápsico o los capsaicinoides son producto de metabolito secundario en varias especies de plantas del género capsicum. Este es producido por las glándulas que se

encuentran en el punto de unión de la placenta y la pared del pericarpio (Guillen et al., 2018), el cual contiene compuestos activos lipofílico que puede dañar las membranas celulares de los insectos (Cuadrado et al., 2019).

3.10.3. El ajo (*Capsicum annum*)

El ajo tiene una función repelente por su acción sistémica al ser absorbido por la planta a través del sistema vascular; alterando así el sistema enzimático, lo que provoca cambios en la transpiración y los jugos intracelulares como la savia (Miranda, 2009). Estos efectos causan en los insectos una sobreexcitación del sistema nervioso (causado por la sustancia llamada tiosulfato) posee un efecto antialimentario, debido al contacto e ingestión del ajo.

IV. MATERIALES Y MÉTODO

4.1. Descripción del lugar y del experimento.

El presente estudio se llevó a cabo en la parcela Los Cocos de la Universidad Nacional de Agricultura, ubicada a 6 km al sureste de la ciudad de Catacamas, en el departamento de Olancho, Honduras. Esta zona presenta una temperatura promedio anual de 26 °C, humedad relativa promedio de 74%, con una altitud de 350 msnm, y una precipitación acumulada de 1,300 mm anuales.

Este estudio se realizó con la finalidad de evaluar el efecto de diferentes bioplaguicidas para el manejo de poblaciones de *Bemisia tabaci*, *Empoasca kraemeri* y *Diabrotica sp* en el cultivo de frijol durante la época de postrera entre los meses de septiembre a diciembre de 2022.

4.2. Materiales y equipo

Para el desarrollo del trabajo de investigación se utilizó la variedad de frijol Rosita, la cual fue seleccionada por su demandante grano de característica coloración rojiza en el mercado hondureño. Además, durante el establecimiento y manejo del ensayo se hizo uso de equipos e insumos como bomba manual de mochila, insecticidas botánicos de semillas de neem, ajo, chile, cebolla, detergente, *Isaria*, *Metarhizium*; fertilizante, licuadora, libreta de campo, lápiz, estacas, machete, azadón, cinta métrica, cabuya, entre otros.

4.3. Preparación del terreno.

La preparación del suelo se hizo de forma manual, realizando las actividades básicas de transformación del suelo como la eliminación de la maleza, laboreo, levantamiento de camas con la finalidad de obtener mejor aireación, drenaje, facilidad de siembra, control de malezas, fumigación, y cosecha. Posteriormente, se realizó la división y distribución de cada una de las unidades experimentales con su respectiva área en el lote previamente preparado.

4.3.1. Siembra

La siembra se realizó de forma manual con un distanciamiento entre camas de 1.5 metros. Se establecieron tres hileras por cama con 40 cm de distancia entre cada una. Cada hilera con una longitud de 5.10 m y 17 posturas de tres granos en cada una (30 cm entre postura). Después de la siembra inicial, se realizó un conteo de la germinación en toda la parcela y se identificó una deficiencia en la germinación de algunas de las posturas. Por lo tanto, fue necesario realizar una resiembra 10 días después de la siembra original para reemplazar las posturas que no habían germinado.

4.3.2. Riego y control de malezas

El agua desempeña un papel crítico en la producción de frijol. Por lo tanto, en este ensayo, se llevaron a cabo riegos manuales utilizando una regadera, principalmente por las mañanas y ocasionalmente por la tarde, de acuerdo con las demandas hídricas específicas del cultivo. Además, se llevaron a cabo controles manuales para gestionar las malezas de manera efectiva, con el propósito de prevenir la competencia por recursos como agua, luz y nutrientes con el cultivo de interés.

4.3.3. Fertilización

Se aplicó fertilizante granulado NPK en una formulación 18-46-0, a razón de dos quintales por manzana. Esta aplicación se llevó a cabo 13 días después de la siembra, a una distancia aproximada de 8 cm desde la base de los tallos de las plantas.

4.4. Manejo de las plagas: aplicación de los tratamientos

Para el manejo de plagas se trabajó con parcelas de tres surcos por cama en el cual se contabilizó el número de plagas insectiles presentes en el cultivo tomando como referencia el surco central de cada una de ellas. Se evaluó desde el primer muestreo la presencia de tres especies de insectos plaga en el cultivo. Los insectos contabilizados fueron tortuguillas (*Diabrotica sp*), mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y lorito verde (*Empoasca kraemeri*). Estos se muestrearon en el surco central de la cama en cada unidad experimental para obtener un promedio de insectos en cada muestreo realizado semanalmente. Para el control de insectos se utilizaron los insecticidas botánicos y biológicos.

La primera aplicación de los bioplaguicidas se hizo una vez que aparecieron las plagas a evaluar, específicamente en la segunda semana después de la siembra. Estas aplicaciones se realizaron por aspersión durante las primeras horas de la mañana, dos veces por semana, por 11 semanas durante el ciclo del cultivo. En total, se efectuaron 22 aplicaciones en este período. Para ello se utilizó una bomba de mochila libre de residuos de otros agroquímicos y previamente calibrada. Previo a cada una de las aplicaciones se realizaron los muestreos correspondientes para cada una de las plagas objetivo.

4.5. Diseño experimental

La investigación se estableció bajo el diseño de bloques completos al azar (DBCA), donde se evaluaron cinco tratamientos, con cuatro repeticiones, para un total de 20 unidades

experimentales, cada una formada por tres surcos. Los tratamientos estaban distribuidos de la siguiente manera: dos botánicos, dos biológicos, y un testigo sin aplicación de ningún método de control de plagas.

Se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij}: M+T_i+B_j+E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor observado en la variedad en respuesta, de i- esimo tratamiento y j-esima repetición; M = media general; T_{ij} = efecto de la variedad observada en el i-esimo tratamiento; B_{ij} = efecto de i-esimo tratamiento; y E_{ij} = Error experimental independiente aleatorizado.

4.5.1. Descripción de tratamientos

Cuadro 2. Tratamientos evaluados en el experimento

Tratamiento	Descripción
T1	Extracto de semillas de neem
T2	Ajo + chile + cebolla + detergente
T3	<i>Metarhizium anisopliae</i>
T4	<i>Isaria fumorosea</i>
T5 (Testigo absoluto)	Aplicación de agua

4.5.2. Preparación del extracto de semillas de neem

Para la preparación de este extracto, se requirió utilizar semillas de neem en un estado fenológico de maduración, caracterizado principalmente por el cambio de coloración del epicarpio de verde a amarillo. En esta fase fenológica, las semillas presentan un mesocarpio escaso y están envueltas por un endocarpio duro, lo que facilita una mayor concentración del principio activo, la Azadirachtina. Además, se aseguró que estas semillas estuvieran libres de ramas u otros elementos ajenos.

Para crear el bioplaguicida, se empleó una licuadora, en la cual se combinó un litro de agua con una libra de semillas de neem (equivalente a 454 g). Posteriormente, se procedió a licuar la mezcla hasta obtener la pasta deseada. Luego de este proceso, la pasta se dejó reposar durante dos días (48 horas). Al finalizar este período, se realizó un proceso de filtrado para obtener la solución madre, la cual contenía aproximadamente un 6% de Azadirachtina. La aplicación del extracto al cultivo se llevó a cabo durante la mañana utilizando una proporción de 1:15, es decir, un litro de extracto de neem se mezcló con quince litros de agua. Este tratamiento se aplicó dos veces a la semana, por 11 semanas.

4.5.3. Extracto de chile + ajo + cebolla + detergente

La alicina y la capsaicina, componentes presentes en el extracto de ajo y en la cáscara y las semillas del chile, respectivamente, tienen efectos significativos en las plantas y organismos que se alimentan de estas. Estos compuestos son absorbidos por el sistema vascular de la planta, lo que provoca alteraciones en el sistema enzimático y a su vez afecta la transpiración y los fluidos intracelulares, como la savia de la planta.

Por ejemplo, la capsaicina, un compuesto activo en el chile, actúa como una toxina que funciona como repelente para insectos, inhibe su ingesta y puede incluso tener propiedades antivirales. Además, altera los hábitos alimenticios de los insectos a través del contacto o la ingestión del compuesto, impactando el sistema nervioso central y actuando como un fuerte repelente que reduce el apetito de los insectos. Estos mecanismos contribuyen a la protección de las plantas contra posibles amenazas y ataques de plagas.

De la misma manera, el detergente actúa eliminando la protección cerosa de los insectos dejándoles expuestos a las inclemencias del ambiente, causando su asfixia e impidiendo que generen resistencias (Barberena Moncada, 2011).

Para la elaboración de este producto se mezclaron 100 g de chile picante seco molido, 20 g de detergente, cinco dientes de ajo y una libra de cebolla. Esta mezcla se introdujo en la

licuadora junto con un litro de agua para preparar la solución del bioplaguicida. Luego de este proceso, la pasta se dejó reposar durante dos días (48 horas). Al finalizar este período, se realizó un proceso de filtrado para obtener la solución madre. La aplicación del extracto al cultivo se llevó a cabo durante la mañana utilizando una proporción de 1:15, es decir, un litro de extracto de chile + ajo + cebolla + detergente se mezcló con quince litros de agua, dos veces a la semana, por 11 semanas.

4.5.4 *Isaria fumosorosea*

El uso de hongos entomopatógenos como la *Isaria fumosorosea* constituye un método alternativo para controlar las poblaciones de *Bemisia tabaci* y otros insectos plaga en los sistemas de producción agrícola. Además, esta estrategia ha sido bien aceptada en los programas de manejo integrado de plagas (MIP) (Ruiz et al 2013).

La aplicación de este producto se realizó por aspersión utilizando una bomba de mochila. La dosis utilizada fue de 400 gramos de *Isaria fumosorosea* por manzana, lo que equivale a 40 gramos por cada 20 litros de agua. La aplicación del tratamiento al cultivo se llevó a cabo durante la mañana, dos veces a la semana, desde la semana uno a la semana 12.

4.5.5. *Metarhizium anisopliae*

Para la aplicación de este producto se realizó mediante el uso de bomba de mochila previamente calibrado y en perfecto estado de funcionamiento, realizando dos aplicaciones por semana durante las primeras horas de la mañana a razón de una dosis de 400 gramos por manzana equivalentes a 40 g por 20 litros de agua. El total de aplicaciones fue de 22, distribuidas en 11 semanas.

4.6. Variables evaluadas

4.6.1. Número de insectos plaga por tratamiento.

Para estimar esta variable, se tomó el surco central de cada cama, el cual tenía 17 posturas de tres plantas cada una. En este surco central se realizó el conteo de los insectos presentes, mediante la observación directa de las plantas en cada unidad experimental, en los diferentes tratamientos. El muestreo y su respectivo conteo se realizó de la siguiente manera:

A. Tortuguillas (*Diabrotica* sp)

En esta plaga el muestreo se realizó de manera directa la cual consiste en la inspección y contabilización de ejemplares de Tortuguilla (*Diabrotica* sp) en el follaje de la planta la cual se realizó de forma meticulosa evitando en lo posible el ahuyentamiento rápido de la misma permitiéndonos tener un muestreo más preciso.

B. Mosca blanca (*Bemisia tabaci*)

En esta plaga el muestreo se realizó de manera directa la cual consiste en la inspección de ejemplares de Mosca Blanca (*Bemisia tabaci*) en el envés de la hoja la cual se realizó de forma meticulosa evitando en lo posible el ahuyentamiento de la misma y realizando permitírnos el correcto conteo individual.

C. Lorito verde (*Empoasca kraemeri*)

En esta plaga el muestreo se realizó de manera directa la cual consiste en la inspección de ejemplares de Lorito verde (*Empoasca kraemeri*) la cual se realizó mediante un movimiento leve de la planta induciendo al vuelo de las mismas y de esta manera poder contabilizarles de forma correcta.

DESCRIBA PARA CADA PLAGA, ASÍ COMO SE LO PIDO ARRIBA.

Este proceso se realizó dos veces por semana, (lunes y jueves) sumando en total 22 muestreos durante 11 semanas. Posterior a cada una de las mediciones se tomó nota del total de insectos encontrados de cada una de las especies y las fechas en que fueron realizadas.

4.7. Análisis estadístico de los resultados

El análisis estadístico de los datos obtenidos en cada una de las variables se realizó mediante un análisis de varianza (ANAVA) y para conocer la existencia de diferencias estadísticas entre los tratamientos se aplicaron pruebas de media de Tukey. Para estos análisis se utilizó el programa estadístico *Infostat* versión 2020 (Di Rienzo et al., 2008).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Efecto de los tratamientos sobre el insecto *Bemisia tabaci*

En los análisis de varianza (ANDEVA) sobre el efecto de los tratamientos en el control de *Bemisia tabaci*, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.0001$) entre los bioplaguicidas (Cuadro 3). Además, la prueba de separación de medias de Tukey refleja que los tratamientos de Extracto de semillas de neem (T1) y Ajo + chile + cebolla + detergente (T2) son similares entre sí y superiores al resto de tratamientos (Anexo 2).

Cuadro 3. Promedio de insectos *Bemisia tabaci* por planta contabilizados desde la semana dos a la semana 12 en cada uno de los tratamientos.

Semana	Tratamientos				
	Extracto de semillas de neem (T1)	Ajo + chile + cebolla + detergente (T2)	<i>Metarhizium anisopliae</i> (T3)	<i>Isaria fumosorosea</i> (T4)	Aplicación de agua (T5)
2	0.51	0.52	0.55	0.55	0.57
3	0.44	0.48	0.48	0.47	0.56
4	0.40	0.42	0.46	0.48	0.54
5	0.38	0.37	0.41	0.41	0.48
6	0.39	0.45	0.47	0.45	0.55
7	0.42	0.39	0.41	0.42	0.54
8	0.36	0.37	0.40	0.41	0.55
9	0.37	0.36	0.41	0.39	0.55
10	0.28	0.28	0.30	0.30	0.52
11	0.21	0.24	0.27	0.30	0.52
12	0.20	0.20	0.26	0.25	0.46
Promedio	0.36	0.37	0.40	0.40	0.53

De acuerdo con los datos obtenidos, los diferentes tratamientos, a excepción del testigo absoluto, presentan una clara disminución de la plaga a lo largo de todo el periodo del cultivo y aplicaciones de los bioplaguicidas. En el caso del testigo absoluto, este mantuvo su

comportamiento relativamente estable con una reducción cercana al 20% de la población de insectos *Bemisia tabaci* con relación al muestreo inicial. Lo anterior podría deberse a disponibilidad de alimento en la etapa de madurez de la planta (Hoshino et al., 2017). En cambio, los tratamientos Extracto de semillas de neem (T1), Ajo + chile + cebolla + detergente (T2), *Metarhyzium anisopliae* (T3) e *Isaria fumosorosea* (T4) presentaron una reducción de 60.8%, 62.7%, 53.0% y 54.1%, respectivamente (Figura 1). Lo anterior indica que sí hubo un efecto positivo de estos bioplaguicidas en el control de la plaga *Bemisia tabaci*.

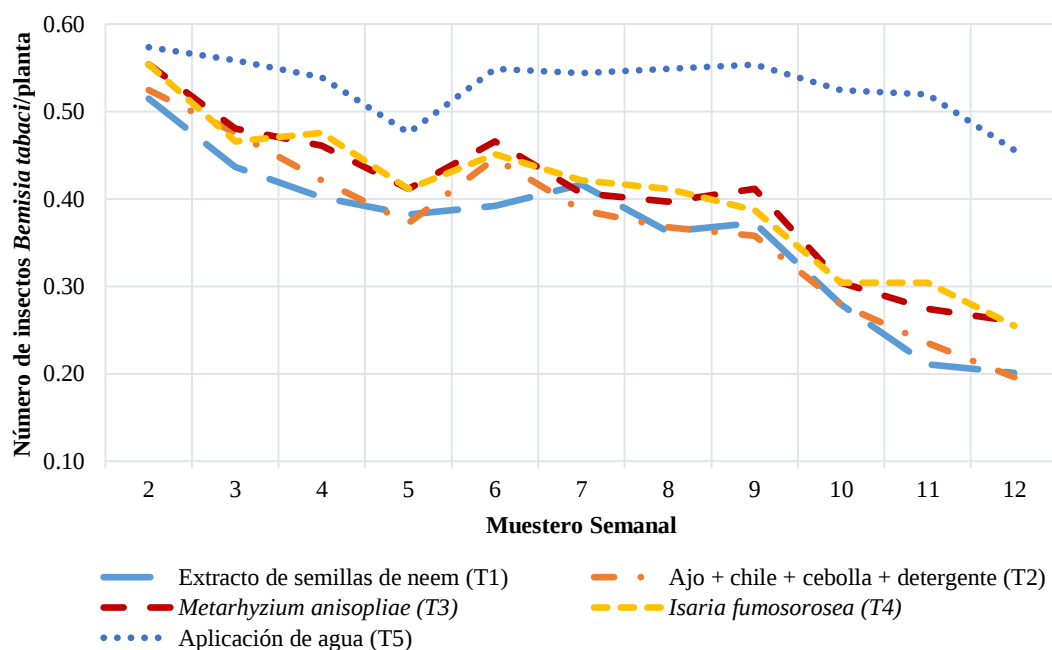


Figura 1. Evolución del efecto de los tratamientos en el control de la población de *Bemisia tabaci* en el cultivo de frijol común.

5.2. Efecto de los tratamientos sobre el insecto *Empoasca kraemeri*

En cuanto a los datos obtenidos para *Empoasca kraemeri*, el análisis de varianza detectó diferencias significativas ($p < 0.0001$) entre los bioplaguicidas (Cuadro 4). Además, la prueba de separación de medias de Tukey refleja que el tratamiento de Extracto de semillas de neem (T1) presentó en promedio mejores resultados en el control de la plaga *Empoasca kraemeri*, el cual fue similar al tratamiento de extracto de Ajo + chile + cebolla + detergente (T2). Sin

embargo, fue diferente estadísticamente a los tratamientos de *Metarhizium anisopliae* (T3), *Isaria fumosorosea* (T4) y con el testigo absoluto (Anexo 2).

Cuadro 4. Promedio de insectos *Empoasca kraemeri* por planta contabilizados de la semana dos a la 12 en cada uno de los tratamientos.

Semana	Tratamientos				
	Extracto de semillas de neem (T1)	Ajo + chile + cebolla + detergente (T2)	<i>Metarhizium anisopliae</i> (T3)	<i>Isaria fumosorosea</i> (T4)	Aplicación de agua (T5)
2	0.14	0.11	0.12	0.12	0.12
3	0.11	0.12	0.12	0.12	0.14
4	0.08	0.10	0.12	0.10	0.13
5	0.10	0.11	0.12	0.12	0.14
6	0.10	0.10	0.11	0.12	0.15
7	0.08	0.09	0.11	0.11	0.16
8	0.09	0.09	0.11	0.11	0.15
9	0.08	0.09	0.10	0.11	0.14
10	0.07	0.08	0.10	0.10	0.15
11	0.04	0.07	0.07	0.07	0.14
12	0.04	0.06	0.05	0.07	0.13
Promedio	0.09	0.09	0.10	0.10	0.14

El comportamiento de los datos obtenidos en los conteos semanales para la presencia de la plaga *Empoasca kraemeri* muestra una evidente disminución de la población en todo el ciclo del cultivo (Figura 2). Los tratamientos Extracto de semillas de neem (T1), Ajo + chile + cebolla + detergente (T2), *Metarhizium anisopliae* (T3) e *Isaria fumosorosea* (T4) presentaron una reducción con respecto al conteo inicial de 71.4%, 48.3%, 55.6% y 44.4%, respectivamente. Lo anterior indica que hubo un efecto positivo de estos bioplaguicidas en el control de la plaga *Empoasca kraemeri*. Sin embargo, es importante mencionar que el testigo absoluto no presentó diferencias estadísticas entre los promedios semanales durante el ciclo del cultivo. Estos mantuvieron un promedio de 0.14 insectos por planta en el área de muestreo.

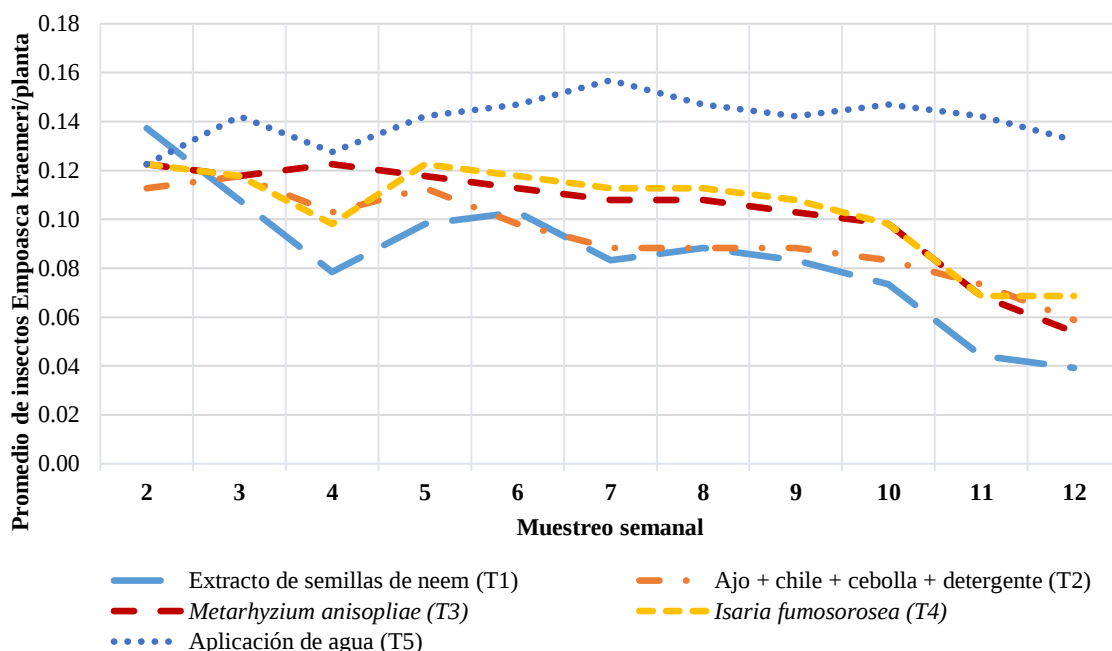


Figura 2. Evolución del efecto de los tratamientos en el control de la población de *Empoasca kraemeri* en el cultivo de frijol común.

5.3. Efecto de los tratamientos sobre el insecto *Diabrotica sp*

En el análisis de varianza para la variable número promedio de *Diabrotica sp.* por planta, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.0001$) entre los bioplaguicidas aplicados (Cuadro 5). La prueba de separación de medias de Tukey refleja que el tratamiento de Extracto de semillas de neem (T1) presentó, en promedio, mejores resultados en el control de esta plaga, el cual fue similar al tratamiento de extracto de Ajo + chile + cebolla + detergente (T2). Sin embargo, fue diferente estadísticamente a los tratamientos de *Metarhyzium anisopliae* (T3), *Isaria fumosorosea* (T4) y el testigo absoluto (Anexo 2).

Cuadro 5. Promedio por planta de insectos *Diabrotica sp* contabilizados desde la semana dos a la semana 12 en cada uno de los tratamientos.

Semana	Tratamientos				
	Extracto de semillas de neem (T1)	Ajo + chile + cebolla + detergente (T2)	<i>Metarhizium anisopliae</i> (T3)	<i>Isaria fumosorosea</i> (T4)	Aplicación de agua (T5)
2	0.16	0.16	0.16	0.12	0.16
3	0.12	0.11	0.11	0.11	0.14
4	0.10	0.10	0.12	0.11	0.14
5	0.11	0.11	0.11	0.11	0.14
6	0.12	0.11	0.12	0.12	0.14
7	0.09	0.10	0.11	0.11	0.17
8	0.09	0.10	0.11	0.12	0.16
9	0.09	0.09	0.11	0.11	0.16
10	0.08	0.08	0.10	0.11	0.16
11	0.07	0.08	0.09	0.10	0.15
12	0.05	0.06	0.07	0.08	0.15
Promedio	0.10	0.10	0.11	0.11	0.15

Cabe resaltar que, en el caso de la plaga *Diabrotica sp.* a medida se hicieron las aplicaciones de los tratamientos, mostró una evidente disminución de la población en todo el ciclo del cultivo en comparación con el testigo absoluto (Figura 3). Los tratamientos Extracto de semillas de neem (T1), Ajo + chile + cebolla + detergente (T2), *Metarhizium anisopliae* (T3) e *Isaria fumosorosea* (T4) presentaron una reducción con respecto al conteo inicial de 68.8%, 62.5%, 56.3% y 36.5%, respectivamente (Figura 3). Lo anterior indica que hubo un efecto positivo de estos bioplaguicidas en el control de la plaga *Diabrotica sp.* El testigo absoluto por su parte, mantuvo el promedio de insectos plaga más elevado por planta.

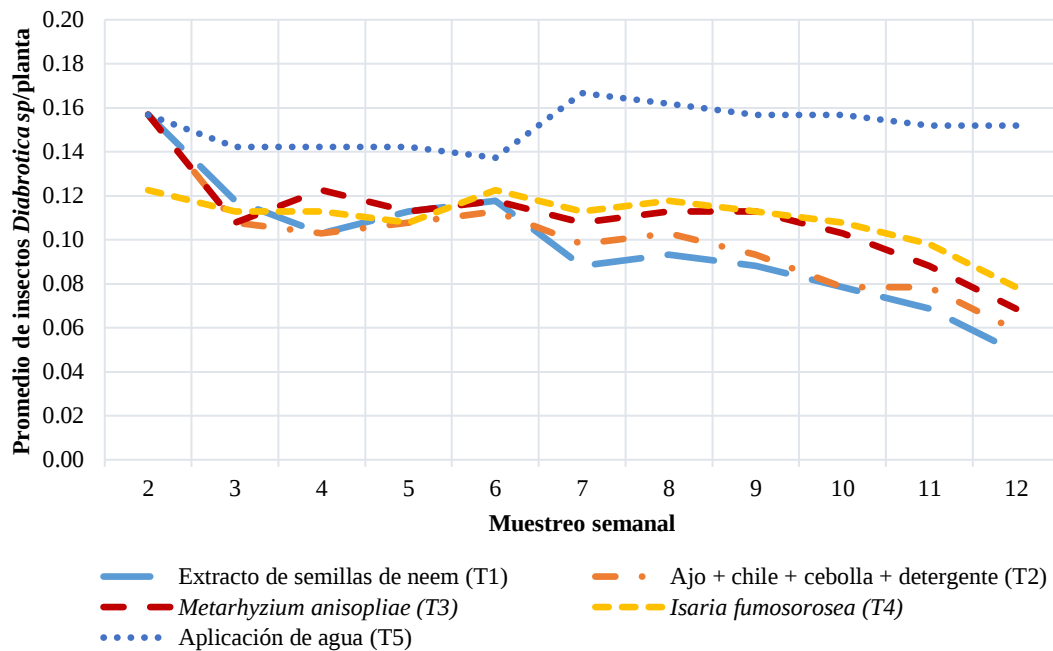


Figura 3. Evolución del efecto de los tratamientos en la población de las especies de *Diabrotica* sp.

VI. CONCLUSIONES

- Los bioplaguicidas evaluados mostraron un efecto positivo en la reducción de las poblaciones de las plagas *Bemisia tabaci*, *Empoasca kraemeri* y *Diabrotica sp*, logrando porcentajes de reducción de las tres plagas entre el 53.0% y el 71.4% con respecto al tratamiento control, lo que indica un efecto eficaz en el control de estas plagas.
- Los bioplaguicidas evaluados, Extracto de semillas de neem, Ajo + chile + cebolla + detergente, *Metarhizium anisopliae* e *Isaria fumosorosea*, demostraron ser alternativas efectivas para el control de plagas en el cultivo de frijol. Estos hallazgos respaldan la viabilidad de utilizar bioplaguicidas como parte de un enfoque sostenible en la gestión de plagas en este cultivo.

VII. RECOMENDACIONES

- Se sugiere priorizar el uso de bioplaguicidas como alternativa en programas de Manejo Integrado de Plagas implementados en sistemas de producción sostenible por su menor impacto ambiental y en la salud humana en comparación con los productos químicos sintéticos convencionales.
- Es recomendable repetir esta investigación en diferentes épocas del año para evaluar los bioplaguicidas con diferentes niveles poblacionales de las plagas incluidas en este estudio.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, M. (2015). Introducción de tres variedades de frejol (*Phaseolus vulgaris* L) con la aplicación de inoculante en la comunidad Pariguaya, provincia Sud Yungas del departamento de La Paz. <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/5728>
- Alfonso, M. (2002). Los plaguicidas botánicos y su importancia en la agricultura orgánica. *Agricultura Orgánica* 2, 26–30.
- Arboláez, H., Sousa, J., González, Y., Ruiz, R., y Lagoa, Y. (2013). Preferencia varietal de *Empoasca kraemeri* Ross y Moore sobre variedades de frijol común en Villa Clara, Cuba. *Centro Agrícola*, 40(3), 79-83.
- Arcos, J., Rojas, D. C., Guerrero, C., y Prado-Murcia, M. V. (2020). Recomendaciones para la producción de grano de maíz biofortificado en Colombia.
- Asociación Guatemalteca de Exportadores (2021). Albahaca, *Ocimum basilicum*. Asociación Guatemalteca de Exportadores (AGEXPORT). Ciudad Guatemala.
- Capacity Development for Agricultural Innovation System (2017). Cadena de frijol dignifica el cultivo y rescata la confianza de los productores. CDAIS Honduras. <https://cdais.net/2018/08/17/honduras-una-historia-de-cambio-acerca-del-frijol/>
- Carballo, M., y Guaharay, F. (2004). Control biológico de plagas agrícolas.
- Celis, A., Mendoza, C. F., y Pachón, M. E. (2009). Uso de extractos vegetales en el manejo integrado de plagas, enfermedades y arvenses: revisión. *Temas agrarios*, 14(1), 5-16.
- Celis, Á., Mendoza, C., Pachón, M., Cardona, J., Delgado, W., y Cuca, L. E. (2008). Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en la familia Piperaceae. Una revisión. *Agronomía colombiana*, 26(1), 97-106.

- Centro Internacional de Agricultura Tropical (1980). El Lorito Verde (*Empoasca kraemeri* Ross y Moore) y su control. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia.
- Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (2011). Guía Técnica para el Manejo de Variedades de Frijol. Programa de granos básicos. CENTA. San Salvador, El Salvador. <https://fddocuments.ec/document/2011-centa-guia-tecnica-para-el-manejo-de-las-variedades-de-frijol.html?page=1>
- Coeto, J. (2016). *Beauveria bassiana* en el Control Biológico de Patógenos.
- Cuadrado, J., Pinillos, E., Tito, R., Mirones, C., y Gamarra Mendoza, N. N. (2019). Insecticidal properties of capsaicinoids and glucosinolates extracted from *Capsicum chinense* and *Tropaeolum tuberosum*. *Insects*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/insects10050132>
- Cuellar, M. E., & Morales, F. J. (2006). La mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) como plaga y vectora de virus en fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Colombiana de Entomología*, 32(1), 1-9.
- Debouck, D.G e Hidalgo, R. 1985. Morfología de la planta de frijol común. Compilado por: López, Marceliano; Fernández F. y Schoonhoven, A. (eds.). Frijol: Investigación y producción. Programa de las Naciones Unidas (PNUD); Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. P. 7-41.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia *InfoStat*, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <Http://www.infostat.com.ar>
- DICTA (2013). El cultivo del frijol. Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA), Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG). Tegucigalpa, Honduras. <https://dicta.gob.hn/files/2013,-Cultivo-de-frijol,-G.pdf>
- DICTA (2021). Perfil del cultivo del frijol en Honduras. Secretaria de Agricultura y Ganadería, Honduras. <https://www.dicta.gob.hn/files/2021-GBF059-Perfil-del-cultivo-del—frijol-en-Honduras.pdf>
- Escalante J.A.; Escalante, L.E y Rodríguez, M.T. (2001). Producción de frijol, en dos épocas de siembra: su relación con la evapotranspiración, unidades calor y radiación solar en clima

cálido. Terra Latinoamericana, 19(4), 309-315.
<https://www.redalyc.org/pdf/573/57319403.pdf>

Escoto, N (2015). Manual para el cultivo de frijol en Honduras. Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA), Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG). Tegucigalpa, Honduras, C.A. <https://dicta.gob.hn/files/2015,-Manual-para-el-cultivo-de-frijol-en-Honduras,-G.pdf>

Escuela Agrícola Panamericana (2015). Manual de manejo integrado de plagas en el cultivo de frijol. Tegucigalpa, Honduras. <http://hdl.handle.net/11036/4105>

Fernández, A. y Sánchez, E. (2017). Estudio de las propiedades fisicoquímicas y calidad nutricional del frijol. Revista *Nova Scientia*, 9(18), 133-148.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6488447.pdf>

Fernández, P. 2009. Bioinsecticidas en la producción de hortalizas y frutas. Quito, Ecuador.
<http://es.slideshare.net/cephasx/bioinsecticidas?related=2>

Freytag, George (1965). Clasificación del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L. y especies afines). Revista Ceiba 11(1). <https://revistas.zamorano.edu/index.php/CEIBA/article/view/312/1182>

González, J. M. y Gurdián, W. (1998). El cultivo del tabaco (*Nicotiana tabacum*). Escuela Agrícola Panamericana. Tegucigalpa, Honduras.
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/ed435b7f-76d8-46c9-9298-cd8aa0053123/content>

Guillen, N., Tito, R., y Mendoza, N. (2018). Capsaicinoids and pungency in *Capsicum Chinense* and *capsicum baccatum* fruits. *Pesquisa Agropecuaria Tropical*, 48(3), 237–244.
<https://doi.org/10.1590/1983-40632018v4852334>

Gutiérrez-Solórzano, M. B. (2016). Efecto de insecticidas biológicos para el control de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y rendimiento del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en condiciones climáticas del Valle de Huánuco-2016.

Hallman, G.J. (1985). Las plagas como factores limitantes en la producción de frijol. Ceiba (Honduras). 26(1):115-121. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/88549>

- Hoshino, A., Buratto, J., Días, B., Luski, P. y Androcioli, H. (2017). Resistance of different common bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.) to whitefly (*Bemisia tabaci* Gennadius, 1889) biotype (Hemiptera: Aleyrodidae). <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2722&context=usdaarsfacpub>
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2014). Cadena de valor de maíz blanco y frijol en Centro América: Actores, problemas y acciones para su competitividad. <http://www.iica.int/sites/default/files/publications/files/2015/B3427e.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística (2019). Superficie, producción y rendimiento de los granos básicos, según cultivo y año agrícola Años agrícolas (2010-2011 al 2018-2019). INE, Honduras. <https://www.ine.gob.hn/publicaciones/anuarios%20sen/Anuariosen2015-2019/3SectoresEconomicos.html>
- Jiménez-Martínez, E. (2016). Plagas de Cultivos. Universidad Nacional Agraria (UNA). Managua, Nicaragua. 235p.
- Leiva-Gonzales (2018). Estudio de factibilidad para la producción de Guanábana (*Annona muricata* L.) en Honduras.
- López, M.; Martínez, R., Brossard, M. y Toro, M. (2010). Capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico de cepas nativas de agroecosistemas venezolanos. *Agronomía Tropical*, 60(4), 355-362. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2010000400004&lng=es&tlng=es.
- Mejía, H. J. (2019). Caracterización del madreado utilizado en la carbono-neutralidad.
- Miranda, J. (2009). Una composición de repelente botánico a base de *allium sativum* y ácidos húmicos para combatir insectos plaga y procedimiento de obtención y usos. Celaya, Guanajuato, México.
- Murguido, C., Vázquez, L., Elizondo, A., Neyra, M., Velázquez, Y., Pupo, E., Reyes, S., Rodríguez, I., y Toledo, C. (2002). Manejo integrado de plagas de insectos en el cultivo del frijol. *Fitosanidad*, 6(3), 29-39. <https://www.redalyc.org/pdf/2091/209118292003.pdf>
- MYCSA. (2015). Uso de extractos de neem como estrategia biológica para el control de plagas.

- Nava-Pérez, E., García-Gutiérrez, C., Camacho-Báez, J. R., y Vázquez-Montoya, E. L. (2012). Bioplaguicidas: una opción para el control biológico de plagas. *Ra Ximhai*, 8(3), 17-29.
- Ordoñez, C. (2012). Como combatir a la mosca blanca.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2021). Seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Roma, Italia. <https://www.fao.org/americas/prioridades/seguridad-alimentaria/es/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2010). Biopreparados para el manejo sostenible de plagas y enfermedades en la agricultura urbana y periurbana. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Roma, Italia. <https://www.fao.org/3/as435s/as435s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2020). Manejo fitosanitario. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Roma, Italia.
- Paredes, C. (2013). Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas. Tesis de Ingeniería publicada, Pontificia Universidad Católica Argentina, Carolina, Argentina.
- Polanía, J., Rao, I., Mejía, S., Beebe, S. E., y Cajiao, C. (2012). Características morfo-fisiológicas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) relacionadas con la adaptación a sequía. *Acta Agronómica*, 61(3), 197-206.
- Reyes, E.; Padilla, L.; Pérez, O. y López, P. (2008). Historia, naturaleza y cualidades alimentarias del frijol. *Revista Investigación Científica*. 4(3). <http://ricaxcan.uaz.edu.mx/jspui/bitstream/20.500.11845/268/1/Perez%20Oscar.%20Historia.pdf>
- Rodríguez-Eugenio, N., McLaughlin, M. y Pennock, D. (2019). La contaminación del suelo: una realidad oculta. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). <https://www.fao.org/3/i9183es/i9183es.pdf>

- Rosas, J. C. (1989). Mejoramiento del frijol rojo pequeño en Honduras. Tegucigalpa, HND. <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/79692/83Tallermejorafrijolnegro89.pdf?sequence=1>
- Ruiz, E.; Chan, W.; Alejo, J.; Tun, J.; Pérez, A.; y Lara, J. (2013). Virulencia de aislados monospóricos de *Isaria fumosorosea* sobre inmaduros de *Bemisia tabaci*. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 4(3), 381-392. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342013000300004&lng=es&tlng=es.
- Tamayo, P. J., y Londoño, M. E. (2001). Manejo integrado de enfermedades y plagas del frijol: Manual de campo para su reconocimiento y control. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-CORPOICA.
- Todoalimentos (2023). Tabla Nutricional: Frijoles. Valencia, España. <http://www.todoalimentos.org/frijoles/>
- Ulloa, J. A.; Rosas, P.; Ramírez, C. y Ulloa, B. (2011). El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. *Revista Fuente* 3(8) Julio - septiembre 2011. <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/1.pdf>
- Urbina-Herrera, F. N. (2021). Efecto protector de principios bioactivos presentes en legumbres sobre la disfunción endotelial (Doctoral dissertation, Universidad de Talca (Chile). Escuela de Tecnología Médica.).
- Ventura, R; Clará, A.; Bruno, O. y Parada, J.R. (2018). Cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Programa de granos básicos, Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). San Salvador, El Salvador. <https://www.centa.gob.sv/download/guia-tecnica-cultivo-de-frijol/#>

IX. ANEXOS

Anexo 1. Actividades realizadas durante el trabajo profesional supervisado.



Cultivo de frijol en fase de crecimiento.



Cultivo de frijol en fase terminal.



Frascos de almacenamiento y fermentación de bioplaguicidas.



Herramientas y materiales para la aplicación de los bioplaguicidas.

Extracción de dicotiledón de semilla de neem.



Conteo de vainas por planta y peso de grano.



Anexo 2. Análisis de la varianza

2.1 Comportamiento de los bioplaguicidas en el control de *Bemisia tabaci*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
<i>Bemisia tabaci</i>	20	0.98	0.97	2.55

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.07	4	0.02	163.03	<0.0001
Trat	0.07	4	0.02	163.03	<0.0001
Error	1.7E-0.3	15	1.1E-0.4		
Total	0.07	19			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.02307

Error: 0.0001 gl: 15

Trat	Medias	N	E.E.	
Extracto de semillas de neem	0.36	4	0.01	A
Ajo + chile + cebolla + detergente	0.37	4	0.01	A
<i>Metarhizium anisopliae</i>	0.41	4	0.01	B
<i>Isaria fumosorosea</i>	0.41	4	0.01	B
Aplicación de agua	0.53	4	0.01	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

2.2 Comportamiento de los bioplaguicidas en el control de *Empoasca kraemeri*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
<i>Empoasca kraemeri</i>	20	0.94	0.92	5.77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.01	4	2.0E-03	54.20	<0.0001
Trat	0.01	4	2.0E-03	54.20	<0.0001
Error	5.5E-04	15	3.7E-05		
Total	0.01	19			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.01322

Error: 0.0000 gl: 15

Trat	Medias	N	E.E.	
Extracto de semillas de neem	0.09	4	3.0E-03	A
Ajo + chile + cebolla + detergente	0.09	4	3.0E-03	AB
<i>Metarhizium anisopliae</i>	0.10	4	3.0E-03	B
<i>Isaria fumosorosea</i>	0.11	4	3.0E-03	B
Aplicación de agua	0.14	4	3.0E-03	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

2.3 Comportamiento de los bioplaguicidas en el control de *Diabrotica* sp

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diabrotica	20	0.96	0.95	3.77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.01	4	1.8E-03	97.91	<0.0001
Trat	0.01	4	1.8E-03	97.91	<0.0001
Error	2.8E-04	15	1.8E-05		
Total	0.01	19			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00935

Error: 0.0000 gl: 15

Trat	Medias	N	E.E.	
Extracto de semillas de neem	0.10	4	2.1E-03	A
Ajo + chile + cebolla + detergente	0.10	4	2.1E-03	A
<i>Metarhizium anisopliae</i>	0.11	4	2.1E-03	B
<i>Isaria fumosorosea</i>	0.11	4	2.1E-03	B
Aplicación de agua	0.15	4	2.1E-03	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)