



Universidad
Nacional
Francisco Luis
Espinoza Pineda

**Informe final de investigación para optar al título de
Ingeniero Agropecuario**

**Alternativas agroecológicas para el control de zompopo
(*Atta cephalotes*), Universidad Nacional Francisco Luis
Espinoza Pineda 2025**

Autores

José Alejandro Marín González

María Celeste Valarezo Quintero

Tutor

Ing. Juan José Monzón Talavera

Asesor

M.Sc. Roberto Armando Ramos Andino

Estelí, agosto de 2025

Este informe final de investigación fue aceptado en su presente forma por la Oficina de Investigación de la Dirección de Ciencias Agropecuarias (DCA) de la Universidad Nacional Francisco Luis Espinoza Pineda (UNFLEP), y aprobado por el Honorable Comité Evaluador nombrado para tal efecto, como requisito parcial para optar al título de: **INGENIERO AGROPECUARIO.**

Tutor

Ing. Juan José Monzón Talavera

Asesor

M.Sc. Roberto Armando Ramos Andino

Comité evaluador

Ing. Byron Uriel Rojas Valverde

M.Sc. Sayda Yadira Flores Toruño

Ing. Sara del Carmen Pérez Torrez

Sustentantes

Br. José Alejandro Marín González

Br. María Celeste Valarezo Quintero

ÍNDICE

Contenido	Páginas
ÍNDICE DE TABLAS	i
ÍNDICE DE FIGURA	ii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	vi
RESUMEN	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	2
III. JUSTIFICACIÓN	4
IV. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	6
V. OBJETIVOS	7
5.1. Objetivo general	7
5.2. Objetivos específicos	7
VI. LIMITACIONES	8
VII. MARCO TEÓRICO	9
7.1. Agroecología.....	9
7.1.1. Agroecología en el control de plagas	9
7.2. Plagas	9
7.2.1. Zompopos.....	9
7.2.2. Ciclo biológico	10
7.2.3. Actividades en la colonia	11
7.3. Daño de los zompopos.....	13
7.4. Alternativas agroecológicas para reducir la población de hormigas arrieras.....	13
7.5. Cajas de forrajeo para crianza de hormigas arrieras.....	18
7.5.1. Usos de las cajas de forrajeo	18
VIII. HIPÓTESIS	20

IX. DISEÑO METODOLÓGICO	21
9.1. Ubicación Geográfica	21
9.2. Enfoque, alcance de la investigación experimental.....	21
9.3. Descripción de unidad de análisis	22
9.4. Nivel de amplitud	23
9.5. Variables con su operacionalización	24
9.6. Diseño experimental	26
9.7. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	26
9.8. Procedimientos para el análisis de datos	28
9.9. Consideraciones éticas.....	28
X. RESULTADOS Y DISCUSIONES	29
XI. CONCLUSIONES	40
XII. RECOMENDACIONES.....	41
XIII. BIBLIOGRAFÍA	42
XIV. ANEXOS	45

ÍNDICE DE TABLAS

Contenido	Páginas
Tabla 1. Taxonomía de los zompopos	10
Tabla 2. Estadios de formación del hormiguero	11
Tabla 3. Matriz de conceptualización y operacionalización de las variables	24
Tabla 4. Tratamientos	26
Tabla 5. Estimación económica de costos por tratamiento.....	37

ÍNDICE DE FIGURA

Contenido	Páginas
Figura 1. Mapa de organización social de los zompobos.....	12
Figura 2. Humedad relativa	29
Figura 3. Temperatura.	30
Figura 4. Porcentaje de reducción día 1	31
Figura 5. Porcentaje de reducción día 2	32
Figura 6. Porcentaje de reducción día 3	33
Figura 7. Porcentaje de reducción día 4	34
Figura 8. Porcentaje de reducción día 5	35
Figura 9. Porcentaje de efectividad de los tratamientos	36

ÍNDICE DE ANEXOS

Contenido	Páginas
Anexo 1. Ubicación del experimento	45
Anexo 2. Diseño experimental DCA.....	45
Anexo 3. Análisis estadísticos.....	46
Anexo 4. Análisis de costos	50
Anexo 5. Galería fotográfica	51

DEDICATORIA

Con cariño y total agradecimiento a Dios, por brindarme la inteligencia, la sabiduría, la paciencia y el entendimiento; por acompañarme en cada momento y en cada paso que doy; por darme la fortaleza para seguir adelante.

A mi madre, Yohanya Altagracia González por ser mi ejemplo de amor, esfuerzo y fortaleza, por su apoyo incondicional, por sus sacrificios silenciosos y por creer en mi incluso cuando yo dudaba, sin ti nada de esto fuera posible, Con todo mi amor y gratitud te dedico este logro

A mi padre, Miguel Ángel Marín, por enseñarme el valor del trabajo, la perseverancia, gracias por su guía, por su apoyo constante y por ser un pilar firme en mi vida. sus palabras, su ejemplo y su confianza en mí han sido fundamentales para llegar hasta aquí.

A mi Abuelo, José Vidal Colindres hombre de tierra y de manos sabias, que me enseñó con su ejemplo el valor del trabajo honrado, la paciencia de la siembra y la nobleza del campo. Gracias por transmitirme el respeto por la naturaleza y el trabajo bien hecho.

A mis abuelas, Teresa de Jesús Vázquez y Altagracia Inés Pineda por su amor incondicional, su sabiduría y sus oraciones constantes. Gracias por ser ejemplo de fortaleza y ternura. Este logro también honra su legado.

A mi hermano, Tiaho Camilo Marin, mi motor, mi alegría y mi fuerza para seguir adelante. Eres mi inspiración diaria y una razón inmensa para dar siempre lo mejor de mí. Este logro también es para ti, con todo mi amor.

En Memoria

A mi querido padrino, Erick Antonio Torres, tu ausencia duele, pero tu recuerdo me acompaña siempre, Gracias por todo lo que fuiste en mi vida, este logro también es para ti.

José Alejandro Marín González

DEDICATORIA

A Dios, porque en medio de mis caídas, de mis dudas, de mis momentos más oscuros, siempre me ha dado la fuerza que necesito, la paz que calma mis tormentas y la luz que me permite seguir adelante cuando siento que todo se apaga. Gracias por no soltarme, incluso cuando yo misma sentía que ya no podía más.

A mi madre, por su amor incondicional, por estar siempre ahí, firme, constante, como un refugio silencioso que sostiene sin pedir nada a cambio. Gracias por enseñarme con tu ejemplo que el amor verdadero se demuestra en los pequeños gestos de cada día.

Pero esta dedicatoria, con todo mi corazón, va especialmente para mi padre: mi mejor amigo, mi fan número uno, mi guía cuando me pierdo, y el impulso que me levanta cuando flaqueo. En los días en que ni yo misma me reconozco, él ha estado ahí, recordándome quién soy y hacia dónde voy. Su fe en mí ha sido más fuerte que mis propios miedos, y sus palabras han sido mi brújula cuando más las he necesitado. Gracias, papá, por creer en mí incluso cuando yo no podía hacerlo. Este logro también es tuyo.

María Celeste Valarezo Quintero

AGRADECIMIENTO

Deseo detenerme un momento para reconocer y agradecer a todas las personas que han sido fundamentales en este proceso. Su apoyo, guía y cariño han sido clave para alcanzar este logro.

Primero, quiero expresar mi infinita gratitud a Dios, quien ha sido mi guía y fortaleza en los momentos de duda y desafío. A mi querida familia, especialmente a mi madre, Yohanya Altagracia González, y a mi padre, Miguel Ángel Marín, les debo más de lo que las palabras pueden expresar; ellos han sido pilares fundamentales a lo largo de todo mi camino. A mis hermanos y abuelos, gracias por inspirarme de muchas maneras a alcanzar mis metas. Sus sacrificios, paciencia y apoyo constante han sido el suelo fértil donde han florecido mis sueños y aspiraciones.

A mi tía, Delys de los ángeles González que ha sido una segunda madre para mí. Gracias por tu amor, tu cuidado y por estar siempre cuando más te he necesitado. Este logro también es tuyo.

A mis tías Wendy González, Arlen González, Arlen Vásquez gracias por estar siempre para mí.

A mi tutor, Ing. Juan José Monzón, por su tiempo, dedicación, ayuda y constante apoyo durante todo este proceso. Al profesor M. Sc. Didier Matey, por brindarnos su apoyo y guiarnos con gran ejemplo y compromiso. Al Tec. Jorge Mendoza por ayudarnos en todo el proceso del experimento por su apoyo y su buena voluntad.

A mis amigos, Lucy Meza, Katzumi Dávila, Marcela Palma, Ruth Umanzor, Emilio Valladarez, Josué Ocampos, Jaret Martínez, gracias por su compañía, apoyo y por estar siempre presentes en los momentos buenos y difíciles.

José Alejandro Marín González

AGRADECIMIENTO

Agradezco, en primer lugar, a Dios, por haberme dado la fuerza, la serenidad y la claridad necesarias para no rendirme, incluso en los momentos más difíciles. Su presencia ha sido la base sobre la cual he podido sostenerme a lo largo de este proceso académico y personal.

A mi madre, por su apoyo incondicional, por estar siempre a mi lado con paciencia, amor y constancia. Su respaldo ha sido fundamental para mantenerme firme en este camino. A mi padre, quien ha sido mucho más que un guía: ha sido mi mejor amigo, mi consejero, y la voz que me ha recordado quién soy cuando he sentido que perdía el rumbo. Su fe en mí ha sido un motor invaluable, y su compañía, un regalo que atesoro profundamente. Sin él, este logro no habría sido posible.

A mi compañero de trabajo y amigo, José Alejandro, por su paciencia, compromiso y solidaridad. A lo largo de este proceso, hemos sido un verdadero complemento el uno para el otro, enfrentando juntos los desafíos y celebrando cada pequeño avance. No podría haber deseado un mejor compañero de camino.

A mis amigos, quienes han estado presentes en cada etapa de mi vida, brindándome apoyo, alegría y fuerza. Gracias por mostrarme de qué estoy hecha, por recordarme mi valor y por ayudarme a convertirme en la persona inquebrantable que hoy soy.

Al técnico Jorge, por su acompañamiento constante durante el proceso experimental. Su disposición, su orientación práctica y su cercanía hicieron de este camino algo más llevadero. Fue una mano amiga en todo momento y un apoyo invaluable para el desarrollo de este trabajo.

A los docentes que, con su guía, exigencia y compromiso, han contribuido de manera esencial a mi formación. Gracias por compartir su conocimiento y por ser parte fundamental de este logro académico. A todos ustedes, mi más sincero y profundo agradecimiento.

María Celeste Valarezo Quintero

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la efectividad de alternativas agroecológicas en el control del zompopo, mediante la elaboración de bioinsecticidas a base de insumos naturales y minerales de fácil acceso. La investigación se desarrolló en el módulo educativo de Bioinsumos, específicamente en la Bio-fábrica de la Universidad Nacional Francisco Luis Espinoza Pineda, Santa Adelaida–Estelí, en 2025. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con un universo de 600 zompopos. Los tratamientos incluyeron cinco formulaciones: T1 (bicarbonato de sodio + azúcar + agua), T2 (zacate de limón + boro + agua), T3 (semilla de aguacate + eucalipto + agua), T4 (menta + azufre + cal viva + agua) y T5 (testigo con agua). Cada tratamiento se aplicó en cuatro repeticiones con 30 zompopos cada una, distanciados 0.3 m entre sí. Se evaluaron variables como mortalidad, eficiencia y relación beneficio/costo. Los datos fueron procesados en Excel y analizados en InfoStat (versión estudiantil), aplicando ANDEVA y prueba de Tukey al 95% de confianza. Los resultados evidenciaron diferencias significativas en los niveles de mortalidad. El tratamiento T2 destacó por su alta eficacia y sistematicidad parcial, manteniendo efecto insecticida por varios días, además de ser el más rentable en términos de beneficio/costo. El tratamiento T4, aunque mostró una fuerte eficacia inicial (caldo sulfocálcico), presentó una rápida disipación de su efecto, dejando de ser efectivo a partir del tercer día. Sin embargo, es importante aclarar que en los últimos dos días de la evaluación no se registraron zompopos s en este tratamiento, lo que indica un control completo de la población, en contraste con lo que sugería la interpretación inicial. En conclusión, T2 se recomienda como la alternativa agroecológica más viable y eficiente, aunque T4 también demostró potencial de control total a corto plazo.

Palabras Claves: Tratamiento, Efectividad, Zompopo, Manejo, Alternativas

I. INTRODUCCIÓN

La región de Estelí, Nicaragua, se caracteriza por ser un departamento agrícola donde la producción de cultivos como el café, el tabaco y diversos productos hortícolas juega un papel crucial en la economía local. Sin embargo, la presencia de zompopos ha representado un desafío constante para los agricultores, quienes han tenido que recurrir a métodos convencionales de control. En muchos casos, implican el uso intensivo de agroquímicos con impactos negativos en la salud humana y el medio ambiente.

En la actualidad, la agricultura sostenible y respetuosa con el medio ambiente se ha convertido en un tema de gran relevancia a nivel mundial. En este contexto, el manejo y control de plagas en parcelas agrícolas se ha vuelto una tarea fundamental para garantizar la productividad y la conservación de los ecosistemas. Una de las plagas más comunes y problemáticas en entornos agrícolas es el zompopo, un género de hormigas cortadoras de hojas que pueden causar graves daños a los cultivos.

En este sentido, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar alternativas agroecológicas para el manejo y control de zompopo en parcelas agrícolas ubicadas en Estelí, Nicaragua, específicamente en la Universidad Nacional Francisco Luis Espinoza Pineda (UNFLEP). La agroecología se presenta como una disciplina que propone prácticas agrícolas basadas en los principios de sostenibilidad, equidad y resiliencia, promoviendo la interacción armoniosa entre los cultivos, los animales, los seres humanos y el entorno natural.

Esta investigación se llevó a cabo mediante la elaboración de cinco cajas de forrajeo, en las cuales se sometió a las hormigas, a distintos cebos preparados con el fin de evaluar su eficiencia en la reducción de la población de esta plaga, teniendo en cuenta aspectos como la diversificación de cultivos, el control biológico, el uso de barreras físicas y la minimización del impacto ambiental. Se espera que los resultados obtenidos contribuyan al desarrollo de prácticas agrícolas más sostenibles y amigables con el medio ambiente, que puedan ser replicadas en otras regiones con problemáticas similares.

II. ANTECEDENTES

En un estudio evaluaron diversas prácticas para controlar zompopos y su impacto ambiental. Se examinó la eficacia de repelentes y cebos, así como la aceptabilidad y conocimientos de los productores. Los resultados mostraron que algunas prácticas, como el uso de melaza y fungicidas, no tuvieron un efecto significativo, mientras que el uso de acephate redujo el número de nidos. Sin embargo, se observó una falta de conocimiento entre los productores sobre la biología del zompopo y una baja adopción de las prácticas recomendadas. Palacios (2018).

En otro estudio evaluaron la efectividad de tratamientos con *Beauveria bassiana*, *Trichoderma harzianum* y una combinación de ambos para el control de colonias de zompopos y *Acromyrmex* en una finca agrícola. Se observó que la mezcla de *B. bassiana* y *T. harzianum* aplicada internamente controló el 86% de la actividad de los zompopos, mientras que solo *Trichoderma harzianum* aplicado interna y externamente logró un 94% de control. Se concluyó que *Trichoderma harzianum* aplicado internamente fue el método más efectivo para reducir la actividad de zompopos por minuto, y su aplicación también redujo el número de entradas en un 7.14%. Páiz (2020).

Recientemente hace 5 años se investigó la efectividad de *Beauveria bassiana* para controlar hormigas cortadoras de hojas (zompopos) y los factores que influyen en su ataque a plantaciones de café. En Zamorano, se compararon Mycotrol y Bibisav-2 con Malathion 4% y un control, mostrando que Malathion redujo la actividad de los nidos a corto plazo. En Matagalpa, Nicaragua, una encuesta a 95 productores de café reveló que el ataque de zompopos es mayor en plantaciones jóvenes y se reduce en presencia de cítricos en el cafetal. Las aplicaciones secuenciales de *Beauveria bassiana* fueron más efectivas que el Malathion 4% solo en la reducción del ataque de zompopos. Soza (2020).

También se evaluó la actividad antagónica de *Penicillium spp.* y *Aspergillus flavus* para controlar los zompopos en el Valle de Tehuacán, Puebla. Los resultados mostraron una disminución del 100% en la actividad forrajera de *A. mexicana* en los hormigueros tratados

con un complejo de hongos de tortilla de maíz, *Spinosad* combinado con dicho complejo, y la combinación de *A. flavus* y *Penicillium sp.* No hubo diferencias significativas en tratamientos con *A. flavus*, *Penicillium sp.*, *Spinosad* y sus combinaciones respecto al grupo control (agua). La mayor eficacia se observó en hormigueros tratados con el complejo de hongos de tortilla de maíz Serratos (2017).

III. JUSTIFICACIÓN

La presencia de zompopos en parcelas agrícolas representa un desafío significativo para la producción sostenible de cultivos, debido a los daños que causa en las plantas y al suelo. En este contexto, el enfoque agroecológico emerge como una alternativa prometedora para el manejo y control de esta plaga, ya que integra prácticas que respetan los principios ecológicos y promueven la biodiversidad, sin comprometer la productividad agrícola a largo plazo. Sin embargo, es necesario realizar investigaciones específicas que evalúen la eficacia y viabilidad de estas alternativas agroecológicas en el contexto particular de las parcelas agrícolas de la Universidad Nacional Francisco Luis Espinoza (UNFLEP) en el año 2025.

Esta investigación contribuirá al desarrollo de estrategias de manejo de plagas más sostenibles y adaptadas a las condiciones locales, promoviendo así la conservación del medio ambiente y la seguridad alimentaria en la región.

Además, dada la creciente preocupación por la utilización indiscriminada de agroquímicos y los efectos negativos que estos pueden tener en la salud humana y el medio ambiente, es fundamental explorar alternativas que minimicen su uso. Las prácticas agroecológicas no solo buscan controlar las plagas de manera natural, sino que también fomentan la salud del suelo, la conservación del agua y la preservación de la diversidad biológica, contribuyendo así a la resiliencia de los agroecosistemas frente a posibles perturbaciones ambientales.

Esta investigación no solo beneficia a la comunidad académica y científica, sino también a los agricultores y actores del sector agrícola local, quienes podrán adoptar y adaptar las prácticas agroecológicas propuestas para el manejo de zompopos en sus propias parcelas.

Existen investigaciones previas relacionadas con este experimento, pero esta investigación podría centrarse en llenar posibles vacíos o expandir el conocimiento existente como: métodos biológicos específicos, contextos agroecológicos particulares, efectos a largo plazo, entre otros posibles enfoques. Esto contribuiría a una comprensión más completa y contextualizada de las alternativas agroecológicas para el control de zompopos.

Esta investigación tiene el potencial de proporcionar información valiosa que puede ser utilizada para tomar decisiones informadas por parte de agricultores, reguladores y otros interesados en los ámbitos de la agricultura sostenible y el manejo integrado de plagas.

IV. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El control de zompopos una de las plagas más destructivas en los cultivos tropicales y subtropicales, representa un desafío significativo para los agricultores. Los métodos convencionales de control, que a menudo dependen del uso de pesticidas químicos, pueden tener efectos adversos en el medio ambiente y en la salud humana. Además, la eficacia de estos pesticidas puede disminuir con el tiempo debido a la resistencia desarrollada por las plagas. En este contexto, la necesidad de explorar alternativas agroecológicas para el control de zompopos se vuelve crucial.

Estas alternativas incluyen el uso de control biológico, prácticas culturales y el manejo integrado de plagas que pueden ofrecer soluciones sostenibles y menos perjudiciales. Sin embargo, la investigación en este campo es limitada y existe una necesidad urgente de estudios que aborden la efectividad, la viabilidad y los impactos a largo plazo de estas estrategias agroecológicas en diferentes contextos y localizaciones. Esta investigación tiene como objetivo llenar estos vacíos de conocimiento y proporcionar una base científica sólida para la implementación de prácticas agroecológicas en el control de zompopos contribuyendo así a una agricultura más sostenible y responsable.

¿Cuáles serían las estrategias agroecológicas más efectivas para el control del zompopo zompopos en los cultivos de la Universidad Nacional Francisco Luis Espinoza y cuál sería el impacto en la sostenibilidad agrícola local?

V. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Evaluar la efectividad de diferentes alternativas agroecológicas para el control de zompopos UNFLEP 2025

5.2. Objetivos específicos

Determinar el efecto medio ambiental y la sistematicidad de las alternativas agroecológicas evaluadas para el control de zompopos

Identificar la alternativa agroecológica más eficiente en la reducción de población de zompopos

Estimar la relación beneficio/costo entre las diferentes alternativas agroecológicas aplicadas en el diseño experimental

VI. LIMITACIONES

Una de las limitantes que encontramos en la investigación fue la dificultad para localizar los nidos donde habitan los zompopos.

La dificultad para obtener alguno de los insumos requeridos en el experimento.

VII. MARCO TEÓRICO

Este capítulo tiene el propósito de construir un sistema coordinado y coherente de teorías y conceptos que permitan abordar el problema y lo sustentan desde el punto de vista teórico. Entonces se puede decir que el fin del marco teórico es situar la problemática dentro de un conjunto de conocimientos que permita orientar la investigación y ofrezca una conceptualización adecuada de los términos que se utilizaran.

7.1. Agroecología

La agroecología es una disciplina científica, un conjunto de prácticas y un movimiento social. Como ciencia, estudia cómo los diferentes componentes del agroecosistema interactúan. Como un conjunto de prácticas, busca sistemas agrícolas sostenibles que optimizan y estabilizan la producción (FAO, 2024).

7.1.1. Agroecología en el control de plagas

El Manejo Agroecológico de Plagas es una estrategia integral basada en principios agroecológicos que busca equilibrar las poblaciones de insectos dañinos y benéficos. Promueve la restauración de la biodiversidad funcional y aplica alternativas de manejo sin impactos negativos para productores, consumidores y el medio ambiente (Soto, 2018).

7.2. Plagas

Las plagas son plantas, animales, insectos, microbios u otros organismos no deseados que interfieren con la actividad humana. Estos pueden morder, destruir cultivos de alimentos, dañar propiedad, o hacer nuestras vidas más difíciles (NPIC, 2021).

7.2.1. Zompopos

Los zompopos, se encuentra distribuida desde la Argentina hasta el sur de Estados Unidos (Texas). Estas hormigas han sido catalogadas dentro los insectos más perjudiciales en

América del Sur, debido a su evolucionada organización social, tamaño poblacional y su gran capacidad de cosechar hojas de innumerables especies vegetales para cultivar el hongo del cual se alimentan dado que son monogafas (CropLife Latin America, 2019).

Tabla 1. Taxonomía de los zompopos

Reino	Animalia
Filo	Arthropoda
Subfilo	Hexapoda
Clase	Insecta
Orden	Himenóptera
Suborden	Apocrita
Superfamilia	Vespoidea
Familia	Formicidae

(CTNI, 2022)

7.2.2. Ciclo biológico

Las hormigas pasan durante su vida por 4 edades o etapas: huevo, larva, pupa y adulto.

Huevo: son de color blanco cremoso y son puestos únicamente por la reina en las cámaras de cría. Duración 25 días (Lezaun, 2020).

Larva: o gusanos son de color blanco, con una apariencia de granos de arroz, ápodas (sin patas) y se encuentran en medio de la masa del hongo, de donde son alimentados por los adultos (obreras). Duración 25 a 52 días (Lezaun, 2020).

Pupa: el gusano, luego de alimentarse lo suficiente, se transforma en pupa o de color blanco y después cambia de rojo a café oscuro. No se alimenta, ya que usa la reserva que adquirió como gusano para cambiar forma de gusano a adulto. Duración 14 días (Lezaun, 2020).

Adulto: tiene las siguientes partes: cabeza, tórax, abdomen, tres pares de patas, un par de antenas. Los machos adultos y hembras fértiles son los únicos que poseen alas (Lezaun, 2020).

7.2.3. Actividades en la colonia

Un hormiguero atraviesa por diferentes estadios hasta lograr su madurez aproximadamente a los 36-38 meses de edad. Se estima que un hormiguero de 10 años puede albergar aproximadamente 12 millones de individuos.

Tabla 2. Estadios de formación del hormiguero

Duración	Actividad
10 horas	Penetración de la reina al suelo y formación de la primera cámara
62 a 66 días	Primer huevo al primer adulto
90 días	Apertura de la primera boca
510 días	Apertura de la segunda boca
606 días	Apertura de la décima boca
22 meses	Aparición de los soldados
38 meses	Primer vuelo nupcial

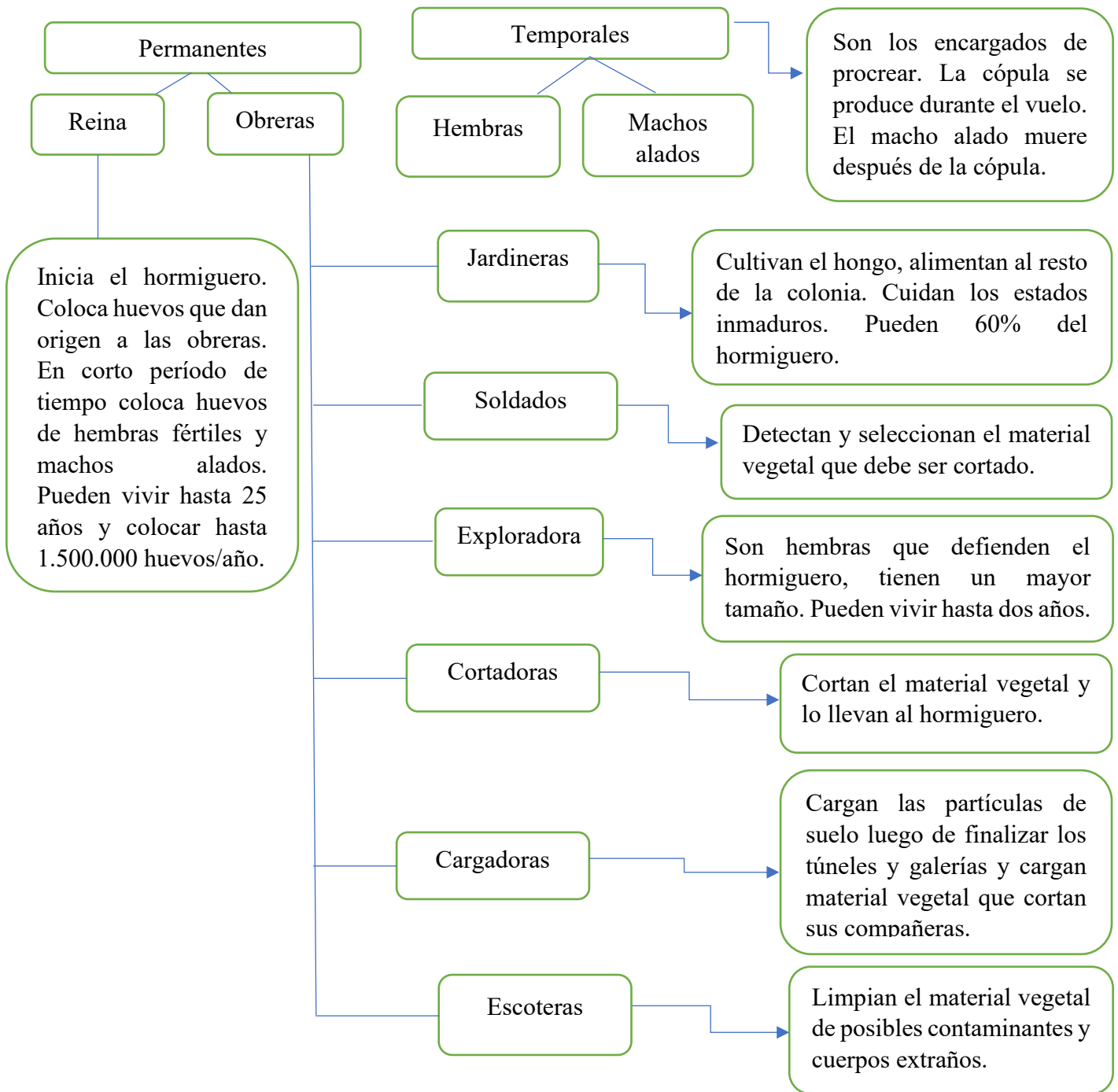


Figura 1. Mapa de organización social de los zompopos

7.3. Daño de los zompopos

Los zompopos representan una plaga significativa en Sudamérica debido a su dispersión, adaptabilidad y éxito evolutivo, afectando aproximadamente 47 cultivos agrícolas, 13 especies forrajeras y alrededor de 50 especies forestales. Sus nidos, que pueden producir claros de 80-150 m², consumen entre 11 y 34 kilos de material seco por mes. Se reportan daños en plantaciones forestales y bosques nativos, reduciendo la producción de madera en más del 50% en plantaciones con más de 30 hormigueros. Además, las especies de zompopos pueden disminuir la capacidad de carga en pastizales neotropicales, dependiendo de la cantidad de hormigueros por hectárea y el uso del suelo. Los altos costos de insumos para su control y los daños económicos inmediatos también resaltan su importancia (Lezaun, 2020).

7.4. Alternativas agroecológicas para reducir la población de hormigas arrieras

Bicarbonato + Agua de azúcar

El azúcar atrae a las hormigas de manera natural, pero al consumir el bicarbonato de sodio, estas mueren, porque su estómago no soporta la sustancia y entonces se van lejos, donde no exista la amenaza de esta sustancia. Este cebo puede ser efectivo debido a que las hormigas son atraídas por el agua azucarada y el bicarbonato puede actuar como un agente perturbador en su sistema digestivo al ser ingerido. (CTNI, 2022)

Ingredientes:

Bicarbonato de sodio: 10 cucharadas (10 g)

Azúcar: 6 cucharadas (12 g)

Agua: 1 litro

Un recipiente

Una cuchara

Preparación:

Mezclar en partes iguales el bicarbonato de sodio y azúcar en un recipiente. Por ejemplo, se puede comenzar con una mezcla de una parte de bicarbonato de sodio, una parte de azúcar y una parte de agua.

Agregar agua al recipiente con la mezcla de bicarbonato de sodio y azúcar. La cantidad de agua debe ser suficiente para disolver completamente el azúcar y el bicarbonato, formando una solución líquida.

Revolver la mezcla vigorosamente para asegurarte de que el bicarbonato de sodio y el azúcar se disuelvan completamente en el agua. Esto facilitará que las hormigas puedan llevar el cebo de vuelta a su colonia.

Colocar el cebo en recipientes pequeños o tapaderas que las hormigas puedan fácilmente acceder. Ubicar estos recipientes cerca de los senderos de hormigas o cerca de las áreas donde se han visto hormigas activas.

Observar cómo responden las hormigas al cebo. Se puede necesitar reemplazar el cebo cada cierto tiempo para mantener su efectividad, especialmente si se diluye o se seca. (Zeledón, 2022)

Extracto de zacate de limón + Boro

El extracto de zacate de limón, debido a sus propiedades repelentes y a veces insecticidas naturales, puede ser útil en el control de plagas en la agricultura de varias maneras. El zacate de limón emite compuestos aromáticos que pueden actuar como repelentes naturales contra insectos y plagas. Esto puede ayudar a mantener alejadas a las plagas de las plantas tratadas. En combinación con el boro, que puede actuar como un mineral esencial para el crecimiento de las plantas y también tener propiedades insecticidas y fungicidas en concentraciones adecuadas, el extracto de zacate de limón puede potenciar los efectos protectores y de control sobre las plagas, ofreciendo una opción más natural y sostenible para la agricultura. (Zeledón, 2022)

Ingredientes:

Extracto de zacate de limón (hierba limón): 1000 g

Borato de sodio (como fuente de boro): 1 cucharada (5 g)

Agua: 1 litro

Preparación:

Preparar el extracto de zacate de limón hirviendo hojas frescas de zacate de limón en agua durante unos 15-20 minutos. Luego, se cuelean las hojas y deja enfriar el líquido. El extracto concentrado se puede almacenar en un recipiente hermético en el refrigerador. (Zeledón, 2022)

Para preparar el tratamiento, se diluye una cantidad adecuada de extracto de zacate de limón en agua. Luego, se añade una pequeña cantidad de borato de sodio (borato) a la solución. La proporción puede variar, pero generalmente se usa aproximadamente 1 cucharadita de borato por litro de solución.

Aplicar la solución sobre las plantas afectadas por plagas, asegurándote de cubrir bien las áreas infestadas. Se puede usar un rociador para aplicar la mezcla de manera uniforme.

Repetir la aplicación según sea necesario, especialmente si las plagas persisten. Observar los resultados, ajustando la frecuencia de aplicación según la gravedad de la infestación y la respuesta de las plantas.

Asegurarse de seguir las indicaciones de seguridad al manipular y aplicar el borato de sodio. También, tener cuidado de no aplicar en exceso, ya que puede afectar negativamente a las plantas si se usa en concentraciones demasiado altas.

Semilla de aguacate + Eucalipto

Tanto la semilla de aguacate como el eucalipto contienen compuestos naturales que actúan como repelentes para insectos y plagas, incluidas las hormigas cortadoras de hojas como el zompopo. Estos compuestos pueden desalentar a las hormigas de acercarse a las plantas tratadas. La aplicación alrededor de las plantas crea una barrera física que dificulta el acceso del zompopo al follaje, reduciendo así el daño por corte de hojas. El eucalipto aporta propiedades antimicrobianas que pueden proteger las plantas de enfermedades transportadas por las hormigas, mejorando la salud general de las plantas. Este tratamiento casero con

semilla de aguacate y eucalipto ofrece una alternativa natural y efectiva para el control del zompopo, ayudando a proteger tus cultivos de manera sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

Ingredientes:

Semillas de aguacate (secas y trituradas) 7 semillas (840 gramos)

Hojas frescas de eucalipto (o restos triturados) 1000 gramos

Agua 1 litro

Preparación:

Triturar las semillas de aguacate hasta obtener un polvo fino. Se puede utilizar un molinillo para facilitar este proceso. (Zeledón, 2022)

Si se está utilizando hojas frescas de eucalipto, triturarlas también para facilitar la liberación de sus compuestos activos. Si son restos triturados, asegurarse de que estén bien descompuestos.

Combinar el polvo de semilla de aguacate y las hojas de eucalipto trituradas en una proporción adecuada. Comenzar con partes iguales o ajustar según sea necesario, dependiendo de la cantidad de tratamiento que se desea preparar.

Colocar la mezcla en un recipiente y añadir agua suficiente para cubrir completamente los ingredientes. La cantidad de agua puede variar según la concentración deseada y la cantidad de tratamiento que se necesite aplicar. (Zeledón, 2022)

Dejar reposar la mezcla durante al menos 24 horas para permitir que los compuestos activos de la semilla de aguacate y el eucalipto se liberen en el agua. Esto puede hacerse a temperatura ambiente.

Después de la maceración, se filtra la mezcla para separar los sólidos (semillas y hojas trituradas) del líquido extractado. Usar un colador fino o una gasa estéril para este propósito.

Utilizar el líquido filtrado como tratamiento alrededor de las plantas afectadas por el zompo. Se puede aplicar directamente al suelo alrededor de las plantas o rociarlo sobre las áreas donde las hormigas cortadoras de hojas están activas.

Es recomendable repetir la aplicación del tratamiento según sea necesario, especialmente después de períodos de lluvia o cada 1-2 semanas para mantener la eficacia.

Almacenar el extracto en un recipiente cerrado y en un lugar fresco y oscuro puede ayudar a conservar sus propiedades activas por más tiempo. (Zeledón, 2022)

Menta + caldo sulfocálcico

Este tratamiento combina las propiedades repelentes y posiblemente insecticidas de la menta con las propiedades fungicidas y bactericidas del caldo sulfocálcico, proporcionando una opción natural y efectiva para el manejo de plagas en tus cultivos.

Ingredientes:

Hojas frescas de menta: 1000 g

Caldo sulfocálcico (preparado según las indicaciones del fabricante): Azufre (100g), Cal viva (100 g)

Agua: 1 litro

Se lavaron bien las hojas frescas de menta para eliminar cualquier suciedad o residuo.

Se trituraron finamente las hojas de menta. Se puede usar un mortero y mano, o una licuadora pequeña para este paso.

Preparar el caldo sulfocálcico según las instrucciones del fabricante. Generalmente se diluye en agua en la proporción adecuada.

Se combinó el extracto de las hojas de menta trituradas con el caldo sulfocálcico diluido. La proporción exacta puede variar, pero generalmente se mezclan para obtener una solución homogénea.

Dejar reposar la mezcla durante al menos unas horas o hasta 24 horas para permitir que los compuestos activos de la menta se infundan en el caldo sulfocálcico.

Si deseas una solución más limpia, se puede filtrar la mezcla usando un colador fino o una gasa estéril para separar los sólidos de las hojas de menta.

Utilizar la solución preparada como tratamiento pulverizando sobre las plantas afectadas por plagas. Asegurarse de cubrir bien las áreas afectadas y repetir la aplicación según sea necesario. (Zeledón, 2022)

Almacenar cualquier solución no utilizada en un recipiente sellado y en un lugar fresco y oscuro, preferiblemente fuera del alcance de los niños y mascotas.

Es recomendable realizar una prueba en una pequeña área de la planta antes de aplicar la solución de manera generalizada para asegurarse de que no cause daños.

7.5. Cajas de forrajeo para crianza de hormigas arrieras

Las cajas de forrajeo para hormigas son contenedores utilizados en la cría y estudio de hormigas para proporcionarles un espacio donde puedan buscar y recolectar alimento. Estas cajas, también conocidas como áreas de forrajeo, están diseñadas para imitar el entorno natural de las hormigas, permitiendo observar su comportamiento en la búsqueda de alimentos (Clark, 2020).

7.5.1. Usos de las cajas de forrajeo

Investigación científica: Son utilizadas en estudios de comportamiento y ecología para entender mejor las estrategias de forrajeo y organización social de las hormigas.

Cría de hormigas: Los aficionados a la cría de hormigas las utilizan como parte de los hormigueros artificiales para mantener y observar colonias de hormigas en casa.

Educación: Se usan en entornos educativos para enseñar sobre el comportamiento animal, la ecología y la biología de las hormigas.

VIII. HIPÓTESIS

El extracto de zacate de limón + Boro tendrá efectividad con cierto grado de sistematicidad controlando poblaciones de zompopo

IX. DISEÑO METODOLÓGICO

9.1. Ubicación Geográfica

La presente investigación se llevó a cabo en módulo Bio-insumos específicamente en la biofábrica de la Universidad Nacional Francisco Luis Espinoza Pineda, donde se utilizaron diferentes Alternativas para el control y manejo de zompopos. Está ubicada a 166 kilómetros y medio de la ciudad de Estelí, a orillas de la carretera Panamericana norte y a 148 kilómetros de la capital Managua, entre las coordenadas 13°05” Latitud Norte y 86°21” Longitud Oeste.

Sus coordenadas son 86° 22” longitud Oeste y 13° 14” longitud Norte. Se encuentra a una altura de 840 msnm, con una precipitación de 700 a 900 mm/año, temperaturas anuales de 24° C y con una humedad relativa de 58 a 79%, tiene topografía ondulada con elevaciones montañosas, clima caliente y Subhúmedo. Sin embargo, por su ubicación geográfica presenta condiciones favorables para que sobre el territorio predominen diferente subtipo de clima: cálido subhúmedo intermedio con lluvia en verano; cálido subhúmedo de mayor humedad; cálido y húmedo, se observa estación seca prolongada de seis meses y cálido subhúmedo de mayor humedad (INETER, 2004).

9.2. Enfoque, alcance de la investigación experimental

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, ya que se construyó mediante la observación e interpretación de cada una de las unidades experimentales utilizando los métodos estadísticos para obtener conclusiones que parten de hechos aceptados como válidos. El diseño de la presente investigación fue DCA

El alcance de la investigación abarcó tanto aspectos científicos como sociales, dado que se pretendió llenar vacíos en el conocimiento sobre el control con bioinsumos a base de residuos orgánicos. Además, los resultados pueden servir como base para futuras investigaciones, proyectos y desarrollo de tecnologías agrícolas que favorezcan la sostenibilidad y seguridad alimentaria en el contexto de los desafíos del cambio climático.

9.3. Descripción de unidad de análisis

Esta investigación consistió en la evaluación del efecto de cinco cebos elaborados, basados en prácticas agroecológicas, los cuales se aplicaron en cajas de forrajeros o granja de hormigas, elaboradas a partir de materiales reciclables y tierra del mismo nido de los zompos, creando un ambiente óptimo para las hormigas. Esto tuvo como finalidad la aplicación posterior de los cebos preparados por medio de aspersión a través de una malla para evitar fuga de las hormigas y mantener la humedad del mismo sin producir inundación. Se estudiaron varios aspectos claves de la investigación, tales como fue la sistematicidad de las alternativas evaluadas, identificación de la sustancia más efectiva para el control de los mismos y el costo beneficio de cada una de las alternativas que se utilizaron.

La investigación se llevó a cabo en la Universidad Nacional Francisco Luis Espinoza Pineda donde hasta el momento se ha presentado afectación por zompos en los cultivos de granos básicos y hortalizas. Se elaboraron cinco tratamientos: bicarbonato + agua de azúcar, extracto de zacate de limón + boro, semilla de aguacate + eucalipto, menta + caldo Sulfocalcico, junto a esto también iba el tratamiento testigo a base de agua pura. Se elaboraron 20 cajas de forrajeo para la cría de las hormigas, se tomaron hormigas de los hormigueros establecidos en el área agrícola, se utilizó la tierra de los mismos nidos junto con arena café fina. Las cajas fueron elaboradas con recipientes de plástico transparentes y malla.

En cada granja hubo 30 hormigas arrieras, más las larvas halladas en el hormiguero natural. Cabe señalar que cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones cada uno, por lo tanto, hubo 20 granjas de hormigas en el estudio experimental. Los datos que se tomaron en cuenta fueron el tiempo que tardan en morir las hormigas, la cantidad de hormigas muertas, la sustancia más efectiva, la sostenibilidad de cada una, el costo/beneficio y la sistematicidad de cada alternativa. La duración del estudio se midió en función de la sistematicidad de los caldos durante el proceso experimental.

A) Área de estudio

Metros Cuadrados del Diseño: 2.25 M²

Unidades Experimentales: 20

Cajas de 20 cm (largo) x 14 cm (ancho)

B) Datos

Población – Tratamiento

10 cajas x 30 hormigas: 300 hormigas

Población – Repeticiones

10 cajas x 30 hormigas: 300 hormigas

Total, población: 600 hormigas

9.4. Nivel de amplitud

Es un estudio de corte transversal ya que permitió una evaluación exhaustiva y detallada de los impactos a corto y mediano plazo de los métodos agroecológicos en el control de plagas, proporcionando datos valiosos sobre su sostenibilidad, efectividad y viabilidad económica, así como sobre la adopción de estas prácticas por parte de la comunidad agrícola. Al mismo tiempo recolectando los datos en un período específico durante el desarrollo de esta investigación. Se requirió observar cómo variaban las poblaciones de plagas a lo largo del tiempo para determinar la efectividad real y sostenibilidad de los métodos agroecológicos.

9.5. Variables con su operacionalización

Tabla 3. Matriz de conceptualización y operacionalización de las variables

Objetivos específicos	Variables	Definición conceptual	Subvariables	Indicadores	Técnica de recolección de datos	Fuente de información
Determinar el efecto medio ambiental y la sistematicidad de las alternativas agroecológicas evaluadas para el control de zompopos.	Efecto ambiental Alternativas agroecológicas Control de zompopos	Porcentaje de insectos vivos y muertos en cada uno de los bloques.	Temperatura y humedad relativa de los tratamientos Cantidad de insectos vivos y muertos (por bloque de tratamiento y por día) Tiempo de efecto del tratamiento (horas o días hasta observar impacto) Dosis aplicada (cantidad del tratamiento usado)	Numero de insectos vivos y muertos. Horas, días de efecto. Hora y día de aplicación. Dosis del tratamiento. No de aplicaciones.	Bitácora Lápiz	Diseño experimental
Identificar la alternativa agroecológica más	Eficiencia de las alternativas aplicadas.	Capacidad para realizar o cumplir	Porcentaje de reducción de la población	Número de insectos	Bitácora Lápiz	Diseño experimental

Objetivos específicos	Variables	Definición conceptual	Subvariables	Indicadores	Técnica de recolección de datos	Fuente de información	
eficiente en la reducción de población de zompopos		correctamente una función.	(comparación antes y después del tratamiento) Velocidad de acción (tiempo en que se observa un efecto significativo)	eliminados por contacto. Número de insectos eliminados por sistematicidad días uno, dos, tres, cuatro. Cinco			
Estimar la relación beneficio/costo entre las diferentes alternativas agroecológicas aplicadas en el diseño experimental.	Beneficio/Costo	Proceso de comparar los costos y beneficios u oportunidades estimados asociados con la decisión de un proyecto.	de los los u Costo de mano de obra (tiempo y esfuerzo requerido para la aplicación)	Costo de insumos (gastos en materiales y productos utilizados) Costo de mano de obra (tiempo y esfuerzo requerido para la aplicación)	Costos de la elaboración de cada una de las alternativas.	Bitácora Lápiz	Diseño experimental

9.6. Diseño experimental

Para esta investigación experimental se utilizó un DCA (Diseño Completamente al Azar), el análisis de los datos se llevó a cabo aplicando las pruebas de normalidad, así como también los diferentes test estadísticos como análisis de varianza, análisis de correlación y coeficiente de correlación respectivamente, estas técnicas ayudaron para medir la relación que existe entre las variables en estudio de la investigación, es decir que a través de los datos recolectados de la experimentación estos métodos estadísticas nos ayudaron a encontrar el resultado e identificar la diferencia perceptible en las variables en estudio.

El modelo matemático por utilizar es:

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

En donde:

Y_{ij} : Valor del carácter estudiado

μ : Media General

T_i : Efecto del Tratamiento

E_{ij} : Error Aleatorio

Tabla 4.Tratamientos

No	Tratamiento	Dosis
1	T1 Bicarbonato de sodio + agua de azúcar	1 litro
2	T2 Extracto de Zacate de limón + boro	1 litro
3	T3 Semilla de aguacate + Eucalipto	1 litro
4	T4 Menta + Caldo Sulfocalcico	1 litro
5	T5 Agua pura	1 litro

9.7. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Para la recolección de la información o datos de la investigación, se diseñó una bitácora donde se reportaron los avances y resultados preliminares del proyecto de investigación, donde se reflejaron los datos, actividades y observaciones del mismo.

La toma de datos se realizó diariamente por cada cinco días, observando la cantidad de hormigas arrieras que murieron en este periodo (nivel de mortalidad) y la cantidad que

sobrevivieron a la alternativa implementada. Cabe señalar que cada dieciocho horas se establecieron las observaciones para alimentar y proporcionar agua a las hormigas. Las cajas de forrajeo se mantuvieron limpias y libre de contaminantes. En cada intervalo de observación, se contaron y se registraron el número de hormigas vivas y muertas, se utilizó la bitácora para llevar un seguimiento detallado.

La temperatura y la humedad se midió en cada observación tomada, ya que pueden ser factores a influir en los resultados del experimento.

Al mismo tiempo para la variable “Eficiencia de las alternativas aplicadas” se derivó de la observación antes mencionada, dependiendo del tiempo de aplicación, mortalidad y tiempo de efecto de cada tratamiento.

Se hicieron cálculos para comparar las inversiones en cada uno de los tratamientos, su sostenibilidad, rentabilidad y beneficios obtenidos a lo largo del estudio. Al final del periodo de observación, se calculó el porcentaje de mortalidad utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de mortalidad} = \left(\frac{\text{Número inicial de hormigas}}{\text{Número de hormigas muertas}} \right) \times 100 = \text{Porcentaje de mortalidad (\%)}$$

Para culminar se analizaron los datos obtenidos para identificar tendencias y patrones, comparando los resultados entre diferentes tratamientos y condiciones experimentales. Importante mencionar que las condiciones ambientales (temperatura, humedad, oscuridad) fueron constantes durante el experimento para minimizar variables que pudieran afectar la mortalidad. Además de contar las hormigas muertas, se tomaron notas sobre cualquier comportamiento anómalo, cambios en la actividad de forrajeo, o efectos secundarios observados. Este procedimiento permitió medir de manera efectiva la mortalidad de los zompos en el experimento, proporcionando datos claros y útiles para la investigación.

9.8. Procedimientos para el análisis de datos

Se organizó las bases de datos con ayuda del software Excel 2019 en la que se incluyeron todas las variables descritas. Se realizó análisis de varianza (ANDEVA) y separación de media de Tukey al 5 % de error con el programa estadístico Infostat versión estudiantil.

9.9. Consideraciones éticas

La ética en el experimento con hormigas incluyo minimizar su sufrimiento, se justificó científicamente el estudio, se utilizó la menor cantidad necesaria de hormigas, se mantuvo condiciones de vida adecuadas y se realizaron las observaciones regulares. Además, fue esencial cumplir con las regulaciones pertinentes, documentar todos los procedimientos y resultados de manera transparente y manejar humanitariamente los zompopos al finalizar el experimento.

X. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En este capítulo se describen los hallazgos encontrados durante el estudio. Alternativas agroecológicas para el control de zompopo, se iniciará con un análisis de condiciones que podrían afectar la veracidad debido a que son condiciones externas del estudio y su nivel de significancia es inherente para comprobar su funcionalidad. Consiguientemente, se estudiará la secuencia de porcentajes de reducción por 5 días de estudio, lo que significa que se contarán las hormigas muertas por tratamiento y se reflejarán los datos en gráficas.

En la humedad relativa no hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados, al contrario de otras investigaciones, S.M. Gouvêa (2010) donde obtuvo en su monitoreo controlado diferencias claras en donde el experimento, poseía una incubadora a 25°C y existieron ciertos casos de mortalidad, aunque esto haya sido para mantener las condiciones más adecuadas y no influir en el experimento.

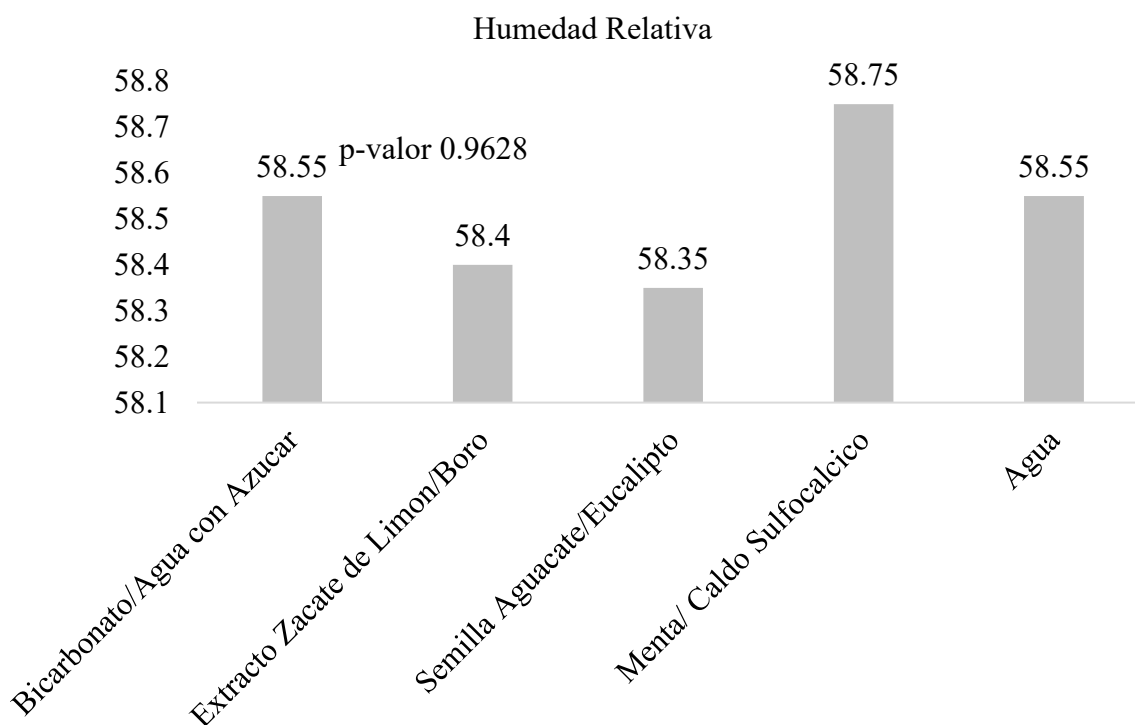


Figura 2. Humedad relativa

La temperatura, nos muestra que no hay una relación entre mortalidad y la eficiencia de los tratamientos, esto se debe directamente a los ingredientes activos de estos, y no hay variaciones de temperatura.

Según Angilletta MJ et al (2007), la resistencia al derribo y la recuperación del coma frío sirven como indicadores de tolerancia en temperatura, donde las hormigas de dentro de la ciudad tardaron un 20% más en perder la movilidad a 42 °C que las hormigas de fuera de la ciudad, lo cual implica que si hay una importancia determinante en la temperatura.

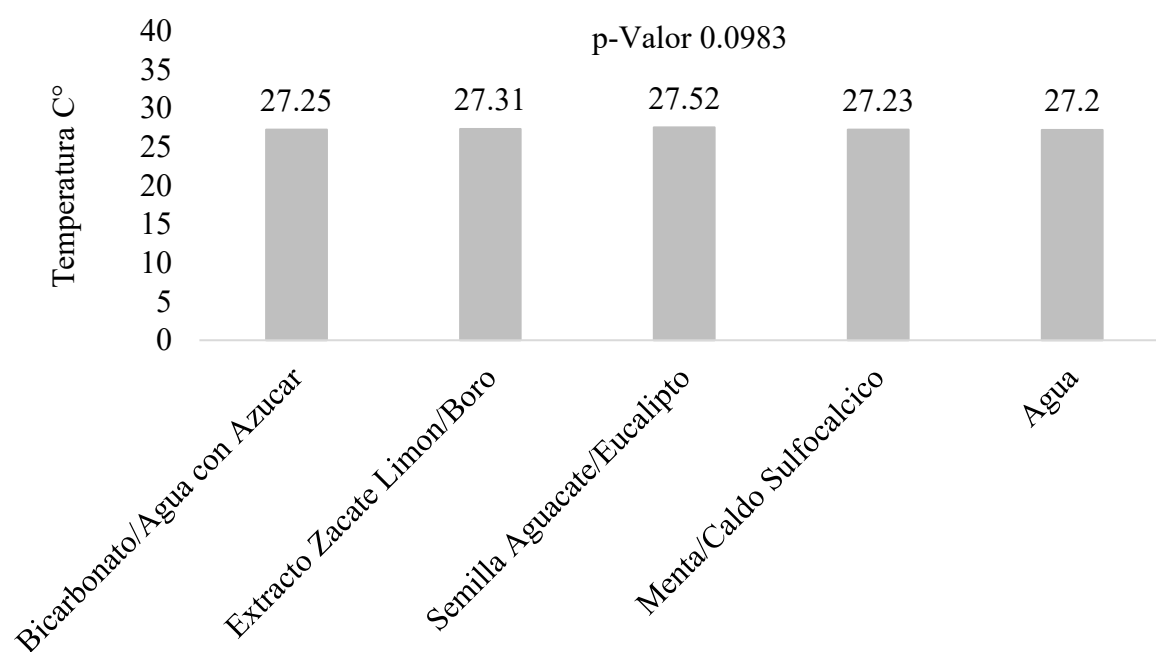


Figura 3. Temperatura.

El T4 y T2 generaron una acción letal rápida, al igual que López (2020) donde utilizó un tratamiento similar al T4 obteniendo resultados similares de hasta el 67% de mortalidad afectando de manera contundente la población de zompopos desde el inicio del ensayo. En contraposición tenemos que Palacios (1988), obtuvo resultados poco positivos al iniciar las primeras horas en sus tratamientos. Es similar a Páiz (2020) donde se observó que la mezcla de dos hongos, al ser aplicada internamente controló el 86% de la actividad de los zompopos, mientras que solo uno al ser aplicado interna y externamente logró un 94% de control.

Se concluyó que solo el primero aplicado internamente fue el método más efectivo para reducir la actividad de zompopos por minuto, y su aplicación también redujo el número de entradas en un 7.14%.

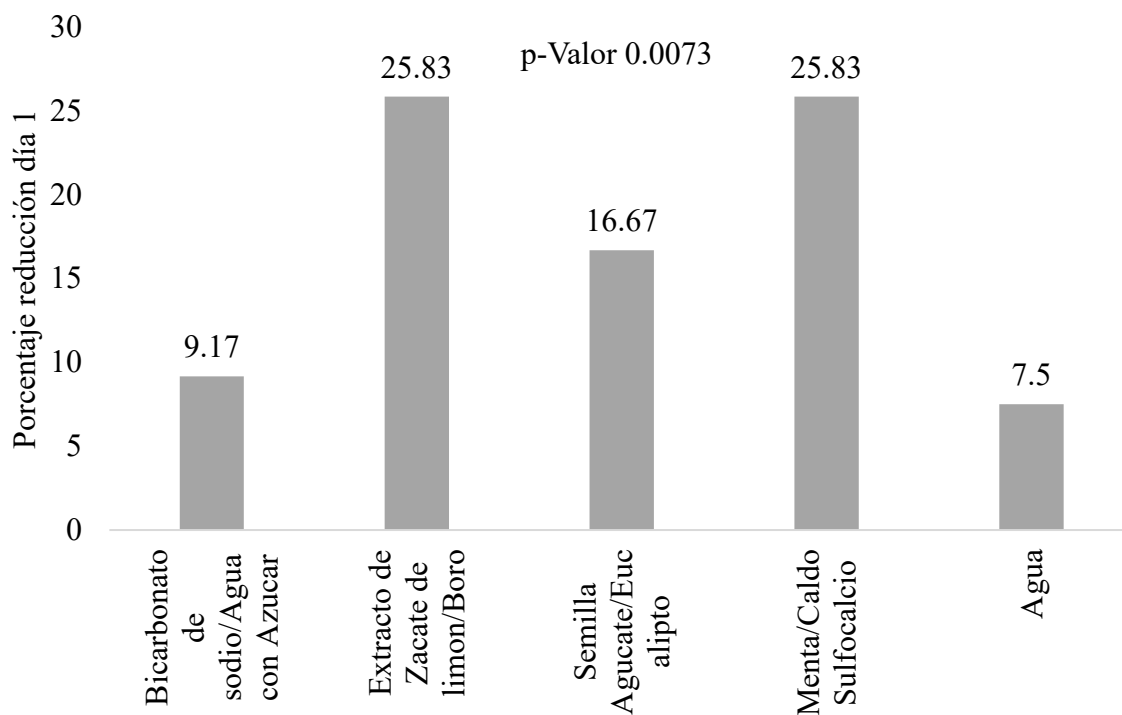


Figura 4. Porcentaje de reducción día 1

Se observó un aumento altamente significativo en la eficacia de los tratamientos, con un p-valor de 0.0001, muy por debajo del nivel de significancia ($\alpha = 0.05$). Esto confirma que las diferencias en la mortalidad observadas no se deben al azar, sino al efecto real de los tratamientos aplicados.

Se conoce que los tratamientos no tienen una intervención por el ambiente, y posee niveles altos de reducción en el caso del tratamiento T2 y T4, contando siempre con el análisis de significancia.

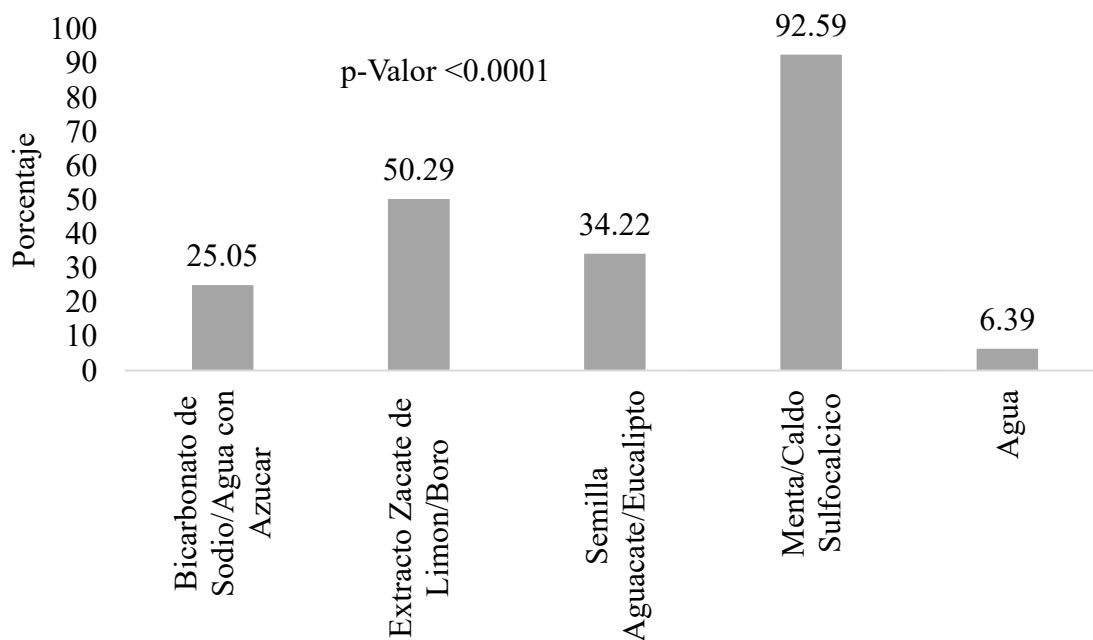


Figura 5. Porcentaje de reducción día 2

En los resultados obtenidos este día encontramos una diferencia significativa. Los datos estadísticos que analizamos determinan que, el T4 y T2 generaron una acción letal rápida, El tratamiento T4 destacó mucho su eficacia con una media de 92.59% de reducción, concuerda con López (2020) quien tuvo en efecto del 95% de mortalidad en un experimento que probó en zompopos con caldo sulfocálcico. Estos números determinan una eliminación casi completa, posicionándolo como el tratamiento más efectivo del ensayo hasta ese momento, a diferencia de Palacios, (1988) quien no tuvo esos efectos significativos en sus tratamientos como el farnesol.

Por su parte T2 (50.29%) y T3 (34.22%) mostraron eficacia intermedia, significativamente inferiores a T4, pero superiores a los tratamientos menos efectivos. El tratamiento T1, con un 25.05% de reducción. Tuvo efectos poco evidentes y el tratamiento T5 presentó la menor efectividad, con apenas 6.39% de reducción, claramente separado estadísticamente de todos los demás, en comparación con Serratos (2017)

Este también se evaluó la actividad antagonica de *Penicillium spp.* y *Aspergillus flavus* para controlar esta plaga. Los resultados mostraron una disminución del 100% en la actividad forrajera de zomposos en los hormigueros tratados con un complejo de hongos de tortilla de maíz, Spinosad combinado con dicho complejo, y la combinación de *A. flavus* y *Penicillium sp.* No hubo diferencias significativas en tratamientos con *A. flavus*, *Penicillium sp.*, Spinosad y sus combinaciones respecto al grupo control (agua). La mayor eficacia se observó en hormigueros tratados con el complejo de hongos de tortilla de maíz.

Durante el tercer día de evaluación, el análisis estadístico mostró un p-valor de 0.5969, el cual es mucho mayor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$). esto nos da a entender que no hubo muchas mejoras en el día 2 entre los tratamientos en cuanto al porcentaje de reducción poblacional, por lo contrario, Marulanda (2018) en otro estudio mostró que tuvo efectos hasta el día 4 con el T4, lo que es contrario a nuestro estudio, pero tenemos los mismos resultados bajos con Palacios (2018) puesto que su efecto solo duró en primeras instancias.

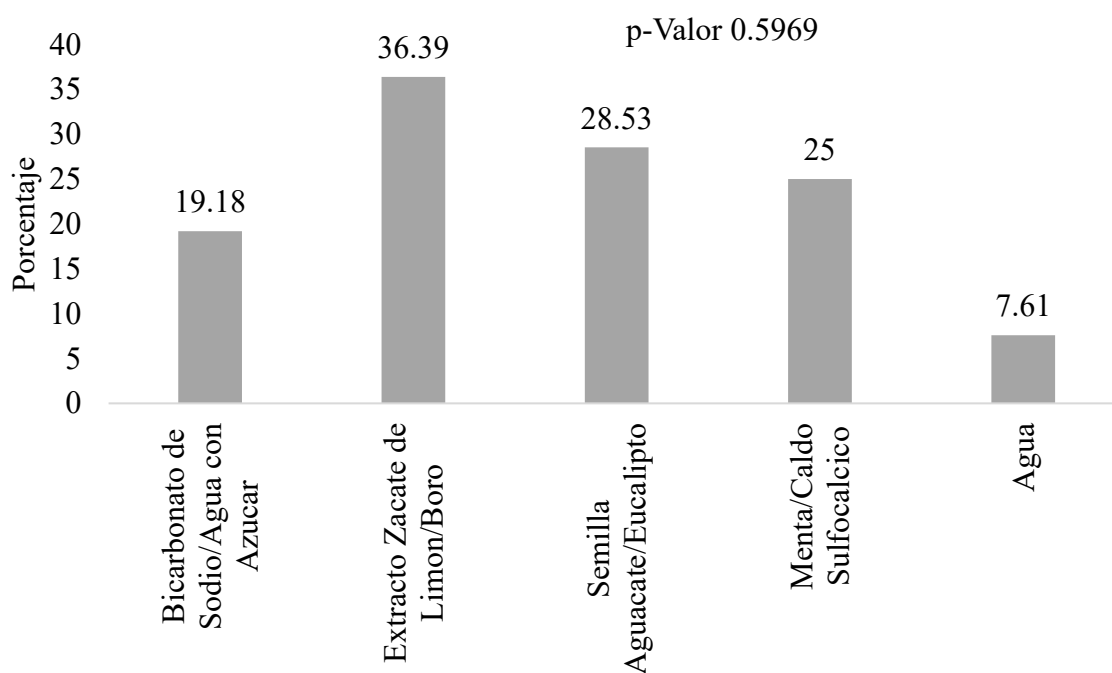


Figura 6. Porcentaje de reducción día 3

T2 (36.39%) y T3 (28.53%) mostraron una reducción poblacional superior a los demás, estas diferencias no son estadísticamente confiables.

Durante el cuarto día de evaluación, arrojó un p-valor de 0.1198, que supera el umbral de significancia $\alpha = 0.05$, indicando que no hubo diferencias significativas a diferencia de Murlanda (2018) entre los tratamientos aplicados en cuanto al porcentaje de reducción poblacional, Cuatro días después de la aplicación, las concentraciones de 0,5%, 2% y 7% de caldo sulfocálcico presentaron mortalidad hasta el día 4, y nuestro efecto de tratamiento discrepó con el de Yolanda (1988) no duró mucho su efectividad, fue mayor el efecto del farnesol pero no tuvo sistematicidad, dicho tratamiento para el día presente eliminó a todas las hormigas

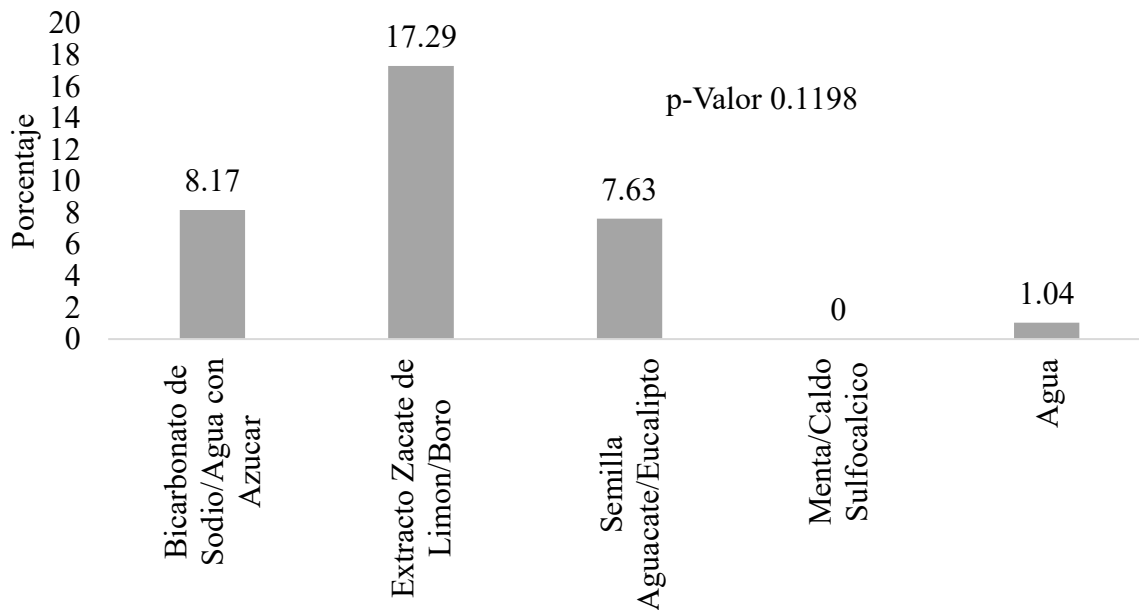


Figura 7. Porcentaje de reducción día 4

En términos descriptivos, el tratamiento T2 (17.29%) presentó el mayor valor de reducción, seguido por T1 y T3, tuvieron menos relevancia. Los tratamientos T4 (0%) ya habían eliminado todas las hormigas y T5 (1.04%) tuvo los resultados menos efectivos en este día.

El T4 tuvo mucha efectividad similar a Muralanda (2018) que logró mantener el efecto hasta el día 4, a diferencia de Palacios (1988) por su corta duración y efectividad. Este comportamiento sugiere que los primeros dos días son los más importantes para evaluar la eficacia insecticida de los tratamientos y que, a partir del Día 3, se considera poco residual hasta el día 4. Un resultado similar fue el de Soza (2020) fueron las aplicaciones secuenciales de *Beauveria bassiana* fueron más efectivas que el Malathion 4% solo en la reducción del ataque de zomposos.

Al quinto día de evaluación estadística, nos muestra como obtenemos un cierto grado de sistematicidad para el tratamiento T2, que obtuvo un promedio de 45.72% de reducción poblacional.

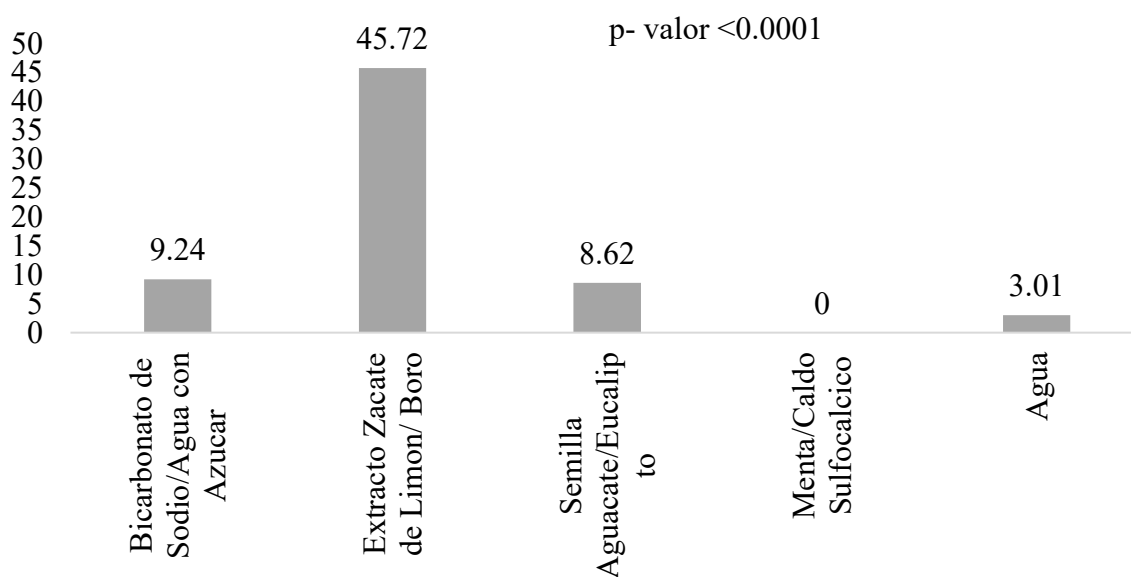


Figura 8. Porcentaje de reducción día 5

Analizando este último día los tratamientos T1 (9.24%), T3 (8.62%), T5 (3.01%) y T4 (0.00%) nos damos cuenta que ninguno tiene un nivel de efecto de reducción progresiva a excepción del T2. T4 erradicó por completo a diferencia de Muralanda (2018) que tuvo siguió actuando hasta el día 4 y Rodríguez (2023) tuvo una significancia incluso al día 15 en el cultivo de aguacate, sin embargo, tenemos resultados iguales en comparación de Fuentes (1988) que presentó menos duración en tratamientos similares.

Los resultados significan que nuestro experimento es válido y no cuestión del azar, sino de la efectividad real y sostenida del T2 en comparación con los demás, este mismo es similar a los resultados de Muralanda (2018) que tuvo efectos de sistematicidad hasta los 4 días y Rodríguez (2023) que tuvo más efecto de sistematicidad en contraparte a Palacios (1988), que tuvo los efectos menos duraderos.

El tratamiento 4 tuvo una funcionabilidad en ascendencia los primeros dos días, pero posteriormente en el día 3 su efecto fue en caída hasta ser nulo en el día 4, al igual que Rodríguez (1988) por su tratamiento tuvo tiempo vigente, hasta 15 días de sistematicidad.

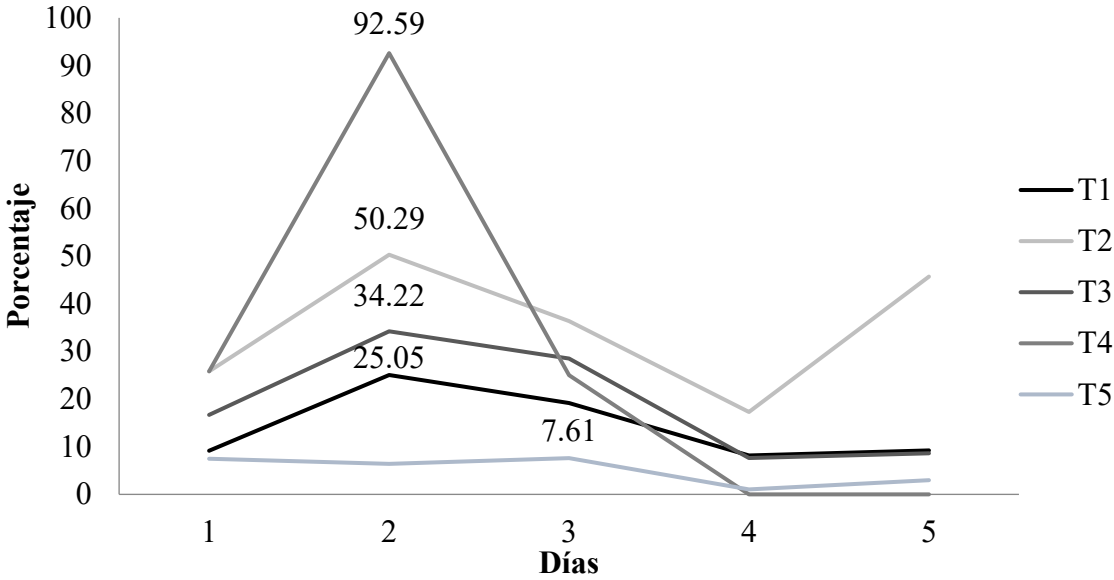


Figura 9. Porcentaje de efectividad de los tratamientos

T2 se reconoce que tuvo un efecto grande en sus primeras aplicaciones y se mantuvo así por mucho tiempo, con buenos resultados desde el inicio y un nuevo aumento significativo, el día 5 (45.72%), lo que sugiere un posible efecto residual al igual que Fuentes (1988), donde uno de sus tratamientos tuvo efectos similares, pero en contraparte a Muralanda (2018) tuvo mayor efectividad sus tratamientos inclusive en el día 4. T1 y T3 no tuvieron una gran eficiencia ni se asemeja a algo importante que se pueda reconocer, muy parecido a los tratamientos de Palacios (2018).

T5 fue el que tuvo peor nivel de eficacia, y no presentó buena reducción, lo que lo posiciona como el tratamiento de menor eficiencia, similar a los tratamientos que uso Palacios (2018), y en contraparte con Muralanda (2018) quien poseía mayor tiempo de efectividad su tratamiento de caldo sulfocalcico.

El análisis visual permite concluir que T4 y T2 tuvieron mayor eficacia en reducción a partir de los días estudiados y ayudaría a evitar nuevas reinfestaciones.

Tabla 5. Estimación económica de costos por tratamiento

Concepto	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	T5
Bicarbonato	C\$20.00	-	-	-	-
Azúcar	C\$7.00	-	-	-	-
Agua	C\$20.00	C\$20.00	C\$20.00	C\$ 20.00	C\$ 20.00
Z. limón	-	C\$40.00	-	-	-
Boro	-	C\$ 3.85	-	-	-
Semilla aguacate	-	-	C\$30.00	-	-
Eucalipto	-	-	C\$10.00	-	-
Menta	-	-	-	C\$ 50.00	-
Azufre	-	-	-	C\$ 73.00	-
Cal viva	-	-	-	C\$ 35.00	-
M. obra	C\$ 50.00	C\$ 50.00	C\$ 50.00	C\$ 50.00	C\$ 50.00
Transporte	C\$ 50.00	C\$ 50.00	C\$ 50.00	C\$ 50.00	C\$ 50.00
Costo total	C\$147.00	C\$163.85	C\$150.00	C\$278.00	C\$120.00
Ingresos B	C\$300.00	C\$300.00	C\$300.00	C\$300.00	C\$300.00

Concepto	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	T5
Ingresos N	C\$153.00	C\$136.15	C\$150.00	C\$22.00	C\$180.00
Relacion B/C	2.04	1.83	2.00	1.08	2.50

Análisis beneficio costo

El tratamiento T5 resultó ser el más rentable económicamente, con un costo total de C\$120.00 y un ingreso neto de C\$180.00, lo que se traduce en una relación B/C de 2.50. Esto indica que, por cada córdoba invertido, se obtuvo un retorno de C\$2.50, superando al resto de tratamientos.

Este resultado puede atribuirse a que, aunque T5 tiene pocos ingredientes comparados con otros tratamientos, su efectividad fue lo suficientemente alta para justificar su bajo costo.

T1 mostró una relación B/C de 2.04, con un costo total de C\$147.00 y un ingreso neto de C\$153.00 esto significa que por cada córdoba invertido se ganan 2, lo cual es significativo.

T2 tuvo una relación B/C de 1.83, y aunque incluye más ingredientes (como bicarbonato, limón y boro), su beneficio fue menor, ganando por cada córdoba, 1.83 más.

T3 alcanzó un B/C de 2.00, mostrando un buen equilibrio entre costo (C\$150.00) e ingreso neto (C\$150.00). Esto significa que por cada córdoba invertido se ganan dos más.

T4 alcanzó un B/C de 1.08, mostrando un costo total de C\$278.00 y un ingreso neto de apenas C\$22.00, la relación B/C fue de 1.08, lo que indica que el retorno fue casi igual a lo invertido, es decir, que se gana 0.08 córdobas por cada uno.

En resumen, el tratamiento 1 tuvo mayor margen invierte de ganancia, sin embargo, es menos efectivo en cuanto a porcentajes de reducción, sin embargo, es más económicamente significativo por el beneficio que aporta

El tratamiento 2 posee menos cantidad de ganancia o beneficio costo, es menor lo que significa que no se gana lo suficiente para que sea rentable, pero es un tratamiento que vale por su efectividad.

El tratamiento 3 se ganan 2 córdobas por cada córdoba invertido, lo que significa que se gana el doble de lo que se invierte, pero el precio es relativo a su efectividad, es decir, no se reduce mucho por lo que su costo no es significativo para usarlo.

El tratamiento 4 fue el que estuvo más cerca de lo que se planteaba gastar, por lo que se entiende que no es muy económico realizarlo, pero tiene una efectividad que compensa sus fallas.

XI. CONCLUSIONES

Los resultados experimentales evidenciaron que el tratamiento T2, compuesto por extracto de zacate de limón (*Cymbopogon citratus*), boro y agua, presentó un comportamiento progresivo y sostenido en el control de zompopos, confirmando así su sistematicidad. Desde el primer día mostró un efecto significativo, y a lo largo del ensayo mantuvo o incluso aumentó su eficacia, alcanzando valores relevantes de reducción poblacional en los días 2 y 5. Esta acción continua lo diferencia de otros tratamientos con efecto puntual, como T4, que mostró alta mortalidad, pero breve. Por tanto, se confirma que T2 posee características sistémicas o residuales, lo cual lo convierte en una alternativa agroecológica viable para el manejo progresivo de colonias de zompopos en cajas forrajeras.

En conjunto, estos resultados demuestran que T4 no solo actuó rápidamente desde el primer día, sino que además eliminó todas las hormigas, consolidándose como la alternativa más eficiente en este estudio.

XII. RECOMENDACIONES

Mover el uso del tratamiento T2 (zacate de limón + boro) como alternativa agroecológica de manejo progresivo contra zompopos, dado su efecto sistemático comprobado, eficacia sostenida en el tiempo y costo moderado. Su implementación puede adaptarse tanto a contextos experimentales como a parcelas de pequeña y mediana escala, especialmente en zonas donde se prioriza la sostenibilidad, podría incluso mejorar sus efectos con una dosis más fuerte.

Evitar depender únicamente de tratamientos de efecto puntual como el T4 (menta + azufre + cal viva), ya que, aunque mostraron una mortalidad inicial alta, no mantuvieron un control prolongado sobre la población. Estos podrían complementarse con tratamientos sistemáticos en programas de control integrado.

Realizar ensayos a mayor escala con el tratamiento T2 para validar su eficacia en condiciones de campo abiertas, evaluando también su impacto ambiental, persistencia en el suelo y efectos sobre organismos no blanco, fortaleciendo así su viabilidad dentro de un sistema agroecológico.

Considerar el tratamiento T2 como una opción económica viable para productores con recursos limitados, debido a su equilibrio entre eficacia biológica y bajo costo, lo que lo convierte en una herramienta accesible para el control ecológico de zompopos.

Fomentar la investigación en tratamientos naturales con potencial sistemático, explorando nuevas combinaciones de ingredientes activos locales, con el objetivo de desarrollar bioinsumos eficaces, accesibles y amigables con el medio ambiente.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

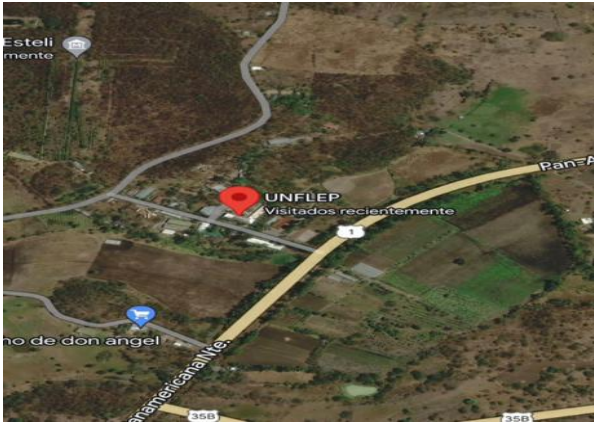
- Angilletta MJ Jr, W. R. (2007). *Fisiología urbana: las hormigas urbanas poseen una alta tolerancia al calor*. . Obtenido de <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0000258>: Fisiología urbana: las hormigas urbanas poseen una alta tolerancia al calor. PLoS ONE 2(2): E258. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0000258>
- Clark, R. (2020). *¿Qué es una granja de hormigas?* Obtenido de <https://askabiologist.asu.edu/granja-de-hormigas#:~:text=En%20caso%20de%20que%20te,se%20le%20dice%20un%20hormiguero>.
- CropLife Latin America*. (Julio de 2019). Obtenido de CropLife Latin America: <https://croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/hormiga-arriera-atta-cephalotes>
- CTNI. (2022). Atta cephalotes. *Colección taxonómica nacional de insectos Luis María Murillo*, 1.
- Department of Animal Science, U. o.-L. (Julio de 2015). *Escuela de Agronomía, Facultad de Recursos Naturales, Universidad Católica de Temuco, Chile*. . Obtenido de Escuela de Agronomía, Facultad de Recursos Naturales, Universidad Católica de Temuco, Chile. : https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-732X2008000100002
- FAO. (2024). *Plataforma de conocimientos sobre agricultura familiar*. Obtenido de <https://www.fao.org/family-farming/themes/agroecology/es/#:~:text=La%20agroecolog%C3%ADa%20es%20una%20disciplina,optimizan%20y%20estabilizan%20la%20producci%C3%B3n>.
- Fuentes, F. Y. (Agosto de 1988). *Evaluación y transferencia de prácticas para zompopo*. Obtenido de Zamorano.edu: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/c3cd8297-5004-40a5-8292-4d52935e412c/content>
- Hernández-Sampiera, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2010). *Metodología de la investigación, quinta edición*. (J. M. Chacón, Ed.) McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- INETER, I. N. (2004). *Caracterización climática del municipio de Estelí*. Dirección General de Agrometeorología .
- Lezaun, J. (agosto de 2020). *Hormiga arriera, una plaga evolucionada, eusocial y polimórfica*. Obtenido de <https://croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/hormiga-arriera-atta-cephalotes>

- Llano, A. F. (06 de febrero de 2016). *CONTROL DE NIDOS NATURALES DE Atta cephalotes CON Metarhizium anisopliae y Trichoderma harzianum*. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/55770/CEPHALOTE.pdf>
- López, G. B. (2020). <https://repositorio.uleam.edu.ec>. Obtenido de DETERMINACIÓN DE EFICACIA DEL CALDO SULFOCÁLCICO PARA EL CONTROL DE INSECTOS PLAGAS PREVALENTES EN EL CULTIVO DE PIMIENTO (CAPSICUM ANNUUM. L) EN MANTA, 2020: <https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/3330>
- maps, G. (18 de noviembre de 2024). *Google maps*. Obtenido de Google maps: https://www.google.com/maps/@13.2467349,-86.3741549,18.22z?entry=tту&g_ep=EgoyMDI0MTIxMS4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D
- Marulanda, C. (03 de julio de 2018). *Actividad insecticida del caldo sulfocálcico sobre Hypothenemus hampei (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)*. Obtenido de repositorio.ucaldas.edu.co: <https://repositorio.ucaldas.edu.co/browse/author?value=Cabrera%20Marulanda,%20Miguel%20%C3%81ngel>
- NPIC. (2021). Control de plagas. *National Pesticide Information Center*, 1.
- Páiz, D. J. (2020). *Manejo de poblaciones de zompopos con Beauveria bassiana y Trichoderma harzianum 2020*. Leon, comunidad el troilo: Repositorio Unan/Leon. Obtenido de <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/6160/1/223809.pdf>
- Palacios, F. (2018). *Evaluación y transferencia de prácticas para el manejo de zompopo*. Francisco Morazan, Honduras: Repositorio Zamorano. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/2797>
- Ríos, M. O. (julio de 2014). *Scielo*. Obtenido de Scielo: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-548X2011000200017
- Rodriguez, F. (2023). *Determinación de dosis del caldo sulfocálcico en el control del Akaropeltopsis spp.* Obtenido de <https://repositorio.utea.edu.pe>: <https://repositorio.utea.edu.pe/server/api/core/bitstreams/55b4c36f-56d4-409e-8521-19c8ccfa03b7/content>
- S.M. Gouvêa, e. a. (2010). *Lethal and Behavioral Effects of Amazonian Plant Extracts on*. Obtenido de www.alice.cnptia.embrapa.br: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/928590/1/0000002791GouveaJuly.pdf>

- Serratos, C. (marzo de 2017). *Alternativa Agroecológica para el Manejo de Atta mexicana en Puebla, México*. Obtenido de <https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Serratos>
- Sinc. (marzo de 2021). *Principios de la Agroecología y sus aplicaciones prácticas en agroecosistemas*. Obtenido de <https://www.agenciasinc.es/Agenda/Principios-de-la-Agroecologia-y-sus-aplicaciones-practicas-en-agroecosistemas#:~:text=Los%20principios%20de%20la%20agroecolog%C3%ADa,a%20largo%20plazo%3B%20y%20la>
- Soto, A. (mayo de 2018). Manejo Agroecológico de plagas (MAP). *EnLACe*, 3. Obtenido de <https://repository.cimmyt.org/server/api/core/bitstreams/7ff73f62-2000-416a-affc-6b554b0a8739/content>
- Soza, F. (2020). *Efectividad de Beauveria bassiana para el manejo de hormigas cortadoras de hojas y caracterización del daño que ocasionan a plantaciones de café*. Matagalpa Nicaragua: Repositorio Zamorano. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/5153>
- Zeledón, G. A. (Junio de 2022). *ResearchGate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/361161153_Guia_para_el_Control_Biologico_de_Zompopas_en_Costa_Rica

XIV. ANEXOS

Anexo 1. Ubicación del experimento



(Maps, 2024)

Anexo 2. Diseño experimental DCA

	14 cm	14cm			14 cm		14 cm		14 cm
	T1		T2		T3		T4		T5
20 cm	Bicarbonato de sodio / Agua con		Extracto de zacate de limón / Boro		Semilla de Aguacate / Eucalipto		Menta / caldo sulfocálcico		Agua Pura
		0.3m				0.3m		0.3m	
	0.3m		0.3m		0.3m		0.3m		0.3m
	T4		T5		T1 Bicarbonato de sodio / Agua con Azúcar		T2		T3
20cm	Menta / caldo sulfocálcico		Agua Pura				Extracto de zacate de limón /		Semilla de Aguacate / Eucalipto
	0.3m		0.3m		0.3m		0.3m		0.3m
	T3		T4		T5		T1		T2
	Semilla de Aguacate / Eucalipto		Menta / caldo sulfocálcico		Agua Pura		Bicarbonato de sodio / Agua con Azúcar		Extracto de zacate de limón / Boro
20cm		0.3m				0.3m		0.3m	
	0.3m		0.3m		0.3m		0.3m		0.3m

Anexo 3. Análisis estadísticos

Prueba de normalidad

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Humedad Relativa	20	58.52	1.33	0.94	0.4168
Temperatura	20	27.30	0.56	0.94	0.4514
Hormigas muertas Día 1	20	5.10	3.42	0.85	0.0063
% de reducción Día 1	20	17.00	11.39	0.85	0.0063
Hormigas muertas Día 2	20	9.70	6.72	0.91	0.1762
% de reducción Día 2	20	41.71	31.40	0.87	0.0201
Hormigas muertas Día 3	20	3.30	2.43	0.89	0.0523
% de reducción Día 3	20	23.34	24.12	0.82	0.0010
Hormigas muertas Día 4	20	0.85	1.23	0.72	<0.0001
% de reducción Día 4	20	6.83	10.43	0.72	<0.0001
Hormigas muertas Día 5	20	1.15	1.09	0.81	0.0010
% de reducción Día 5	20	13.32	17.41	0.71	<0.0001

Humedad Relativa

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Humedad Relativa	20	0.76	0.61	1.42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	25.40	7	3.63	5.29	0.0060
Tratamientos	0.39	4	0.10	0.14	0.9628
Repetición	25.01	3	8.34	12.15	0.0006
Error	8.23	12	0.69		
Total	33.63	19			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.86676

Error: 0.6860 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T4	58.75	4	0.41 A
T1	58.55	4	0.41 A
T5	58.55	4	0.41 A
T2	58.40	4	0.41 A
T3	58.35	4	0.41 A

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

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.55521

Error: 0.6860 gl: 12

Repetición	Medias	n	E.E.
R4	59.52	5	0.37 A
R3	59.16	5	0.37 A
R2	58.76	5	0.37 A
R1	56.64	5	0.37 B

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

ANAVA Temperatura

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Temperatura	20	0.52	0.24	1.80

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3.15	7	0.45	1.85	0.1657
Tratamientos	0.26	4	0.07	0.27	0.8903
Repetición	2.88	3	0.96	3.97	0.0355
Error	2.91	12	0.24		
Total	6.06	19			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.10965

Error: 0.2424 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T3	27.52	4	0.25 A
T2	27.31	4	0.25 A
T1	27.25	4	0.25 A
T4	27.23	4	0.25 A
T5	27.20	4	0.25 A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.92446

Error: 0.2424 gl: 12

Repetición	Medias	n	E.E.
R1	27.91	5	0.22 A
R3	27.29	5	0.22 A B
R4	27.08	5	0.22 A B
R2	26.91	5	0.22 B

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

% de reducción Día 1

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% de reducción Día 1	20	0.75	0.60	42.51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1837.57	7	262.51	5.03	0.0073
Tratamientos	1230.94	4	307.73	5.89	0.0073
Repetición	606.63	3	202.21	3.87	0.0379
Error	626.72	12	52.23		
Total	2464.29	19			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=16.28821

Error: 52.2270 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T4	25.83	4	3.61 A
T2	25.83	4	3.61 A
T3	16.67	4	3.61 A B
T1	9.17	4	3.61 B
T5	7.50	4	3.61 B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=13.56979

Error: 52.2270 gl: 12

Repetición	Medias	n	E.E.	
R2	23.33	5	3.23	A
R1	21.33	5	3.23	A
R3	13.33	5	3.23	A
R4	10.00	5	3.23	A

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

% de reducción Día 2

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% de reducción Día 2	20	0.92	0.87	27.53

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	17156.85	7	2450.98	18.60	<0.0001
Tratamientos	16976.12	4	4244.03	32.20	<0.0001
Repetición	180.73	3	60.24	0.46	0.7173
Error	1581.69	12	131.81		
Total	18738.54	19			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=25.87594

Error: 131.8076 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T4	92.59	4	5.74	A
T2	50.29	4	5.74	B
T3	34.22	4	5.74	B
T1	25.05	4	5.74	B C
T5	6.39	4	5.74	C

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=21.55738

Error: 131.8076 gl: 12

Repetición	Medias	n	E.E.	
R3	46.77	5	5.13	A
R2	41.18	5	5.13	A
R1	39.53	5	5.13	A
R4	39.36	5	5.13	A

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

% de reducción Día 3

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% de reducción Día 3	20	0.30	0.00	109.16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3268.96	7	466.99	0.72	0.6587
Tratamientos	1859.00	4	464.75	0.72	0.5969
Repetición	1409.97	3	469.99	0.72	0.5568
Error	7788.76	12	649.06		
Total	11057.73	19			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=57.42084

Error: 649.0635 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T2	36.39	4	12.74	A
T3	28.53	4	12.74	A
T4	25.00	4	12.74	A
T1	19.18	4	12.74	A
T5	7.61	4	12.74	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=47.83759

Error: 649.0635 gl: 12

Repetición	Medias	n	E.E.	
R4	35.84	5	11.39	A
R2	26.07	5	11.39	A
R1	16.74	5	11.39	A
R3	14.70	5	11.39	A

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

% de reducción Día 4

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% de reducción Día 4	20	0.51	0.23	134.17

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1060.55	7	151.51	1.81	0.1759
Tratamientos	768.20	4	192.05	2.29	0.1198
Repetición	292.35	3	97.45	1.16	0.3648
Error	1006.97	12	83.91		
Total	2067.52	19			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=20.64634

Error: 83.9140 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T2	17.29	4	4.58	A
T1	8.17	4	4.58	A
T3	7.63	4	4.58	A
T5	1.04	4	4.58	A
T4	0.00	4	4.58	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=17.20057

Error: 83.9140 gl: 12

Repetición	Medias	n	E.E.	
R3	11.33	5	4.10	A
R4	8.32	5	4.10	A
R1	6.82	5	4.10	A
R2	0.83	5	4.10	A

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

% de reducción Día 5

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% de reducción Día 5	20	0.96	0.93	34.32

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5506.04	7	786.58	37.66	<0.0001
Tratamientos	5487.58	4	1371.89	65.68	<0.0001
Repetición	18.47	3	6.16	0.29	0.8285
Error	250.64	12	20.89		
Total	5756.68	19			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=10.30047

Error: 20.8863 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T2	45.72	4	2.29	A
T1	9.24	4	2.29	B
T3	8.62	4	2.29	B
T5	3.01	4	2.29	B
T4	0.00	4	2.29	B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=8.58137

Error: 20.8863 gl: 12

Repetición	Medias	n	E.E.	
R2	14.74	5	2.04	A
R4	13.59	5	2.04	A
R1	12.73	5	2.04	A
R3	12.20	5	2.04	A

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

Anexo 4. Análisis de costos

Costos de cada ingrediente.

Componentes	Costos	Cantidad	U. medida
Bicarbonato	C\$ 20.00	100	g
Azúcar	C\$ 7.00	75	g
Agua	C\$ 20.00	1	L
Z.limon	C\$ 40.00	1000	g
Boro	C\$ 3.85	5	g
Semilla aguacate	C\$ 30.00	840	-
Eucalipto	C\$ 10.00	1000	g
Menta	C\$ 50.00	1000	g
Azufre	C\$ 73.00	100	g
Cal viva	C\$ 35.00	100	g

Anexo 5. Galería fotográfica



Recolección de zompopos



Tratamientos listos para aplicar



Toma de temperatura y humedad relativa



Hormigas muertas en tratamiento 4