

UNIVERSIDAD EVANGÉLICA BOLIVIANA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA



MODALIDAD DE GRADUACIÓN

TESIS

DETERMINACIÓN DE LA EFECTIVIDAD BIOFORMICIDA DEL FORMULADO A BASE DE HOJA DE PARAÍSO (*Melía azedarach*), BULBO DE AJO (*Allium sativum*) Y ACIDO BÓRICO EN LOS CULTIVOS DE LECHUGA DE LA GUARDIA.

PROFESIONAL GUÍA

LIC. MARIELA BARBA CENTELLAS

POSTULANTE:

ROSALÍA HURTADO ARIAS

**PREVIA OPCIÓN DEL TÍTULO DE LICENCIATURA
EN BIOQUIMICA Y FARMACIA**

**SANTA CRUZ DE LA SIERRA – BOLIVIA
GESTIÓN 2021**

**Tribunal Calificador Externo
Colegio de Bioquímica y Farmacia
Santa Cruz de la Sierra**

**Tribunal Calificador Externo
U.A.G.R.M.**

**Tribunal Calificador Externo
U.A.G.R.M.**

**Tribunal Calificador Interno
U.E.B.**

**Tribunal Calificador Interno
U.E.B.**

**Jefe de Carrera
Bioquímica y Farmacia U.E.B.**

AGRADECIMIENTO

A nuestro señor Jesucristo que día a día nos ofrece el milagro de estar presente en este mundo, lleno de maravillas y darme una madre maravillosa llamada Blanca.

A mi tutor Lic. Mariela Barba Centellas por la colaboración desinteresada que me ofreció durante el desarrollo brindándome todo su apoyo, los conocimientos exactos amistad, comprensión y paciencia, para el desarrollo de este proyecto.

Al Lic. Wualter Rojas Gusman por brindarme la ayuda en la revisión y observaciones para el aporte del presente trabajo.

A la facultad de Bioquímica y Farmacia por haberme acogido en mi vida universitariay a todo el plantel docente que formaron en mi a una Licenciada de vocación y por transmitirme todos sus conocimientos.

A mis grandes amigas de estudio, quienes siempre me brindaron su apoyo y su amistad.

A mi familia, A mi esposo por el apoyado, a mi hijo Bruno gracias por su presencia que llena toda mi vida. A mishermanos Fernando, Cecilia, Marcela y sobrinos, por el gran apoyo.

DEDICATORIA

A nuestro amado Señor Jesucristo que nos ofrece el milagro de vivir y amar.

A mi querida madre Blanca, que en vida y donde se encuentre me da su apoyo incondicional.

A una persona muy especial en mi vida que siempre me ha brindado su amor, apoyo y, sobre todo, nunca me dejo sola.

INDICE GENERAL

	Pág.
1 INTRODUCCIÓN	1
2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
2.1 Delimitación del problema	5
2.1.1 Delimitación temporal.....	5
2.1.2 Delimitación espacial	5
2.1.3 Delimitación sustancial.....	5
3 PREGUNTA PROBLEMA	6
4 JUSTIFICACION	7
4.1 Justificación Científica	7
4.2 Justificación Social	7
4.3 Justificación Profesional	8
5 OBJETIVOS	9
5.1 Objetivo General	9
5.2 Objetivos Específicos	9
6 MARCO TEORICO.....	10
6.1 Antecedentes	10
6.2 Bases teóricas.....	14
6.2.1 Bioformicida	14
6.2.2 Agroquímicos	14
6.2.3 Pesticidas.....	15
6.2.4 Clasificación de pesticidas	15
6.2.5 Insecticidas vegetales u orgánicos	16
6.2.6 Preparación de los plaguicidas.....	16
6.2.7 Planta de Paraíso.....	17
6.2.7.1 Descripción del árbol de paraíso (<i>Melia azedarach</i>).....	18
6.2.7.2 Composición química.....	19
6.2.8 Bulbo de ajo (<i>Allium sativum</i>).....	19

6.2.8.1	Taxonomía	20
6.2.8.2	Descripción del bulbo de ajo	20
6.2.8.3	Composición química	21
6.2.8.4	Aplicación.....	21
6.2.9	Ácido Bórico	22
6.2.9.1	Propiedades y usos del ácido bórico	22
6.2.9.2	Usos del ácido bórico	22
6.2.10	Hormiga “ <i>Atta laevigata</i> ”	23
6.2.10.1	Nidos.....	24
6.2.10.2	Control	25
6.2.10.3	Su etapa de su ciclo biológico	25
6.2.10.4	Formación de hormigueros	26
6.2.11	Lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	26
6.2.12	Métodos de extracción	27
6.2.12.1	Métodos para la elaboración de extractos vegetales	27
6.3	Marco conceptual	30
6.3.1	Bioformicidas	30
6.3.2	Hoja de Paraíso (<i>Melia azedarach</i>)	30
6.3.3	Extracto de Ajo (<i>Allium sativum</i>).....	30
6.3.4	Ácido Bórico (H_3BO_3)	30
6.3.5	Cultivo de Lechuga (<i>Lactuca sativa</i>).....	30
6.3.6	Hormigas <i>Atta laevigata</i>	30
6.4	Marco Legal	31
6.4.1	Requisitos para el Registro Sanitario de Bioplaguicidas	31
6.4.2	Plan de Manejo de Plagas (PMP) – Bolivia	32
6.4.3	Convenios Internacionales	33
6.4.4	Legislación Regional y Nacional.....	33
7	HIPÓTESIS.....	35
7.1	Hipótesis	35
7.2	Hipótesis nula.....	35

8	VARIABLES	36
8.1	Variables Independientes	36
8.2	Variables Dependientes.....	36
8.3	Operacionalización de variables.....	37
9	DISEÑO METODOLOGICO	40
9.1	Tipo de Estudio	40
9.1.1	Según su nivel	40
9.1.2	Según su diseño	40
9.1.3	Según el momento de recolección de datos.....	40
9.1.4	Según el número de mediciones de la variable	40
9.2	Área de estudio	41
9.2.1	Clima.....	41
9.2.2	Suelo.....	41
9.2.3	Localización del laboratorio	41
9.3	Universo y Muestra	41
9.3.1	Universo.....	41
9.3.2	Muestra	41
9.4	Procedimiento	42
9.4.1	Flujograma del proceso.....	42
9.4.2	Métodos	42
9.4.2.1	Identificación de especie de hormiga	42
9.4.2.2	Identificación de metabolitos secundarios	43
9.4.2.3	Ensayos para determinar la concentración letal	43
9.4.3	Elaboración del Bioformicida	43
9.4.3.1	Elaboración del Bioformicida para nidos del Distrito I.....	44
9.4.3.2	Preparación del Bioformicida para bioensayos en laboratorio	44
9.5	Materiales utilizados.....	44
9.5.1	Materiales de laboratorio	45
9.6	Instrumento de Captura de Datos.....	45
9.6.1	Método.....	45

9.6.2	Instrumentos	46
9.6.2.1	Evaluación de la mortalidad Mortalidad en nidos	47
9.6.2.2	Mortalidad en bioensayos	47
10	PRESENTACION DE DATOS Y DISCUSION DE RESUTADOS	48
10.1	Identidad taxonómica de la plaga	48
10.2	Metabolitos secundarios.....	50
10.3	Evaluación bioformicida	52
10.4	Evaluación formícida en nidos.....	65
11	CONCLUSIONES.....	72
12	RECOMENDACIONES	74
13	BIBLIOGRAFÍA	76

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Métodos de extracción de drogas naturales	29
Cuadro 2. Etapas y estudios para llevar a cabo el Registro Sanitario de Bioplaguicidas	32
Cuadro 3: Registro de la cantidad de hormigas muertas encontradas	46
Cuadro 4. Identidad de la especie	48
Cuadro 5. Identificación de metabolitos secundarios en hoja de paraíso y paraíso	50

INDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1. Mortalidad de hormigas adultas de <i>Atta laevigata</i> a diferentes concentraciones del formulado en base de hojas de paraíso, bulbo de ajo y ácido bórico, evaluadas posteriormente a las 12, 24 y 36 horas de contacto con los extractos.....	53
Gráfico 2. Mortalidad de Hormigas a diferentes concentraciones (%m/v) del bioplaguicida y tiempo (Horas).....	56
Gráfico 4. Barras de error de la Mortalidad de hormigas por la aplicación del formulado de paraíso, ajo y ácido bórico al 10%m/v sobre los nidos de la hormiga <i>Atta laevigata</i>	69
Gráfico 5.- Barras de error de la Mortalidad de hormigas por Días de la aplicación del formulado al 10%m/v en base a hoja de paraíso, ajo y ácido bórico sobre los nidos de la hormiga <i>Atta laevigata</i>	70

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Mortalidad de hormigas	52
Tabla 2. Mortalidad de Hormigas a diferentes concentraciones (%m/v) del bioformicida y tiempo (Horas)	56
Tabla 3. Mortalidad de Hormigas evaluadas en diferentes concentraciones y Horas a través del Análisis de la varianza.....	59
Tabla 4. Diferentes concentraciones (%m/v) y Tiempo de Mortalidad de Hormigas evaluadas a través de Tukey de subconjunto homogéneos	61
Tabla 5. Estimación de la Dosis Letal Media (DL50) del bioplaguicida sobre la mortalidad de hormigas adultas <i>Atta laevigata</i>	63
Tabla 6. Mortalidad de hormigas por la aplicación del bioplaguicida al 10%m/v sobre los nidos de la hormiga <i>Atta laevigata</i>	65
Tabla 7. Estadísticos descriptivos de la Mortalidad de hormigas por la aplicación del formulado de hoja de paraíso, bulbo de ajo y ácido bórico al 10%m/v sobre los nidos de la hormiga <i>Atta laevigata</i>	68
Tabla 8. Mortalidad de hormigas por días de la aplicación del formulado al 10%m/v en base a hoja de paraíso, ajo y ácido bórico sobre los nidos de la hormiga <i>Atta laevigata</i>	70

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diseño experimental de la investigación	42

INDICE DE ANEXOS

ANEXOS 1. UBICACIÓN DE LOS NIDOS DE HORMIGAS SEPES DEL DISTRITO 1 DE LA GUARDIA.....	
ANEXO 2. UBICACIÓN DE LOS NIDOS	
ANEXO 3. HORMIGA PLAGA <i>Atta laevigata</i>	
ANEXO 4. CULTIVOS ATACADOS.....	
ANEXO 6- IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE HORMIGAS POR EL MUSEO DE HISTORIA NATURAL NOEL KEMPFF MERCADO	
ANEXO 7.- RESULTADOS DE LOS COMPUESTOS FENÓLICOS DE LA HOJA DE PARAÍSO.....	
ANEXO 8. INGREDIENTES DEL BIOPLAGUICIDA	
ANEXO 9. BIOENSAYOS A DIFERENTES CONCENTRACIONES	
ANEXO 10. BIOENSAYOS PARA EVALUAR ACCION FORMICIDA	
ANEXO 12. SALIDAS DEL SPSS	

ABREVIATURAS

%m/v	= Porcentaje (%) masa/volumen
IC95%	= Intervalos de confianza al 95%
FRAP	= (Ferric Reducing Antioxidant Power): Es un método utilizado para medir la capacidad antioxidante total de una muestra. Se expresan en micromoles de equivalente de Trolox por gramo de muestra ($\mu\text{mol TE/g}$). Trolox es un compuesto antioxidante estándar utilizado como referencia.
ABTS	= (2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid): Método para evaluar la capacidad antioxidante de una muestra. Se expresan en micromoles de equivalente de Trolox por gramo de muestra ($\mu\text{mol TE/g}$).

RESUMEN

El uso de productos agroquímicos, como pesticidas y fertilizantes, en la agricultura ha tenido un impacto considerable en la salud y en el medio ambiente. Los cultivos agrícolas, principalmente frutas y verduras, están constantemente expuestos a estas sustancias tóxicas, ya que tienen problemas mayores por las plagas, el uso indiscriminado de plaguicidas es un problema que afecta a la salud del medio ambiente, al agricultor y a quienes consumen los alimentos contaminados. En el Municipio de la Guardia del distrito 1, los agricultores se enfrentan a graves pérdidas económicas debido a la plaga de hormigas cortadoras (*Atta laevigata*), conocidas por devastar cultivos como la lechuga.

La presente investigación se enfocó a la formulación, aplicación y caracterización de un insecticida orgánico para el control de hormiga cortadora. El trabajo propone determinar la efectividad bioformicida de la preparación formulada a base de hoja de paraíso (*Melía azedarach*), bulbo de ajo (*Allium sativum*) y ácido bórico, mediante bio-ensayos para aplicar sobre la “Hormiga cortadora” (*Atta laevigata*) elaborado en los laboratorios de Bioquímica y Farmacia de la Universidad Evangélica Boliviana, Departamento de Santa Cruz – Bolivia. Gestión 2021.

En esta etapa de la investigación se determinó el estudio de tipo prospectivo cuasiexperimental, de corte longitudinal, diseñado para determinar la acción del bioformicida en diferentes concentraciones (1% a 25% m/v). posteriormente se realizaron bioensayos tanto en campo como en laboratorio, utilizando 240 hormigas cortadoras del género *Atta laevigata* como muestra, el cual se procedió a la identificación taxonómica de la especie de hormiga por especialistas entomólogos del museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado. Las evaluaciones se hicieron a las 3, 12, 24 y 36 horas. Además, se realizó un examen fitoquímico, de la hoja de paraíso, realizado en la ciudad de

La Paz. Con la finalidad de identificar la cuantificación de los compuestos fenólicos, observando la presencia de flavonoides y fenoles totales, los cuales presentan actividad repelente y neurotóxica para la plaga. La acción bioformicida se midió a través de pruebas de contacto y fumigación directa sobre los nidos de hormigas ubicados alrededor de los cultivos de lechuga en el Distrito I del Municipio de La Guardia.

Los resultados mostraron que el bioformicida tiene una alta efectividad en concentraciones superiores al 10%. La dosis letal media (DL50) se calculó en 8,46% m/v, con un intervalo de confianza del 95% entre 6,87% y 11,53%. La mortalidad de las hormigas aumentó conforme avanzaba el tiempo de exposición, alcanzando su máxima eficacia a las 36 horas.

En conclusión, el bioformicida formulado, demostró ser una alternativa eficaz y ecológica para el control de la plaga de hormigas cortadoras en cultivos de lechuga. La identificación correcta de la especie es importante para dar un correcto plan de control eficiente, así se puede conocer su ciclo de vida, hábitos comportamiento. También permitió ver la factibilidad o viabilidad económica en el proyecto. Estos resultados respaldan la hipótesis de que el bioformicida es viable para su aplicación agrícola y amigable para el medio ambiente, proporcionando una solución sostenible y de fácil acceso para los agricultores de la región.

1 INTRODUCCIÓN

El uso de los agroquímicos, plaguicidas e insecticidas trae como consecuencia el deterioro de los suelos, aumentando su salinidad que afecta la fauna del ecosistema del suelo provocando la pérdida de la materia vegetal del suelo, que participa en la descomposición de la materia orgánica, muriendo sus principales descomponedores (1).

La increíblemente cantidad de insecticidas que se emplean en la agricultura. El mantenimiento de los diferentes cultivos ha generado un incremento en los contaminantes al medio ambiente, ya que, aunque se hace necesario fertilizar los suelos para mayor aprovechamiento de los recursos, también es necesario emplear productos que protejan los cultivos de las diferentes plagas de insectos que puedan afectar el rendimiento de producción del cultivo.

En el distrito I del Municipio de la Guardia de Santa Cruz de la Sierra, varias familias tienen cultivos en sus parcelas donde siembran diferentes verduras, entre la más cultivada esta la lechuga, estas son atacadas por las hormigas sepes del género *Atta*, la conducta de esta hormiga es ser cortadora, por lo que atacan los cultivos causando grandes pérdidas a los agricultores locales ya que pueden reducir al 50% la producción (2).

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la acción del Bioformicida en base a hojas de paraíso (*Melía azedarach*), bulbo de ajo (*Allium sativum*) y ácido bórico para el control de hormigas arrieras o sepes, primeramente, se procedió a la identificación la especie plaga con especialistas, luego se preparó el Bioformicida con el método de decocción y se realizaron ensayos en campo y en laboratorio para evaluar el efecto formícida.

La Dosis Letal Media (DL50) del Bioformicida en base a hojas de paraíso (*Melía azedarach*), bulbo de ajo (*Allium sativum*) y ácido bórico es del 8,46 %m/v, cuyos intervalos de confianza (IC95%) oscilan entre 6,87 a 11,53 % m/v.

Con la presenta investigación se pretendió comprobar la efectividad del bioformicida para el control de plaga que afecta a los cultivos de lechuga de los productores del Distrito 1 del Municipio de la Guardia.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La organización Panamericana de la Salud (OPS) comunicó que los insecticidas o plaguicidas, son altamente peligrosos para la salud por diferentes riesgos o efectos tóxicos. La contaminación ambiental también puede llevar a la exposición humana, debido al consumo de estos plaguicidas en los alimentos y posiblemente en el agua potable o de estanques. Si bien los países desarrollados cuentan con un sistema para registrar el uso de plaguicidas o insecticidas y controlar su comercialización para su uso. En nuestro país el control de uso de insecticida es deficiente y existen miles de agricultores que han sufrido intoxicaciones por insecticida, el uso indiscriminado de plaguicidas es un problema que afecta a la salud del medio ambiente, al agricultor y quienes consumen los alimentos contaminados (3).

El uso de insecticidas como control químico trae consecuencia al deterioro de los suelos, aumentando su salinidad que afecta la fauna del ecosistema del suelo. Uno de los mayores problemas son los insectos y plagas, como ser las hormigas que afectan de manera directa, como resultado de su interacción con otros insectos. Las hormigas causan grandes molestias y daños, al invadir cultivos, pueden arrastrar microorganismos en sus patas que causan daños económicos, por contaminación de los alimentos (4).

La producción agrícola en Bolivia se ve afectada por una gran variedad de plagas, cuya presencia depende de factores como el clima, el suelo y las prácticas agrícolas de cada región. Los cultivos son atacados por diferentes tipos de plagas, lo que dificulta el control generalizado. Los insecticidas más comunes son el Mirex, un organoclorado altamente tóxico para el sistema nervioso, y los piretroides Blitz y Mapex. Estos últimos, aunque menos tóxicos que el Mirex, también pueden causar daños al medio ambiente y a la salud humana si se usan de manera inadecuada (2).

En el departamento de Santa Cruz se concentra un 42% de cultivos. Los estudios sobre el uso y manejo de plaguicidas en nuestro país se iniciaron en el año 1976. Debido a las denuncias de que el empleo de plaguicidas causó muertes por intoxicación.

En el Municipio de la Guardia, existen productores locales que cultivan diversos cítricos y verduras como lechuga. En estos territorios también habitan las hormigas cortadoras.

Las hormigas cortadoras son la especie de insectos responsables de la mayor parte de la defoliación de acción destructiva aproximadamente el 15% de la producción en los lugares de mayor humedad, pueden destruir y secar la producción, prefieren las hojas tiernas, cortan los tejidos del meristemo del crecimiento, la saliva intoxica y seca el cultivo, dando lugar a la proliferación de malezas, perdidas de cultivos y pérdidas económicas (3).

Los cultivos en el Municipio de la Guardia distrito I son atacados por la hormiga cortadora (*Atta* sp.) conocida vulgarmente como sepe, esto ocasiona pérdidas totales del cultivo de lechuga y afecta directamente a los productores del municipio.

La FAO elaboro una guía Biopreparados para el manejo sostenible de plagas y enfermedades en la agricultura urbana y periurbana donde se describen muchas recetas con plantas medicinales para combatir diferentes plagas, entre ellas las hormigas. Con el fin de promover el uso de insecticidas naturales que tienen acciones como biofungicidas, bioinsecticidas, biorepelentes / biofertilizantes elaborados con ingredientes sencillos y de bajo costo para los agricultores y sus familias (5).

La presente investigación pretendió evaluar el efecto de un Bioformicida, elaborado a partir de la cocción de la hoja del Paraíso (*Meliá azedarach*), bulbo del ajo (*Allium sativum*), Ácido Bórico sólido para el control de la hormiga cortadoras conocidas como arrieras o sepes del género *Atta*; este producto elaborado y testeado laboratorialmente en el presente trabajo de investigación, demuestra su efecto bioformicida, propiedad que constata para el mismo, la visión de convertirse en una alternativa: Ecosustentable, Ecoamigable y de cero impactos nocivos para el ser humano tanto directa como indirectamente.

2.1 Delimitación del problema

2.1.1 Delimitación temporal

El periodo comprendido de la investigación se desarrolló desde septiembre a diciembre del año 2021.

2.1.2 Delimitación espacial

La recolección de la hormiga *Atta* sp. Se realizó in situ en los cultivos de agricultores del Distrito 1 en el Municipio de la Guardia, la elaboración y el estudio de efectividad del bioformicida se realizó en el laboratorio de la Carrera de Bioquímica y Farmacia, de la Universidad Evangélica Boliviana, ubicada en la av. Moscú, sexto anillo. Barrio Cruz del Sur 117.

2.1.3 Delimitación sustancial

El presente estudio pretende determinar la actividad Bioformicida del preparado formulado en base a hojas de paraíso (*Meliá azedarach*), bulbo de ajo (*Allium sativum*) y ácido bórico, mediante bioensayos in vivo e in situ para el control de hormigas cortadoras o arriera.

3 PREGUNTA PROBLEMA

¿Cuál será la concentración efectiva del Bioformicida formulado a base de extractos de la hoja de paraíso (*Melía azedarach*), bulbo de ajo (*Allium sativum*) y ácido bórico, frente a plaga de hormigas *Atta sp.* en los cultivos de lechuga del Distrito I en el Municipio de La Guardia gestión 2021?

4 JUSTIFICACION

4.1 Justificación Científica

La normativa en la Constitución Política del Estado Boliviano relevante en materia de agroquímicos se puede dividir en las categorías que hacen referente a la conservación del medio ambiente y el desarrollo sostenible, relación al derecho a la salud, la información y a un ambiente sano y equilibrado; y respecto a la seguridad y soberanía alimentaria.

Los plaguicidas naturales son alternativas amigables con el medio ambiente, en Bolivia existe la norma técnica para la producción ecológica en este marco legal podemos describir que el uso de plaguicidas naturales es una alternativa que algunos productores locales utilizan. Los Bioplaguicidas son altamente específicos contra las plagas.

Para ello la presente investigación pretende realizar bioensayos a diferentes concentraciones, donde las hormigas (*Atta laevigata*) sean sometidas a pruebas con el Bioformicida elaborado en base a la hoja de paraíso (*Melía azedarach*), bulbo del ajo (*Allium sativum*) y ácido bórico, de esta manera se pueda proponer un Bioformicida natural que no dañe la salud humana, el medio ambiente y resulte efectivo en el control de hormigas cortadoras que atacan los cultivos en el distrito I del municipio de la Guardia.

4.2 Justificación Social

La elaboración de un Bioformicida natural en base a plantas que son accesibles para la población local del distrito I en el Municipio de la Guardia, permite controlar la plaga de hormigas cortadoras de manera económica y sencilla. Los resultados podrán informar a los pobladores sobre la efectividad del Bioformicida ofreciendo una alternativa amigable con el medio ambiente y que no dañe la salud del operador y los consumidores de los productos.

4.3 Justificación Profesional

El profesional Bioquímico farmacéutico tiene como competencia ser un investigador capaz de analizar, formular medicamentos y productos naturales. Para formular el Bioformicida a base de extractos de hoja de paraíso (*Melía azedarach*), bulbo del ajo (*Allium sativum*), ácido bórico (H_3BO_3), que presenta propiedades repelentes e insecticidas, para el control de hormigas. Gracias al conocimiento adquirido en las materias de Operaciones Unitarias, Farmacobotanica y Fitoterapia, Farmacognosia y Fitoquímico y Química general donde se aprenden los métodos de extracción, propiedades de las plantas y sus aplicaciones. Gracias a la formación académica y el perfil farmacéutico es competente la formulación de productos que ayuden a la sociedad desde nuestra formación.

5 OBJETIVOS

5.1 Objetivo General

- Determinar la efectividad bioformicida de una preparación formulada a base de hoja de paraíso (*Melía azedarach*), bulbo de ajo (*Allium sativum*) y ácido bórico, mediante bio-ensayos para aplicar sobre la “Hormiga cortadora” (*Atta laevigata*) en laboratorios de la Universidad Evangélica Boliviana, Departamento de Santa Cruz – Bolivia. Gestión 2021.

5.2 Objetivos Específicos

- Identificar la especie de la hormiga plaga que afecta los cultivos de lechuga del distrito I en el Municipio de la Guardia con los especialistas entomólogos del Museo de Historia Noel Kempf Mercado.
- Describir teóricamente las concentraciones letales de cada componente para la Efectividad Bioformicida.
- Evaluar la efectividad Bioformicida mediante bioensayos a partir de la formulación del producto con la sinergia de los 3 componentes.

6 MARCO TEORICO

6.1 Antecedentes

Título: EFECTIVIDAD DE CEBOS A BASE DE ENTOMOPATÓGENOS Y EXTRACTO VEGETAL PARA MANEJO DE HORMIGA ARRIERA (*ATTA LAEVIGATA*) EN FORESTALES DE VILLANUEVA (CASANARE).

Autor: María Natalia Arias Sánchez Año: 2014

Modalidad: Artículo Científico

Las hormigas cortadoras de hojas (*Atta laevigata*) son una plaga económicamente importante tercera revisión no se observó mortalidad en las colonias tratadas con hongos y con C. ensiformes, mientras que las tierras diatomeas disminuyeron la actividad de los nidos solamente las 2 primeras semanas. El producto Attakill produjo un 100% en las plantaciones forestales de *Pinos sp.* y *Eucalyptus sp.* en la Orinoquia, cuyo control se fundamenta en el uso de insecticidas orgánicos de síntesis. Con el objeto de evaluar la efectividad de métodos alternativos de control, como insecticidas de origen vegetal, biológico y productos inorgánicos, se seleccionaron 35 nidos activos de la hormiga, en terrenos pertenecientes a la empresa reforestadora Refocosta S.A.S. (Villanueva, Casanare), y se trataron con los hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, el hongo antagónico *Trichoderma viridae*, el macerado de semillas de Canavalia ensiformes, el compuesto fósil tierras diatomeas y el producto químico Attakill como control. Se evaluó la actividad de los nidos previo al tratamiento y a los 20, 40 y 65 días después de la aplicación. Al final de la de mortalidad. Se concluye que la efectividad de los métodos alternativos en el control evaluados contra *A. laevigata*, es inferior a la mortalidad generada por el insecticida orgánico Attakill.

Título: EFECTOS DE EXTRACTOS ACETÓNICOS Y ACUOSOS DE RICINUS COMMUNIS (RICINO), MELIA AZEDARACH (PARAÍSO) Y TRICHILLIA GLAUCA (TRICHILLIA), SOBRE LA HORMIGA NEGRA COMÚN (ACROMYRMEX LUNDI)

Autores: Patricia Caffani, Paola Carrizo, Alicia Pelicano, Patricia Roggero, Jose Pacheco.

Año: 2008

Modalidad: Artículo Científico

Las hormigas cortadoras son importantes plagas en zonas agroforestales. A fin de sustituir los plaguicidas sintéticos empleados para su control por otros naturales, más degradables y selectivos y menos agresivos para el ambiente, se estudian diferentes especies de plantas que ocasionan variaciones comportamentales o tóxicas para esta plaga o su hongo simbionte. Sobre la hormiga negra común, se ensayó en laboratorio la respuesta a extractos acetónicos -obtenidos con Soxhlet -y acuosos -obtenidos por cocimiento- de ricino, paraíso y trichillia. En hormiguero artificial, en un ensayo sin libre elección, se ofrecieron discos de hojas de eucalipto topicados con dichos extractos (n=3) y se registró el tiempo de acarreo de todos los discos, por tratamiento. Los extractos de ricino y paraíso generaron mayor efecto repelente, independientemente del solvente de extracción utilizado. Las pruebas de Friedman resultaron: extractos acuosos: $T_2=85$; $p=0,0001$; acetónicos: $T_2=5,50$; $p=0,0371$; por lo tanto, se obtuvo una diferenciación más clara entre los tratamientos para los extractos acuosos. Se probó entonces para los extractos acetónicos, el efecto tóxico por ingestión en confinamiento. En cajas de Petri se suministró a las hormigas estos extractos con dieta base artificial (n=5) y se registró la supervivencia diaria, ajustando las curvas a Weibull, obteniendo α (tasa media de mortalidad) y β (supervivencia media) y comparando la longevidad máxima por ANOVA y Tukey. Ambos análisis

resultaron coincidentes y el extracto de trichillia -menos repelente- presento la mayor toxicidad por ingestión. El uso integrado de los extractos en campo permitiría aprovechar el efecto repelente del extracto de ricino para la protección del cultivo y el efecto toxico del extracto de trichillia para el control de hormiguero.

Título: ACTIVIDAD BIOLÓGICA Y BIOCIDA DE EXTRACTOS PROVENIENTES DE ESPECIES VEGETALES DE LA REGIÓN PAMPEANA SOBRE HORMIGAS (INSECTA: HIMENÓPTERA: FORMICIDAE)

Autores: Bellozas Reinhard, Estela Maris, Gladis Ester Martines, Oscar Wisner, Laura Mabel, Florencia Borrego.

Año: 2008

Modalidad: Estudio Científico

En la búsqueda de nuevas herramientas en el control de plagas y debido a la resistencia de las mismas a los insecticidas químicos convencionales se incrementó el estudio hacia métodos alternativos derivados de extractos de vegetales con efectos biológicos sobre las especies a controlar. El objetivo es extraer e identificar metabolitos secundarios proveniente de los extractos de especies vegetales de la región semiárida pampeana y estudiar los efectos biológicos sobre especies de hormigas. De las especies vegetales recolectadas se realizaron distintos extractos crudos (tabla 1) de un grupo de 5 especies botánicas diferentes, extraídas en hexano (A) y cloroformo etanol 1:1 (B) se analizó su posible actividad repelente frente a *Tribolium castaneum* Herbst. Las Pruebas de repelencia se llevó a cabo siguiendo el método Talukder & Howse (1993, 1994), en caja de Petri sobre papel de filtro reducido a la mitad; aplicando 1 ml de los extractos de concentración de 10 mg/ml y la otra mitad sin tratar, utilizando 10 adultos con 5 réplicas para cada ensayo, durante 5 hs de tratamiento. El Porcentaje de Repelencia se calculó $PR = (Nc - 5) \cdot 20$. En general, todos los extractos clorofórmicos etanólicos probados demostraron PR, encontrándose que la sp *Urtica urens* presenta el mayor efecto repelente, en cambio con el extracto hexánico el PR mayor se da para la sp. *Ambrosia tenuifolia*.

6.2 Bases teóricas

6.2.1 Bioformicida

Los bioformicida son pesticidas derivados de organismos naturales como plantas y minerales. Se utilizan en la agricultura orgánica y sostenible debido a su baja toxicidad y su impacto ambiental mínimo. (1)

6.2.2 Agroquímicos

Los agroquímicos son sustancias químicas que se emplean con la recurrencia en la agricultura y que tienen la finalidad de mantener y conservar los cultivos que está actividad desarrolla. Normalmente su uso está vinculado con matar insectos o cualquier otro organismo que afecte de manera negativa y también para eliminar de plano las malezas y los hongos (6).

- **Agroquímicos y su clasificación**

Los agroquímicos son aquellas sustancias químicas empleadas en la agricultura con el fin de mantener y conservar los cultivos vegetales y animales. Su uso está extensamente generalizado, no obstante, como todo producto químico, debe ser empleado con precaución ya que en ocasiones pueden llegar a ser perjudicial para los seres vivos (7).

- **Toxicidad de los agroquímicos**

La toxicidad de un agroquímico mide su capacidad de causar daño a la salud. Se clasifica principalmente por sus efectos a corto plazo, es decir, su toxicidad aguda. Para medir esta toxicidad, se utiliza la dosis letal 50 (DL50), que indica la cantidad de sustancia capaz de matar al 50% de un grupo de animales en un experimento. Esta dosis se expresa en miligramos de sustancia por kilogramo de peso del animal (mg/kg). La DL50 permite evaluar el potencial de envenenamiento agudo de una sustancia y, aunque se obtiene de pruebas en animales, se utiliza para estimar los riesgos para los humanos (8).

6.2.3 Pesticidas

Los pesticidas son químicos que se usan para destruir o controlar las malezas (herbicidas), plagas de insectos (insecticidas), plagas de roedores (rodenticidas), u hongos (fungicidas).

Los pesticidas pueden usarse en muchos lugares de trabajo, pero también se usan en y alrededor de las casas, principalmente para tratar insectos o malezas en el césped.

Los boratos y en especial el Ácido Bórico, son muy efectivos en el control y la eliminación de insectos, hongos. Son tóxicos para cucarachas, hormigas, escarabajos y larvas, sin embargo, no son perjudiciales para los mamíferos. Un insecticida, es un producto fitosanitario utilizado para controlar insectos (Insecta, en latín literalmente “Cortado en medio” basado en la observación directa de la simetría bilateral de los mismos), generalmente por la inhibición de enzimas. Estos son de tipo de Biocida. Los biocidas pueden ser sustancias químicas sintéticas, naturales de origen biológico o de origen físico que están destinados a destruir, contrarrestar, neutralizar, impedir la acción o ejercer un control de plagas de insectos en la agricultura o para eliminar todos aquellos que afectan la Salud Humana y animal. (Gladstone & Hruska, 2003).

6.2.4 Clasificación de pesticidas

Insecticidas Biorracionales. - Se incluyen en este grupo a una gama de productos insecticidas que tienen una acción fisiológica propia para cada insecto y que no se obtienen por síntesis química.

Biológicos. - Están compuestos por organismos vivos o sus derivados que son aplicados o liberados en gran número o grandes cantidades dentro de la población de plagas con propósitos de control inmediato. Un plaguicida Biológico consistir en grandes cantidades de un parasitoide o depredador, para el control de insectos o ácaros, o de un herbívoro para el control de maleza, un extracto botánico o un microbio vivo o muerto tal como bacteria, hongo o virus de insecto. (Gladstone & Hruska, 2003). Microbianos. - son insecticidas cuyo ingrediente activo es un microorganismo vivo o su derivado. Los plaguicidas microbianos causan enfermedades en insectos, malezas, ácaros o nematodos o los eliminan a través de toxinas liberadas por el microbio. Cuatro grupos de microorganismos, hongos, bacterias, protozoos y virus, un gran grupo de organismos más grande agrupados con ellos, los nematodos no parasitarios de plantas se utilizan en los insecticidas microbianos (Gladstone & Hruska, 2003).

6.2.5 Insecticidas vegetales u orgánicos

El uso de extractos de plantas como plaguicidas, comúnmente llamados plaguicidas botánicos u orgánicos, es considerado un método de manejo de plagas tradicional o indígena en los países en desarrollo de América Latina y el Caribe. Los extractos acuosos y preparaciones secas de semillas, hojas, corteza y raíces mezcladas en la finca para eliminar plagas son también una extensión satisfactoria de una rica tradición cultural de medicinas basadas en plantas para el tratamiento de enfermedades humanas y animales (Gladstone & Hruska, 2003).

6.2.6 Preparación de los plaguicidas

Según Roog (2000), la preparación de insecticidas puede ser de dos formas:

1.- Extractos en base de solventes orgánicos: De diferentes partes de la planta se extrae con ayuda de solventes orgánicos como ser alcohol, etanol, etil éster querósén. Alcaloides y otras composiciones químicas. La ventaja es que se puede conseguir extractos puros para el análisis en el laboratorio.

2.- Extractos en base de agua. Este método es muy simple consistiendo en la preparación del bio- plaguicidas por medio de la maceración, decocción o infusión de las plantas en agua y tienen la ventaja de que cualquier agricultor puede preparar las suspensiones de los plaguicidas botánicos directo al campo. Casi todos los alcaloides son solubles en agua. La preparación no requiere un laboratorio sino puede ser realizada con métodos rústicos. Se puede preparar los extractos acuosos con material fresco o seco, dependiendo de la planta.

6.2.7 Planta de Paraíso

Taxonomía de la planta de paraíso

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Orden: Sapindales
Familia: Meliaceae
Género: Meliá
Especie: Meliá azedarach

El árbol de paraíso posee propiedades insecticidas, fungicidas, nematicidas y repelentes que actúan en el control de los siguientes organismos: ácaros, bacterias, hongos, insectos (cucarachas, hormiga, termitas, mosquitos, pulgones, piojos, pulgas y polillas), moluscos, nematodos, virus y plagas de granos almacenados (García y Tamez 2012).

Los frutos tienen propiedades narcóticas. Resultan venenosos ingeridos en cantidad. De ellos se puede obtener, por destilación, un gas inodoro e inflamable que se usó para el alumbrado. El fruto seco y pulverizado sirve como insecticida y para defenderse de los piojos. La toxicidad de los frutos afecta al ser humano y otros mamíferos, aunque no a las aves. (De hecho, constituye parte esencial de la dieta de la cotorra *Myiopsitta monachus*).

Contiene neurotóxicas, en especial tetranor triterpenos 0,66g de fruta por Kg, pueden matar a un mamífero adulto. Sus síntomas son Vómitos, diarrea, dolor a abdominal, congestión pulmonar, Rigidez, falta de coordinación y finalmente paro cardíaco (7).

6.2.7.1 Descripción del árbol de paraíso (*Melia azedarach*)

Es un árbol caducifolio de tamaño medio, de 8 a 15m de altura, con el tronco recto y corto, alcanzará los 4 a 8m de diámetro, en forma de sombrilla.

Las hojas son opuestas, compuestas con pecíolos largos, imparipinnadas de 15 a 45 cm de longitud, los folios los son ovales, acuminados de 2 a 5 cm de largo, de color verde oscuro por el haz y más claro en el envés, con el margen aserrado. Sus flores, pentámeras y de color púrpura o lila, se organizan en panículas terminales de hasta 20cm de largo muy fragantes. El fruto es una drupa de 1 cm de diámetro y forma globosa, de color verde y amarillo pálido en la maduración, con su endocarpio grueso con 1 semilla por lóculo, de 1 mm de largo por 0,3 mm de ancho (9).

Taxonomía de la planta de paraíso

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Sapindales
Familia:	Meliaceae
Género:	Meliá
Especie:	Meliá azedarach

6.2.7.2 Composición química

En los análisis químicos de la planta del paraíso, muestran los compuestos y sustancias: Gomas, Ácidos cianhídrico, Saponinas, Aceites Alcanforado, Aceites Ácidos y grasos, triterpenos, Hoja y frutos tienen alcaloides como paraisina y azadirina (10). (Ramírez 2004). Indica que la sustancia activa que contiene el árbol del paraíso es la Azadirachtina, que se encuentra en casi todas las partes de la planta, aunque en las semillas las concentraciones son las más altas. Entre las plagas que controla tenemos a los pulgones, pulgón harinoso de la col, cogollero de maíz, cogolleros o gusanos de los frutos, polilla de la col, mariposa blanca de la col, falso medidor de la col, ácaros, langostas y hormigas.

Gomero en su artículo del árbol del paraíso informa que crece en forma silvestre en todo valle. Contiene toxinas de contacto y de ingesta, actúa como insecticida, repelente, inhibidor de la ingesta y el crecimiento (10).

6.2.8 Bulbo de ajo (*Allium sativum*)

El ajo contiene cantidades significativas de algunos micronutrientes como el manganeso, la vitamina B6, la vitamina C, el selenio y es bajo en calorías. Es rico en polifenoles y otras sustancias antioxidantes.

El bulbo del ajo incluye alrededor de un 1 % de aminoácidos azufrado alina, que convierte en alicina (o disulfuro de dialilo) cuando se machaca este alimento. La alicina y sus productos derivados, los ajenos, son los responsables del olor característico, también contiene aminoácidos proteinogenos, diversos compuestos sulfurados (principalmente bisulfuro de alilo), quercetina, fructanos (principalmente insulina), elementos minerales (potasio, calcio, manganeso, selenio) y otras vitaminas B, además de B6(B1, B2, B3 y B5) (11).

La obtención de esencias y extractos del ajo, el deshidratado, enlatado y congelación llevan a la formación de productos con diferentes características fisicoquímicas y propiedades biológicas, por ejemplo, la alicina tiene una vida media de horas hasta días en función de disolventes de extracción utilizado y del pH del medio en condiciones acidas la alinasa, enzima responsable de la formación de alicina se inactiva., se ha encontrado que el ajo existen diferentes compuestos que presentan efectos en la actividad, antimicrobiana, antiinflamatoria, antiasmática, fúngica y larvicida (Malkeja et al. 1990).

6.2.8.1 Taxonomía

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Liliopsida
Orden: Asparagales
Familia: Amaryllidaceae
Subfamilia: Allioideae
Tribu: Allieae
Género: Allium
Especie: Allium sativum L.

6.2.8.2 Descripción del bulbo de ajo

El ajo es una planta bulbosa con hojas largas y delgadas. Sus raíces pueden ser bastante profundas. Lo que comúnmente conocemos como ajo es en realidad un bulbo compuesto por varios dientes, cada uno envuelto en una fina capa. Estos dientes son capaces de producir nuevas plantas de ajo, ya que contienen una yema que puede germinar. El tiempo que tarda esta yema en brotar depende de la variedad y de cómo se haya almacenado el ajo. Además de los dientes, la planta de ajo produce flores blancas y, en algunas especies, pequeños bulbos adicionales en el tallo.

Un par de semanas antes de que el ajo esté dispuesto para ser cosechado, brotabun vástago redondo que tiende a enroscarse, es una delicia gastronómica.

Una característica particular del bulbo es el fuerte olor que emana al ser cortado, esto se debe a dos sustancias altamente volátiles, la alicina y el disulfuro de alilo. (11)

6.2.8.3 Composición química

El ajo contiene principalmente agua, la mitad de su composición es agua. El resto de su contenido se puede dividir entre hidratos de carbono, especialmente almidón, una cierta cantidad de proteínas no demasiado elevada y bastantes minerales entre los que están el potasio y el magnesio y algunas de las vitaminas del grupo B. también es un alimento libre de grasas.

Después del potasio, el mineral más predominante en esta planta es el fosforo, aproximadamente 5,1 mg por cada diente de ajo, seguido por los 3,6 mg que contiene yodo (11).

6.2.8.4 Aplicación

Son beneficiosas tanto para la salud de las personas como para el cuidado de las plantas de huertos y jardines.

Al usar el ajo insecticida proporciona como repelente para los insectos. Tales como los pulgones, cochinillas, ácaros, mosca blanca, hormigas, así como prevenir los hongos El ajo actúa por ingestión, causando ciertos trastornos digestivos y en insectos deja de alimentarse (12).

6.2.9 Ácido Bórico

6.2.9.1 Propiedades y usos del ácido bórico

Es un compuesto químico con aspecto cristalino, de forma sólida y coloración blanquecina, es inodoro y ligeramente ácido. Es usado como antiséptico, insecticida, retardante de la llama y precursor de otros compuestos químicos. Es usado también como agente tampón para la regulación del pH.

Aspecto:	cristales
Forma física:	sólido
Color:	blanco
Olor:	inodoro
Densidad relativa:	1.46
Solubilidad:	Soluble en agua a temperatura de ebullición, Glicerina.
Viscosidad:	Inaplicable, sustancia sólida.
Propiedades explosivas:	No explosivo

- **Aplicación**

Debido a su gran efectividad con la que cuenta para atraer y eliminar las plagas de insectos como hormigas, cucarachas, chinches o pulgas.

6.2.9.2 Usos del ácido bórico

El Boro es un micronutriente esencial para el crecimiento de las plantas. Los fertilizantes a base de boro normalmente se mezclan con otros compuestos o fertilizantes NPK para corregir la deficiencia de Boro (13).

Retardantes de llama

El ácido bórico es un químico efectivo para retardar el esparcimiento de las llamas. Se utiliza en una amplia gama de productos: madera, madera contrachapada, textiles, algodón, papel y celulosa.

- Las hormigas es una de las plagas más comunes.

Las hormigas son insectos sociales, que como las abejas o las avispas pertenecen al orden de los Himenópteros. El incremento de las hormigas es día a día debido a la aparición relativamente frecuente de nuevas especies aún sin identificar.

- Las colonias de hormigas.

Las hormigas viven en colonias organizadas mediante un sistema de castas o divisiones sociales que aportan un rol específico a cada tipo de individuo.

Presentan un tipo de desarrollo holometábolo en el que se suceden las fases de huevo, larva, pupa y adulto. Las colonias de hormigas se componen generalmente de tres castas de adultos: obreras, hembras reproductoras.

- Principales daños de las plagas de hormigas.
- Transmisión de enfermedades al arrastrar microorganismos en sus patas.
- Contaminación de alimentos.
- Costes estructurales y económicos por alterar materias de construcción para viviendas y edificios.
- Presencia de plagas de hormigas

Encontrar montones de tierra, de barro o de suciedad que componen los hormigueros también indica la existencia de una plaga (14).

6.2.10 Hormiga “*Atta laevigata*”

Es uno de los géneros más espectaculares de las atinas, con colonias que pueden exceder el millón de individuos, son hormigas grandes con resinas que pueden alcanzar, sin incluir sus alas, unos 2,5 cm de longitud.

Pertenecen a este género cuarenta y una especies que están distribuidas y una especie que están distribuidas por Américas, desde cabo de hornos el norte de México y sur de los Estados Unidos donde existen dos especies (15).

Este género es denominado la hormiga cortadora de hojas o arriera. Aquí en Bolivia, en los departamentos de Santa Cruz, Beni, Pando, Cochabamba donde se lo conoce como sepe o sepe culón y en el norte de La Paz se lo conoce como tujo (16).

6.2.10.1 Nidos

Las Atta son hormigas expertas excavadoras. Sus nidos son grandes y pueden extenderse y perdurar durante muchos años (Zayas 1982).

Las hormigas Atta están clasificadas en dos clases: hormigas y aladas (machos y reinas) y las castas de no reproductoras.

Los machos y reinas se aparean en el llamado vuelo nupcial, donde la reina resulta fertilizada y puede originar una nueva colonia por si sola.

Las no reproductoras presentan un gran nivel de polimorfismo en cuatro castas: Las mínimas o jardinerías, las menores, las medias y las mayores o cabezonas.

Estas se encargan del corte de hojas, su masticación, la llevada al nido. El cuidado principal de los huevos, larvas ninfa y reina es protegida por toda la colonia.

El vuelo nupcial de las Atta se da generalmente al comienzo de la época de las lluvias. Salen de sus nidos o colonias cuando termina de llover. (17).

Las Atta no buscan su alimento de día, lo hacen por la noche o en días nublados. Las cortadoras suben masas a los árboles y sobre las hojas enganchan sus mandíbulas, cortan secciones curvas, muy caracterizadas, los trozos cortados son el tamaño de su cuerpo.

Una de las mayores plagas en los cultivos en área donde la actividad de sus nidos coincide con plantaciones agrícolas de vegetales, también jardines. Pueden causar mucho daño durante mucho tiempo. Son muy perjudiciales tanto en aspecto económico como en la producción.

6.2.10.2 Control

En el control de las Attas se debe depositar de 10 a 15 gramos de concentrados por hormiguero. Las esporas germinan sobre el cuerpo del insecto e invade su interior hasta causarle la muerte.

Para ahuyentarlas a las Attas se usa flor de muerte (Tagetes), el (Vetiver) y Las hojas de paraíso cuyas raíces, hojas o fruto contienen principios (14).

6.2.10.3 Su etapa de su 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.

LARVA. - son de color blanco, con una apariencia de granos de arroz, apodas (sin patas) y se encuentran en medio de la masa del hongo de donde son alimentados por los adultos (obreras).

PUPA. - 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 ADULTO. - tiene las partes de cabeza, tórax, abdomen, tres pares de patas un par de antenas. Los machos adultos y hembras fértiles (18).

6.2.10.4 Formación de hormigueros

Los hormigueros se pueden catalogar por:

Grandes: área > 50m² Medianos: área oscila 10-49 m² Pequeños: área <10 m²

Estas hormigas cortadoras realizan el corte y acarreo de fragmentos de hojas tiernas con contenido acuoso y bajo en compuestos potencialmente tóxicos para el cultivo. Esta actividad depende de las épocas de abundancia o escasez de lluvias, lo realizan por la noche de 6 a 10 pm (6).

6.2.11 Lechuga (*Lactuca sativa*)

Origen y características Botánicas

Giaconi y Escaff (1995), atribuyen el origen de la lechuga al Asia menor, siendo ampliamente conocida y cultivada en todo el mundo, a través de numerosos tipos y variedades constituyéndose en una de las plantas más importantes entre las hortalizas de hojas que se consumen crudas. Ruiz (1993), acerca de las características botánicas afirma que las hojas varían de tamaño, tienen de forma más o menos ancha alargada, espatulada oval o redonda; de color verde de intensidad variable, matizando del color amarillento al rojo violáceo uniforme en el colorido o manchada, superficie lisa o rugosa, reunidas en un tallo corto, tiene raíz pivotante con distintas ramificaciones, su profundidad va hasta 25 cm.

El cultivo de lechuga tiene dos ciclos: el vegetativo (es de 55 días desde la siembra hasta la comercialización) y el reproductivo (no requiere vernalización, y se ve acelerada a temperaturas altas y días largos).

Características de la variedad Gran Rapid

Según Mallar (1978), la variedad presenta forma de roseta de tamaño mediano a grande, hojas laminadas crespas de borde muy rizado y de color claro, semilla negra. La textura y sabor de las hojas son regulares cuando la planta llega a su

máximo tamaño, pero si se cosecha a la mitad de su desarrollo, mejora notablemente. Es de crecimiento rápido y se puede cosechar inclusive a los 45 días.

6.2.12 Métodos de extracción

6.2.12.1 Métodos para la elaboración de extractos vegetales

Bonilla, citado por Gomero (1994), indica que entre los métodos de extracción de los productos naturales son los siguientes:

- **Maceración:** Es un método de extracción a temperatura ambiente, en un recipiente heréticamente cerrado, usando como solventes extractor: agua, alcohol, mezcla hidro alcohólica, etc. Se realiza la mezcla de la planta con el líquido extractor y se deja la maceración durante un tiempo que varíe de 3 a 7 días.

Ventaja. Se logra la extracción de productos naturales sin modificación alguna.

- **Extracción por Soxhlet:** Es un proceso de extracción continua. Se utiliza el extractor soxhlet, que consta de un balón de vidrio. (contiene el solvente) unido a una columna de vidrio o soxhlet (lleva la muestra problema envuelta en un papel filtro) que posee un sistema de vaciado del solvente o sifón, conectados por la parte superior a un refrigerante o condensador. Se calienta el balón, el solvente se evapora, llega al refrigerante o condensador. Se calienta el balón, el solvente se evapora, llega al refrigerante donde se condensa y cae sobre la muestra problema, se produce la extracción de los componentes y luego por otro tubo regresa la solución al balón, deja los componentes y el solvente se vaporiza nuevamente y así continua la extracción hasta el agotamiento. Como el solvente se calienta junto con lo extraído, podría algún principio sufrir alguna modificación: por lo que se usa este método cuando se desea extraer metabolitos secundarios, resistentes al calor, como por

ejemplo saponinas, esteroides.

- Extracción a reflujo: Es un método de extracción basado en la destilación a reflujo, generalmente usando mezclas hidroalcohólicas, durante un periodo que va de una a varias horas de reflujo. La muestra en polvo se coloca en un balón de destilación junto con el solvente extractor, unido a un refrigerante o condensador. Se emplea para extraer metabolitos secundarios muy resistentes al calor, aun cuando se destruyan o se modifiquen algunas sustancias por el intenso calor.
- Extracción por percolación. Se realiza en columnas de vidrio, rellenas con el polvo del vegetal en estudio, luego a través del tubo se hace pasar solventes, por lo general de polaridad decreciente, colectándose las fracciones de cada solvente en recipientes separados. Se usa este método para separar pigmentos como la clorofila, carotenos, antocianinas, etc. de otros metabolitos secundarios.
- Extracción por arrastre de vapor: Se hace llegar el vapor del solvente extractor (agua, alcohol, mezclas) a la muestra vegetal por lo general es fresca y entera. Los componentes extraídos son arrastrados mecánicamente con el vapor que se condensa y cae en forma líquida. Este método se utiliza para extraer aceites esenciales, compuestos terpenoides y otros volátiles.
- Decocción: Se hace hervir la planta, generalmente entera, con el solvente extractor (alcohol, agua, mezclas) en recipientes no herméticos, durante un tiempo no muy prolongado (15, 25, 45 minutos a 1 hora).
- Infusión: Es un método de extracción por contacto de la muestra vegetal con el solvente hirviente durante un corto periodo de tiempo, suficiente para que se forme el llamado te- la infusión. Se logrará extraer principalmente los componentes muy solubles en solventes extractor (19).

Cuadro 1. Métodos de extracción de drogas naturales

Extracción con Disolventes	Temperatura	Tiempo	Disolventes
Infusión	Mayor a 50°C y Menor de 100 °C	De 1 a 2 min hasta 1 hora	Agua
Decocción	Temperatura a 100°C	De 15 a 30 min a ebullición	Agua
Maceración	Temperatura ambiente	Puede ser de horas a Días.	Agua, mezclas, hidroalcohólicas, glicerinas, glicólicos, vinagre.
Soxhlet	Temperatura a 100°C	Va a depender del tiempo que se demora en pasar el análisis por la Drogas.	Disolventes orgánicos como la acetona.
Arrastre por vapor	Menor a 100°C	Va a depender del tiempo, puede ser de 30 min a 1 hora o más.	Agua

Fuente: Servicio Nacional de Aprendizaje, 2003. Introducción a la industrialización de aceites esenciales de plantas medicinales y aromáticas, Colombia.

6.3 Marco conceptual

6.3.1 Bioformicidas

Son sustancias que controlan organismos nocivos o no deseados (como virus, bacterias, hongos, insectos y animales) por medios químicos o biológicos (20)

6.3.2 Hoja de Paraíso (*Melia azedarach*)

Droga vegetal hojas, es un árbol de porte medio, hoja caduca y flores ornamentales que pertenece a la familia Meliaceae. Se utiliza en jardinería por su follaje denso y exuberante floración (21)

6.3.3 Extracto de Ajo (*Allium sativum*)

Tiene grandes propiedades para el uso en agricultura y jardinería, ya sea como fungicida, insecticida y/o repelente. Se puede preparar de muchas formas; por infusión, decocción y fermentación o extracto vegetal (22)

6.3.4 Ácido Bórico (H_3BO_3)

Es un compuesto inorgánico que contiene boro, hidrógeno y oxígeno y tiene propiedades antivirales, antifúngicas y antisépticas (23)

6.3.5 Cultivo de Lechuga (*Lactuca sativa*)

Es una planta herbácea propia de las regiones semi templadas que se cultiva como alimento. El cultivo de lechuga puede hacerse durante todo el año y es muy simple mientras se tengan los cuidados necesarios

6.3.6 Hormigas *Atta laevigata*

Especie de hormiga que habita desde el sur de México hasta Argentina. Es una de las hormigas cortadoras de hojas más común; se caracteriza por la cabeza lisa y brillante de las obreras más grandes, son conocidas como arrieras, sepes, sepe culonas y sus abdómenes son consumidos como plato afrodisíaco.

6.4 Marco Legal

6.4.1 Requisitos para el Registro Sanitario de Bioplaguicidas

Todos los sistemas regulatorios para la evaluación de Bioplaguicidas cuentan con un sistema de requisitos para evaluar la eficacia y la seguridad de este tipo de productos y con los procedimientos para la evaluación del riesgo y las políticas donde se establecen los estudios a realizar (Tabla 1), los plazos razonables para la evaluación de diferentes tipos de productos, los precios para el proceso de Registro, entre otros documentos legales de obligatorio cumplimiento.

Hay otra etapa que es responsabilidad del fabricante de Bioplaguicidas y que algunos autores la denominan Eficacia Directa o Efectividad: abarca la comparación con otros productos similares y otras acciones de manejo, tolerancia de los cultivos al producto, compatibilidad con nuevos productos, efectividad sobre nuevas dianas, entre otros estudios para evaluar las múltiples interacciones que se producen durante la aplicación del producto en campo.

Para un Bioplaguicidas es vital, esta etapa; sin embargo, no todos los fabricantes destinan financiamiento permanente para estos ensayos o estudios, que permiten su adecuada aplicación y su uso dentro del manejo integrado de plagas, además de exponer nuevas ventajas o especificaciones que logran un posicionamiento en el mercado y credibilidad frente a los productores de alimentos.

Cuadro 2. Etapas y estudios para llevar a cabo el Registro Sanitario de Bioplaguicidas.

ETAPAS Y ESTUDIOS MÁS COMUNES PARA EL REGISTRO DE BIOPLAGUICIDAS	
ETAPA I. Selección del Agente de Control Biológico	
• Selección del mejor aislamiento (cepa): Facilidad de multiplicación, alta virulencia o patogenicidad (esporulación, colonización, parasitismo, otros), amplio rango de hospederos. • Caracterizaciones morfológica, fisiológica, bioquímica y molecular. • Mecanismo de acción.	
ETAPA II. Multiplicación	
• Método y tecnología de producción (controles de proceso): Sustratos y otros materiales. • Formulación . • Estabilidad del producto (vida útil, condiciones de envasado, etiquetado, almacenamiento).	
ETAPA III. Evaluación de la eficacia del formulado	
• Ensayos de laboratorio: rango de hospedero, dosis, influencia de los factores bióticos y abióticos. • Ensayos controlados en campo. • En función del cultivo y la plaga diana: condiciones climáticas y agronómicas, rendimientos.	
ETAPA IV. Evaluación de seguridad	
• Seguridad en mamíferos (pruebas toxicológicas). • Impacto ambiental (pruebas ecotoxicológicas). • Producción de metabolitos y toxinas. • Evaluación de riesgo y medidas para fabricación y aplicación.	
Etapa V. Registro Sanitario y autorización de uso	
• Elaborar expediente, o dossier, del producto a partir de los estudios anteriores	

Fuente.- Registro sanitario de Bioplaguicidas microbianos en América Latina y Cuba, 2016.

Paraguay, Bolivia y Venezuela: Regulaciones en procesos de modificación y mejora, siempre con el reconocimiento de los retos que tienen las instancias gubernamentales, los investigadores de diferentes disciplinas y la industria para lograr, en el más corto plazo, ampliar el mercado de Bioplaguicidas dentro y fuera de sus fronteras. (24)

6.4.2 Plan de Manejo de Plagas (PMP) – Bolivia

El objetivo de un PMP es minimizar los impactos negativos en la salud humana y el medio ambiente mediante un adecuado control de plagas proactivo que considere de manera anticipada la incidencia del impacto de las plagas en los procesos productivos. Con este fin se busca promover la prevención y el uso de mecanismos de control biológicos y naturales y así reducir la dependencia en pesticidas sintéticos.

6.4.3 Convenios Internacionales

Convenio de Estocolmo. - Mediante Ley N.º 2417 de 25 de octubre de 2002, Bolivia ratificó el Convenio de Estocolmo. Este convenio tiene como objetivo la protección de la salud humana y del medio ambiente de los efectos nocivos de los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs) tomando como base el principio precautorio. La meta de este convenio es reducir o eliminar las emisiones derivadas de la producción y el uso tanto intencional como no intencional de 12 COPs particularmente tóxicos conocidos como la “docena sucia”.

El Convenio de Estocolmo, sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs), es un acuerdo internacional que regula el tratamiento de las sustancias tóxicas, regula doce productos químicos incluyendo productos producidos intencionadamente, tales como: pesticidas, PBCs, dioxinas y furanos.

Convenio de Basilea. - Adoptado por Bolivia el 22 de marzo de 1989, ratificado el 15 de noviembre de 1996. Este es un tratado ambiental global que regula de manera estricta el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos, así como también su manejo y eliminación.

6.4.4 Legislación Regional y Nacional

En Bolivia la Ley de Medio Ambiente N.º 1333, del 27 de marzo de 1992, en el Título IV, Capítulo IX, Artículo 66, menciona que la producción agropecuaria debe ser desarrollada de tal manera que se pueda lograr sistemas de producción y uso sostenible, considerando la utilización de los suelos para uso agropecuario deberá someterse a normas prácticas que aseguren la conservación de los agroecosistemas. Esta ley en el Título III, Capítulo II, Artículo 21 indica, además, que se deben tomar las medidas preventivas correspondientes, informar a la autoridad competente y a los posibles afectados, con el fin de evitar daños a la salud de la población, el medio ambiente y los bienes.

Por Decreto Supremo N° 28092 se crea Programa Nacional de Contaminantes Orgánicos Persistentes, que es la institución que regirá el cumplimiento de las normas establecidas y convenios firmados, tiene como objetivo:

- Formular planes, programas y proyectos para la implementación de acciones en materia de sustancias y productos químicos - COP's y desechos peligrosos en beneficio de la población nacional.
- Lograr una gestión a nivel nacional de eliminación de desechos y sustancias altamente peligrosas para los seres humanos y el medio ambiente en su conjunto.
- Contar con una política para la adecuada Gestión de Productos Químicos en el marco de los lineamientos y directrices de las Naciones Unidas y la Normativa Nacional vigente en forma gradual en los diferentes niveles (Nacional, Departamental y Municipal). (25)

7 HIPÓTESIS

7.1 Hipótesis

H1: El Bioformicida a base de hojas de paraíso (*Melía azedarach*), bulbo de ajo (*Allium sativum*) y ácido bórico tiene acción bioformicida por arriba del 10% de concentración sobre la plaga de hormigas cortadoras (*Atta sp.*) en los bioensayos y nidos del distrito I en el Municipio de la Guardia.

7.2 Hipótesis nula

Ho: El bioformicida a base de hojas de paraíso (*Melía azedarach*), bulbo de ajo (*Allium sativum*) y ácido bórico no tendrán una efectividad bioformicida por debajo del 10% de concentración, sobre las hormigas cortadoras (*Atta sp.*) de los bioensayos y nidos del distrito I en el Municipio de la Guardia.

8 VARIABLES

8.1 Variables Independientes

- Concentración de los extractos de la hoja de paraíso (***Melía azedarach***), bulbo de ajo (***Allium sativum***) y ácido bórico.
- Especies vegetales
- Metabolitos secundarios de las plantas
- Dosificación de formícida Orgánico

8.2 Variables Dependientes

- Efecto formícida
- Control de Hormiga ***Atta sp.***

8.3 Operacionalización de variables

Variable Independiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Unidades de medida	Tipo de Variable
Concentración de los extractos de la hoja de paraíso (<i>Melía azedarach</i>), bulbo de ajo (<i>Allium sativum</i>) y ácido bórico.	Es la relación de la masa o volumen de un soluto con la masa o volumen de una solución o solvente.	Calcular las medidas de soluto y solventes que determinará la concentración de la solución y el tipo de solución.	Cantidad de soluto	Grado de concentración expresada en porcentaje	Porcentaje % masa/volumen	Variable cuantitativa
Metabolitos secundarios de la hoja de paraíso y bulbo de ajo	Reacciones químicas que presentan propiedades biológicas, y se caracterizan por sus diferentes usos y aplicaciones como medicamentos, insecticidas.	Grupo fitoquímico Principios activos	Acción insecticida	Para Paraíso (Compuestos fenólicos) Para ajo (Alicina)	Gramos	Variable cuantitativa

Variable Independiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Unidades de medida	Tipo de Variable
Especies vegetales	Se denomina así por las partes utilizadas de las plantas ya sean enteras o procesadas para la elaboración del producto de interés.	Partes utilizadas de una planta para la extracción de principios activos que puedan presentar una determinada actividad.	Partes utilizadas	Cantidades de la hoja de paraíso. Cantidad del Bulbo de ajo.	Kilos	Variables Cuantitativa

Variable dependiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Unidades de medida	Tipo de Variable
Efectividad del Bioplaguicidas	Sustancia química o natural para matar hormigas.	Tiempo, dosis y formulación.	Inhibición de la maduración de la larva omuerte	Tiempo de mortalidad	Horas	Variable cuantitativa
Control de Hormiga <i>Atta sp.</i>	Son insectos muy perjudiciales, defoliadoras de hortalizas, arboles forestales, fruticultores y plantas ornamentales.	Problema fitosanitario en el cultivo de lechuga	Cantidades de Hormigas Y el tiempo de mortalidad	Cantidad de plagas que afectan el cultivo de lechuga. Costo de control fitosanitario mediante el uso de producto orgánico.	Unidades Costos	Investigación bibliográfica Investigación campo

9 DISEÑO METODOLOGICO

9.1 Tipo de Estudio

9.1.1 Según su nivel

De acuerdo con su nivel, es de tipo cuasiexperimental ya que el efecto formícido del Bioformicida dependerá de las concentraciones utilizadas para comprobar la hipótesis del estudio, además, es explicativo porque detalla el comportamiento de una variable en función de las otras.

9.1.2 Según su diseño

El presente estudio es de tipo experimental, porque se evaluó la acción formícida del Bioformicida en base a hoja de paraíso, bulbo de ajo y ácido bórico a diferentes concentraciones verificando si presentan acción formícida entre grupos de estudio y grupos de control.

9.1.3 Según el momento de recolección de datos

Este trabajo es de tipo prospectivo, ya que todos los datos recolectados acerca de la actividad formícida se recolectaron a medida que se evaluaban la acción del Bioformicida sobre los bioensayos a diferentes concentraciones. Son datos obtenidos actuales de las muestras de estudio.

9.1.4 Según el número de mediciones de la variable

Según las ocasiones en que se mide la variable es de tipo longitudinal ya que se realizó varias mediciones de la variable de estudio. Se evaluaron continuamente a las 3, 12, 24, 36 horas después de la exposición del Bioformicida con las hormigas.

9.2 Área de estudio

Los cultivos de lechuga que son afectados por la plaga y las hormigas que se casaron para los bioensayos fue en el Municipio de la Guardia Distrito 1 ubicado a 22 km al sur del Municipio de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra.

9.2.1 Clima

El clima en Santa Cruz y en la Guardia es cálido, soleado, su promedio de temperatura es de 31.5°C, con una precipitación de estaciones secas y húmedas bien marcadas.

9.2.2 Suelo

La zona se caracteriza por tener un suelo con textura y compactación moderada, el suelo utilizado en el área de cultivo fue totalmente removido y mezclado con estiércol de jardín agrícola (abono vegetal).

9.2.3 Localización del laboratorio

Los bioensayos fueron realizados en el laboratorio de la carrera de bioquímica y Farmacia de la Universidad Evangélica Boliviana, ubicado en el sexto anillo de la avenida Olímpica, Santa Cruz de la Sierra (Ver anexo 1 y 2).

9.3 Universo y Muestra

9.3.1 Universo

La población de estudio estuvo conformada por las hormigas cortadoras, arrieras conocidas popularmente como sepes. Y las hojas de paraíso (*Melía azedarach*) y bulbo de ajo (*Allium sativum*) y ácido bórico.

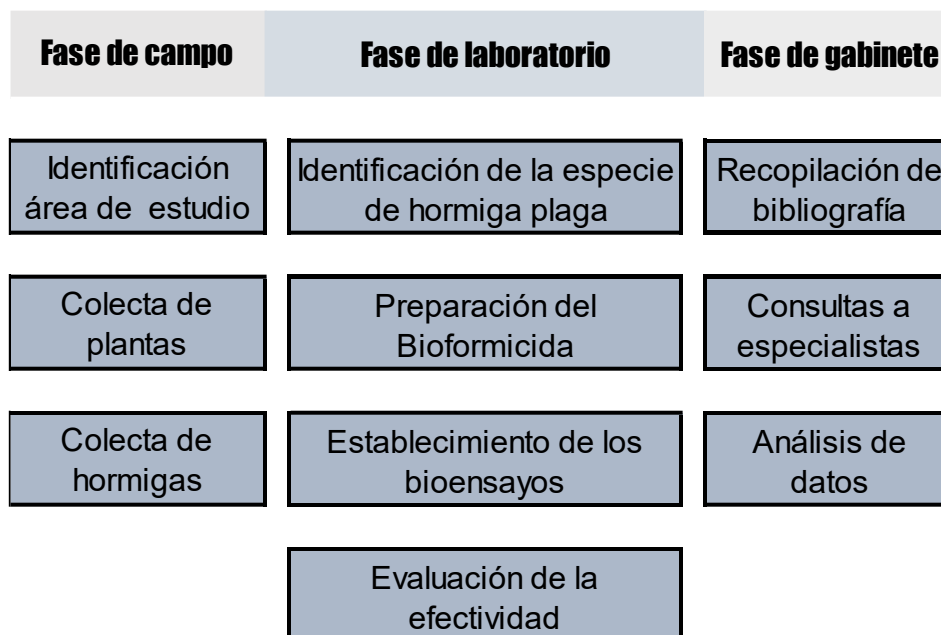
9.3.2 Muestra

Se sometieron a experimentación 240 hormigas cortadoras del género *Atta*. Provenientes del distrito-I en el Municipio de la Guardia.

9.4 Procedimiento

9.4.1 Flujograma del proceso

Figura 1. Diseño experimental de la investigación



Fuente.- Elaboración propia, 2021

9.4.2 Métodos

9.4.2.1 Identificación de especie de hormiga

Para realizar la identificación de la plaga, se recolectaron 15 individuos Adultos de Hormigas, se colocaron en una solución de alcohol al 70 % para ser trasladada al Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado, área de zoología para ser identificada por especialistas entomólogos con su respectivo certificado otorgado por un centro de referencia científico de Santa Cruz como es el museo.

9.4.2.2 Identificación de metabolitos secundarios

Se realizó la revisión bibliográfica, además de la hoja de paraíso que crece naturalmente en el municipio de la Guardia, se envió 250 gramos de la hoja de paraíso a la ciudad de La Paz para que el especialista en el área pueda cuantificar los compuestos fenólicos de la hoja de paraíso (Ver anexo 7). Del ajo se basó en bibliografía existente.

9.4.2.3 Ensayos para determinar la concentración letal

Se realizaron dos bioensayos, uno en el campo donde se encuentran los hormigueros del distrito uno del municipio de la Guardia (Ver anexo 4), con este ensayo se evaluó la acción formícida, el índice de mortandad de hormigas cortadoras sometidas al fumigado del Bioformicida y otro ensayo bajo condiciones de laboratorio, donde se consideró la acción formícida del Bioformicida en hormigas en tubos de ensayo y recipientes plásticos para los experimentos, se tomó como guía la metodología propuesta por y un bioensayo por Cruz 2009, y del Manual de bioensayos propuesta por Sagayama y Dardon 2021. (26) con modificaciones. El diseño para los experimentos fue de seis tratamientos (concentraciones) cuatro repeticiones cada una con 10 hormigas cortadoras activas y un control, con mediciones a las 3, 12, 24 y 36 horas (Ver anexo 9 y 10).

9.4.3 Elaboración del Bioformicida

Bulbo de Ajo (*Allium Sativum*) se compró solo bulbos secos: la cantidad fue de 2,5 kilos.

Hojas de Paraíso (*Melía azedarach*). La cantidad recolectada fue de 2.5 kilogramos de materia verde. Para el secado una vez recolectada las especies se procedió a secarlas hasta obtener una muestra en base seca. El proceso de secado consistió en dejar las muestras en un lugar con sombra y ventilación a temperatura ambiente, durante tres días.

Ácido Bórico 3 kilos comprados en la Farmacia Telchi.

9.4.3.1 Elaboración del Bioformicida para nidos del Distrito I

Se elaboró el Bioformicida según el procedimiento recomendado por Roog (2000), quien indica que la forma más casera que no necesita de un laboratorio es la extracción en base de agua. Así el agua es el líquido extractor y el método empleado es la Decocción, recomendado por Bonilla (citado por Gomero 1994).

9.4.3.2 Preparación del Bioformicida para bioensayos en laboratorio

Se utilizo:

- 50 gramos de hojas secas y pulverizadas de paraíso
- 50 gramos de bulbo seco de ajo
- 50 gramos de ácido bórico
- Agua 225 g

Se llevo a cocción durante 15 minutos y para determinar el porcentaje de concentración se utilizó la formula (Ver anexo 8).

$$\% m/v = \frac{\text{masa de soluto}}{100\text{ml de solución}}$$

Obteniendo un Bioformicida al 40% de concentración de las cuales se hicieron seis diluciones: 1%,5%, 10%, 15%, 20% y 25% para evaluar el efecto formícido.

9.5 Materiales utilizados

Materiales de campo	Pala
Ajo 1 kilo	Mochila fumigadora
Hoja de paraíso 2 kilos	Baldes
Agua para riego Terreno	Olla
Azadón	Libreta de anotaciones

9.5.1 Materiales de laboratorio

- Vasos precipitados diferentes medidas
- Espátula
- Olla
- Cocina
- Varillad de vidrio
- Probeta
- Envases de vidrios para envase del formulado color ámbar
- Envases de vidrios para las diluciones
- Envases de plásticos para pruebas
- Tubos de ensayos para pruebas

Reactivos

- Agua
- Ácido bórico H_3BO_3

Material de gabinete

- Material de escritorio
- Equipo de computación
- Programas estadístico SPSS y Bibliografía

9.6 Instrumento de Captura de Datos

9.6.1 Método

Se realizó un estudio de tipo explicativo, experimental y de corte longitudinal, aplicando el método científico (Pasos: Observación, Formulación de hipótesis, experimentación control de variables y conclusión).

9.6.2 Instrumentos

Se contaron las hormigas muertas en nidos y bioensayos en distintos tiempos, registrándolas en Excel y luego analizándolas con el programa estadístico SPSS para determinar la concentración formícida.

Cuadro 3: Registro de la cantidad de hormigas muertas encontradas

REPETICIONES	Concentraciones (%m/v) de hoja de paraíso, bulbo de ajo y ácido bórico						TIEMPO
	1%	5%	10%	15%	20%	25%	
1							3 horas
2							
3							
4							
Total muertes							
REPETICIONES	1%	5%	10%	15%	20%	25%	TIEMPO
1							12 horas
2							
3							
4							
Total muertes							
REPETICIONES	1%	5%	10%	15%	20%	25%	TIEMPO
1							24 horas
2							
3							
4							
Total muertes							
REPETICIONES	1%	5%	10%	15%	20%	25%	TIEMPO
1							36 horas
2							
3							
4							
Total muertes							

Fuente.- Elaboración propia, 2021

9.6.2.1 Evaluación de la mortalidad Mortalidad en nidos

Con el bioformicida a base de hoja de paraíso (*Melía azedarach*), bulbo de ajo (*Allium sativum*) y ácido bórico, se fumigaron 10 nidos de hormigas cortadoras, se realizaba una fumigación diaria en la mañana y se observaba y registraban los datos por la tarde de la cantidad de hormigas muertas durante seis días.

9.6.2.2 Mortalidad en bioensayos

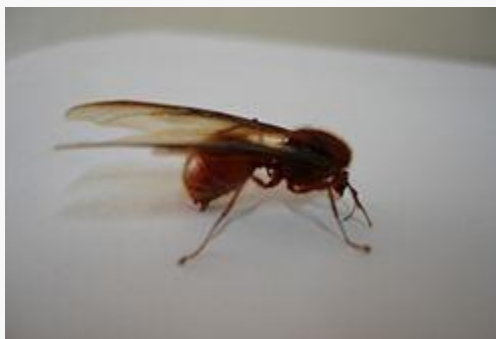
Para evaluar mortandad de hormigas por el método de contacto:

Se sometieron a pruebas las hormigas cortadoras o arrieras (*Atta sp.*) a contacto con el Bioformicida al 1% 5%, 10% 15%, 20% y 25% de concentración, se leyeron y anotaron los resultados a las 3,12,24 y,36 horas de exposición como se describe en el manual de bioensayos para plaguicidas (Ver anexo 5). En total se evaluaron 240 hormigas.

10 PRESENTACION DE DATOS Y DISCUSION DE RESUTADOS

10.1 Identidad taxonómica de la plaga

Cuadro 4. Identidad de la especie



Atta laevigata

Taxonomía

<u>Reino:</u>	<u>Animalia</u>
<u>Filo:</u>	<u>Arthropoda</u>
<u>Clase:</u>	<u>Insecta</u>
<u>Orden:</u>	<u>Hymenoptera</u>
<u>Familia:</u>	<u>Formicidae</u>
<u>Subfamilia:</u>	<u>Myrmicinae</u>
<u>Género:</u>	<u><i>Atta</i></u>
<u>Especie:</u>	<i>A. laevigata</i> (F. SMITH, 1858)

Según el cuadro 4, la hormiga colectada del Distrito-I uno en el Municipio de la Guardia, fue identificada en el Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado como centro de investigación, se otorgó un certificado de identidad a la hormiga cortadora su especie es ***Atta laevigata***, nombres comunes hormiga cortadora, arriera, sepe. La identificación correcta de una especie es importante para dar correcto plan de control, así se puede conocer su ciclo de vida, hábitos, comportamiento.

10.2 Metabolitos secundarios

Cuadro 5. Identificación de metabolitos secundarios en hoja de paraíso y paraíso

Muestra	FRAP ($\mu\text{mol/g}$)	Fenoles totales ($\mu\text{mol/g}$)	ABTS ($\mu\text{mol/g}$)	Flavonoides totales
Hojas	20.1 + 1.5	6.7 + 0.4	8.1 + 1.8	3.4 + 0.3

Fuente. – Muestras analizadas en el laboratorio de la UMSA- La Paz

Interpretación

Ajo (*Allium sativum*)

Los componentes presentes en el ajo, se destaca la presencia de agua y carbohidratos como la fructosa, también presenta compuestos azufrados, fibra y aminoácidos libres, dentro de la categoría de vitaminas contiene altos niveles de C y A, pero muy bajos del complejo B. Posee un contenido de minerales como el potasio, fósforo, magnesio, sodio, hierro y calcio. Entre los compuestos azufrados que predominan en el ajo se encuentran: alixina, alicina, aliina, adenosina, alil metano tiosulfonato, dialil disulfuro, dialil trisulfuro, alil metil trisulfonato, S-alil mercaptocisteína, 2-vinil-4H-1,2-ditiina y 5-alilcisteína.

Según la revisión de literatura el responsable de la acción insecticida es la alicina.

Paraíso (*Melia azedarach*)

La actividad insecticida de *M. azedarach* se debe a los triterpenoides biológicamente activos con efecto antialimentario, es decir, inhiben la alimentación de los insectos fitófagos produciendo la muerte y malformaciones de las generaciones posteriores, para determinar los compuestos fenolicos se evaluaron 100 gramos de droga se analizaron por los métodos FRAP y ABTS,

Flavonoides Totales y Fenoles Totales por el método de Folin & Ciocalteu. Se aprecia la presencia de fenoles totales y flavonoides, a los cuales la bibliografía hace referencia que presentan actividad repelente y neurotóxica para el insecto.

Los compuestos fitoquímicos tienen relación con lo encontrado por Cruz (2001). Se puede relacionar la acción insecticida y repelente que causan los compuestos encontrados.

Existen también el Manual de Biopreparados de la FAO, 2010 donde describe el uso del ajo y el paraíso como insecticida y fungicida. Otras investigaciones del Instituto Mexicano Indesol 2014 de repelentes naturales describe las recetas con el ajo para control de plagas.

El estudio de Flores, 2020 realizó la revisión de 20 investigaciones de biopreparados para el control de plagas donde se describen al ajo y la hoja de paraíso como insecticidas y fungicidas.

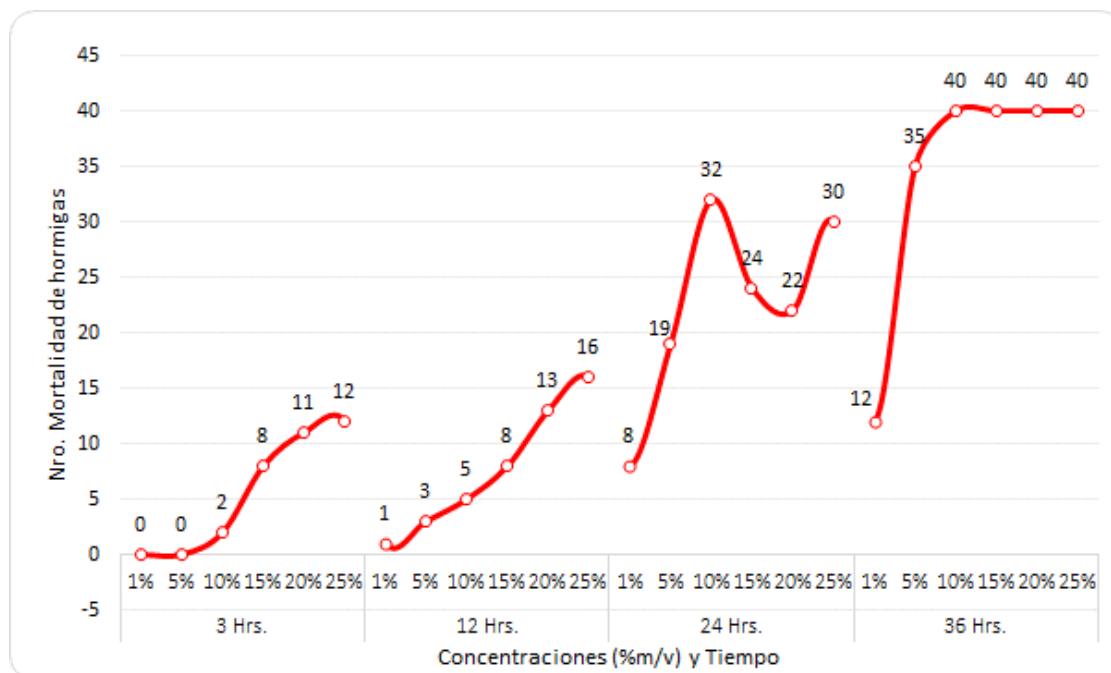
10.3 Evaluación bioformicida

Tabla 1. Mortalidad de hormigas

REPETICIONES	Concentraciones (%m/v) de hoja de paraíso, bulbo de ajo y ácido bórico						TIEMPO
	1%	5%	10%	15%	20%	25%	
1	0	0	0	2	1	2	3 horas
2	0	0	1	3	2	3	
3	0	0	0	1	5	4	
4	0	0	1	2	3	3	
Total muertes por repeticiones	0	0	2	8	11	12	
REPETICIONES	1%	5%	10%	15%	20%	25%	TIEMPO
1	0	1	0	2	2	4	12 horas
2	1	0	3	3	2	3	
3	0	1	1	1	6	5	
4	0	1	1	2	3	4	
Total muertes por repeticiones	1	3	5	8	13	16	
REPETICIONES	1%	5%	10%	15%	20%	25%	
1	3	6	9	3	6	5	24 horas
2	1	4	10	7	2	7	
3	2	5	9	10	7	10	
4	2	4	4	4	7	8	
Total muertes por repetición	8	19	32	24	22	30	
REPETICIONES	1%	5%	10%	15%	20%	25%	
1	3	9	10	10	10	10	36 horas
2	2	8	10	10	10	10	
3	4	9	10	10	10	10	
4	3	9	10	10	10	10	
Total muertes por repetición	12	35	40	40	40	40	
Total muertes por repetición	21	57	79	80	86	98	

Fuente.- Elaboración propia, 2021

Gráfico 1. Mortalidad de hormigas adultas de *Atta laevigata* a diferentes concentraciones del formulado en base de hojas de paraíso, bulbo de ajo y ácido bórico, evaluadas posteriormente a las 12, 24 y 36 horas de contacto con los extractos.



Interpretación: Según la tabla y gráfico 1, se realizaron bioensayos con diferentes concentraciones del bioformicida, y se registraron las muertes de las hormigas en distintos intervalos de tiempo: 3, 12, 24 y 36 horas. A continuación, se presentan los resultados obtenidos y su análisis.

En las primeras 3 horas, se observó que las concentraciones más bajas (1% y 5%) no mostraron efectividad, ya que no se registraron muertes de hormigas. A partir de la concentración del 10%, se empezaron a observar muertes, con un total de 2 hormigas. Las concentraciones más altas (15%, 20%, y 25%) mostraron mayor efectividad, con 8, 11 y 12 muertes respectivamente. Esto indica que la efectividad del bioformicida aumenta con la concentración, pero aún es limitada en las primeras horas de exposición.

Después de 12 horas, la efectividad del bioformicida es más evidente. La concentración del 1% resultó en una muerte, mientras que la del 5% en tres muertes. Las concentraciones del 10%, 15%, 20%, y 25% registraron 5, 8, 13 y 16 muertes respectivamente. Se observa una tendencia clara: a mayor concentración, mayor mortalidad, sugiriendo una relación dosis-respuesta positiva.

A las 24 horas, todas las concentraciones demostraron una efectividad significativa. La concentración del 1% resultó en 8 muertes, mientras que la del 5% resultó en 19 muertes. Las concentraciones del 10%, 15%, 20%, y 25% mostraron una alta mortalidad con 32, 24, 22 y 30 muertes respectivamente. Aquí se puede observar que, aunque las concentraciones más altas siguen siendo efectivas, la mortalidad no incrementa de manera lineal, sugiriendo una posible saturación en la efectividad del bioformicida a concentraciones más elevadas.

A las 36 horas, la mortalidad alcanzó su punto máximo en todas las concentraciones. Las concentraciones del 1% y 5% resultaron en 12 y 35 muertes respectivamente, mientras que las concentraciones del 10%, 15%, 20% y 25% resultaron en 40 muertes cada una. Esto sugiere que, a partir de las 24 horas, la mayoría de las hormigas expuestas a las concentraciones más altas del bioformicida ya habían muerto, alcanzando un efecto máximo.

La tabla y gráfico 1 muestra que el bioformicida es más efectivo a concentraciones más altas y a tiempos de exposición más largos. En las primeras 3 horas, las concentraciones bajas no tienen un impacto significativo, pero a partir de las 12 horas, la mortalidad incrementa considerablemente con la concentración. A las 24 y 36 horas, se alcanza una alta mortalidad incluso en las concentraciones más bajas, aunque las concentraciones más altas siguen mostrando mejores resultados.

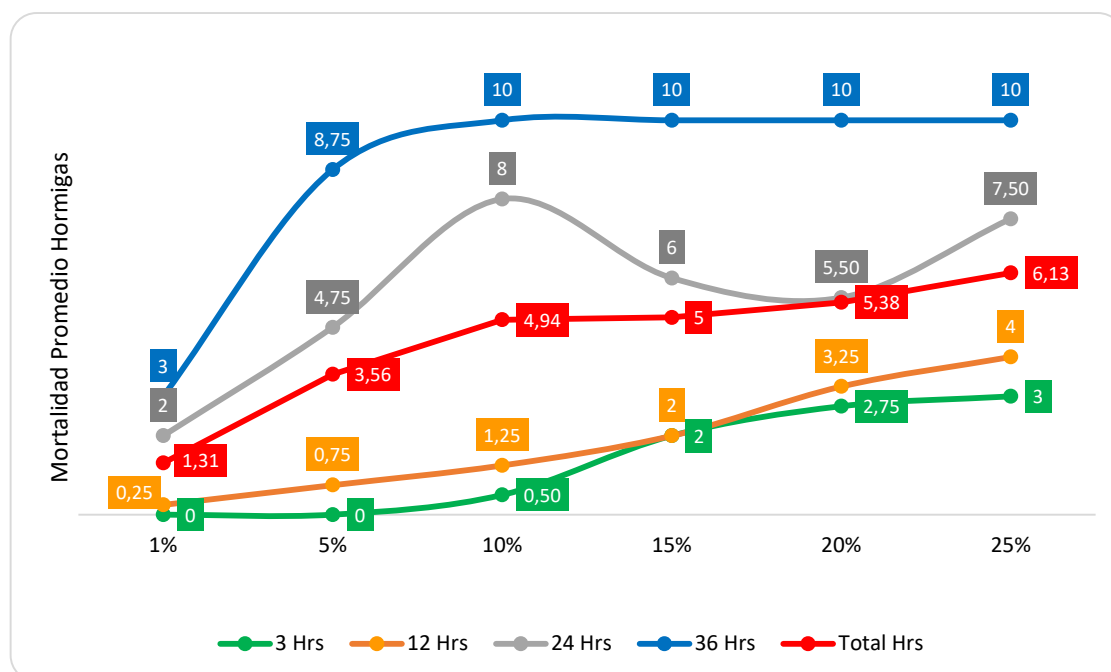
Esto indica que, para un control eficiente de las hormigas cortadoras en los cultivos de lechuga, el bioformicida debe aplicarse en concentraciones de al menos 10% y permitir un tiempo de exposición mínimo de 24 horas. Los resultados sugieren que el bioformicida formulado con hoja de paraíso, bulbo de ajo y ácido bórico es una opción viable y efectiva para el control de plagas, ofreciendo una alternativa ecológica y segura para los agricultores del Distrito I en el Municipio de La Guardia.

Tabla 2. Mortalidad de Hormigas a diferentes concentraciones (%m/v) del bioformicida y tiempo (Horas).

Mortalidad de Hormigas	Bioplaguicida a diferentes concentraciones % m/v						F	P-Valor
	1%	5%	10%	15%	20%	25%		
3 Horas (n=4)	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,50 ± 0,57 a	2,00 ± 0,82	2,75 ± 1,71 b	3,00 ± 0,82 c	9,92	0,001*
12 Horas (n=4)	0,25 ± 0,50 a	0,75 ± 0,50	1,25 ± 1,26	2,00 ± 0,82	3,25 ± 1,89 b	4,00 ± 0,82 c	7,34	0,001*
24 Horas (n=4)	2,00 ± 0,82 a	4,75 ± 0,96	8,00 ± 2,71 b	6,00 ± 3,16	5,50 ± 2,38	7,50 ± 2,08 c	3,85	0,015*
36 Horas (n=4)	3,00 ± 0,82 a	8,75 ± 0,50 b	10,00 ± 0,00 c	10,00 ± 0,00 c	10,00 ± 0,00 c	10,00 ± 0,00 c	205,36	0,001*
Total Horas (n=16)	1,31 ± 0,85 a	3,56 ± 0,85 a	4,94 ± 0,85 b	5,00 ± 0,85 c	5,38 ± 0,85 d	6,13 ± 0,85 e	4,06	0,002*

*Valores de p-valor con diferencias significativas ($p < 0,05$)

Gráfico 2. Mortalidad de Hormigas a diferentes concentraciones (%m/v) del bioplaguicida y tiempo (Horas).



Interpretación: A partir de la tabla y gráfico 2, en las primeras 3 horas, las concentraciones más bajas (1% y 5%) no mostraron mortalidad de hormigas (0.00 ± 0.00). La mortalidad comenzó a ser visible a partir de la concentración del 10% (0.50 ± 0.57). Las concentraciones del 15%, 20% y 25% mostraron una mortalidad de 2.00 ± 0.82 , 2.75 ± 1.71 y 3.00 ± 0.82 respectivamente, con diferencias significativas ($p=0.001$). Estos resultados indican que la efectividad del bioformicida aumenta con la concentración desde las primeras horas de exposición.

A las 12 horas, la mortalidad de las hormigas incrementó en todas las concentraciones. La concentración del 1% mostró una baja mortalidad (0.25 ± 0.50), mientras que la del 5% resultó en 0.75 ± 0.50 . Las concentraciones del 10%, 15%, 20% y 25% presentaron mortalidades de 1.25 ± 1.26 , 2.00 ± 0.82 , 3.25 ± 1.89 y 4.00 ± 0.82 respectivamente, con diferencias significativas ($p=0.001$). Estos datos sugieren una relación dosis-respuesta, donde mayores concentraciones resultan en una mayor mortalidad.

Tras 24 horas, se observó una mayor efectividad del bioformicida en todas las concentraciones. La mortalidad en la concentración del 1% fue de 2.00 ± 0.82 , y en la del 5% fue de 4.75 ± 0.96 . Las concentraciones del 10%, 15%, 20% y 25% registraron mortalidades de 8.00 ± 2.71 , 6.00 ± 3.16 , 5.50 ± 2.38 y 7.50 ± 2.08 respectivamente, con diferencias significativas ($p=0.015$). Se puede notar que, aunque la mortalidad sigue siendo alta en concentraciones elevadas, no se observa un incremento lineal, sugiriendo un posible efecto de saturación.

A las 36 horas, las concentraciones del bioformicida alcanzaron la máxima efectividad. La mortalidad en la concentración del 1% fue de 3.00 ± 0.82 , mientras que la del 5% fue de 8.75 ± 0.50 .

En las concentraciones del 10%, 15%, 20% y 25%, la mortalidad fue uniforme y alta (10.00 ± 0.00), con diferencias significativas ($p=0.001$), indicando que después de 36 horas, las concentraciones altas logran matar a todas las hormigas expuestas.

Considerando el total de horas, la mortalidad de las hormigas mostró una clara tendencia de aumento con la concentración del bioformicida. La concentración del 1% resultó en una mortalidad total de 1.31 ± 0.85 , la del 5% en 3.56 ± 0.85 , la del 10% en 4.94 ± 0.85 , la del 15% en 5.00 ± 0.85 , la del 20% en 5.38 ± 0.85 , y la del 25% en 6.13 ± 0.85 , con diferencias significativas ($p=0.002$). Estos resultados confirman que el bioformicida es más efectivo a concentraciones más altas y con tiempos de exposición prolongados.

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que el bioformicida formulado con hoja de paraíso, bulbo de ajo y ácido bórico es efectivo en la eliminación de hormigas cortadoras, especialmente a concentraciones del 10% en adelante y con un tiempo de exposición de al menos 24 horas. La mortalidad de las hormigas es significativamente mayor en concentraciones más altas, indicando una relación dosis-respuesta positiva. Estos hallazgos sugieren que el bioformicida puede ser una herramienta viable y eficiente para el control de hormigas cortadoras en cultivos de lechuga, proporcionando una alternativa ecológica y segura para los agricultores del Distrito I en el Municipio de La Guardia.

Tabla 3. Mortalidad de Hormigas evaluadas en diferentes concentraciones y Horas a través del Análisis de la varianza.

Factor analizado	F	P-Valor
Concentración (C)	27,46	0,001*
Tiempo (T)	160,71	0,001*
C x T	3,61	0,001*

*Valores de p-valor con diferencias significativas ($p < 0,05$).

Interpretación: En la tabla 3 se presenta el análisis de la varianza (ANOVA) para evaluar la significancia de los efectos de la concentración del bioformicida, el tiempo de exposición, y la interacción entre estos dos factores en la mortalidad de las hormigas.

Concentración (C): El análisis muestra que hay diferencias significativas en la mortalidad de las hormigas a diferentes concentraciones del bioformicida ($F = 27,46$, $p < 0,001$). Esto indica que la concentración del bioformicida tiene un efecto significativo en la mortalidad de las hormigas. Específicamente, se observa que a partir de una concentración del 10%, la efectividad del bioformicida en causar mortalidad es considerablemente mayor, alcanzando una media de mortalidad de 10,0.

Tiempo (T): También se encontraron diferencias significativas en la mortalidad de las hormigas en función del tiempo de exposición al bioformicida ($F = 160,71$, $p < 0,001$). Esto sugiere que el tiempo de exposición es un factor crítico para la efectividad del bioformicida. En particular, la mortalidad de las hormigas aumenta significativamente con el tiempo de exposición, alcanzando una media de mortalidad de 8,0 a las 24 horas.

Interacción entre Concentración y Tiempo (C x T): La interacción entre la concentración y el tiempo de exposición también mostró diferencias significativas ($F = 3,61$, $p < 0,001$). Esto implica que la efectividad del bioformicida no solo depende de la concentración y el tiempo por separado, sino de cómo estos factores interactúan. Por ejemplo, a concentraciones más altas y tiempos de exposición más largos, la mortalidad de las hormigas es significativamente mayor, lo que sugiere un efecto sinérgico entre estos factores.

Análisis: Estos resultados confirman que el bioformicida formulado con hoja de paraíso, bulbo de ajo y ácido bórico es altamente efectivo contra las hormigas cortadoras, especialmente a concentraciones del 10% en adelante y con tiempos de exposición de al menos 24 horas. La relación dosis-respuesta observada indica que mayores concentraciones resultan en una mayor mortalidad, y el tiempo de exposición prolongado amplifica este efecto. La interacción significativa entre concentración y tiempo subraya la importancia de considerar ambos factores en el diseño y aplicación de bioplaguicidas para el control eficiente de plagas.

Tabla 4. Diferentes concentraciones (%m/v) y Tiempo de Mortalidad de Hormigas evaluadas a través de Tukey de subconjunto homogéneos.

Concentración %m/v	Repeticiones N	Subconjunto		
		1	2	3
1%	16	1,3		
5%	16		3,6	
10%	16			4,9
15%	16			5,0
20%	16			5,4
25%	16			6,1
P-Valor		1,000**	1,000**	0,122**
TiempoHrs.	Repeticiones N	Subconjunto		
		1	2	3
3 Hrs.	24	1,4		
12 Hrs.	24	1,9		
24 Hrs.	24		5,6	
36 Hrs.	24			8,6
P-Valor		0,486**	1,000**	1,000**

**Valores de p-valor sin diferencias significativas ($p > 0,05$).

Interpretación: En la tabla 4 se presentan los resultados del análisis de comparaciones múltiples mediante la prueba estadística de Tukey. Este análisis tiene como objetivo determinar si existen diferencias significativas en la mortalidad de las hormigas a diferentes concentraciones del bioformicida y tiempos de exposición.

Concentración (% m/v): Los resultados muestran que no hay diferencias significativas en la mortalidad de las hormigas entre las concentraciones del 10% al 25% ($p = 0,122$, $p > 0,05$). Esto indica que todas estas concentraciones son efectivas en causar una mortalidad similar en las hormigas. En particular, a concentraciones del 10% en adelante, la mortalidad promedio de las hormigas es sustancialmente alta, con una media de mortalidad que aumenta progresivamente desde 4,9 en el 10% hasta 6,1 en el 25%.

Tiempo de Exposición (Horas): En cuanto al tiempo de exposición, los resultados indican que no hay diferencias significativas en la mortalidad de las hormigas entre los intervalos de tiempo evaluados (3 horas, 12 horas, 24 horas, y 36 horas) con p-valores superiores a 0,05 ($p = 0,486$ para 3 y 12 horas, y $p = 1,000$ para 24 y 36 horas). Sin embargo, se observa que la mortalidad promedio de las hormigas aumenta significativamente con el tiempo, alcanzando una media de 8,6 a las 36 horas de exposición.

Análisis: Estos resultados sugieren que el bioformicida formulado con hoja de paraíso (*Melia azedarach*), bulbo de ajo (*Allium sativum*) y ácido bórico es altamente efectivo en concentraciones del 10% en adelante. A estas concentraciones, la mortalidad de las hormigas cortadoras (*Atta laevigata*) es alta y consistente, sin diferencias significativas entre las concentraciones superiores al 10%. Además, el tiempo de exposición es un factor crítico para maximizar la efectividad del bioformicida, con una mortalidad significativamente mayor observada a las 36 horas de exposición.

El bioformicida muestra un potencial significativo para ser utilizado como una herramienta eficaz y sostenible en el manejo de plagas en cultivos de lechuga, proporcionando una alternativa ecológica viable para los agricultores del Distrito I en el Municipio de La Guardia. Este bioformicida puede aplicarse de manera efectiva a concentraciones del 10% en adelante, y los agricultores pueden esperar una alta mortalidad de las hormigas con exposiciones de hasta 36 horas.

Tabla 5. Estimación de la Dosis Letal Media (DL50) del bioplaguicida sobre la mortalidad de hormigas adultas *Atta laevigata*.

Concentración	Estimación DL50	Intervalo de Confianza 95%	
		Límite inferior	Límite superior
%m/v	8,46	6,87	11,53

Fuente.- Elaboración propia, 2021

Interpretación: En la tabla 5, se presenta la estimación de la dosis letal media (DL50) del bioformicida formulado a base de hoja de paraíso (*Melia azedarach*), bulbo de ajo (*Allium sativum*) y ácido bórico. La DL50 es una medida crítica en toxicología que indica la concentración del bioformicida necesaria para causar la muerte del 50% de la población de hormigas expuestas en condiciones controladas.

La estimación de la DL50 para el bioformicida es del 8,46 % m/v, con un intervalo de confianza del 95% que oscila entre 6,87 y 11,53 % m/v. Esto significa que hay un 95% de confianza en que la concentración efectiva del bioformicida para matar al 50% de la población de hormigas se encuentra dentro de este rango.

Análisis: Estos resultados son significativos porque proporcionan una medida cuantitativa de la efectividad del bioformicida. La DL50 del 8,46 % m/v sugiere que una concentración relativamente baja del bioformicida es suficiente para lograr una mortalidad significativa en la población de hormigas cortadoras (*Atta laevigata*). Los intervalos de confianza estrechos (6,87 a 11,53 % m/v) refuerzan la precisión de esta estimación, indicando una alta confiabilidad en los resultados obtenidos.

Este hallazgo es crucial para los agricultores del Distrito I del Municipio de La Guardia, ya que ofrece una guía práctica sobre la concentración óptima del bioformicida que se debe utilizar para el control efectivo de la plaga de hormigas en los cultivos de lechuga. Además, el uso de un bioformicida natural a base de ingredientes como la hoja de paraíso, el bulbo de ajo y el ácido bórico representa una alternativa sostenible y ecológica a los plaguicidas químicos convencionales, contribuyendo a la protección del medio ambiente y la salud humana.

Finalmente, la estimación de la DL50 del bioformicida proporciona una base sólida para recomendar concentraciones específicas que maximicen la mortalidad de las hormigas cortadoras, asegurando al mismo tiempo la sostenibilidad y seguridad en su aplicación. Esto subraya el potencial del bioformicida como una herramienta eficaz en el manejo integrado de plagas en la agricultura sostenible.

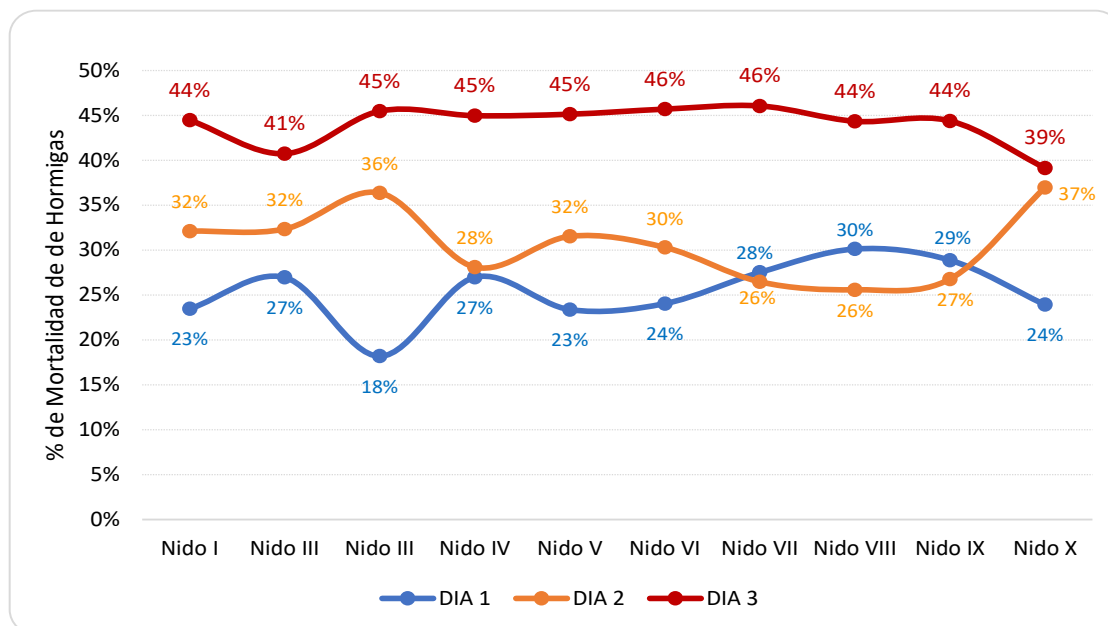
10.4 Evaluación formícida en nidos

Tabla 6. Mortalidad de hormigas por la aplicación del bioplaguicida al 10%*m/v* sobre los nidos de la hormiga *Atta laevigata*.

Hormigueros	DIA 1	DIA 2	DIA 3	TOTALES
Nido I	38	52	72	162
Nido III	45	54	68	167
Nido III	30	60	75	165
Nido IV	48	50	80	178
Nido V	43	58	83	184
Nido VI	50	63	95	208
Nido VII	52	50	87	189
Nido VIII	53	45	78	176
Nido IX	41	38	63	142
Nido X	44	68	72	184
TOTALES	444	538	773	1.755

Fuente.- Elaboración propia, 2021

Gráfico 3. Cantidad de Mortalidad de hormigas por la aplicación del formulado a al 10%*m/v* sobre los nidos de la hormiga *Atta laevigata*.



Interpretación: En la tabla 6, se presenta la mortalidad de hormigas en diez diferentes nidos tras la aplicación del bioformicida al 10% m/v. Se observa un aumento progresivo de la mortalidad de las hormigas a lo largo de tres días consecutivos de observación.

Análisis: La aplicación del bioformicida muestra un impacto significativo en la mortalidad de las hormigas a lo largo del tiempo. En el primer día, la mortalidad total fue de 444 hormigas en todos los nidos. Este número aumentó a 538 hormigas en el segundo día y alcanzó 773 hormigas en el tercer día. Los totales de mortalidad por nido varían, pero siguen una tendencia ascendente a medida que pasa el tiempo.

Estos resultados indican que el bioformicida tiene un efecto acumulativo y retardado sobre las hormigas, con una mayor mortalidad observada en los días posteriores a la aplicación inicial. Esto puede deberse a la necesidad de tiempo para que el bioformicida penetre y actúe efectivamente dentro del nido y sobre la población de hormigas.

En términos de efectividad por nido, el Nido VI presentó la mayor mortalidad total con 208 hormigas, seguido del Nido VII con 189 hormigas y el Nido V con 184 hormigas. Estos datos sugieren que, aunque la efectividad del bioformicida es alta en todos los nidos, puede haber variaciones en la susceptibilidad de las hormigas o en las condiciones específicas de cada nido que afecten los resultados.

La consistencia en el aumento de la mortalidad a través de los días refuerza la eficacia del bioformicida al 10% m/v. Este resultado es particularmente relevante para los agricultores del Distrito I del Municipio de La Guardia, proporcionando una guía práctica para el control de la plaga de hormigas cortadoras en sus cultivos de lechuga.

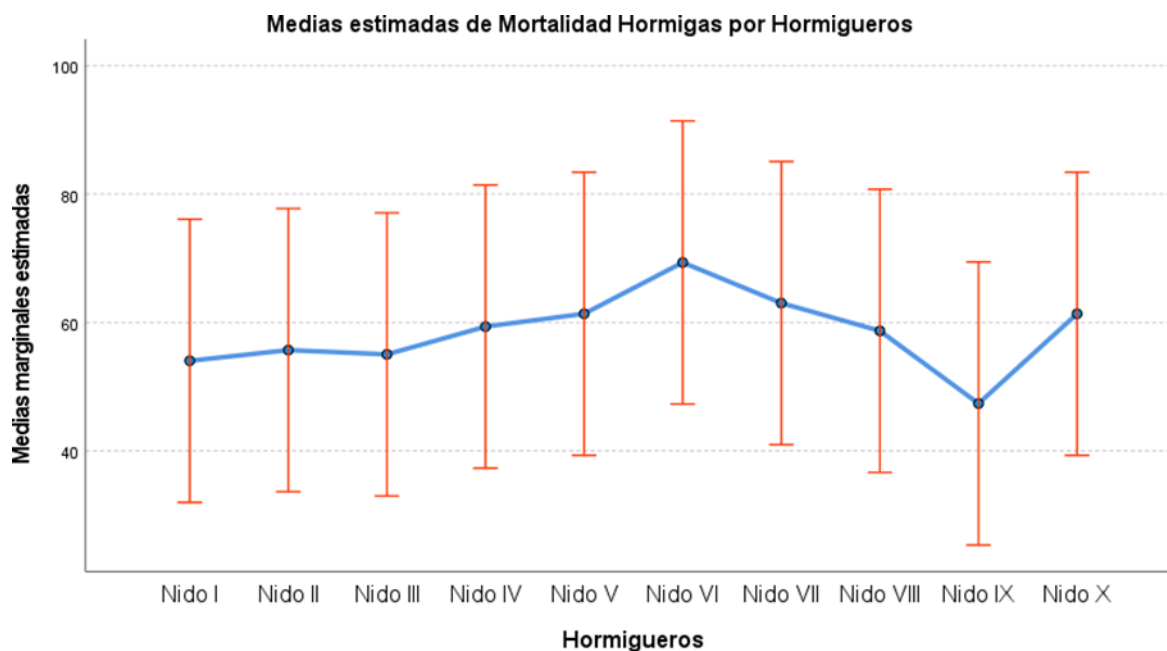
Por último, la aplicación del bioformicida al 10% m/v demuestra ser altamente efectiva, con un impacto creciente en la mortalidad de las hormigas cortadoras a medida que aumenta el tiempo de exposición. Estos hallazgos respaldan el uso del bioformicida como una solución sostenible y eficaz en el manejo de plagas en la agricultura, promoviendo así prácticas agrícolas más seguras y ambientalmente amigables.

Tabla 7. Estadísticos descriptivos de la Mortalidad de hormigas por la aplicación del formulado de hoja de paraíso, bulbo de ajo y ácido bórico al 10%*m/v* sobre los nidos de la hormiga *Atta laevigata*.

Hormigueros	TOTALES			
	N	$\bar{X}$	$\pm$	DE
Nido I	3	54,0	$\pm$	17,09
Nido II	3	55,7	$\pm$	11,59
Nido III	3	55,0	$\pm$	22,91
Nido IV	3	59,3	$\pm$	17,93
Nido V	3	61,3	$\pm$	20,21
Nido VI	3	69,3	$\pm$	23,16
Nido VII	3	63,0	$\pm$	20,81
Nido VIII	3	58,7	$\pm$	17,21
Nido IX	3	47,3	$\pm$	13,65
Nido X	3	61,3	$\pm$	15,14
Total	30	58,5	$\pm$	16,28
F				0,317
P-Valor				0,960

Fuente.- Elaboración propia, 2021

Gráfico 4. Barras de error de la Mortalidad de hormigas por la aplicación del formulado de paraíso, ajo y ácido bórico al 10% m/v sobre los nidos de la hormiga *Atta laevigata*.



Interpretación y análisis: Según se observa en la tabla 7, los datos indican que la media de mortalidad en todos los nidos fue de 58,5 con una desviación estándar de 16,28. No se encontró diferencia significativa $p=0,960$ ($p>0,05$) en la mortalidad de hormigas en los distintos nidos, estos resultados son consistentes con la hipótesis de que el formulado bioformicida al 10% m/v tiene un efecto formicida efectivo sobre la hormiga *Atta laevigata*. La alta tasa de mortalidad observada en todos los nidos, sin diferencias significativas entre ellos, indica que el formulado tiene un impacto similar en la población de hormigas independientemente del nido en el que se aplique.

Estos resultados son prometedores y sugieren que el formulado es una alternativa viable para el control de la hormiga *Atta laevigata* en cultivos de lechuga.

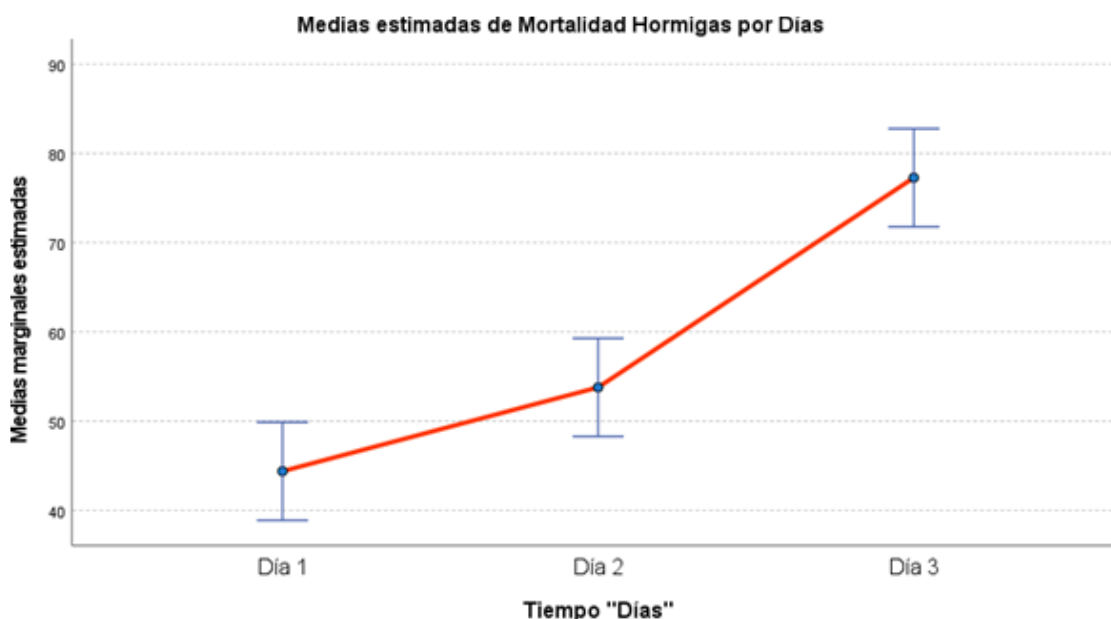
Tabla 8. Mortalidad de hormigas por días de la aplicación del formulado al 10% m/v en base a hoja de paraíso, ajo y ácido bórico sobre los nidos de la hormiga *Atta laevigata*.

Tiempo Hrs.	1 Día				2 Días				3 Días				P-Valor
	N	$\bar{X}$	$\pm$	DE	N	$\bar{X}$	$\pm$	DE	N	$\bar{X}$	$\pm$	DE	
Día 1 - Día 2	10	44,4	$\pm$ 6,98		10	53,8	$\pm$ 8,83		---				0,059
Día 1 - Día 3	10	44,4	$\pm$ 6,98		---				10	77,3	$\pm$ 9,43		0,001*

*Valores de p-valor sin diferencias significativas ($p > 0,05$).

Fuente.- Elaboración propia, 2021

Gráfico 5.- Barras de error de la Mortalidad de hormigas por Días de la aplicación del formulado al 10% m/v en base a hoja de paraíso, ajo y ácido bórico sobre los nidos de la hormiga *Atta laevigata*.



Interpretación: En la tabla 8, se observa diferencia significativa $p = 0,001$ ($p < 0,05$) en la aplicabilidad del bioplaguicida entre el día 1 y el día 3, siendo mayor la media de muerte de hormigas de 77,3 al tercer día de la aplicación del formulado sobre los nidos de las hormigas *Atta laevigata*. Mientras que no se observó diferencia significativa ($p = 0,059$) entre el día 1 y el día 2.

El aumento significativo en la mortalidad de hormigas entre el día 1 y el día 3 sugiere que el efecto bioformicida del formulado se intensifica con el tiempo. Esto puede deberse a la acumulación del compuesto activo en el organismo de las hormigas o a un efecto retardado del mismo.

La falta de diferencia significativa en la mortalidad entre el día 1 y el día 2 podría explicarse por el tiempo de adaptación inicial de las hormigas al compuesto bioformicida.

En general, los resultados de la Tabla 8 indican que el formulado bioformicida al 10% m/v tiene un efecto letal sobre la hormiga *Atta laevigata*, con un impacto que se intensifica con el tiempo.

11 CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos a partir de cada uno de los objetivos específicos propuestos en la presente investigación, se llegaron a las siguientes conclusiones las cuales se detalla a continuación:

- Se logra identificar la especie de hormiga plaga que ataca los cultivos de lechuga del distrito 1 del Municipio de la Guardia, siendo su identidad el primer paso para el control y manejo de la plaga de manera eficiente. La especie plaga de hormiga sepe es *Atta laevigata*
- Mediante descripción teórica se identificó que la alicina, presente en el bulbo de ajo, y los triterpenos de las hojas de paraíso, fueron identificados como los compuestos activos responsables de la acción insecticida y fungicida del formulado. La acción combinada de estos compuestos proporciona la efectividad necesaria para controlar la plaga. La dosis letal media (DL50) del formulado se estimó en 8.46 %m/v, con un intervalo de confianza del 95% entre 6.87 y 11.53 %m/v.
- La combinación de hoja de paraíso, bulbo de ajo y ácido bórico mostró una alta sinergia, logrando una mortalidad significativa de las hormigas a concentraciones del 10% y superiores, la mortalidad de las hormigas se alcanzó en un promedio del 80% a las 36 horas de aplicación. Esto indica que el bioplaguicida es más efectivo para su uso en los cultivos cuando se aplica en concentraciones mayores.

- El objetivo general del estudio era determinar la efectividad bioformicida del formulado a base de hoja de paraíso, extracto de ajo y ácido bórico en los cultivos de lechuga de la Guardia. Los resultados obtenidos demuestran que el bioplaguicida tiene una acción formicida significativa a partir de concentraciones del 10% en adelante. La mortalidad de las hormigas aumenta considerablemente con la concentración y el tiempo de exposición, alcanzando una mortalidad promedio del 80% a las 36 horas de aplicación. Estos hallazgos confirman la efectividad del formulado en el control de la plaga de hormigas cortadoras *Atta laevigata*.
- La pregunta problema del estudio era si el formulado a base de hoja de paraíso, extracto de ajo y ácido bórico sería efectivo contra las hormigas cortadoras *Atta laevigata* en los cultivos de lechuga. Los resultados indican que el formulado es altamente efectivo, especialmente a concentraciones del 10% y superiores, logrando un control significativo de la plaga en un tiempo relativamente corto. Esto sugiere que el uso del bioplaguicida es viable y eficiente para el manejo de esta plaga en el área de estudio.

12 RECOMENDACIONES

De acuerdo con las conclusiones obtenidas en el presente trabajo de investigación tenemos las siguientes recomendaciones:

Recomendaciones para el Sector Agricultura

- Se recomienda la aplicación del bioplaguicida formulado a base de hoja de paraíso (*Melia azedarach*), ajo (*Allium sativum*), y ácido bórico para el control de la plaga de hormigas sepes (*Atta laevigata*) en los cultivos de lechuga del distrito 1 del Municipio de la Guardia. Los estudios han demostrado que concentraciones superiores al 10% m/v son efectivas para la mortalidad de las hormigas en un periodo de 24 a 36 horas.
- Se sugiere realizar investigaciones adicionales para evaluar la efectividad del bioplaguicida en el control de otras plagas agrícolas que afectan los cultivos hortícolas en la región. Esto permitirá extender los beneficios del formulado a una mayor variedad de cultivos y mejorar la sostenibilidad agrícola.
- Se recomienda llevar a cabo ensayos adicionales utilizando concentraciones más altas del bioplaguicida para determinar su efectividad en atacar el hongo que las hormigas consumen. Esto podría proporcionar un método más eficiente y de largo plazo para el control de la plaga.

Recomendaciones para la Universidad Evangélica Boliviana

- Se sugiere desarrollar una forma farmacéutica del bioplaguicida que sea comercializable y de fácil uso para los productores agrícolas. Esto podría incluir presentaciones líquidas o en polvo que faciliten la aplicación en campo y aumenten la adopción del bioplaguicida.

- Es importante realizar estudios para evaluar el efecto tóxico del bioplaguicida en las plantas tratadas y cualquier cambio organoléptico que pueda ocurrir en los cultivos de lechuga. Esto garantizará que el bioplaguicida no afecte la calidad ni la seguridad de los productos agrícolas.

13 BIBLIOGRAFÍA

1. Alonzo O. SCRIBD. [Online].; 2014 [cited 2022 Septiembre 14. Available from:
<https://es.scribd.com/document/238913967/Insecticidas-Organicos-Resumen-1>.
2. Ocaña LCA. ESTUDIO PRELIMINAR DEL COMPORTAMIENTO DE HORMIGAS ARRIERAS (Atta. spp.) EN LA COMUNIDAD Santa Catalina provincia Franz Tamayo. 2005.
3. Bicke U. Welt-ernaehrung. [Online].; 2018 [cited 2022 Septiembre 14. Available from:
https://www.welt-ernaehrung.de/wp-content/uploads/2018/11/Plaguicidas-en-Bolivia_tesis-UBickel.pdf.
4. OPS) OPdIS(. OPS. [Online]. [cited 2022 Septiembre 14. Available from:
<https://www.paho.org/es/temas/seguridad-quimica/plaguicidas-altamente-peligrosos>.
5. FAO. Biopreparados para el manejo sostenible de plagas y Lima: IPES-Promoción del Desarrollo Sostenible; 2010.
6. G. A, Brener F. Modificaciones al suelo realizadas por hormigas cortadoras de hojas (Formicidae, Attini): una revisión de sus efectos sobre la vegetación. 1992; 2.
7. Burballa A, Avila J, Saraúsa MJ. Alimentación, muerte y desarrollo de Cydiapomonella(L)y de Cacoecimorpha _pronubana(Hubner)sobre dieta con extracto de neem incorporado. 1995.
8. Zanabria RB, Bickel U, Jacobi J. Plaguicidas químicos usados en el cultivo de soya en el Departamento de Santa Cruz, Bolivia: riesgos para la salud humana y toxicidad ambiental. 2019; 9(3).

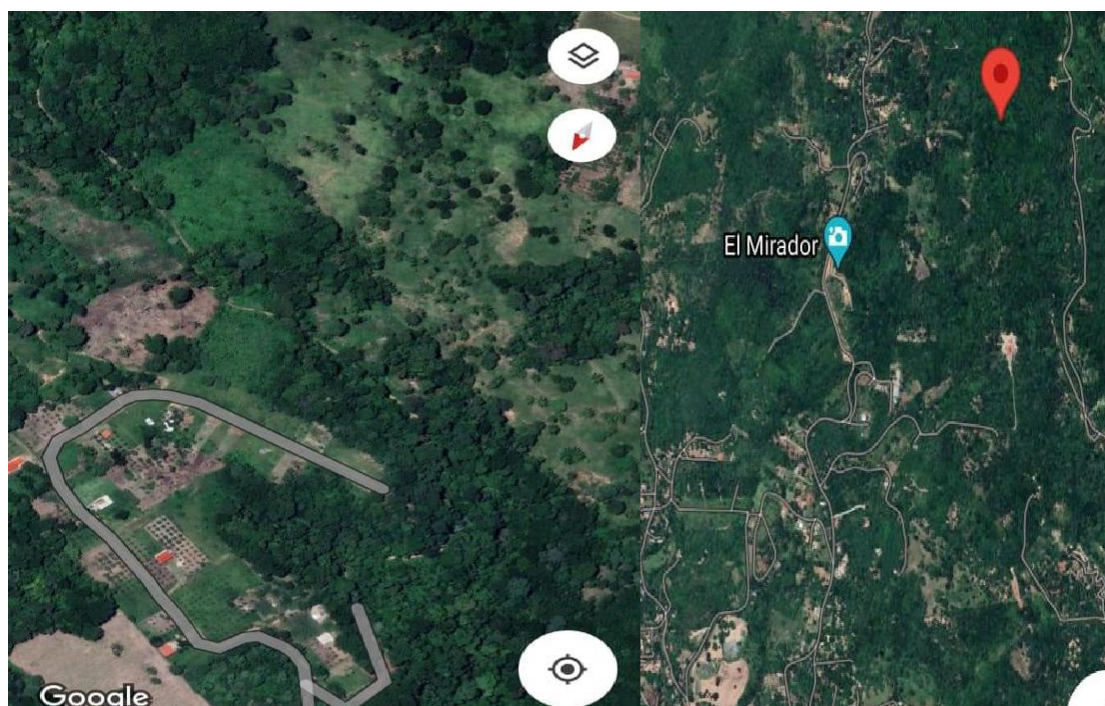
9. Alipi AMH, Mondragon Pichardo J. Heike Vibrans. [Online].; 2009 [cited 2022 Septiembre 16. Available from:
<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/meliaceae/melia-azedarach/fichas/ficha.htm#:~:text=Descripci%C3%B3n%20t%C3%A9cnica&text=H%C3%A1bito%20y%20forma%20de%20vida,hasta%2025%20cm%20de%20ancho.>
10. Garcia D, Saénz T, Silvestra S. Idus. [Online].; 2005 [cited 2022 Septiembre 16. Available from:
<https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/42883/Melia%20azedarach%20l.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Los%20frutos%20contienen%20tambi%C3%A9n%20glic%C3%A9ridos,corteza%20contiene%20principal%2D%20mentol%20catecoles.&text=tranquilizante.>
11. López LT. El ajo. El Seiver. 2007 Enero; 26(1): p. 78-81.
12. Jalakori ADM. Determinación de la efectividad de tres insecticidas naturales en el control de áfidos en el alamo (*Populus* spp) en el parque de la mujer zona sur de La Paz. 2013.
13. Coello VAC. bdgital. [Online].; 2002 [cited 2022 Septiembre 16.
14. Osorio JAT, Venencia Saldarriaga J. Control de la hormiga defoliadora *Atta laevigata* en cultivo de Pino (*Pinus* spp.) con la aplicación de hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* en el municipio de Villanueva Casanare. 2020.
15. Wikipedia. Wikipedia. [Online].; 2002 [cited 2022 Septiembre 17. Available from: https://es.wikipedia.org/wiki/Atta_laevigata.
16. Lerma JM, Chacón Ulloa P, Manzano MDR. Caracterización de nidos de la hormiga arriera *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae) en Cali (Colombia). 2006; 32(2).

17. Lezaun J. Croplifela. [Online].; 2020 [cited 2022 Septiembre 22. Available from: <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/hormiga-arriera-atta-cephalotes>.
18. Limachi M. Museo de Historia Natural. [Online].; 2014 [cited 2022 Septiembre 18. Available from: http://www.mnhn.gob.bo/econoticias_proc.php?Seleccion=52.
19. Servicio Nacional de Aprendizaje. SENA. [Online].; 2003 [cited 2022 Septiembre 17. Available from: http://repositorio.sena.edu.co/sitios/introduccion_industria_aceites_esenciales_plantas_medicinales_aromaticas/pdf/ACEITES%20ESENCIALES%20EXTRAIDOS%20DE%20PLANTAS%20MEDICINALES%20Y%20AROMATICAS.pdf
20. Alberola A. Limpiezas. [Online].; 2021 [cited 2021 Marzo 25. Available from: https://www.revistalimpiezas.es/especiales/desinfeccion/biocidas-que-son-y-quien-puede-usarlos_20210722.html.
21. Chacón JYV. Lifeder. [Online].; 2020 [cited 2021 Marzo 25. Available from: <https://www.lifeder.com/arbol-del-paraiso/>.
22. Esto es agricultura. Esto es agricultura. [Online].; 2023 [cited 2023 Marzo 25. Available from: <https://estoesagricultura.com/como-preparar-extracto-de-ajo/>.
23. V GB. Euston. [Online].; 2021 [cited 2021 Marzo 25. Available from: <https://www.euston96.com/acido-borico/>.
24. Vázquez MC, Montes de Oca Martínez N. Registro sanitario de bioplaguicidas microbianos en América Latina y Cuba. Caso de estudio: bionematicida cubano KlamiC®. Revista de Protección Vegetal. 2016 Agosto; 31(2).
25. Public Disclosure Authorized. Plan de Manejo de Plagas (PMP) - Bolivia. [Online]. [cited 2024 Enero 15. Available from: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/876011468002135754/pdf/E16910v40P09820sBolivia0PMM0P098248.pdf>.

26. Sagayama K, Dardón D. icta.gob.gt. [Online].; 2001 [cited 2021 Septiembre 18. Available from:
<https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Plaguicidas/Manual%20de%20ensayos%20eficacia%20plaguicidas%20ICTA%20JICA%20Dardon-Sagayama%202001.pdf>.
27. Sanchez AO, Berrios S, Delgado M. El extracto oleoso de Cayeput, un bioinsecticida repelente contra *Andrector ruficornis*. Pastos y Forrajes. 1991..
28. Estrada AEC. Efecto de extractos vegetales en el control de mosca blanca (*Bemisia tabaci* Genn.) bajo condiciones de laboratorio. [Online]. Merida, Yucatan; 2009 [cited 2022 Enero 17.
29. Perez EN, Garcia C, Camacho Baez R, Vasquez Montoya L. BIOPLAGUICIDAS: UNA OPCIÓN PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE. 2012; 8(3).
30. INTA. INTA. [Online]. [cited 2022 Septiembre 14. Available from: <https://inta.gob.ar/noticias/el-ajo-como-repelente-de-insectos#:~:text=La%20alicina%2C%20principio%20activo%20del,para%20cosecharse%E2%80%9D%2C%20destaca%20Pescio>.
31. Espinoza ME, Silva G, Tapia M, Rodriguez C, Lugunes A, Santillan C, et al. ACTIVIDAD INSECTICIDA DE *Melia azedarach* L. (MELIACEAE) SOBRE *Sitophilus zeamais* Motschulsky (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE). 2012.
32. Sociedad Entomológica Argentina. Actividad antialimentaria e insecticida de un extracto de hojas senescentes de *Melia azedarach* (Meliaceae). 2003; 62.
33. Pharmacius. pharmacius. [Online].; 2021 [cited 2022 Septiembre 14. Available from: <https://www.pharmacius.com/blog/dietetica-y-nutricion/acido-borico-que-es-usos-y-donde-comprarlo/>.
34. López ÉP. Plaguicidas botánicos, una alternativa a tener en cuenta. 2012; 16(1).

ANEXOS

ANEXOS 1. UBICACIÓN DE LOS NIDOS DE HORMIGAS SEPES DEL DISTRITO 1 DE LA GUARDIA



Fuente.- Google maps

ANEXO 2. UBICACIÓN DE LOS NIDOS



ANEXO 3. HORMIGA PLAGA *Atta laevigata*



Hormiga *Atta laevigata*



Hormiguero



Diferentes Hormigueros

ANEXO 4. CULTIVOS ATACADOS



ANEXO 5. MÉTODO POR CONTACTO PARA BIOENSAYOS

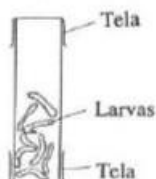
2.2 Ensayo de efecto contacto



1. Diluir el insecticida en la concentración que se investiga.



2. Preparar el cilindro de vidrio (viales) según el tamaño de insecto.

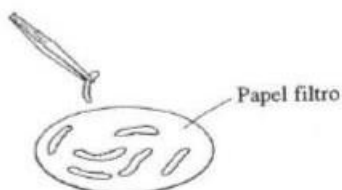


3. Agregar 20 a 50 insectos en el cilindro de vidrio y pegar la tela en la parte de arriba y abajo.



Modificación de este paso. Solo fumigamos en la espalda de la hormiga.

4. Conservar en la solución durante 2 minutos.



5. Poner los insectos mojados en el escapelo y eliminar la solución.



6. Agregar los insectos en la caja de Petri y cubrirlo con tapa de alambre para que no escapen.

7. A los 2 días contar número de los insectos que mueren.

ANEXO 6- IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE HORMIGAS POR EL MUSEO DE HISTORIA NATURAL NOEL KEMPF MERCADO

IDENTIFICACION TAXONOMICA DE HORMIGAS

26/11/21

Solicitud de: Identificación de hormigas

De: Rosalia Hurtado Arias estudiante de Bioquímica y Farmacia

Asesor: Lic. Mariela Barba

Resultados: Se recibió un numero de 15 muestras de hormigas de color café oscuro contenidas en un frasco con alcohol al 70% y protegido con una bolsa,



Las hormigas corresponden a la siguiente característica taxonómicas:

Nombre científico: *Atta laevigata* (F. Smith, 1858)

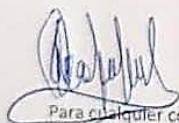
Tribu: Attini

Subfamilia: Myrmicinae

Familia: Formicidae

Orden: Hymenoptera

CONCLUSION: *Atta laevigata* son hormigas de lugares abiertos, se las denomina hormigas cortadoras de hojas porque cortan las hojas de una gran cantidad de plantas y se encuentran en jardines o campos de cultivos.



Para cualquier consulta

Lic. Julieta Ledezma

Área de Investigación

Museo Noel Kempff Mercado

ANEXO 7.- RESULTADOS DE LOS COMPUESTOS FENÓLICOS DE LA HOJA DE PARAÍSO

FCPN/CCQ/IIPN/Proy. Macromoléculas/2021

La Paz 06 de diciembre de 2021

INFORME DE ANALISIS

LAB. DE ALIMENTOS/13/2021

1. **Solicitante:** Rosalía Hurtado Arias
2. **Análisis:** Antioxidantes por los métodos FRAP y ABTS, Flavonoides Totales y Fenoles Totales por el método de Folin & Ciocalteu
3. **Muestra:** hojas verdes (material vegetal)
4. **Procedencia:** La Paz
5. **Fecha de análisis:** diciembre 2021
6. **Resultados:**

Muestra	FRAP ($\mu\text{mol/g}$)	Fenoles Totales ($\mu\text{mol/g}$)	ABTS ($\mu\text{mol/g}$)	Flavonoides totales
Hojas	20.1 ± 1.5	6.7 ± 0.4	8.1 ± 1.8	3.4 ± 0.3

Es cuanto bien podemos informar, para fines consiguientes de la interesada.

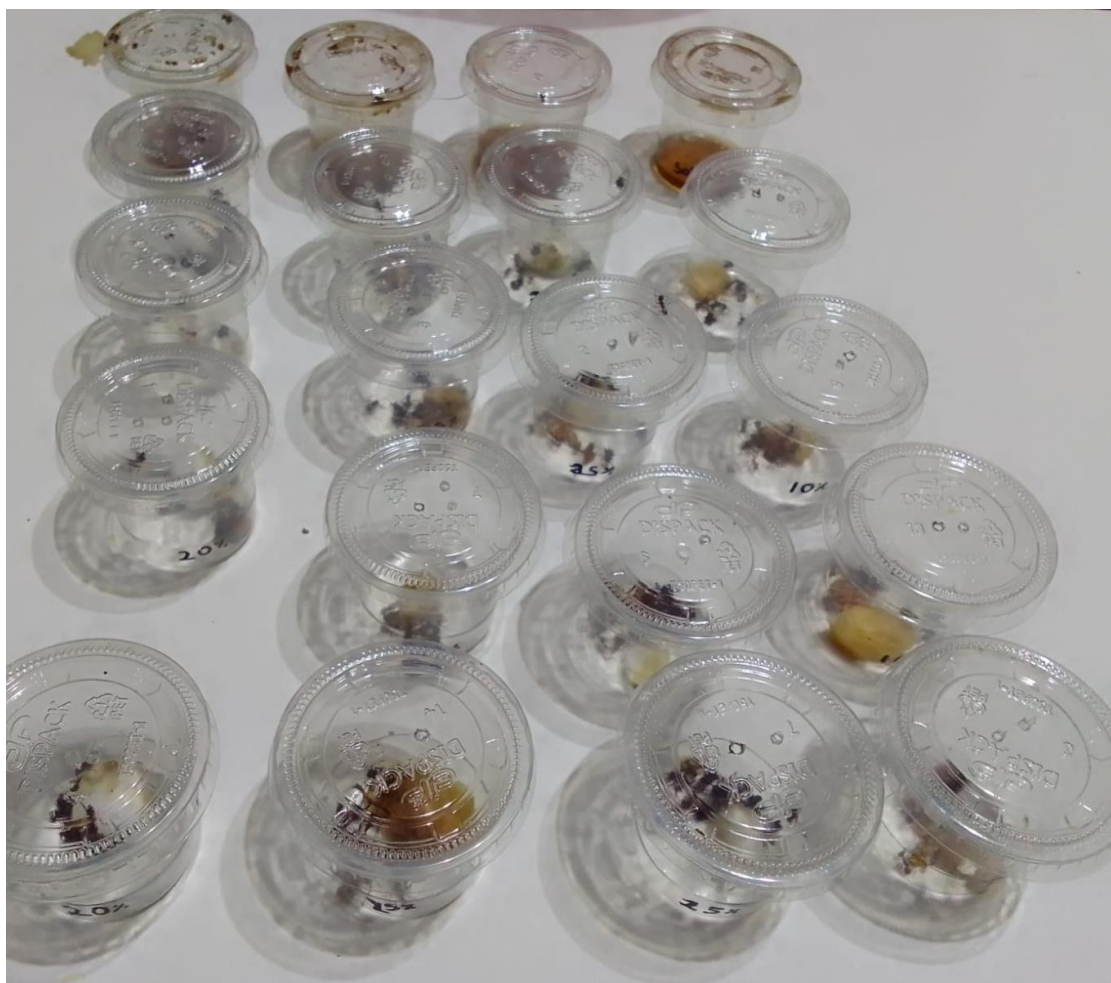

José Mauricio Peñarrieta Loria PhD
CO-COORDINADOR DE PROYECTO



ANEXO 8. INGREDIENTES DEL BIOPLAGUICIDA



ANEXO 9. BIOENSAYOS A DIFERENTES CONCENTRACIONES



ANEXO 10. BIOENSAYOS PARA EVALUAR ACCION FORMICIDA

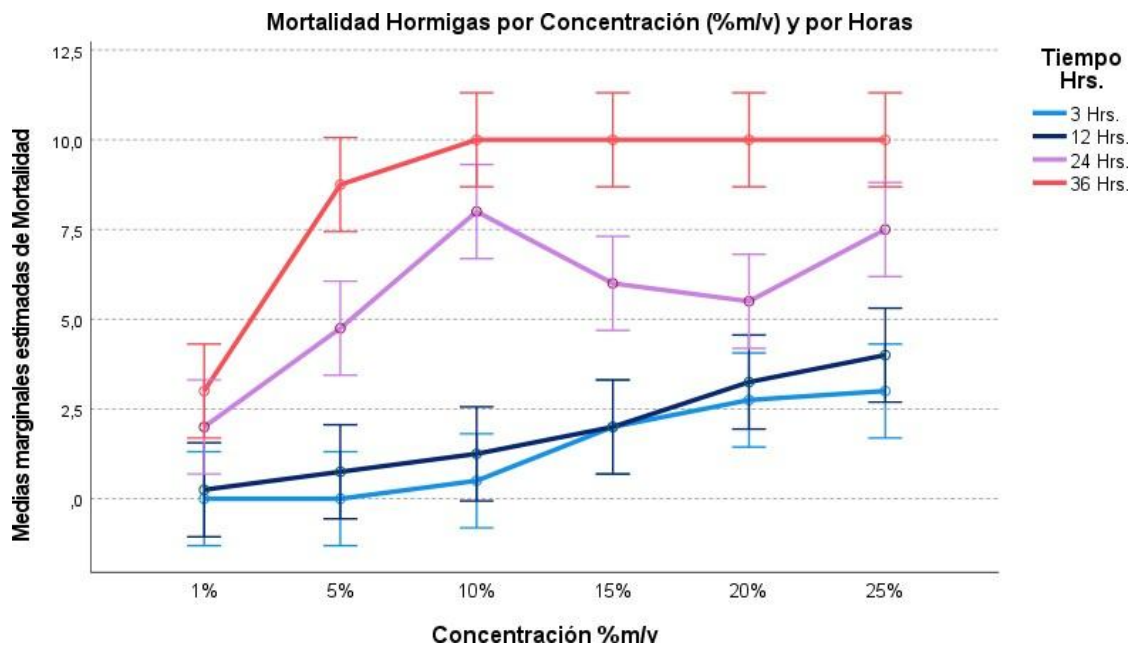
Estadísticos descriptivos de la mortalidad de hormigas evaluadas en diferentes concentraciones y horas.

Concentración %m/v y Tiempo		Repeticiones	Media	DE	EE	IC95%	
						Li	Ls
1%	3 Hrs.	4	0,0	0,00	0,00	0,0	0,0
	12 Hrs.	4	0,3	0,50	0,25	-0,2	0,7
	24 Hrs.	4	2,0	0,82	0,41	1,2	2,8
	36 Hrs.	4	3,0	0,82	0,41	2,2	3,8
	Total	16	1,3	1,40	0,35	0,6	2,0
5%	3 Hrs.	4	0,0	0,00	0,00	0,0	0,0
	12 Hrs.	4	0,8	0,50	0,25	0,3	1,2
	24 Hrs.	4	4,8	0,96	0,48	3,8	5,7
	36 Hrs.	4	8,8	0,50	0,25	8,3	9,2
	Total	16	3,6	3,65	0,91	1,8	5,4
10%	3 Hrs.	4	0,5	0,58	0,29	-0,1	1,1
	12 Hrs.	4	1,3	1,26	0,63	0,0	2,5
	24 Hrs.	4	8,0	2,71	1,35	5,3	10,7
	36 Hrs.	4	10,0	0,00	0,00	10,0	10,0
	Total	16	4,9	4,48	1,12	2,7	7,1
15%	3 Hrs.	4	2,0	0,82	0,41	1,2	2,8
	12 Hrs.	4	2,0	0,82	0,41	1,2	2,8
	24 Hrs.	4	6,0	3,16	1,58	2,9	9,1
	36 Hrs.	4	10,0	0,00	0,00	10,0	10,0
	Total	16	5,0	3,74	0,94	3,2	6,8
20%	3 Hrs.	4	2,8	1,71	0,85	1,1	4,4
	12 Hrs.	4	3,3	1,89	0,95	1,4	5,1
	24 Hrs.	4	5,5	2,38	1,19	3,2	7,8
	36 Hrs.	4	10,0	0,00	0,00	10,0	10,0
	Total	16	5,4	3,34	0,84	3,7	7,0
25%	3 Hrs.	4	3,0	0,82	0,41	2,2	3,8
	12 Hrs.	4	4,0	0,82	0,41	3,2	4,8
	24 Hrs.	4	7,5	2,08	1,04	5,5	9,5
	36 Hrs.	4	10,0	0,00	0,00	10,0	10,0
	Total	16	6,1	3,07	0,77	4,6	7,6
Total	3 Hrs.	24	1,4	1,50	0,31	0,8	2,0
	12 Hrs.	24	1,9	1,67	0,34	1,3	2,6
	24 Hrs.	24	5,6	2,79	0,57	4,5	6,7
	36 Hrs.	24	8,6	2,63	0,54	7,6	9,7
	Total	96	4,4	3,68	0,38	3,6	5,1

Fuente.- Elaboración propia, 2021

DE: Desviación Estándar EE: Error Estándar. IC95%: Intervalo de Confianza al 95% (Li: Límite inferior y Ls: Límite superior)

Barras de error de la Media de Mortalidad de Hormigas evaluadas en diferentes concentraciones y por Horas.



Interpretación: Según las concentraciones del 1% y 5% no se presenta mortalidad a las 3 horas, mientras que al 10% de concentración a las 12 horas se presenta una media de 1,3 de mortalidad, mientras que a las 24 horas a concentración del 10% la media de mortalidad es de 8,0, en cambio a las 36 horas a concentraciones de 10%, 15%, 20% y 25% la media de mortalidad es de 10,0.

Con respecto al error estándar se puede apreciar que la concentración del 1% presenta en menor error estándar media de mortalidad (0,35), mientras que a concentraciones de 10% (1,12), 15% (0,94), 20% (0,84) y 25% (0,77) se observa un error estándar promedio decreciente con respecto a la mortalidad de las hormigas evaluadas.

ANEXO 12. SALIDAS DEL SPSS

Análisis de la Varianza 3 Hrs.

Concentración

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Mortalidad Hormigas Hrs.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada ^b
Modelo corregido	37,875 ^a	5	7,575	9,916	<.001	,734	49,582	,999
Intersección	45,375	1	45,375	59,400	<.001	,767	59,400	1,000
Concentración	37,875	5	7,575	9,916	<.001	,734	49,582	,999
Error	13,750	18	,764					
Total	97,000	24						
Total corregido	51,625	23						

a. R al cuadrado = ,734 (R al cuadrado ajustada = ,660)

b. Se ha calculado utilizando alpha = ,05

Análisis de la Varianza 12 Hrs.

Concentración

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Mortalidad Hormigas Hrs.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada ^b
Modelo corregido	42,833 ^a	5	8,567	7,343	<.001	,671	36,714	,990
Intersección	88,167	1	88,167	75,571	<.001	,808	75,571	1,000
Concentración	42,833	5	8,567	7,343	<.001	,671	36,714	,990
Error	21,000	18	1,167					
Total	152,000	24						
Total corregido	63,833	23						

a. R al cuadrado = ,671 (R al cuadrado ajustada = ,580)

b. Se ha calculado utilizando alpha = ,05

Análisis de la Varianza 24 Hrs.

Concentración

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Mortalidad Hormigas Hrs.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada ^b
Modelo corregido	92,875 ^a	5	18,575	3,854	,015	,517	19,271	,847
Intersección	759,375	1	759,375	157,565	<.001	,897	157,565	1,000
Concentración	92,875	5	18,575	3,854	,015	,517	19,271	,847
Error	86,750	18	4,819					
Total	939,000	24						
Total corregido	179,625	23						

a. R al cuadrado = ,517 (R al cuadrado ajustada = ,383)

b. Se ha calculado utilizando alpha = ,05

Análisis de la Varianza 36 Hrs.

Concentración

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Mortalidad Hormigas Hrs.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada ^b
Modelo corregido	156,875 ^a	5	31,375	205,364	<.001	,983	1026,818	1,000
Intersección	1785,375	1	1785,375	11686,091	<.001	,998	11686,091	1,000
Concentración	156,875	5	31,375	205,364	<.001	,983	1026,818	1,000
Error	2,750	18	,153					
Total	1945,000	24						
Total corregido	159,625	23						

a. R al cuadrado = .983 (R al cuadrado ajustada = .978)

b. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Análisis de la Varianza: Concentración, Tiempo y Concentración-Tiempo

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Mortalidad Hormigas Hrs.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada ^b
Modelo corregido	1162,490 ^a	23	50,543	29,289	<.001	,903	673,636	1,000
Intersección	1846,260	1	1846,260	1069,865	<.001	,937	1069,865	1,000
Concentración	236,927	5	47,385	27,459	<.001	,656	137,294	1,000
Tiempo	832,031	3	277,344	160,714	<.001	,870	482,143	1,000
Concentración * Tiempo	93,531	15	6,235	3,613	<.001	,429	54,199	,999
Error	124,250	72	1,726					
Total	3133,000	96						
Total corregido	1286,740	95						

a. R al cuadrado = .903 (R al cuadrado ajustada = .873)

b. Se ha calculado utilizando alpha = .05

DOSIS LETAL MEDIA DL50

Recuentos de casilla y residuos

	Número	Concentración %m/v	Número de sujetos	Respuestas observadas	Respuestas esperadas	Residuo	Probabilidad
PROBIT	1	,000	240	21	27,884	-6,884	,116
	2	,301	240	57	50,385	6,615	,210
	3	,477	240	79	67,439	11,561	,281
	4	,602	240	80	81,026	-1,026	,338
	5	,699	240	86	92,231	-6,231	,384
	6	,778	240	98	101,705	-3,705	,424

Estimaciones de parámetro

						Intervalo de confianza de 95 %	
	Parámetro	Estimación	Desv. Error	Z	Sig.	Límite inferior	Límite superior
PROBIT ^a	Concentración %m/v	1,288	,149	8,642	<.001	,996	1,580
	Intersección	-1,194	,085	-14,016	<.001	-1,279	-1,109

a. Modelo PROBIT: $\text{PROBIT}(p) = \text{Intersección} + BX$ (Las covariables X se transforman utilizando el logaritmo 10.000 base.)

Límites de confianza

95% de límites de confianza para Concentración %m/v					95% de límites de confianza para logaritmo (Concentración %m/v) ^a		
	Probabilidad	Estimación	Límite inferior	Límite superior	Estimación	Límite inferior	Límite superior
PROBIT	,010	,132	,051	,242	-,879	-1,294	-,616
	,020	,215	,095	,361	-,667	-1,021	-,443
	,030	,293	,142	,465	-,533	-,848	-,332
	,040	,370	,191	,563	-,432	-,718	-,249
	,050	,447	,244	,658	-,350	-,612	-,182
	,060	,525	,300	,751	-,280	-,522	-,124
	,070	,604	,360	,844	-,219	-,444	-,074
	,080	,686	,423	,937	-,164	-,373	-,028
	,090	,770	,490	1,031	-,114	-,309	,013
	,100	,856	,561	1,126	-,068	-,251	,051
	,150	1,326	,980	1,626	,123	-,009	,211
	,200	1,879	1,512	2,195	,274	,180	,341
	,250	2,533	2,164	2,881	,404	,335	,460
	,300	3,313	2,914	3,767	,520	,465	,576
	,350	4,248	3,738	4,961	,628	,573	,696
	,400	5,379	4,645	6,567	,731	,667	,817
	,450	6,759	5,674	8,699	,830	,754	,939
	,500	8,462	6,874	11,532	,927	,837	1,062
	,550	10,593	8,305	15,330	1,025	,919	1,186
	,600	13,310	10,047	20,508	1,124	1,002	1,312
	,650	16,853	12,218	27,737	1,227	1,087	1,443
	,700	21,612	15,003	38,160	1,335	1,176	1,582
	,750	28,265	18,712	53,878	1,451	1,272	1,731
	,800	38,109	23,919	79,150	1,581	1,379	1,898
	,850	53,991	31,827	123,986	1,732	1,503	2,093
	,900	83,690	45,569	218,198	1,923	1,659	2,339
	,910	93,036	49,693	250,132	1,969	1,696	2,398
	,920	104,375	54,595	290,148	2,019	1,737	2,463
	,930	118,444	60,543	341,583	2,074	1,782	2,533
	,940	136,411	67,955	409,890	2,135	1,832	2,613
	,950	160,252	77,519	504,633	2,205	1,889	2,703
	,960	193,639	90,485	644,307	2,287	1,957	2,809
	,970	244,360	109,429	870,104	2,388	2,039	2,940
	,980	332,923	140,879	1297,327	2,522	2,149	3,113
	,990	542,048	209,755	2435,171	2,734	2,322	3,387

a. Base de logaritmo = 10.

Análisis de la Varianza de los HORMIGUEROS

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Mortalidad Hormigas Hrs.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada ^b
Modelo corregido	958,833 ^a	9	106,537	,317	,960	,125	2,852	,125
Intersección	102667,500	1	102667,500	305,346	<.001	,939	305,346	1,000
Hormiguero	958,833	9	106,537	,317	,960	,125	2,852	,125
Error	6724,667	20	336,233					
Total	110351,000	30						
Total corregido	7683,500	29						

a. R al cuadrado = ,125 (R al cuadrado ajustada = -.269)

b. Se ha calculado utilizando alpha = .05

Subconjuntos homogéneos

Mortalidad Hormigas Hrs.

HSD Tukey^{a,b}

Hormigueros	N	Subconjunto
		1
Nido IX	3	47,33
Nido I	3	54,00
Nido III	3	55,00
Nido II	3	55,67
Nido VIII	3	58,67
Nido IV	3	59,33
Nido V	3	61,33
Nido X	3	61,33
Nido VII	3	63,00
Nido VI	3	69,33
Sig.		,889

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 336.233.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000.

b. Alfa = .05.

