



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES  
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEÚTICAS Y BIOQUÍMICAS**



**LA FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS Y BIOQUIMICAS DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPOSITOS SON ERICTAMENTE ACADEMICOS.**

**LICENCIA DE USO**

El usuario está autorizado a:

- a) visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la referencia correspondiente respetando normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

**TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADOS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.**

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACÉUTICAS Y  
BIOQUÍMICAS  
CARRERA DE BIOQUÍMICA



DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD INSECTICIDA DE  
LOS ACEITES ESENCIALES Y EXTRACTOS HIDRO-  
ALCÓHOLICOS DE: FLORIPONDIO, KHOA Y ALTAMISA;  
EN MODELO *Drosophila melanogaster*

Tesis de grado presentada para la obtención del Grado de Licenciatura

POR: ALINA ESPINOZA CHOQUE

TUTORES: EDUARDO GONZÁLES DÁVALOS Ph. D.  
PSEIDY LUZ MAMANI CRISPIN Ph. D.

LA PAZ-BOLIVIA  
Abril, 2015

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACÉUTICAS Y BIOQUÍMICAS  
CARRERA DE BIOQUÍMICA

Tesis de grado:

DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD INSECTICIDA DE LOS ACEITES  
ESENCIALES Y EXTRACTOS HIDRO-ALCÓHOLICOS DE: FLORIPONDIO,  
KHOA Y ALTAMISA; EN MODELO *Drosophila melanogaster*

Presentada por: Univ. Alina Espinoza Choque

Para optar el grado académico de *Licenciatura en Bioquímica*

Nota numeral:.....

Nota literal:.....

Ha sido:.....

Director de la carrera de Bioquímica: \_\_\_\_\_

Lic. Bernardo Torrico

Tutores: \_\_\_\_\_

Ph. D. Eduardo Gonzáles

Ph. D. Pseidy Mamani

Tribunal: \_\_\_\_\_

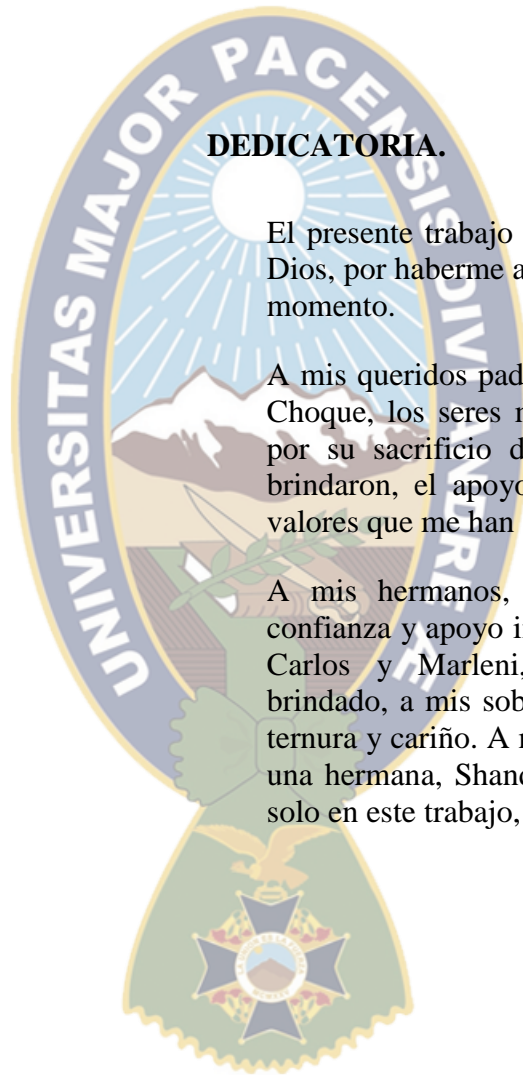
Ph. D. Teresa Álvarez

Tribunal: \_\_\_\_\_

Ph. D. Tito Estévez

Tribunal: \_\_\_\_\_

Ph. D. Alberto Giménez



### **DEDICATORIA.**

El presente trabajo va dedicado primeramente a Dios, por haberme acompañado siempre, en cada momento.

A mis queridos padres Raúl Espinoza y Vicenta Choque, los seres más importantes en mi vida, por su sacrificio diario, por el amor que me brindaron, el apoyo moral, la formación y los valores que me han sido inculcados.

A mis hermanos, Alberto y Raquel, por su confianza y apoyo incondicional, a mis cuñados, Carlos y Marleni, por el ánimo y apoyo brindado, a mis sobrinos Noelia y Obed, por su ternura y cariño. A mejor amiga que me es como una hermana, Shandy, quien me acompañó, no solo en este trabajo, sino a lo largo de mi vida.

El corazón del entendido adquiere sabiduría; Y el oído de los sabios busca la ciencia...

Proverbios 18:15

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco ante todo a Dios, quien me mantuvo firme, me dio sabiduría y las fuerzas necesarias para enfrentar el reto de culminar esta carrera. A mi tutor el Dr. Eduardo Gonzáles, quien confió y me motivó para la realización de este trabajo; así mismo a mi tutora la Dra. Pseidy Mamani, gracias a sus consejos, paciencia, regaños y muchos momentos gratos, por ser más que una doctora una amiga, una guía.

Al Instituto de investigación Fármaco Bioquímicas, por abrir sus puertas y proporcionar de la cepa *Drosophila melanogaster*, para la realización del presente trabajo. A la Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas de la Universidad Mayor de San Andrés, por la alta formación académica.

A la Dra. Ninosca Flores, por sus concejos y ánimo para la realización de este trabajo. Al Lic. Crispín Ticona, por su apoyo y enseñanza para parte de la práctica, para la obtención de diferentes soluciones. Al Lic. Victor Hugo Carballo, por su colaboración de manera voluntaria.

A los doctores: Teresa Álvarez, Tito Estévez y Alberto Giménez, por sus correcciones y sugerencias, para mejorar el presente trabajo.

A mis queridos amigos y amigas quienes me dieron el ánimo, cuando más lo necesitaba: Susy Uruña, Fanny Selgado, Javier Condori, Daniela Romero.

Agradezco también, de manera muy especial a mis padres, hermanos y sus familias, quienes nunca perdieron la fe y esperanza sobre la culminación de este trabajo.

## TABLA DE CONTENIDO

### Parte preliminar

PORTADA	
CALIFICACIONES	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
TABLA DE CONTENIDO	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
ABREVIATURAS	x
RESUMEN	xi
SUMMARY	xiii
PALABRAS CLAVES Y KEYBOARDS	xv

### Texto

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	4
1.1.1. Objetivo general.	4
1.1.2. Objetivos específicos	4
1.2. Hipótesis.	5

### Cuerpo de la obra

1. USO DE INSECTICIDAS QUÍMICOS, VENTAJAS Y DESVENTAJAS.	6
1.1. Definición e historia.	6
1.2. Requisitos de un insecticida químico.	9
1.3. Relevancia de la solubilidad en agua de los plaguicidas.	10
1.4. Ventajas y desventajas del uso de insecticidas químicos.	11
1.4.1. Envenenamiento por insecticidas químicos.	15
1.4.2. Efectos de los insecticidas químicos en el ambiente.	16
1.4.2.1. Efectos a corto plazo en el ambiente cercano.	16
1.4.2.2. Efectos a largo plazo en el ambiente cercano.	16
1.4.2.3. Efectos a largo plazo en el ambiente lejano.	17
2. BIOINSECTICIDAS A PARTIR DE ESPECIES VEGETALES (INSECTICIDA BOTÁNICO).	17
2.1. Definición y antecedentes de los bioinsecticidas.	17
2.2. Insecticidas botánicos.	20
2.2.1. Beneficios del uso de insecticidas botánicos.	22
2.2.2. Neem, insecticida botánico más utilizado.	23
3. ESPECIES VEGETALES EN ESTUDIO.	25
3.1. <i>Ambrosia arborescens</i> (Altamisa).	25
3.1.1. Clasificación botánica.	25

3.1.2.	Descripción.	26
3.1.3.	Usos y/o riesgos.	26
3.1.4.	Componentes químicos.	27
3.2.	<i>Brugmansia arborea</i> (Floripondio).	28
3.2.1.	Clasificación botánica.	28
3.2.2.	Descripción.	28
3.2.3.	Usos y/o riesgos.	29
3.2.4.	Componentes químicos.	31
3.2.4.1.	La escopolamina o bioscina.	31
3.3.	<i>Clinopodium bolivianum</i> (Khoa).	31
3.3.1.	Clasificación botánica.	31
3.3.2.	Descripción.	32
3.3.3.	Usos y/o riesgos.	32
3.3.4.	Componentes químicos.	34
4.	<b>MODELO BIOLÓGICO PARA LA EVALUACIÓN DE INSECTICIDAS DE ORIGEN VEGETAL.</b>	34
4.1.	<i>Drosophila melanogaster</i> (mosca de la fruta).	34
4.1.1.	Clasificación científica.	34
4.1.2.	<i>Drosophila melanogaster</i> considerada plaga.	35
4.1.3.	Descripción del insecto.	36
4.1.4.	Morfología de la <i>Drosophila melanogaster</i> .	38
4.1.5.	Ciclo biológico.	39
4.2.	Especie <i>Drosophila</i> considerada plaga.	41
5.	<b>MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS.</b>	42
5.1.	Materiales de laboratorio.	42
5.1.1.	Elaboración de herbario.	42
5.1.2.	Preparación de extractos y obtención de aceites esenciales.	42
5.1.3.	Mantenimiento de la mosca.	42
5.1.4.	Toxicidad aguda.	43
5.1.5.	Toxicidad crónica.	44
5.2.	Equipos.	44
5.3.	Reactivos.	45
5.4.	Elemento de experimentación.	45
5.5.	Modelo de experimentación.	45
6.	<b>MÉTODOS UTILIZADOS.</b>	46
6.1.	Modo de colecta para las especies vegetales.	46
6.1.1.	Lugar de colecta por especie.	46
6.1.2.	Procedimiento.	46
6.2.	Elaboración de la ficha botánica.	46
6.2.1.	Procedimiento.	46
6.3.	Obtención de aceites esenciales.	48
6.3.1.	Destilación por arrastre de vapor.	48
6.3.2.	Procedimiento.	48
6.4.	Elaboración de extractos.	49



6.4.1.	Obtención de extractos hidro-alcohólicos.	49
6.4.1.1.	Macerado y filtrado.	49
6.5.	Mantenimiento del modelo de experimentación previo a la experimentación.	50
6.5.1.	Procedimiento de mantenimiento estándar.	50
7.	EVALUACIÓN DE TOXICIDAD AGUDA.	51
7.1.	Elaboración de emulsiones a partir de aceites esenciales.	51
7.2.	Procedimiento.	52
8.	EVALUACIÓN DE TOXICIDAD CRÓNICA.	55
8.1.	Procedimiento.	56
9.	RESULTADOS.	60
9.1.	Resultados de los extractos hidro-alcohólicos de <i>Ambrosia arborescens</i> , <i>Brugmansia arbórea</i> y <i>Clinopodium bolivianum</i> a diferentes concentraciones.	60
9.1.1.	Toxicidad aguda.	60
9.1.2.	Toxicidad crónica.	62
9.1.2.1.	Porcentaje de actividad de extractos vegetales en 1ra y 2da generación.	64
9.1.3.	Relación adulto/pupa.	65
9.2.	Resultados aceite esencial de <i>Clinopodium bolivianum</i> a diferentes concentraciones.	66
9.2.1.	Toxicidad aguda.	66
9.2.2.	Toxicidad crónica.	68
9.2.2.1.	Porcentaje de actividad del aceite esencial en 1ra y 2da generación.	69
9.2.3.	Relación adulto/pupa.	69
10.	DISCUSIÓN.	72
10.1.	Toxicidad aguda.	72
10.2.	Toxicidad crónica.	73
10.3.	Relación adulto pupa.	75
11.	CONCLUSIONES.	76
11.1.	Conclusión general.	76
11.2.	Conclusiones específicas.	76
12.	GLOSARIO.	78
13.	BIBLIOGRAFÍA.	81
	Bibliografía web	87
	ANEXOS.	89



## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1:</b> Clasificación de insecticidas químicos de acuerdo al origen.	8
<b>Cuadro 2:</b> Clasificación química de los insecticidas químicos de acuerdo a: (A) su naturaleza química;(B) según la familia química.	9
<b>Cuadro 3:</b> Solubilidad de un plaguicida en agua.	11
<b>Cuadro 4:</b> Ventajas de insecticidas químicos y naturales.	12
<b>Cuadro 5:</b> Desventajas de insecticidas químicos y naturales.	13
<b>Cuadro 6:</b> Bioinsecticidas utilizados para los principales vectores que transmiten las enfermedades de los cítricos.	20
<b>Cuadro 7:</b> Efecto de la temperatura sobre el ciclo vital de <i>D. m.</i>	39
<b>Cuadro 8:</b> Adaptación de la formulación para la preparación de emulsiones del aceite esencial de khoa ( <i>C.b.</i> ).	51
<b>Cuadro 9:</b> Preparación de los extractos y emulsiones a las diferentes concentraciones en estudio.	55
<b>Cuadro 10:</b> Preparación de los extractos y emulsiones a las diferentes concentraciones en estudio, para toxicidad crónica.	58
<b>Cuadro 11:</b> Rendimiento de las especies vegetales en aceites esenciales y como extractos hidro-alcohólicos secos.	60
<b>Cuadro 12:</b> Porcentaje de actividad de los extractos a diferentes concentraciones, con respecto al control negativo.	64
<b>Cuadro 13:</b> Relación adulto/pupa (A/P) de los tratamientos con extractos a concentraciones planteadas.	65
<b>Cuadro 14:</b> Porcentaje de actividad del aceite esencial A-E de <i>C. b.</i> , a diferentes concentraciones, con respecto al control negativo: (A) 50ppm y 100ppm, (B) 500ppm, 1000ppm y 1500ppm.	69
<b>Cuadro 15:</b> Relación adulto/pupa (A/P) del aceite esencial de <i>C. b.</i> a concentraciones planteadas.	70
<b>Cuadro 16:</b> Resumen de todos los resultados obtenidos.	71

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Imagen de los tipos de podredumbres. Izquierda: Podredumbre ácida.; Derecha.: Podredumbre gris.	35
<b>Figura 2:</b> Imagen de una pareja de <i>Drosophila melanogaster</i> . Izquierda: Hembra.; Derecha: Macho.	38
<b>Figura 3:</b> Ejemplares de ficha de herbario elaboradas para la tesis.	47
<b>Figura 4:</b> Medidas de seguridad tomadas para preparación del control positivo.	53
<b>Figura 5:</b> Esquema de la realización de toxicidad aguda.	54
<b>Figura 6:</b> Esquema de la realización de toxicidad crónica.	59
<b>Figura 7:</b> Toxicidad aguda, actividad de: testigo, control negativo y control positivo.	61
<b>Figura 8:</b> Toxicidad aguda, actividad de <i>A. a.</i> , <i>B. a.</i> y <i>C. b.</i> a las concentraciones de (A) 5000ppm, (B) 10000ppm y (C) 15000ppm.	62
<b>Figura 9:</b> Comparación de testigo con los controles negativos y con el control positivo.	66
<b>Figura 10:</b> Toxicidad aguda, actividad del aceite esencial de <i>C. b.</i> a las concentraciones de 50ppm y 100ppm.	67
<b>Figura 11:</b> Toxicidad aguda actividad del aceite esencial de <i>C. b.</i> a las concentraciones de (A) 500ppm, (B) 1000ppm y (C) 1500ppm.	68

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO I:</b> Documento de catalogación de las especies vegetales en estudio.	89
<b>ANEXO II:</b> Documento de catalogación del modelo de experimentación.	90
<b>ANEXO III:</b> Ficha técnica del control positivo, S-Kemata.	92



## ABREVIATURAS.

*A. a.: Ambrosia arborescens*

*B. a.: Brugmansia arborea*

*C. b.: Clinopodium bolivianum*

A-E: Aceite esencial

*D. m.: Drosophila melanogaster*

min.: Minutos

ppm.: Partes Por Millón

UMSA: Universidad mayor de San Andrés

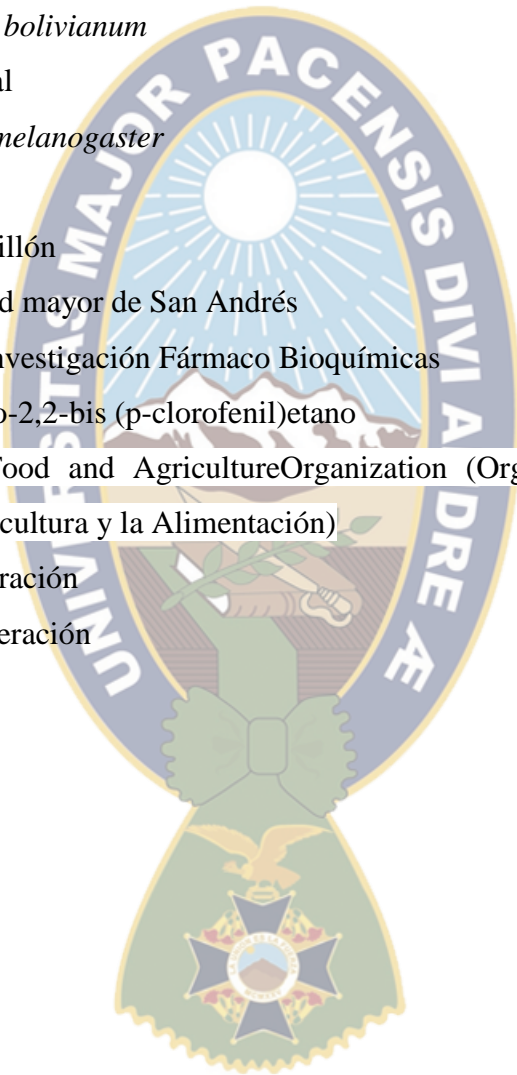
IIFB: Instituto de Investigación Fármaco Bioquímicas

DDT: 1,1,1- tricloro-2,2-bis (p-clorofenil)etano

FAO: Siglas de Food and Agriculture Organization (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación)

1<sup>ra</sup> G: Primera generación

2<sup>da</sup> G: Segunda generación



## RESUMEN.

Desde hace mucho tiempo, a nivel mundial los insecticidas químicos van deteriorando el ecosistema hasta nuestros días, es por ello que ya desde aproximadamente dos décadas se han desarrollado estudios que presenten a agentes orgánicos, como una alternativa para eliminar las plagas de los cultivos, pero a nivel nacional los estudios son muy pocos y se lucha por producir un gran impacto para de esta manera poder contrarrestar el uso de plaguicidas dañinos e inducir el uso de insecticidas botánicos, pues somos parte de los países que continua utilizando el DDT y otros insecticidas químicos por un control muy superficial e insuficiente.

En el presente estudio se muestra resultados de la evaluación de tres especies vegetales, en forma de extracto hidro-alcohólico, sobre el modelo *Drosophila melanogaster*, estas especies vegetales son: Altamisa (*Ambrosia arborescens*), Floripondio (*Brugmansia arborea*) y Khoa (*Clinopodium bolivianum*).

Estas tres especies son abundantes en el territorio Boliviano, lo que las hace interesantes es que se desarrollan a pesar de las inclemencias del tiempo, son de fácil adaptación, incluso altamisa y khoa crecen como hierba mala, sin la necesidad de cuidados.

Respecto al modelo de experimentación "*Drosophila melanogaster*", trabajamos en este modelo porque es uno de los pocos insectos estandarizados a nivel de laboratorio, a la vez que contamos con esta especie en el "Instituto de Investigación fármaco Bioquímicas" (I.I.F.B.) de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA). Este es ideal como modelo de experimentación por su fácil proliferación, mantenimiento económico, ampliamente conocido genéticamente, además fue utilizado en estudios de otros países igualmente para pruebas insecticidas, pero con otras especies vegetales.

El presente trabajo tiene como objetivo presentar una alternativa como insecticida, utilizando y estudiando plantas que existen en abundancia en nuestro país.

Se realizaron dos pruebas de actividad insecticida, aguda y crónica, para saber si tiene actividad insecticida y cuál es su principal forma de actuar. La aguda se realizó en moscas adultas, y la crónica se realizó durante su ciclo vital desde que eran huevos hasta que son adultos de una segunda generación.

Los resultados nos muestran una aparente actividad aguda por parte del extracto hidroalcohólico y aceite esencial de *Clinopodiumbolivianum*.

La actividad en la toxicidad crónica se hace evidente en el número de individuos adultos de una segunda generación, esto quiere decir que produce una limitación de proliferación en los individuos de la primera generación adulta. Los resultados de la toxicidad crónica muestran una aparente actividad en las tres especies vegetales en estudio.

Respecto al aceite esencial en toxicidad crónica, los resultados son muy prometedores a partir de los 500ppm, de la especie vegetal *Clinopodiumbolivianum*, considerando además que esta sería la cantidad necesaria mínima para causar toxicidad crónica, estadísticamente significativa.

Y con respecto a la relación adulto/pupa, tenemos tan solo un resultado representativo, pero esta es la mínima concentración utilizada para la evaluación del aceite esencial de *Clinopodiumbolivianum*, esta es a 50ppm, razón por la cual es más relevante aún. Aún así no podemos dejar de lado que a partir de 500ppm el número de individuos es cero.

Palabras claves: *Drosophila*, Insecticida botánico, Insecticida químico, Plaguicida.



## SUMMARY.

From long ago, global chemical insecticides are deteriorating ecosystem until today, which is why since about two decades studies have been carried submit to organic agents, as an alternative to eliminate pests of crops, but national studies are few and struggle to make a big impact in this way to counter the use of harmful pesticides and induce the use of botanical insecticides, because we are part of the countries that continued use of DDT and other chemical insecticides for a very superficial and inadequate control.

In the present study results of the evaluation of three plant species shown in the form of hydro-alcoholic extract on *Drosophila melanogaster* model, these plant species are: Altamisa (*Ambrosia arborescens*), Floripondio (*Brugmansia arborea*) and Khoa (*Clinopodium bolivianum*).

These three species are abundant in the Bolivian territory, which makes them interesting is taking place despite the inclement weather, are easy adaptation, including feverfew and khoa grow like weed, without the need for care.

For the pattern of experimentation "*Drosophila melanogaster*" work in this model because it is one of the few insects standardized laboratory level, while we have this species in the "Research Institute Biochemical drug" (IIFB) University Mayor de San Andrés (UMSA). This is an ideal experimental model for easy proliferation, child support, widely known genetically, was also used in studies of other countries also to test insecticides, but with other plant species.

This paper aims to present an alternative as an insecticide, using and studying plants that exist in abundance in our country.

Two tests, acute and chronic were performed to check for insecticidal activity and what their main ways. Acute performed in adult flies, and chronic performed during its life cycle since they were eggs until they are adults of the second generation.



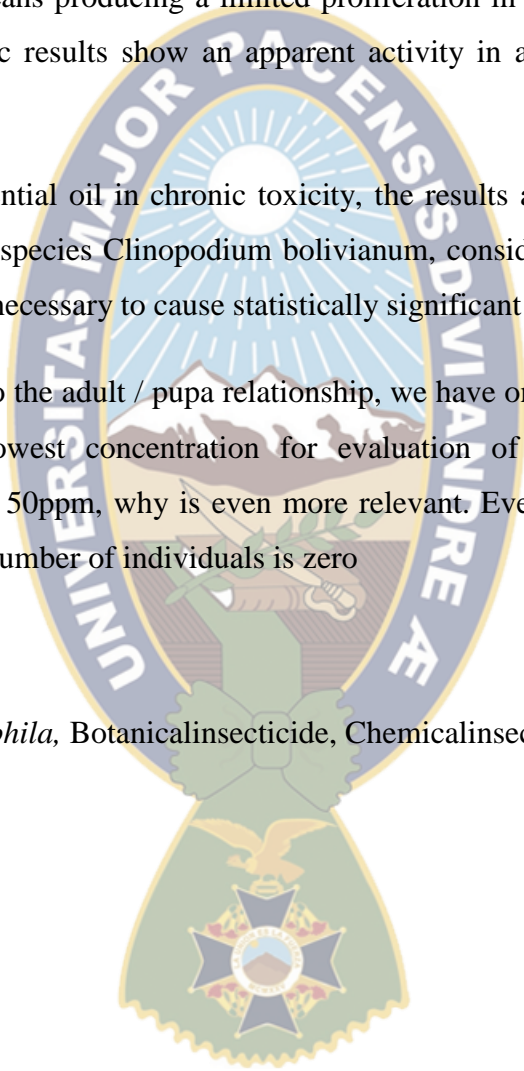
The results show an apparent acute activated by the hydro-alcoholic extract and essential oil of *Clinopodium bolivianum*.

The activity in chronic toxicity is evident in the number of adult individuals of a second generation, this means producing a limited proliferation in adult individuals of the first generation. Chronic results show an apparent activity in all three plant species under study.

Regarding the essential oil in chronic toxicity, the results are very promising from the 500ppm, the plant species *Clinopodium bolivianum*, considering that this would be the minimum amount necessary to cause statistically significant chronic toxicity.

And with respect to the adult / pupa relationship, we have only one representative result, but this is the lowest concentration for evaluation of essential oil *Clinopodium bolivianum*, this is 50ppm, why is even more relevant. Even so we can not ignore that from 500ppm the number of individuals is zero

Keywords: *Drosophila*, Botanicalinsecticide, Chemicalinsecticide, Pesticide.



**PALABRAS CLAVES.**

Palabras claves: *Drosophila*, Insecticida botánico, Insecticida químico, Plaguicida.



**KEYBOARDS**

Keyboards: *Drosophila*, Botanical insecticide, Chemical insecticide, Pesticide.

## 1. INTRODUCCIÓN.

Según las estadísticas actuales de la FAO dos tercios de la humanidad están subalimentadas, por consiguiente el aumento de la producción agrícola es una necesidad, siendo preciso ampliar las áreas cultivadas y el rendimiento de los productos en la cosecha (Sánchez y Sánchez, 1987).

Hoy en día el consumo de frutas y vegetales frescos ha incrementado considerablemente, ocasionando que los agricultores cultiven en grandes proporciones, por lo tanto el agricultor depende de los sembradíos: vegetales, hortalizas, tubérculos, frutas, cereales entre otros; tanto para el consumo directo como para el sustento económico (Bonifaz L., 2010). La calidad de los mismos es una condicionante crítica e importante para obtener una buena venta o ingreso sostenible, obligando de esta manera al agricultor a mejorar la productividad y calidad del recurso, razón por la cual, de forma continua trata de erradicar las plagas de sus sembradíos, para lo cual fue y continua utilizando varios métodos, insecticidas químicos, que en un inicio resultaron eficaces, pero a la larga van desencadenando daños muchas veces irreparables. El uso indiscriminado o exagerado de este tipo de productos resultan muy dañinos tanto para los hombres como para el medio ambiente a corto y largo plazo, ocasionando: la esterilidad de la tierra, residuos de toxinas en los productos principal causa de intoxicación en los consumidores, desequilibrio biológico por eliminación de los enemigos naturales, contaminación del medio ambiente, aparición resistencia de los insectos a estos compuestos, entre otras consecuencias (Linaza D., 2005).

Todo lo ya mencionado anteriormente, hace imprescindible el estudio de nuevas vías de control de plagas (Bonifaz L., 2010), entre estas estrategias está el desarrollo de estudios que promueven el uso de plaguicidas que sean de procedencia biológica, refiriéndose a que sean biodegradables, que no desequilibren en tal magnitud el ecosistema, como lo hacen los plaguicidas sintéticos. Asimismo, bajo toda esta amenaza por parte de

insecticidas químicos, es que nace la necesidad de buscar insecticidas botánicos, que sean menos dañinos y más compatibles con el medio ambiente.

En este contexto el presente trabajo realizó la evaluación de la actividad insecticida de: *Ambrosia arborescens* (Altamisa o Marco), *Brugmansia arborea* (Floripondio), *Clinopodium bolivianum* (Khoa), utilizando como modelo biológico a la mosca de la fruta, *Drosophila melanogaster*. La selección de las plantas para la realización de este trabajo se realizó considerando la disposición y abundancia de las mismas en Bolivia, para poder ser utilizadas por la población, sobre todo por agricultores, además de poder proporcionar un nuevo enfoque, una alternativa ante el uso de insecticidas químicos, evaluando su toxicidad como extracto sin aceites esenciales, y con solo aceites esenciales.

Este trabajo además busca incentivar a la población agricultora del Estado Plurinacional de Bolivia a la utilización de insecticidas de origen natural, que no dañen sino cuide al medio ambiente, busca valorar y mejorar lo nuestro sin causar daño a la “madre tierra”, además de primero cubrir y atender la necesidad de la población, a la vez de buscar alternativas que apoyen a la lucha contra el calentamiento global.

Los países en desarrollo, o en vías de desarrollo como el nuestro, están sujetos a presiones técnicas, económicas y políticas que los inducen a utilizar grandes cantidades de aquellos insecticidas que sean más eficaces a corto plazo y más económicos. Sin embargo todavía no se le da suficiente importancia a las múltiples consecuencias adversas para el ambiente y la salud que pueden derivar del uso de estos productos (Cortés H., 2011).

Sin duda alguna, la disponibilidad de información oportuna, clara y precisa es un factor determinante para hacer que se tome conciencia de los efectos perjudiciales de los insecticidas y plaguicidas a la salud humana, el equilibrio del ecosistema y su impacto en lo económico, social, político y ambiental, pero esta información es casi nula, respecto a investigaciones, e incluso poco relevante en nuestro país.

Esta información debería considerarse invaluable, para asignar prioridades de inversión pública y privada, el diseño y desarrollo de políticas públicas acertadas, consistentes y la implementación de medidas correctivas y preventivas de intervención temprana, destinadas a eliminar los riesgos por insecticidas y plaguicidas desde su origen. También, para la investigación, la educación, la integración social, la participación ciudadana y la promoción de alternativas más saludables y sostenibles que coadyuven al logro del desarrollo sostenible del país (Espinoza A., 2003). Sin embargo, se considera que en nuestro país recién están iniciando las producciones 100% orgánicas, pero a diferencia de otros países, los precios son accesibles para la población.

La metodología empleada en el presente trabajo se realizó en dos partes: toxicidad aguda, que busca evaluar la actividad de los extractos, por contacto o inhalación sobre *Drosophila melanogaster*; y toxicidad crónica, que busca evaluar el efecto de consumo crónico de los extractos, tanto en la primera y segunda generación de *Drosophila melanogaster*.

Todas las pruebas se realizaron por triplicado, para tener un número significativo estadísticamente, los datos fueron evaluados con comparación de medias por ANOVA.

Este trabajo fue realizado en el marco del proyecto "Centro de Investigación y Control Biológico de Plagas", Res. HCU, 715/2009, Res.Re. 098/2011. Realizado en la localidad de Irupana del departamento de La Paz-Bolivia, con la participación de profesionales y/o universitarios de las carreras de: Farmacia, Bioquímica, Biología y Agronomía, todos de la Universidad Mayor de San Andrés.

## 1.1. Objetivos.

### 1.1.1. Objetivo General.

- ↪ Evaluar la actividad insecticida de: *Ambrosia arborescens* (altamisa), *Brugmansia arborea* (floripondio), *Clinopodium bolivianum* (khoa); sobre *Drosophila melanogaster* (mosca de la fruta).

### 1.1.2. Objetivos Específicos.

- ↪ Extraer aceites esenciales y preparar extractos hidro-alcohólicos de las especies vegetales en estudio.
- ↪ Determinar la toxicidad aguda de las especies vegetales en estudio sobre moscas adultas de cuatro días de nacidas.
- ↪ Determinar la toxicidad crónica de las tres especies en estudio, sobre adultos y el ciclo vital de moscas *Drosophila melanogaster* de cuatro días de nacidas.





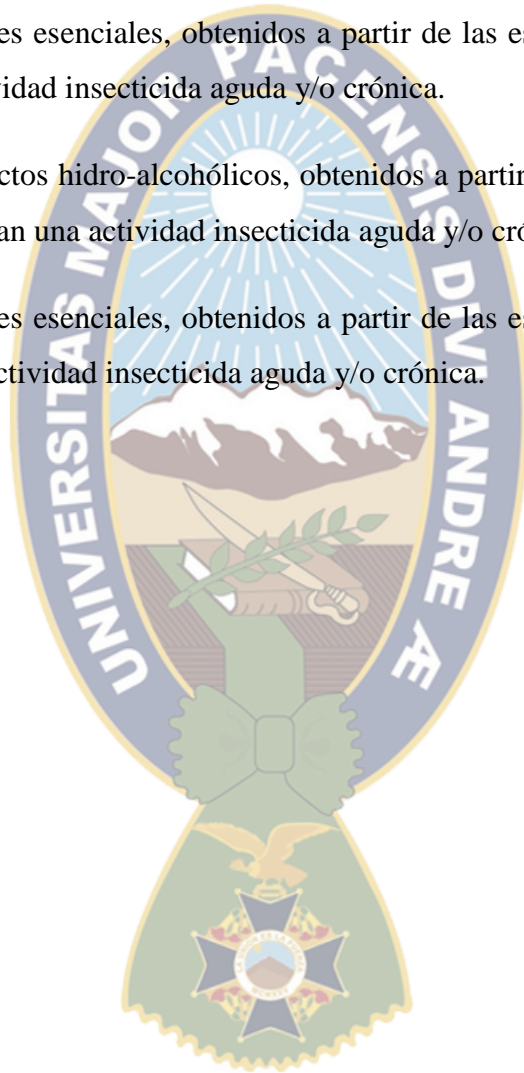
## 1.2. Hipótesis.

Uno o varios extractos hidro-alcohólicos, obtenidos a partir de las especias vegetales en estudio, presentan una actividad insecticida aguda y/o crónica.

Uno o varios aceites esenciales, obtenidos a partir de las especias vegetales en estudio, presentan una actividad insecticida aguda y/o crónica.

Uno o varios extractos hidro-alcohólicos, obtenidos a partir de las especias vegetales en estudio, no presentan una actividad insecticida aguda y/o crónica.

Uno o varios aceites esenciales, obtenidos a partir de las especias vegetales en estudio, no presentan una actividad insecticida aguda y/o crónica.





## **1. USO DE INSECTICIDAS QUÍMICOS, VENTAJAS Y DESVENTAJAS.**

### **1.1. Definición e historia.**

Se entiende como plaguicida a cualquier sustancia o mezcla de sustancias, que pueden ser de origen natural o sintético, destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga. Así como cualquier sustancia que pueda administrarse a los animales para combatir insectos, arácnidos u otras plagas en sus cuerpos o sobre ellos, siendo su acción más común la destrucción de parásitos, vectores de enfermedades humanas o de los animales, plantas, animales e insectos indeseables que causan perjuicio o que interfieren de cualquier otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera y alimentos para animales.

Por insecticida se entiende cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar “sólo insectos plagas”, que atacan a los cultivos o que son vectores de las enfermedades del hombre (Cortés H., 2011).

Uno de los problemas ecológicos más grandes ocasionados por el hombre y la ciencia, se generó a partir de la invención y la venta de los plaguicidas sintéticos a partir de la década de 1940. Existen más de quinientos plaguicidas sintéticos e insecticidas químicos que se utilizan para la agricultura. Entre los insecticidas químicos más utilizados y difundidos se encuentran el DDT (1,1,1- tricloro-2,2-bis (p-clorofenil)etano), el dieldrín, el aldrín, el heptacloro, el clordano, etc ([www.plagasydesinfeccion.com](http://www.plagasydesinfeccion.com)).

El primer plaguicida e insecticida químico, el DDT, que pertenece a los organoclorados, fue presentado como el producto capaz de acabar de una vez con todas las plagas, además de ser inocuo para los seres humanos. Fue tal su promoción que a su descubridor, el investigador suizo A. Müller, le otorgaron el Premio Nobel.

A poco de extenderse su utilización en el control de plagas en cultivos comerciales o en poblaciones de refugiados de la post-guerra, se comenzaron a observar los efectos no deseados de este producto: la aparición de moscas domésticas resistentes a las dosis normales de plaguicidas y los primeros casos de intoxicaciones agudas (los efectos crónicos tardarían en llegar). Años más tarde aparecieron otros insecticidas con estructura química similar al DDT (clorados) (plaguicidas y salud).

Los insecticidas organofosforados se desarrollaron en Alemania, a partir de las investigaciones sobre gases neurotóxicos que se llevaron a cabo en ese país para usar dichos gases como armas químicas. Los plaguicidas que derivan de ésteres carbámicos, también conocidos como “carbamatos”, se descubrieron en 1947. Aunque los primeros piretroides se sintetizaron en la década de los 40's, debido al advenimiento de los insecticidas organofosforados y carbámicos, su desarrollo como insecticidas químicos de importancia comercial no ocurrió de inmediato.

El primer piretroide sintético importante que fue sintetizado en 1949 por Milton S. Schechter, fue la aletrina, al que siguieron varios más, hasta que se logró tener compuestos como la permetrina y la cipermetrina, cuya actividad insecticida y estabilidad permiten que su uso sea redituable, pero su alta toxicidad para peces y abejas son su principal desventaja (Cortés H., 2011).

A fines de la década de los cincuenta irrumpen en escena los plaguicidas fosforados, con mayor poder residual, mayor potencia de acción y efectos agudos más graves en los seres humanos que los plaguicidas clorados (Plaguicidas y Salud).

En los primeros cuadros (1 y 2), se muestra unas cuantas formas de clasificación de insecticidas químicos, ya sea por su origen, por su naturaleza química o su familia química, de estos la más manejada son por naturaleza y familia química.

En el cuadro 1 separamos de acuerdo a su origen ya sean naturales o sintéticos, especificando además dentro de esta clasificación si son considerandos orgánicos, inorgánicos u orgánico-metálicos, siendo estos últimos exclusivamente sintéticos.

**Cuadro 1:** Clasificación de insecticidas químicos de acuerdo al origen.

	Naturales	Sintéticos
<b>ORGÁNICOS</b>	Nicotina	DDT
	Piretrinas	2,4-D
	Rotenona	Malatión
	Sabadilla	Cipermetrina
<b>INORGÁNICOS</b>	Arsenio de plomo	
	Sulfato de cobre	
<b>ORGANOMETÁLICOS</b>	NO HAY	Derivados de:
		Tributilestaño
		Metilmercurio

Cortés H., 2011.

En el cuadro 2 se muestra una clasificación química de los insecticidas químicos, en general se refiere a los plaguicidas desde el punto de vista químico, pues esto permite agruparlos con un criterio uniforme y establecer correlaciones estructura/actividad, estructura/toxicidad, estructura/mecanismos de degradación, etc.

**Cuadro 2:** Clasificación química de los insecticidas químicos de acuerdo a: (A) su naturaleza química; (B) según la familia química.

Familia química	Ejemplos	
• Organoclorados	• Organofosforados	A
• Carbamatos	• Piretroides	
• Organomercuriales	• Organoarsenicales	
• Ditiocarbamatos	• Derivados fenoxi	
• Ditiocarbamatos	• Mencimidazoles	
• Quinonas	• Mencimidazoles	
• Triazinas	• Tiocarbamatos	
• Anilidas	• Cumarinas	

Familia química	Ejemplos	
Organoclorados	DDT, aldrín, endosulfán, endrín	
Organofosforados	Bromophos, diclorvos, malatión	
Carbamatos	Carbaryl, methomyl, propoxur	
Tiocarbamatos	Ditiocarbamato, mancozeb, maneb	
Piretroides	Cypermethrin, fenvalerato, permethrin	
Derivados biperidilos	Cloromequat, diquat, paraquat	
Derivados del ácido fenoxiacético	Dicloroprop, picram, silvex	
Derivados cloronitrofenólicos	DNOC, dinoterb, dinocap	
Derivados de triazinas	Atrazine, ametryn, desmetryn, simazine	
Compuestos orgánicos del estaño	Cyhexatin, dowco, plictrán	
Compuestos inorgánicos	Arsénico pentóxido, obpa, fosfito de magnesio, cloruro de mercurio, arsenato de plomo, bromuro de metilo, antimonio, mercurio, selenio, talio y fósforo blanco	
Compuestos de origen botánico	Rotenona, nicotina, aceite de canola	

Cortés H., 2011; (B) Ramírez J. y Lacasaña M., 2001.

## 1.2. Requisitos de un insecticida químico.

Para que un insecticida químico alcance un amplio uso en la práctica agrícola, debe reunir determinadas condiciones básicas como:

- ↪ Efectividad: debe ser efectivo en la destrucción de la plaga contra la que actúa.
- ↪ Selectividad: debe combatir únicamente los organismos dañinos sin perjudicar a la flora o a la fauna, beneficiosas.
- ↪ Economía: la utilización de un insecticida químico debe producir unos beneficios que superen el gasto que supone su utilización.

- ↪ Seguridad: no debe ser tóxico para las plantas útiles al hombre ni constituirse en un peligro para la salud del hombre ni de los animales domésticos.
- ↪ Estabilidad: debe conservar su capacidad de acción durante un tiempo suficiente.
- ↪ Posibilidad de formulación: debe ser compatible con algunos de los posibles soportes y diluyentes, dando lugar a formulaciones estables y efectivas.

A pesar de estas condiciones, muchos de los compuestos que se han utilizado como plaguicidas han sido tan estables que han originado una gran contaminación ambiental, al quedar sus residuos ampliamente distribuidos en cosechas, suelo, agua y aire en los lugares de su uso y sus alrededores. Debido a esto, y teniendo en cuenta la toxicidad relativamente elevada de alguno de ellos, es de gran importancia el estudio de la persistencia e interacción de estos compuestos con el ambiente, con el fin de conocer el problema y poder emplear medios para reducirlo o mejores compuestos para reemplazarlos, utilizando otras alternativas. Esto permitiría, además, usarlos adecuadamente obteniendo de ellos el máximo beneficio con el mínimo riesgo (Sánchez J. y Sánchez M., 1987).

### **1.3. Relevancia de la solubilidad en agua de los plaguicidas.**

La solubilidad en agua de un plaguicida es una medida que determina la máxima concentración de un plaguicida a disolverse en un litro de agua. Los plaguicidas muy solubles en agua se adsorben con baja afinidad a los suelos y por lo tanto, son fácilmente transportados del lugar de la aplicación por una fuerte lluvia, riego o escurrimiento, hasta los cuerpos de agua superficial y/o subterránea. Pero al tener baja afinidad y quedarse o penetrar en los suelos podría ser contraproducente en cuanto a la acumulación de los sedimentos. También se debe considerar la solubilidad en el momento de existir una absorción por parte de hortalizas y también de vegetales como la lechuga, o la existencia de trazas en los mismos por una posible sedimentación (Cortés H., 2011), estas posibles consecuencias se las plasma en el cuadro 5, el cual se refiere a la relevancia de un plaguicida en cuanto a su solubilidad en agua.



**Cuadro 3:** Solubilidad de un plaguicida en agua

PLAGA	AGUA Y SUELO
Baja solubilidad	<ul style="list-style-type: none"><li>• El plaguicida puede tener afinidad por el suelo y acumularse en éste</li><li>• El plaguicida puede sedimentarse en el suelo en la base de los acuíferos</li></ul>
Alta solubilidad	<ul style="list-style-type: none"><li>• El plaguicida puede tener afinidad por el agua y puede solubilizarse</li><li>• El plaguicida se puede transportar a mantos acuíferos</li><li>• Puede facilitarse la biodegradación del plaguicida</li></ul>

Cortés H., 2011.

Tomando en cuenta que los plaguicidas son sustancias químicas, estas consecuencias también incluirían al uso de los insecticidas químicos, ya que al ser más específicos para los insectos, tiene tendencia a ser más difundido y presenta las mismas características en cuanto a la solubilidad.

#### **1.4. Ventajas y desventajas del uso de insecticidas químicos.**

Se ha calculado que alrededor de un tercio de la producción alimenticia del mundo se perdería si los agricultores no utilizaran productos de origen químicos, como los insecticidas, para contrarrestar el efecto de las plagas de los cultivos, de las enfermedades de las plantas y la competencia de las malas hierbas. Además de este aumento de los rendimientos, la disminución de las grandes fluctuaciones de las cosechas debidas a las plagas y el ahorro de mano de obra debido al uso de los plaguicidas tienen gran importancia económica (Sánchez J. y Sánchez M., 1987).

Estas sustancias se utilizan en gran escala en actividades agrícolas y pecuarias (ganaderas), en las campañas de control de vectores de importancia sanitaria, así como en las viviendas, edificaciones, parques y otras áreas de uso público (Espinoza A., 2003).

Respecto a lo que son las ventajas (cuadro 4) y desventajas (cuadro 5) tanto de insecticidas químicos como de los naturales, se los debe tomar en cuenta para poder compararlos y de esta manera considerar las razones por la cual se usa más insecticidas químicos, y el por qué se deberían utilizar más los naturales, con referencia a consecuencias o deterioro.

Las principales ventajas de insecticidas químicos son su bajo costo, rápida acción, además que por su dilución abarca varias hectáreas, es por ello muy empleada.

**Cuadro 4:** Ventajas de insecticidas químicos y naturales

Características y/o propiedades	Insecticidas químicos	Insecticidas naturales
<b>Acción insecticida</b>	Su acción es inmediata, pueden acabar con distintos tipos de plagas.	Debido a su rápida degradación pueden ser más selectivos con insectos plaga y menos agresivos con los enemigos naturales.
<b>Capacidad de resistencia de las plagas</b>		Los patógenos tienden a desarrollar menor resistencia a productos naturales que a productos químicos.
<b>Degradación en el medio ambiente</b>		Su rápida degradación puede ser favorable pues disminuye el riesgo de residuos en los alimentos.
<b>Efectividad</b>	Desaparece lentamente, por lo que sigue actuando tiempo después de su aplicación.	Varios actúan rápidamente, solo que el control biológico requiere mucha paciencia y entretenimiento.
<b>Peligrosidad</b>		La mayoría de estos productos tienen una peligrosidad relativamente baja ya que suelen degradarse fácilmente.
<b>Persistencia</b>	Poca sensibilidad a factores ambientales (temperatura, radiación UV, humedad) que presentan la mayoría de estos productos.	
<b>Producción comercial</b>	Su producen ampliamente a nivel mundial.	
<b>Toxicidad</b>		Algunos pueden ser usados poco tiempo antes de la cosecha, ya que al degradarse no dejan residuos tóxicos, además de que muchos de estos productos no causan fitotoxicidad.

Cortés H., 2011

Aún a pesar de las ventajas que implica el uso de insecticidas químicos, cada vez se cuestiona más el uso de estos para el control de plagas y enfermedades de los cultivos debido a su efecto negativo sobre los seres humanos y el medio ambiente (Cortés H., 2011).



Dentro de las desventajas más importantes de los insecticidas químicos están su incapacidad de biodegradabilidad, razón por la cual puede causar intoxicaciones o irritaciones agudas, al mínimo contacto, sobre todo a los que se encargan de aplicarlos y no cuentan con la implementación necesaria. También la existencia de residuos que no se pueden eliminar de los alimentos y son consumidos ocasionando las intoxicaciones crónicas.

**Cuadro 5:** Desventajas de insecticidas químicos y naturales.

Características y/o propiedades	Insecticidas químicos	Insecticidas naturales
<b>Acción insecticida</b>	Actúan matando a todo tipo de plagas e incluso a los enemigos naturales de las plagas.	Para una mayor efectividad es necesario hacer aplicaciones constantemente.
<b>Capacidad de resistencia de las plagas</b>	Los insectos y algunos otros parásitos pueden desarrollar razas resistentes a estos plaguicidas lo que hace necesario utilizar dosis mayores o productos de mayor efectividad.	
<b>Degradación en el medio ambiente</b>	Debido a su lenta degradación los plaguicidas químicos alteran el balance de la naturaleza desequilibrando los sistemas ecológicos.	
<b>Efectividad</b>		Una efectividad de control menor en general que los productos químicos. Los resultados del control biológico a veces no son tan rápidos como se espera, ya que los enemigos naturales atacan a unos tipos específicos de insecto, contrario a los insecticidas que matan una amplia gama de insectos.
<b>Peligrosidad</b>	Tiene una peligrosidad alta ya que pueden llegar a causar daños irreversibles a órganos vitales de quienes están expuestos a ellos.	
<b>Persistencia</b>		Necesidad de resolver problemas técnicos como la sensibilidad a factores ambientales (temperatura, radiación UV, humedad) que presentan la mayoría de estos productos.
<b>Producción comercial</b>		Dificultades de producción a nivel mundial.
<b>Toxicidad</b>	El manejo de estos compuestos lleva consigo unos riesgos de intoxicación que deben ser tenidos en cuenta por las personas que los manipulan y aplican.	

Cortés H., 2011.

El empleo de los insecticidas químicos conlleva el riesgo de consecuencias perjudiciales para la salud de los trabajadores(as) y de los consumidores(as), bien sea por exposición directa o indirecta. Pueden producir intoxicaciones agudas (leves, moderadas o severas), sub-crónicas, crónicas, enfermedades y hasta la muerte. También ocasionan, la contaminación del agua, de los suelos, del aire y de los alimentos.

En los últimos decenios, los efectos nocivos de los insecticidas químicos han sido documentados en muchas localidades y regiones del mundo. Los resultados evidencian que los efectos se agravarán y extenderán, si no se revierte la tendencia actual de uso de estos productos (Espinoza A., 2003). En nuestro país como en muchos otros, la adquisición de plaguicidas legales e ilegales es fácil, debido a la falta de control y reglamentación rigurosa de la compra y venta de los mismos.

Si se toma en cuenta que todos los insecticidas químicos y plaguicidas son tóxicos en mayor o menor grado para el hombre, es necesario recalcar y hacer énfasis en este aspecto, estando su peligrosidad relacionada con:

- ↪ La manipulación de los compuestos
- ↪ La toxicidad residual en alimentos
- ↪ Su evolución en el suelo

Existen diferencias de toxicidad muy grandes incluso entre insecticidas químicos del mismo tipo y de estructuras químicas semejantes. Las autoridades regulan la distribución y aplicaciones de los productos más tóxicos y en algunos casos pueden llegar a prohibir su uso.

Dada la diversidad de materias primas y formulaciones, se especifica por medio de letras en la etiqueta de cualquier producto comercial registrado, la peligrosidad general del mismo, para la fauna terrestre y acuícola. Las letras varían de la A a la D, incrementándose en este orden la toxicidad para las especies en que esté indicada. Estas letras son sustituidas actualmente por los términos de baja peligrosidad (A), nocivo (B), tóxico (C) y muy tóxico (D) (Sánchez J. y Sánchez M., 1987).

### 1.4.1. Envenenamiento por insecticidas químicos.

Los insecticidas químicos son aplicados mediante muchos métodos en actividades de tipo forestal, granjas, hábitats acuáticos, vías carreteras, zonas urbanas, jardines, entre otros. Su amplio uso hace que el contacto con los insecticidas químicos por parte de personas y animales sea inevitable, e incluso si son aplicaciones en aerosoles (que es lo más común), el daño se produce hasta en los vecinos, y si son compuestos arrastrables, se daña ampliamente, dada la amplitud en el uso de estos compuestos químicos.

El envenenamiento por insecticidas químicos y plaguicidas puede resultar de exposiciones agudas y crónicas (Badii M. y Landeros J., 2007).

Por su relevancia e importancia es necesario reiterar las desventajas y/o consecuencias del uso indiscriminado y negligente de insecticidas sintéticos, en contraste con insecticidas naturales, con respecto al envenenamiento como principal causa:

- ↳ Toxicidad hacia agricultores, consumidores y hacia animales (domésticos y silvestres).
- ↳ Interrupción del control natural y polinización
- ↳ Contaminantes de aguas.
- ↳ Evolución de resistencia de las plagas a estos productos
- ↳ Algunos se acumulan y contaminan en el medio ambiente (Huerta A. et al, 2008)

Produciéndose un envenenamiento crónico muchas veces en un extenso lapso de tiempo, los elementos tóxicos pueden actuar de manera inmediata o disimulada a lo largo del tiempo, y por la contaminación de aguas se afecta a personas y animales que no se consideraba ni se pensaba, pero existe una continua equivocación al pensar que la solución son insecticidas y plaguicidas más fuertes, puesto que se ocasionaría consecuencias más catastróficas de las que vivimos en el presente, y poniendo en duda la calidad y subsistencia de vida.

#### **1.4.2. Efectos de los insecticidas químicos en el ambiente.**

El alto uso de insecticidas químicos trae como consecuencia: reducción de la biodiversidad, erosión y pérdida de permeabilidad de los suelos, aumenta la vulnerabilidad a las plagas y enfermedades y conduce al desequilibrio y agotamiento de los agrosistemas (Espinoza A., 2003).

##### **1.4.2.1. Efectos a corto plazo en el ambiente cercano.**

Dentro de estos efectos tenemos la contaminación inmediata del ambiente abiótico (suelos, aguas superficiales y subterráneas, y aire) y por otro, la muerte de organismos a los que no se deseaba afectar, como los insectos enemigos naturales de las plagas (predadores naturales), polinizadores, o los considerados benéficos (abejas y mariposas de seda).

Afectan momentáneamente el equilibrio fisiológico de todos los organismos expuestos a ellos, incluido los seres humanos, produciendo intoxicaciones. También deben incluirse en este grupo de efectos las mortandades de aves y peces, frecuentes en muchas regiones agrícolas que pueden llegar a afectar la biodiversidad de la zona, sin contar con la contaminación de los alimentos de los ganados.

##### **1.4.2.2. Efectos a largo plazo en el ambiente cercano.**

Se agregan, al medio ambiente, nuevos contaminantes que requerirán años para degradarse. A pesar de que el producto deje de usarse en un lugar o tiempo determinado, debido a su persistencia (o la de sus productos de transformación, isómeros o impurezas) contamina los suelos, los sedimentos y los mantos freáticos. Esto puede suceder, por ejemplo cuando, sin considerar los efectos a largo plazo, se establecen cuencas lecheras, o productoras de alimentos para ganado, en regiones que han quedado contaminados con plaguicidas permanentes o persistentes.

Otro efecto a largo plazo en el ambiente cercano es el desarrollo de resistencia en los organismos plaga y la aparición de nuevas plagas o de plagas secundarias; o efectos como la reducción de la diversidad biológica y la bioacumulación y biomagnificación de los residuos de plaguicidas persistentes, la mayoría de estos efectos están asociados con la persistencia de las sustancias que incluso pueden ser arrastrados por las aguas hacia los ríos.

#### **1.4.2.3.Efectos a largo plazo en el ambiente lejano.**

Estos son muy persistentes y de esto se deriva su capacidad para movilizarse en el ambiente, llegar a sitios remotos al de su uso inicial y causar alteraciones en organismos que no se intentaba afectar, así por ejemplo aquellos que son arrastrados por aguas hacia los ríos. Estos efectos requieren que el insecticida químico, o alguno de sus productos de transformación o de sus contaminantes, sean persistentes.

A este grupo de efectos también se incluye la presencia de residuos de insecticidas químicos en tejidos humanos y en la leche materna, que desencadenan en enfermedades congénitas, o intoxicaciones a corta edad, alergias e intolerancias, haciendo nuestra población más susceptible (Cortés H., 2011).

## **2. BIOINSECTICIDA A PARTIR DE ESPECIES VEGETALES (INSECTICIDA BOTÁNICO).**

Anualmente, una tercera parte de la producción de alimentos, cultivos y productos almacenados, se ve destruida por pestes. Por lo cual se hace imprescindible el estudio de nuevas vías de control de plagas, vías orgánicas o naturales (Maggi M., 2004).

### **2.1. Definición y antecedentes de los bioinsecticidas.**

Por definición un bioinsecticida, es aquella sustancia que ejerce su acción biocida debido a la naturaleza de su estructura química. Se trata de un producto concebido para proteger las plantas y eliminar los insectos considerados indeseables o dañinos. El insecticida biológico o natural está elaborado respetando el medio ambiente y nuestra salud (Cortés H., 2011).



Se denomina biopesticida principalmente a los productos que contienen un microorganismo como ingrediente activo o bien se extraen de un ser vivo mediante procedimientos que no alteran su composición química, o el metabolito biológico o natural que tiene esta actividad como característica. Pueden estar constituidos por toda o una parte de la sustancia extraída, concentrada o no, adicionada o no a sustancias coadyuvantes (Fernández C. y Juncosa R., 2002).

Históricamente los bioinsecticidas o insecticidas de origen natural, han sido los más estudiados de los biopesticidas (Cortés H., 2011), se los utiliza desde mucho antes que salgan al mercado los insecticidas químicos. Debido a su poca eficacia fueron sustituidos fácilmente por los insecticidas químicos, pero en poco tiempo surgieron los efectos secundarios por el mal uso de estos insecticidas químicos, no solo para la salud de los animales, sino poniendo en riesgo también nuestra salud, de forma tanto aguda como crónica. Por lo tanto, en los últimos años se está retornando al uso de las plantas como fuente de bioinsecticidas más seguros para el medio ambiente y la salud humana (Maggi M., 2004).

Por sus ventajas ecológicas, el uso de insecticidas de origen vegetal para el manejo de plagas ha ido incrementando. Sin embargo, existe una serie de problemas y creencias equivocadas que impiden una mejor aceptación de estos productos por parte del agricultor. Debido a estos problemas, hoy en día se está presentando lo que se podrá denominar como una segunda época en el uso de los insecticidas de origen vegetal para el manejo de plagas (Silva G., 2002).

Estos bioinsecticidas pueden estar formulados a base de vegetales (diversas plantas, ya sean completas, por partes o sólo sus aceites esenciales; también en combinaciones de diferentes especies), también denominados insecticidas botánicos; o ser de origen microbiano como virus, bacterias u hongos con propiedades insecticidas (Cortés H., 2011).



También se realiza el uso de insecticidas a partir de metales pero estos causan intoxicaciones, por ejemplo:

- ↪ Arsénico: contenido en los insecticidas caseros para jardín.
- ↪ Cobre: cuando se emplea en los alimentos sales de cobre como germicidas, fungicidas, insecticidas y astringentes.
- ↪ Talio: veneno de roedores y cucarachas.
- ↪ Cadmio: contenido en las plantas que lo absorben del suelo como el trigo (para harina de trigo), arroz, mariscos, ostras y moluscos marinos (Cortés H, 2011; De Camey C y Melendez, A.).

Pero a través de la historia se utilizó más insecticidas de tipo mineral. A comienzos de la utilización de insecticidas y plaguicidas en la historia, existe evidencia histórica que la primera civilización en utilizar estos, fueron los egipcios a orillas del Río Nilo. Existen papiros que detallan el uso de soluciones de cobre para el control de hongos en cebada y el uso de soluciones acuosas de compuestos arsenicales para el control de la langosta. En Estados Unidos, para el año 1922, ya se utilizaba a orillas del Delta del Mississippi compuestos arsenicales espolvoreados para el control de insectos en algodón (Espinoza H. et al, 2004).

Por estas razones no se los considera como parte de bioinsecticida a aquellos insecticidas que son de origen mineral, a razón de que la principal característica de un bioinsecticida es su biodegradabilidad.

Aun así no podemos olvidar la existencia de bioinsecticidas comerciales, en el cuadro 6 mostramos plaguicidas comerciales, su principio activo y los insectos considerados plaga, a las cuales atacan.

**Cuadro 6:** Bioinsecticidas utilizados para los principales vectores que transmiten las enfermedades de los cítricos.

Productos vs plagas	Principio activo	Plaga que atacan
<b>BIODi e</b>	Tricarboxilos vegetales	Diaphorina Acaro blanco Pulgón negro Piojo marinoso
<b>CinnAcar</b>	Cinnamomun zeylanicum Cinnamaldehido Acido cinámico	Diaforina Acaro blanco Pulgón negro Piojo marinoso
<b>Nimicide 80</b>	Azadiractina Salanina Meliantrol	Diaforina Acaro blanco Pulgón negro
<b>CiMax</b>	Cinnamomun zeylanicum Azadiractina Aceite de soya	Diaforina Acaro blanco Pulgón negro Piojo marinoso

Cortés H., 2011.

Es un gran error considerar los productos de origen vegetal y, por ende, los insecticidas vegetales como productos inocuos. En consecuencia, no se debe olvidar que el potencial tóxico de una molécula se debe a la naturaleza de su estructura química y no a su origen. Además, como dijo Paracelso en 1564, la diferencia entre lo que mata y lo que cura es la dosis (Silva G. et al, 2002).

## 2.2. Insecticidas botánicos.

Las plantas otorgan a las personas muchos y variados beneficios, predominantemente medicinales y comestibles, seguidas de su uso como ornamento, forraje, colorante, aromatizantes para perfumerías, elaboración de refrescos, zumos o bebidas alcohólicas, como condimento, incluso para artesanías, cestas o cuerdas, entre otros usos (Cázares J., 2006).

Insecticida botánico, considerado orgánico, biológico o bioinsecticida de origen vegetal, parte de los bioinsecticidas, tiene como compuesto principal una o varias especies vegetales, encargados de cuidar cultivos gracias a los metabolitos que tienen, además de ser utilizados o comercializados en combinaciones, toda vez que estas especies vegetales puedan complementarse por una misma causa, proteger los sembradíos.

El empleo de insecticidas de origen botánico se remonta al menos a dos milenios en la antigua China, Egipto, Grecia y la India. Incluso en Europa y América del Norte se reporta el inicio del empleo de estos insecticidas de origen botánico ciento cincuenta años antes de la aparición de los insecticidas químicos. En la actualidad los insecticidas químicos han relegado a los de origen botánico, aún a pesar de todas las dificultades que puede traer consigo su uso como envenenamiento de los aplicadores (Pérez E., 2012).

A partir de la necesidad por contrarrestar los efectos secundarios y encontrar una nueva alternativa natural para el control de insectos plagas, y reemplazar los insecticidas químicos, reaparecen los insecticidas botánicos ofreciendo seguridad para el medio ambiente y una eficiente opción agronómica (Maggi M., 2004). Razones por las que desde la década de los noventa se ha generalizado a nivel mundial el empleo de insecticidas botánicos o bioinsecticidas de origen vegetal. Las piretrinas, la azadiractina y los aceites esenciales se reafirman como plaguicidas naturales de gran efectividad y de mínimos efectos adversos (Pérez E., 2012).

Los insecticidas naturales actúan inmediatamente sobre los insectos dañinos por contacto o ingestión. Su bajo nivel de adherencia hace que se deba aplicar de manera constante (Cortés H., 2011).

Aunque la mayoría de las especies de plantas que se utilizan en la protección vegetal, exhiben un efecto insectistático más que insecticida. Es decir, inhiben el desarrollo y comportamiento de los insectos en lugar de matarlos directamente por sus propiedades tóxicas. Sin embargo, no se puede olvidar que algunas sustancias vegetales provocan un efecto insecticida, como sucede con las piretrinas, la nicotina o la rotenona (Silva G. et al, 2002).

Los insecticidas botánicos son preparados a partir de materiales básicos como las hojas, las raíces, los tubérculos, las semillas y los frutos, de entre los cuales tenemos:

- ↳ Hojas: Tabaco, albahaca, paraíso, neem, epazote, sábila, epasina, papaya, cíprés, flor de muerto, orégano, mirto.
- ↳ Tubérculos, raíz y frutos: Ajo, cebolla, chile picante.

- ↪ Semillas y cortezas: Semillas de anona, mamey, madre cacao, higuera y conacaste; corteza de eucalipto (Trejo J.).

Estos productos, a diferencia de otros insecticidas convencionales, están compuestos por plantas y/o aceites vegetales y un activo no químico que determinará sus efectos. Este activo se extrae, muy a menudo, de plantas con propiedades insecticidas (Cortés H., 2011). Estos son, normalmente, metabolitos secundario o no esenciales para el proceso metabólico básico de la planta (Maggi M., 2004).

En los últimos veinticinco años la literatura ha reportado cientos de compuestos aislados a partir del metabolismo secundario de las plantas que han mostrado actividad plaguicida, y son una forma de eliminar en gran medida el uso de los tóxicos plaguicidas sintéticos (Pérez E., 2012).

La selección de plantas que contengan metabolitos secundarios capaces de ser utilizados como insecticidas naturales deben ser de fácil cultivo y con principios activos potentes, con alta estabilidad química y de óptima producción (Maggi M., 2004).

### **2.2.1. Beneficios del uso de insecticidas botánicos.**

Los beneficios del uso de insecticidas botánicos se basa en la eficacia, capacidad de ser degradada, y la actividad fisiológica de las especies vegetales (Huerta A. et al, 2008). A pesar de que ya mencionamos las ventajas de los insecticidas naturales (cuadro 3), mencionaremos los beneficios básicos más importantes del uso de insecticidas de origen vegetal:

- ↪ No hay daño severo en el follaje, ni baja la producción de los cultivos.
- ↪ No se contamina el medio ambiente.
- ↪ Aumentan los ingresos, porque los insecticidas son baratos y efectivos, dependiendo de la marca e industria de cada país.
- ↪ La mayoría de materiales a usar en la elaboración de los pesticidas caseros se encuentran con facilidad.
- ↪ Algunos pueden ser usados poco tiempo antes de la cosecha.
- ↪ Varios actúan rápidamente inhibiendo el sistema nervioso y la alimentación, aunque a la larga no causen la muerte del insecto, pero pueden afectar la existencia de una próxima progenie.

- ↳ Debido a la acción estomacal y rápida degradación, pueden ser más selectivos con insectos plaga y menos agresivos con los enemigos naturales (Trejo J.).

### **2.2.2. Neem, insecticida botánico más utilizado.**

El árbol de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) es ampliamente utilizado como insecticida botánico, produce un compuesto insecticida natural y biodegradable llamado Azadiractina, este es el compuesto más activo desde el punto de vista insecticida. En cuanto al uso del árbol de neem, su baja toxicidad en campo para vertebrados e insectos benéficos (parasitoides, abejas, avispa, mariposas y depredadores) ha sido remarcada. (Villamil D. et al, 2012). Además los extractos de neem no son tóxicos a estos insectos benéficos probablemente debido a sus hábitos alimenticios o por diferencias en su metabolismo (vinculando.org).

Entre sus efectos se destacan la inhibición del apareamiento y comunicación sexual, impedimento de la ovoposición y eclosión de huevos, esterilidad en adultos (Villamil, D. et al, 2012). La esterilidad que causa en los insectos adultos es muy remarcada pero a la vez causa deformaciones y reduce la fecundidad, interrumpe la comunicación sexual (Osuna E., 2001).

Actúa como un regulador de crecimiento, interfiriendo en el sistema hormonal del insecto y tiene un amplio espectro de actividad. Hasta el año 1998, el único compuesto registrado con esta materia activa, en nuestro país es el Align® (Viñuela E. et al, 1998).

El aceite del árbol de neem disminuye la fecundidad promoviendo efectos esterilizantes en insectos interfiriendo en su ciclo de reproducción. Al ser ingerido los insectos quedan expuestos a una interrupción hormonal que afecta su proliferación (www.neemaloeproduct.com).

El aceite de neem es muy efectivo para el control de más de 400 especies de insectos y ácaros fitopatógenos. Evita que los insectos en desarrollo lleguen a la edad adulta. El aceite de neem actúa por contacto o ingestión, interponiéndose enérgicamente en los procesos de muda. Pero también utilizado como fungicida sistémico para el tratamiento de árboles o cultivos enfermos (Romero R.; De Castro R.).



Con respecto al mecanismo de acción del aceite de neem, éste actúa interfiriendo los mecanismos hormonales de los insectos fitófagos, y muestra marcados efectos sobre la capacidad reproductiva y alimentaria de estos organismos. También actúa repeliendo e interfiriendo los procesos metabólicos y reproductivos de los insectos, pero no los mata instantáneamente puesto que no actúa como un insecticida químico (Ficha técnica – Aceite de Neem). Se le considera un tratamiento base, que aplicado desde el comienzo del cultivo cada 15 días mantiene en poblaciones totalmente controladas a todas y cada una de las plagas sobre las que está indicado. Debido a que causa esterilidad, no es un insecticida de choque sino que va mermando la población de forma paulatina hasta su completa desaparición (De Castro, R.).

En la actualidad se tienen varios productos a la venta a base de neem, ya sea como árbol completo o solo su aceite esencial, tenemos a: DINAMIN es un repelente e insecticida, obtenido a partir de extractos de semillas, AIN, AINOL, PRONEEM EI, AINOL, AIN SP, se basa en sus metabolitos: la “Azadiractina”, el “meliantriolo”, la “nimbina” y la “salamina”, Thermi-neiter es un compuesto a base de harina de neem, extracto de neem (Romero R.; De Castro R.).

La actividad en su mayoría se basa en la estructura molecular de la “Azadiractina”, un isómero de ocho carbonos muy similar a la ecdisonormona. Esta hormona es la responsable de la muda en los distintos cambios fisiológicos del insecto, y la presencia de la Azadiractina supone el bloqueo de la hormona y le impide al insecto completar su ciclo fisiológico por lo que muere.

La azadiractina tiene dos efectos principales en los insectos:

- ↳ A niveles fisiológicos bloquea la síntesis y liberación de las hormonas implicadas en la muda de los insectos (ecdisteroides) por la glándula protorácica y provoca una muda incompleta en los insectos inmaduros. En las hembras maduras, un mecanismo de acción similar conlleva a la esterilidad.
- ↳ Además, la azadiractina es un potente anti alimentario para muchos insectos, provocando que el insecto ya no se alimente y de esta manera muera por la falta de ingesta de nutrientes necesarios para poder pasar a sus posteriores estadios o etapas.



Estos efectos varían considerablemente entre las especies y, en su mayoría, son capaces de sufrir desensibilización a sus efectos rápidamente. Una característica a destacar es que la azadiractina está considerada como no tóxica para los mamíferos (Pérez E., 2012).

Dentro del orden de los insectos que controla el neem tenemos a: coleóptera, homóptera, himenóptera, lepidóptero, orthóptera, thysanoptera y la que es de nuestro interés la díptera. Muchas especies de insecto díptero, como moscas de la fruta, mosco del cuerno y mosca doméstica, mosca del melón, zancudos, por ejemplo; son susceptibles a los productos del neem(vinculando.org).

### **3. ESPECIES VEGETALES EN ESTUDIO.**

Sin lugar a dudas los insecticidas naturales a partir de extractos vegetales constituyen una muy interesante alternativa para el control de insectos, además de que sólo se han evaluado muy pocas plantas en relación a la fuente natural que ofrece el planeta, por lo que las perspectivas futuras en cuanto a investigación, son aún mayores (Maggi M., 2004).

Los criterios para la selección de las especies vegetales en estudio se centra en: su capacidad de adaptarse a diferentes temperaturas y niveles sobre el nivel del mar en el país, además de su amplia producción y la insuficiencia de su valoración o conocimiento como insecticidas botánicos, de fácil acceso para la colecta.

Las especies que cumplieron con los criterios de selección son:

#### **3.1. *Ambrosia arborescens* (Altamisa).**

##### **3.1.1. Clasificación botánica.**

Reino: *Plantae*

Orden: Campanulales

Familia: *Asteraceae*

Subfamilia: *Asteroideae*

Género: *Ambrosia*

Especie: *Ambrosia arborescens*

Nombre Científico: *Ambrosia arborescens*.

Nombre Común: Altamisa, Marco, Marcu, Marqui, en puno: Maleo, Malco, Margo.

Sinónimo: *Franseriaartemisioides*

### 3.1.2. Descripción.

Arbusto de 0.50 a 1.50m de altura, ramas imbricadas en la base, las superiores con cicatrices foliares. Las flores se hallan en racimos de cabezuelas, amarillentos, terminales, poco llamativos (Reynel C., 1988). Es nativa de la cordillera de América del Sur y crece entre los 2500 y 3000 metros sobre el nivel del mar (Cruz P., 2009).

En Bolivia crece de 3100-3200 a 3900-3400 m.s.n.m. de la puna húmeda, con los pajonales y matorrales altiplánicos, 2400 a 3900 m.s.n.m. en los bosques altimontanos Boliviano - Tucumano, también en los bosques bajos, y arbustales de la puna húmeda (Navarro G., 2011).

Además de su amplia distribución en lugares altos con respecto a m.s.n.m., el pH más adecuado va entre ácido a ligeramente alcalino. La textura del suelo: arena, arena franca y franco arenoso (Olivera P. et al, 2011).

### 3.1.3. Usos y/o riesgos.

Utilizada como planta medicinal para malestares como: cefalea y migraña, sarna, reumas, limpiados, insecticida, circulación, sarpullido, fiebre, estreñimiento, desordenes de la próstata, también en casos de fracturas y lesiones; considerada planta medicinal tanto de mercado como de vida silvestre (Vera M., 2008; Cerón C., 2007). En infusión leve tiene propiedades emenagogas, el zumo tomado evita la formación de abscesos internos de origen traumático, la aplicación de hojas se emplea para moderar dolores y prolapso de hemorroides.

También usada como repelente contra insectos, sobre todo pulgas, colocando las ramas debajo de la cama para ahuyentar a las mismas (Cruz P., 2009), también para atacar garrapatas. A su vez Lars Peter Kvist y Domenica Alarcón S. indicaron que esta especie es usada principalmente para eliminar pulgas, dando como resultado 23 registros de su uso, todos provenientes de ocho de las diez provincias de la Sierra del Ecuador, donde esta planta es nativa (Peter L. y Alarcón D., 2008). Esta propiedad ha sido aprovechada por algunos agricultores para desarrollar una agricultura sustentable sin contaminación y a la vez de atacar ciertas plagas comunes en los cultivos (Vera M., 2008).

Es utilizado como cercos vivos, en la alimentación del ganado, y como emplastos para los dolores causados por el frío y contra la sinusitis (Olivera P. et al, 2011), es interesante desde el punto de vista agroforestal. Se le registra en barreras vivas y otras prácticas tradicionales de conservación de suelos y resguardo del área agrícola (Reynel C., 1988).

A pesar de todos sus beneficios, se debe tener cuidado con la dosificación, ya que puede causar síntomas de envenenamiento (Cruz P., 2009).

#### **3.1.4. Componentes químicos.**

La bibliografía revisada señala que en el extracto metanólico de las semillas de *A. a.* existe Shiramool, Damsina, Coronofilina; y en extracto hexánico de la hojas Psilostachina, Dióxido de bisaboleneo, 1(10),4-germacradien-6-ol y varias sesquiterpenlactonas. Donde el Shiramool y la coronofilina exhiben una potente actividad antialimentaria contra plagas que infestan cereales. Sus aceites esenciales presenta 3-careno, limoneno, p-cimeno, cariofileno, aloaromadendrano, humuleno, isoborneol, cariofileno-epoxido, carotolgermacranos (Cruz P., 2009). También se reportó que tiene como metabolitos secundarios: Antraquinonas, Azúcares reductores, Flavonoides, Lactosas sesquiterpenicas, Taninos, Alcaloides (sobre todo en flores), Aminoácidos libres (Alvarado B., 2007).

## 3.2. *Brugmansia arborea* (Floripondio).

### 3.2.1. Clasificación botánica.

Reino: *Plantae*

Orden: Solanales

Familia: *Solanaceae*

Subfamilia: *Solanoideae*

Género: *Brugmansia* Pers.

Especie: *Brugmansia arborea*

N. Científico: *Brugmansia arborea*

N. Común: Árbol de las trompetas, Trompetero, Huacachaca, Floripondio blanco, Floripondio, Trompeta del Juicio, Estramonio, Estraminios Borrachero, Florifundia, Reina de la noche, campanón, cacao sabanero (es.wikipedia.org: floripondio; fichas.infojardin.com), Floripón, Toé, en Brasil: trombeteira.

Sinónimo: *Datura arborea*

### 3.2.2. Descripción.

Arbusto o arbolito de 1,5-3,5 m de altura, con los tallos jóvenes, hojas, cálices y frutos suavemente pubescentes. Hojas ovadas, de enteras a toscamente dentadas, perennes, de color verde mate. Flores de hasta 12-17cm, incluso existen de 30cm de largo, colgantes o inclinadas, de color blanco, presentes de verano a otoño, además son muy aromáticas, principalmente por las noches. Cáliz espatiforme, de 10-12 cm de longitud, con una punta larga. Corola con dientes de 2-2,5 cm de largo, separados por sinuosidades. Fruto de redondeado a oviforme, de 6,2-8,5 cm de longitud. Es nativo de los Andes de Ecuador, Perú, norte de Chile y Bolivia (www.arbolesornamentales.es; fichas.infojardin.com).

La especie vegetal Floripondio (*B. a.* (L.) Lagerh., Solanaceae) se trata de una especie nativa de América del Sur, pero su presencia se hace evidente en casi todos los lugares que cuentan con alturas entre 1600 y 3000 msnm que es en general la franja altitudinal donde se lo puede encontrar, incluso es cultivada en regiones tropicales y sub tropicales de África y Asia. Los países de Colombia, Venezuela, Ecuador y Bolivia, presentan registro de mayor número de colecta (Alonso J., 2004; Álvarez L., 2008).

Una de las variedades del floripondios propiamente dicho la *Datura sanguínea* o *Brugmansia sanguínea* causa superstición en comunidades del América tropical donde es utilizado haciendo cocer sus semillas y les dan a sus hijos para producir en ellos un estado excitación, donde los comunitarios creen que poseídos y que pueden descubrir oro, se comienza a cavar donde estos caigan, para evitar el efecto del veneno, primero les dan a beber chicha ácida, que es una especie de cerveza hecha maíz (Seeman B. y Gupta M., 1981).

### **3.2.3. Usos y/o riesgos.**

Suele ser cultivada como ornamental por la belleza de sus flores blancas. Las hojas y semillas frescas machacadas y hervidas se emplean popularmente bajo la forma de fricciones contra los dolores reumáticos, también se enrollan las hojas para realizar cigarros antiasmáticos (Alonso J., 2004), sus hojas frescas son usadas para tratar granos y otras erupciones de la piel, además se utiliza como apósito para tratar áreas dolorosas en el caso de inflamaciones u otros traumas (Pino J. y Alvis R., 2009), las hojas y la raíz se usan para calmar cólicos intestinales (Benavides A. et al, 2010), las flores de *B. a.*, se las ingieren preparadas en té. Sus efectos comienzan entre los 15 y los 30 minutos y duran hasta 72 minutos, aunque cada vez con menor intensidad. Los principios activos son: la resina, el ácido tánico, la dextrina, la atropina y las sales minerales.

Todas las partes de la planta son tóxicas si se ingieren, para ello se debe tener la precaución de no plantar donde haya niños, en excesos, la intoxicación con floripondio es muy peligrosa, ocasionando no solo alucinaciones, sino también vómitos, visión de colores y figuras que no son reales o concretas, distorsión de imágenes, erecciones prolongadas, arritmias cardíacas, taquicardia severa, fibrilación, insuficiencia respiratoria, colapso vascular, convulsiones y en casos fatales coma y muerte (nuevavida.salud.gob.mx).



Las semillas, aún más tóxicas que las flores, son utilizadas con más frecuencia por su fácil acceso y la cantidad en la que se presentan (una cápsula puede contener 50 o 100), 5 o 6 semillas son suficientes para causar alucinaciones intensas llegando a provocar escenas de terror o experiencias eufóricas y agradables, es más, de sus semillas se extraen numerosos alcaloides. La persona no se siente consciente de sus acciones, de lo que escucha o lo que ve a su alrededor (es.wikipedia.org: floripondio).

Todas las especies del género *Brugmansia* han sido utilizadas como alucinógenos desde tiempos precolombinos, principalmente en los Andes y en la Amazonía: como diagnóstico (rituales mágicos) y para tratar enfermedades. Recientemente, Iannacone et al., (2004) y Iannacone & Quispe (2004) evaluaron la aplicación de *B. candida* como biocida. Las *Brugmansias* contienen diversos alcaloides como escopolamina, nioscamina, atropina, hyocine, hyosciamina, norhyocine, apohyocine, (-)-3a-Tigloyloxy-6-acetoxytropane, d3a-Acetoxytropane y los variados alcaloides del grupo tropano, tales como norescopolamina, aposcopolamina, metelodina. Siendo la escopolamina la que aparece en mayor proporción.

*B. a.*, como otras especies, poseen como principal componente la escopolamina o bioscina en un 25% y en menor medida biosciamina, además de variados alcaloides del grupo tropano como la atropina (Pino J. y Alvis R., 2009). Diana Perez D. y José Iannacone O. realizaron pruebas con Larvas de *Rhynchophorus palmarum* L. común en la Amazonía peruana, determinando la efectividad larvicida de 10 especies de plantas sobre este insecto, llegando a la conclusión de que el floripondio sería la séptima mejor opción de empleo (Perez D. y Iannacone J., 2006).

También en un estudio más reciente se la considero una de las mejores opciones como insecticida natural, situándose en segundo lugar después de la nicotina, este trabajo se lo realizó sobre el *Haematobia irritans* díptero hematófago (Cruz A., Rodríguez C. y Ortiz C., 2011). Si bien existen reportes de su actividad como insecticida, no existen reportes en base a sus aceites esenciales, ni su actividad sobre la *D. m.*



### 3.2.4. Componentes químicos.

La especie vegetal en si es considerada una droga natural, por lo cual también es denominado estramonio. Sabemos que dentro de sus componentes están:

#### 3.2.4.1. La escopolamina o bioscina.

Es un agente anticolinérgico que actúa bloqueando los receptores colinérgicos en el cerebro. A su vez es un alucinógeno, provoca alucinaciones no sólo visuales, sino también auditivas e incluso táctiles. Parecen tan reales que a menudo se pierde el contacto con la realidad por completo, donde incluso un observador externo puede ver al sujeto intoxicado sosteniendo conversaciones incoherentes con personas inexistentes o realizando acciones totalmente fuera de contexto.

En lo que respecta a la biología humana, provoca disminución de secreción glandular, la producción de saliva se suspende produciendo sequedad de boca, sed, dificultad para deglutir y hablar, pupilas dilatadas con reacción lenta a la luz, visión borrosa para objetos cercanos e incluso puede llegar a producirse una ceguera transitoria; taquicardia acompañada a veces de hipertensión, enrojecimiento de la piel por vasodilatación cutánea y disminución de la sudoración, e hipertermia que puede llegar hasta 42°C (nuevavida.salud.gob.mx).

### 3.3. *Clinopodium bolivianum* (Khoa).

#### 3.3.1. Clasificación botánica.

Reino: Vegetal

Orden: Lamiales

Familia: Lamiaceae

Subfamilia: Nepetoideae

Género: *Satureja*

Especie: *Satureja boliviana*

N. científico: *Clinopodium bolivianum*

N. común: Khoa, Muña negra, Martin muña, pampa muña, inca muña, o té de indio.

Sinónimo: *Satureja boliviana*

### 3.3.2. Descripción.

Antiguamente, y aún en la actualidad, denominada científicamente como “*Satureja boliviana*”, este es un sub-arbusto, aromático, normalmente de unos 50cm de alto. Hojas pequeñas. Flores blancas, no bilabiadas. Florece durante el tiempo seco de abril hasta octubre. Frecuente en laderas rocosas y en bosquecillos a lado de quebradas por los 2500 a 3500 msnm. Este además es endémico en nuestro país Bolivia, en los departamentos de La Paz, Cochabamba y Santa Cruz (Fernández T., 2006). Sub arbusto propio de la región andina.

Con respecto a su aceite esencial, un estudio revela que el mayor porcentaje de este se encuentra en las hojas (Balderrama L., 1982).

### 3.3.3. Usos y/o riesgos.

Ha sido posible rescatar del conocimiento tradicional de los pobladores de la zona de estudio la siguiente información:

- ↪ Recomendable contra los dolores de estómago, cólicos y empachos, tomar la infusión o el cocimiento de la hierba (hojas y flores). Tomar la infusión de la hierba con un poco de licor en el tratamiento de las indigestiones que causan dolores de estómago.
- ↪ Para contrarrestar los dolores de cabeza y los mareos, tomar la infusión de la planta.
- ↪ Para provocar la expulsión de las lombrices intestinales, tomar la infusión o decocción de hojas.
- ↪ La infusión se recomienda en los procesos del menstuo.

- ↪ Planta de efecto carminativo
- ↪ Preserva los tubérculos andinos del ataque de gusanos y de hongos (Urrunaga R. et al, 1995).

A la vez podemos decir que también es útil en infusión de hojas y tallo para casos de flatulencias y patologías respiratorias, se preparan baños para combatir el raquitismo y la anemia infantil. También se lo emplea como condimento en platos típicos de pescado (Alonso J., 2004). Algunas comunidades andinas aún conservan la tradición del uso como tinte vegetal extraído de esta especie arbustiva (Vidaurre P. et al, 2006); leña muy apreciada, para su uso requiere secado previo.

Por otra parte su riesgo o mal uso, en altas dosis, es el ser utilizarlo como abortivo.

Los modos de empleo como insecticida o repelente son:

- ↪ Se preparan sahumeros con sus hojas y flores frescas, para ahuyentar insectos durante el almacenamiento de productos agrícolas (Alonso J., 2004).
- ↪ Se utiliza también para cubrir la papa y almacenarla de esta manera. La protege de la descomposición y del ataque de insectos, y la aromatiza (Reynel C., 1988).
- ↪ A su vez también se han investigado la acción aceite esencial, con ensayos in vitro contra bacterias y hongos con buenos resultados (Alonso J., 2004).

En Bolivia la aplicación de ceniza de *Clinopodium bolivianum* antes de la etapa de floración sirve para controlar o prevenir el ataque de *Premnotrypesp.* y con relación al control de plagas en almacén, es frecuente el uso de esta especie como repelente que puede ser distribuida a manera de capas entre los tubérculos almacenados; molidas y posteriormente espolvoreadas o quemadas y aplicadas como ceniza (Canales y Canto, 2000) (Caycho J. et al, 2009).

### 3.3.4. Componentes Químicos.

Su aceite contiene borneol, canfeno, ácido butírico, citroneol, p-cimeno, geraniol, timol, isomentona, pulegona, carvacrol (Alonso J., 2004), E-cariofileno, germacreno-D, delta-cadineno, espatulenol, cadinol-epi-alfa y cadinol-Alfa (Viturro C. et al, 2007).

Tiene un alto contenido de mentona, este es un compuesto orgánico de origen natural, es un monoterpeno y una cetona; es considerado un pesticida de origen natural, pero también es utilizado en perfumería y la cosmética por su característico olor aromático y sabor a menta (Balderrama L., 1982).

## 4. MODELO BIOLÓGICO PARA LA EVALUACIÓN DE INSECTICIDAS DE ORIGEN VEGETAL.

La facilidad de la cría en cautividad de algunos insectos, los convierte en candidatos perfectos para la realización de estudios de laboratorio en diversas disciplinas ajenas a la propia entomología. El ejemplo más representativo es sin lugar a dudas el díptero *Drosophila melanogaster* que viene actuando como campo de experimentación y estudio en materia de investigación genética (Petitpierre E., 1997). Por reportes de estudios anteriores se sabe que este modelo nos permite establecer si los extractos en estudio ejercen la actividad inhibitoria sobre su ciclo de vida (Peñaloza G. y PeláezC., 2008).

### 4.1. *Drosophila melanogaster* (mosca de la fruta).

#### 4.1.1. Clasificación científica.

Reino: Animal

Clase: Insecta

Orden: Diptera

Familia: Drosophilidae

Subfamilia: Drosophilinae

Género: *Drosophila*

Especie: *Drosophilamelanogaster*

Nombre científico: *Drosophila melanogaster* Meigen

Nombre común: "Mosca de la fruta", "mosca del vinagre", "podredumbre ácida del racimo".

#### 4.1.2. *Drosophila melanogaster* considerada plaga.

En España, en el campo de las Islas Canarias, al momento de la madurez de los frutos, en un estudio, han observado síntomas en racimos de podredumbre ácida (véase figura 1) coincidiendo con artos ataques de oidio, uva rajada, o por pájaros, todo ello con la presencia de la mosca del vinagre (*D. m.*), insecto transmisor de la enfermedad, capaz de producir heridas en las bayas.

El síntoma característico es una coloración marrón clara en las bayas (granos de uva) y los racimos afectados desprenden un olor típico a vinagre, lo que podría desembocar en obtener vinos con desviación de aromas, procedentes de uvas afectadas por este tipo de podredumbre (Rodríguez L, 1996).

La presencia de moscas adultas indica que la larva se está desarrollando en algunos materiales fermentados en los alrededores, la limpieza del material fermentado es necesaria para eliminar la fuente de infestación (Plagas Urbanas).

**Figura 1:** Imagen de los tipos de podredumbres. Izquierda: Podredumbre ácida.; Derecha.: Podredumbre gris.



Rodríguez L, 1996.



La *Drosophila* es una plaga convenenciera, pero no solo en frutos sino también común en casas y restaurantes. Se desarrolla rápido en frutas pasadas u otro tipo de comida. Pueden existir en grandes cantidades en lugares donde esté presente el líquido resultado de la fermentación en el fondo de la basura, en los trapeadores sucios, y sobre todo en la papaya, el plátano, la papa y la cebolla fermentada. También eligen líquidos en fermentación como cerveza, sidra, vinagre y vino.

Se trata de una plaga molesta y puede actuar como vector de enfermedades (Plagas Urbanas).

#### 4.1.3. Descripción del insecto.

La mosca *D. m.*, denominada comúnmente como mosca de la fruta o mosca del vinagre, es una especie de díptero braquícero de la familia *Drosophilidae*. Recibe el nombre como mosca de la fruta debido a que se alimenta de frutas en proceso de fermentación tales como manzanas, bananas, uvas, etc (es.wikipedia.org: drosophila), además de su afición por estas frutas para depositar sus huevos y como sitio de desarrollo; el nombre de mosca del vinagre viene del hecho de que se desarrollan en partículas o líquidos parecidos al vinagre que queda arriba de las latas de frutas o vegetales mal cerradas (Plagas Urbanas).

El nombre científico de *D. m.* proviene del griego:

- ↪ “*drosos*”, rocío humedad
- ↪ “*phyla*”, femenino de “*philos*” amor o afinidad.
- ↪ “*melás*”, negro u oscuro
- ↪ “*gastér*”, vientre o estómago.

Traducido podría ser “mosca del vientre o estómago oscuro que se encuentra o se cría en un ambiente húmedo”, debido a que durante todo su ciclo biológico, permanecen en un sustrato húmedo, propio de las frutas en fase de postmaduración (Treviño, J.).



Es nativa de medio oriente y Etiopia, los seres humanos han contribuido a su expansión de modo tal que se han difundido por todo el mundo exceptuando la Antártida ( Miller, C.). Es una especie utilizada frecuentemente en experimentación genética, dado que posee un reducido número de cromosomas (4 pares), breve ciclo de vida (15-21 días) y aproximadamente el 61% de los genes de enfermedades humanas que se conocen tienen una contrapartida identificable en el genoma de las moscas de la fruta, y el 50% de las secuencias proteínicas de la mosca tiene análogos en los mamíferos (es.wikipedia.org:drosophila).

El género *Drosophila* se utiliza de forma generalizada en los laboratorios de genética, de hecho ha sido uno de los primeros organismos cuyo genoma ha sido secuenciado por completo.

*Drosophila melanogaster* es la especie reina en el campo de la genética (Guerrero M., 2013), el género *Drosophila* comprende unas 800 especies de pequeñas moscas, debido a que son fácilmente criadas en el laboratorio, se han utilizado como modelo biológico y es material idóneo en numerosos estudios de genética, que inició el biólogo estadounidense Thomas Hunt Morgan hacia el año 1907, en la universidad de Columbia, de Nueva York. De las numerosas especies del género, la más empleada es la ya mencionada *D. m.* (Treviño, J.), organismo ampliamente usado en investigaciones biológicas, como por ejemplo la identificación de genes modificadores mediante rastreos genéticos.

Gracias a sus características de proliferación en grandes cantidades, tiempo de generación corto, facilidad de cultivo, mantenimiento, fácil adaptación en el laboratorio, bajo costo, facilidad de manejo, y porque su pupa es tan delgada que se pueden observar con ayuda de un estereomicroscopio el desarrollo de la mosca adulta (Moltó, M.; Carmona O., 2013), es utilizada como modelo de enfermedades neurodegenerativas, como Alzheimer o Parkinson, siendo de amplia utilidad (Moltó, M.). *Drosophila melanogaster*, ha resultado ser un organismo adecuado para medir el efecto de drogas neurotóxicas, como por ejemplo el alcohol, cocaína, anestésicos volátiles y cafeína (Carmona O., 2013).

También han sido estudiadas ampliamente a nivel de sus feromonas sexuales cuticulares, con estructura de hidrocarburo, donde las feromonas son empleadas en el control de plagas tanto para la detección y seguimiento de poblaciones como, de forma directa, en las técnicas de confusión sexual, trapeo masivo y atracción y muerte, entre otras (Vacas S., 2011). Muchos autores han usado y estandarizado el modelo biológico de *D. m.*, en la búsqueda de extractos naturales con actividad insecticida, la utilidad de este modelo, radica en su capacidad de resistencia a grandes cantidades de toxinas y tóxicos, así como su capacidad de activar genes asociados a la desintoxicación del cuerpo (Carmona O., 2013).

#### 4.1.4. Morfología de la *Drosophila melanogaster*.

Los adultos son pequeñas moscas de color amarillo-rojizo (3-5mm), característicos por sus ojos rojos (véase figura 2); son atraídas por frutos, de cualquier clase, en fermentación. Las poblaciones de esta mosca crecen a medida que avanza la época de vendimia, las temperaturas cálidas y la presencia de líquidos azucarados favorecen su desarrollo (Rodríguez F., 2009).

El macho cuenta con un peine sexual característico en las patas delanteras, mediante el cual se lo diferencia de la hembra con facilidad.

**Figura 2:** Imagen de una pareja de *Drosophila melanogaster*. Izquierda: Hembra.; Derecha: Macho.



Elaboración propia

#### 4.1.5. Ciclo biológico.

El ciclo biológico completo dura entre 9 y 20 días, en verano es aproximadamente, de 7 a 8 días, la hembra llega a poner de 700 a 800 huevos a lo largo de toda su vida. Esta puesta se realiza en los granos de uvas dañados por insectos, pájaros, bayas afectadas por oidio, y cualquier otro tipo de herida.

La larva es un gusano diminuto de aspecto blancuzco y puede encontrarse en el interior de la uva dañada (Rodríguez F., 2009). El desarrollo de las crías de esta especie es extremadamente dependiente de la temperatura (Miller, C.).

*D. m.* tiene una metamorfosis completa. Su ciclo biológico, desde la fecundación hasta llegar a adulto, pasa por los estados de huevo-larva-pupa-imago. El desarrollo embrionario tiene lugar en el huevo, tras la fecundación y formación del cigoto. La duración de los estadios puede variar en función de un gran número de factores, de los cuales el más importante es la temperatura.

En el cuadro 7 podemos ver cómo afecta la temperatura en cuanto al tiempo de los estados o etapas del ciclo vital de la mosca *D. m.*

**Cuadro 7:** Efecto de la temperatura sobre el ciclo vital de *D. m.*

<u>Temp. °C</u>	<u>Días huevo y larva</u>	<u>Días pupa</u>	<u>Días ciclo completo</u>
11	57	13,7	70-71
15	18	8	26
20	8	6,3	14-15
25	5	4,2	9-10
27,5	4	3,2	7-8
30	4	3,4	7-8

**Tabla 1.** Duración en días de los distintos estadios y ciclo vital completo de *Drosophila melanogaster* para varias temperaturas. Los datos se han tomado utilizando el mismo tipo de alimento en todos los casos.

Guerrero M., 2013.

Terminado el desarrollo embrionario emerge del huevo una pequeña larva de gran movilidad, blanca, segmentada, con unas piezas negras en su región anterior, que son las mandíbulas.

La larva sufre dos mudas hasta alcanzar el tamaño del adulto, el tamaño va de 2,5 a 5mm; cada periodo entre mudas se denomina “estadio larvario”. El cambio se produce cuando se rasga la piel del anterior estadio y sale una larva un poco mayor. El primer estadio larvario es el periodo comprendido entre la eclosión y la primera muda; el segundo estadio larvario comprende el periodo entre las mudas primera y segunda, y el tercer estadio larvario transcurre desde la segunda muda hasta la inmovilización de la larva para dar lugar a la pupa; en este estadio larvario la larva llega a alcanzar una longitud de 4,5 mm o incluso mayor, dependiendo de la cantidad de alimento y la temperatura de desarrollo larvario.

La larva en el tercer estadio cambia sus espiráculos por las antenas pupales, y un poco después se va inmovilizando y acortando su longitud, la cutícula se oscurece y fortalece formando el “puparium”. A esta prepupa se le puede considerar también como el cuarto estadio larvario, que termina en una muda y posterior eclosión del imago (mosca adulta). De lo contrario solo se considera como un estadio más largo

A partir de entonces comienza el periodo de “pupa” o “crisálida”, en el que se producen cambios histolíticos para dar lugar a los tejidos del adulto. Las estructuras que surgen van tomando la forma y el color del adulto según va avanzando el estado de pupa (Guerrero M., 2013). Si bien las larvas se desarrollan principalmente en líquidos y cerca de la superficie, pero busca áreas secas para empupar. Las pupas son café, tienen forma de semilla con 2 extremidades en forma de cuernos (Plagas Urbanas).

Si el medio en el que se desarrolla *D. m.* está a 25°C entonces, entre el cuarto y quinto día de la vida pupal se rasga el puparium y surge el individuo adulto. La *Drosophila* recién emergida es de color claro y tiene la pigmentación normal del adulto (Guerrero Miguel, 2013) este mide de 3.1 a 5 mm de largo, el color varía de café amarillento pálido a café oscuro. Tiene los ojos rojos y en la base de las alas, junto al cuerpo, tienen dos segmentos (Plagas Urbanas). La longevidad del adulto puede alcanzar un mes o más. Los machos suelen vivir menos tiempo que las hembras; las hembras pueden producir hasta 500 huevos (Guerrero M., 2013).



#### 4.2. Especie *Drosophila* considerada plaga.

*Drosophila suzukii* es originaria de Asia, y aunque se encontró por primera vez en el año 1916 en Japón dañando cerezas, no fue hasta el año 1931 en el que Matsumura describió la especie, nombrándola como *D. suzukii*, la mosca de la cereza.

Ha sido citada en Asia continental e insular, en EE.UU. y Canadá continental, donde fue considerada relevante en 2008 aunque estaba presente en las islas de Hawai desde 1983, en Sudamérica, se considera relevante en Ecuador en 2005, aunque allí también fue colectada anteriormente, en el año 1998.

En Cataluña, se detecta su presencia en el año 2010, el Servicio de Sanidad Vegetal de la Generalitat de Cataluña, instaló una amplia red de monitoreo con el objetivo de conocer la presencia y distribución de la plaga en la comunidad autónoma. Con respecto a los daños, los primeros datos corresponden al año 2011, registrándose daños de consideración en cerezas y fresas y un poco menores en ciruelas e higos y daños bajos solamente en una parcela de melocotones del Alto Ampurdán.

Se ha observado que tiene un elevado potencial reproductivo y una buena adaptación de los individuos adultos a bajas temperaturas. Todas estas características, unidas a la rapidez de su dispersión y a su preferencia por frutas sanas, hacen de este insecto una seria amenaza para la producción frutícola y una principal diferencia con la especie *Drosophila melanogaster*, porque esta solo ataca a frutos ya infestados por otros insectos o en vías de descomposición, pues no tiene la capacidad de perforar o ingresar a las frutas sanas.

Actualmente no existe ningún producto fitosanitario autorizado expresamente contra esta plaga a excepción del dimetoato 40% p/v en cerezo, que dispone de una autorización excepcional de 120 días entre el 21 de marzo y el 20 de julio. Para el resto de cultivos susceptibles habrá que escoger, dentro de los productos autorizados en los mismos, productos con un corto plazo de seguridad como algunas piretrinas o spinosad y procurar alternar las materias activas para evitar el desarrollo de resistencias (Escudero et al, 2012).



## **5. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS.**

### **5.1. Materiales de laboratorio.**

#### **5.1.1. Elaboración de herbario.**

- ↵ 3 hojas de Cartulina
- ↵ Hilo
- ↵ Aguja
- ↵ Regla
- ↵ Tijera

#### **5.1.2. Preparación de extractos y obtención de aceites esenciales.**

- ↵ Lápiz
- ↵ Marcador indeleble
- ↵ Frascos de vidrio grandes (5L de capacidad aprox.)
- ↵ Probeta de 1L
- ↵ Embudo de vidrio
- ↵ Vaso de precipitado de 1L
- ↵ Ligas de goma
- ↵ Gasa
- ↵ Cinta Masking
- ↵ Papel filtro WathmanN°1
- ↵ Parafilm
- ↵ Algodón
- ↵ Papel aluminio
- ↵ 2 Balones de vidrio de 1 L

#### **5.1.3. Mantenimiento de la mosca.**

- ↵ Frascos de 250mL
- ↵ Probeta de 100mL

- ↺ Matraz Erlen Meyer de 1L
- ↺ Cinta Masking
- ↺ Barbijos
- ↺ Aspensor
- ↺ Frasco de 400mL de capacidad con 150 mL de aceite
- ↺ Embudo de plástico
- ↺ Goma de llanta 7x7cm
- ↺ Cepillo para botella
- ↺ Papel aluminio

#### **5.1.4. Toxicidad aguda.**

- ↺ Marcador indeleble
- ↺ Frascos de 100mL (con tapa) y de 50mL
- ↺ Viales color ámbar de 5mL con tapa
- ↺ Tapas de esponja para los frascos medianos y pequeños de 50mL
- ↺ Pipetas de vidrio de: 1, 2, 5 y 10mL
- ↺ Micropipeta graduable de 10-100uL y 100-1000mL
- ↺ Pipeta pasteur plástico de 1mL
- ↺ Cinta Masking
- ↺ Barbijos
- ↺ Guantes de látex
- ↺ Papel filtro WathmanN°1
- ↺ Cinta de teflón (para cañería)
- ↺ Parafilm
- ↺ Pinceles
- ↺ Cronómetro
- ↺ Traje de protección para nivel tres:
  - Máscara para gases

- Guantes de nitrilo
- Guantes de latex
- Zapatones quirúrgicos
- Gorra

### 5.1.5. Toxicad crónica.

- ↵ Marcador indeleble
- ↵ Viales transparentes de 100mL de capacidad
- ↵ Pipetas de vidrio de: 1, 2, 5 y 10mL
- ↵ Micropipeta graduable de 10-100uL y 100-1000mL
- ↵ Cinta de teflón (para cañería)
- ↵ Cinta Masking
- ↵ Parafilm
- ↵ Termómetro
- ↵ Higrómetro
- ↵ Algodón
- ↵ Traje de protección para nivel tres:
- ↵ Máscara para gases
- ↵ Guantes de nitrilo
- ↵ Guantes de latex
- ↵ Zapatones quirúrgicos
- ↵ Gorra

### 5.2. Equipos.

- ↵ Destilador por arrastre de vapor
- ↵ Estufa
- ↵ Balanza con capacidad de 9, 950Kg
- ↵ Balanza analítica (Máx.404g; 210g)

- ↵ Estéreo microscopio
- ↵ Rota evaporador
- ↵ Liofilizador
- ↵ Baño maría
- ↵ Refrigerador a -80 °C
- ↵ Conservadora a -20°C
- ↵ Campana extractora
- ↵ Ultra sonicador

### 5.3. Reactivos.

- ↵ Medio carolina
- ↵ Agua destilada
- ↵ N-Hexano
- ↵ Alcohol 96° GL
- ↵ Éter
- ↵ S-Kemata
- ↵ Aceite de girasol
- ↵ Tween 20
- ↵ Tween 80

### 5.4. Elemento de experimentación.

- ↵ Extractos a las concentraciones preestablecidas, de las diferentes especies en estudio (*A. a.*, *B. a.* y *C. b.*).
- ↵ Emulsiones a diferentes concentraciones del aceite esencial de *C. b.* y sus respectivos controles

### 5.5. Modelo de experimentación basado en la mosca de la fruta:

- ↵ Mosca “*Drosophila melanogaster*”

## 6. MÉTODOS UTILIZADOS.

### 6.1. Modo de colecta para las especies vegetales.

#### 6.1.1. Lugar de colecta por especie.

- ↗ *Ambrosía arborescens*: Especie recolectada en: San Antonio Alto, Zona Este de la ciudad de La Paz, Provincia Murillo, departamento de La Paz-Bolivia. A 3777m.s.n.m.
- ↗ *Brugmansia arborea*: La recolección se la realizó en: Comunidad Checachinchaya, Zona Chinchaya al este de la ciudad de La Paz, Provincia Murillo, departamento de La Paz-Bolivia. A 3685m.s.n.m.
- ↗ *Clinopodium bolivianum*: La recolección se la realizó en: Comunidad Tanca, cantón Compi, frontera Achacachi-Güarina, Provincia Murillo, La Paz –Bolivia. A 3590m.s.n.m.

#### 6.1.2. Procedimiento.

- ↗ Las especies vegetales se colectaron con la ayuda de un cuchillo y se tomó partes frescas de cada especie vegetal en bolsas de yute por separado.
- ↗ Se las trasladó al laboratorio del I.I.F.B., lo más pronto posible, para mantenerlas en buen estado.
- ↗ En las instalaciones del laboratorio, se tomaron los especímenes de mejor presencia para la elaboración de los herbarios.
- ↗ Se procedió el picado manual del resto de la colecta, separando por especie, para la destilación por arrastre de vapor.

### 6.2. Elaboración de la ficha botánica.

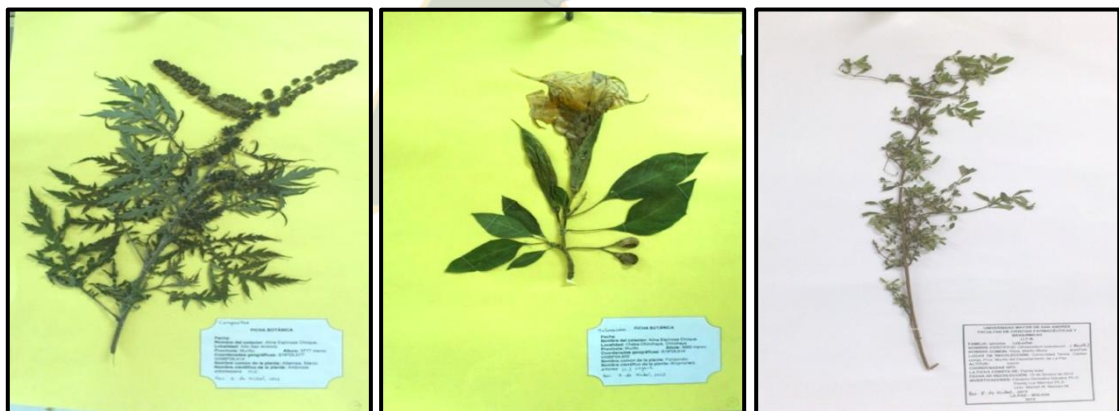
#### 6.2.1. Procedimiento.

De cada especie colectada se tomaron muestras por triplicado y se procedió de la siguiente manera:



- ↪ Se realizó un extendido de cada especie, para que su catalogación sea más sencilla y se llevó a secar.
- ↪ El secado se realizó a temperatura ambiente y en oscuridad, con la ayuda de placas de cartón y una soga, las cuales mantenían a los especímenes aplanados y comprimidos.
- ↪ Una vez secas las especies vegetales se armaron las láminas, con ayuda de aguja e hilo, se procedió a sujetar los respectivos especímenes a la cartulina, de tal modo que pueda ser identificado es decir mostrando el haz y envés de las hojas, la floración extendida lo más cercano a como si estuviera fresca, y en caso de las que llevaban fruto, se procedió a partir un fruto para mostrarlo por dentro y fuera (Véase figura 3).
- ↪ Se elaboraron las fichas de identificación, que incluían en los datos los m.s.n.m. a las cuales fueron recolectadas las especies, estas fichas fueron colocadas al extremo inferior derecho.
- ↪ Las láminas fueron llevadas al Herbario Nacional de Bolivia, para su catalogación o autenticación, véase Anexo 1.

**Figura 3:** Ejemplares de fichas de herbario elaboradas para la tesis.



Elaboración propia

### 6.3. Obtención de aceites esenciales.

Los aceites esenciales son mezclas complejas de hidrocarburos, terpenos, alcoholes, compuestos carbonílicos, aldehídos aromáticos y fenoles, y se encuentran en hojas, cáscaras y/o semillas de algunas plantas.

Estos están en el vegetal almacenados en glándulas, conductos, sacos, o simplemente reservorios dentro del vegetal, por lo que es conveniente desmenuzar el material para exponer esos reservorios a la acción del vapor de agua (Q. orgánica I).

En el presente trabajo se utilizó el aceite esencial solo de la especie vegetal *C. b.* ya que las demás especies contenían aceites en cantidades mínimas, no rescatables y mucho menos suficientes para la experimentación. El método empleado fue destilación por arrastre con vapor de agua, según un previo estudio es de destacar las fracciones obtenidas a 90°C y de 110°C ya que a estas temperaturas se obtiene la mentona, pero en el presente trabajo no se pudo extraer en fracciones, porque el equipo no contaba con termómetro integrado (Balderrama L., 1982).

#### 6.3.1. Destilación por Arrastre de Vapor.

Esta es una técnica usada para separar sustancias orgánicas insolubles en agua y ligeramente volátiles, de otras no volátiles que se encuentran en la mezcla, como resinas o sales inorgánicas, u otros compuestos orgánicos no arrastrables. En este caso se lo utilizó con el fin de obtener los aceites esenciales de las diferentes especies vegetales en estudio (Q. orgánica I).

#### 6.3.2. Procedimiento.

- ↪ Se desmenuzaron de forma manual, las hojas verdes, tallos blandos, flores, fruto y/o semilla en el caso de las que tenían.
- ↪ Fueron depositados a 250gr de la especie vegetal picada en cada canastilla, el equipo contaba con dos canastillas, y se realizó la extracción.
- ↪ El aceite esencial fue colectado y cuantificado. Una vez obtenidos los aceites, fueron recuperados en viales de 10mL de capacidad color ámbar previamente identificados, cerrados con sus tapones de goma, forrados con papel aluminio.

## **6.4. Elaboración de extractos.**

- ↺ Una vez que las especies estaban libres de sus aceites esenciales, fueron secadas a 40°C y a temperatura ambiente por espacio de tres días, removiéndolas para controlar que no se forme moho.

### **6.4.1. Obtención de extractos hidro-alcohólicos.**

#### **6.4.1.1. Macerado y filtrado.**

- ↺ Una vez secas las especies vegetales en estudio, libres de aceites, se realizó el macerado de cada especie, con alcohol al 70% (30% de agua y 70% de alcohol destilado), de manera que las especies vegetales se rehidraten.
- ↺ Se dejó macerar en un lugar frío, agitando tres veces al día, por al menos un mes.
- ↺ Pasado este tiempo se procedió al filtrado de los macerados.
- ↺ Una vez filtrado el macerado, se alicuotó en el balón de destilación de 1 Litro hasta la mitad del balón y se procedió a la rota-evaporación donde las condiciones fueron: temperatura del baño maría 40°C, de 90 a 120 revoluciones por minuto (rpm).
- ↺ En cuanto a la presión atmosférica del equipo se manejó desde 120mbar hasta 80mbar o en caso excepcional hasta 70mbar, pero no menos.
- ↺ Una vez concluido (extracto teóricamente libre de alcohol), el producto fue alicuotado en medidas similares, hasta la mitad en frascos de 100mL (Gerbert), identificamos los frascos y los tapamos con gasa sujetándolo con liga, posteriormente los llevamos a -20°C por una noche y después a -80°C para luego llevarlo a liofilizar.
- ↺ Trasladamos las muestras rápidamente, del refrigerador al equipo de liofilización, para mantener la temperatura lo más cercano a -80°C, se liofilizó por un espacio de cinco días.

- ↪ Una vez terminado este procedimiento se obtuvo las muestras en polvo, fueron almacenadas debidamente identificadas y cerradas, guardadas en un lugar seco y oscuro hasta la fase experimental.

## **6.5. Mantenimiento del modelo de experimentación previo a la experimentación.**

Este es el modelo de experimentación estándar con el que se cuenta en el laboratorio del Instituto de Investigación Fármaco Bioquímicas (I.I.F.B.), y por ventajas ya mencionadas con anterioridad, es nuestro modelo en experimentación para la prueba de insecticidas. Se realizó la catalogación entomológica de la mosca, el documento se muestra en el Anexo 2.

### **6.5.1. Procedimiento de mantenimiento estándar.**

- ↪ El medio de cultivo de mantenimiento de *D. m.* consiste en medio Carolina hidratado con agua destilada, en frascos estériles de una capacidad de 250mL, se pesó 15g del medio Carolina y se rehidrató con 50mL de agua destilada.
- ↪ Se agitó de manera circular, hasta que quede lo más homogéneo posible, se dio 15 minutos hasta que el medio se rehidrate.
- ↪ Con ayuda de un embudo se vaciaron las moscas sin importar número o relación hembra: macho, cuidando de que estas no escapen.
- ↪ Estos medios se mantuvieron en una estufa a  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$  por 48 horas posteriormente se descartaron las moscas, con ayuda de un embudo, los frascos son introducidos nuevamente en las estufas para completar el ciclo de la *D. m.*

Este mantenimiento se realiza una vez por semana manteniendo así cuatro frascos de semanas diferentes, para asegurarse de tener la cantidad suficiente de adultos recién nacidos para las experimentaciones.

## 7. EVALUACIÓN DE TOXICIDAD AGUDA.

La toxicidad aguda se refiere a un daño producido al instante, es decir en un corto espacio de tiempo. Este es un método planteado y utilizado en un plan ministerial y en algunos artículos (Ministerio de Salud de la Nación. Argentina, 2005; Murillo W., Araque P. y Peláez C., 2012; Murillo W., Henao B. et al, 2013), bajo este procedimiento: discos de papel filtro son depositados en un frasco de vidrio, se impregnan con un determinado volumen de extracto o emulsión, las superficies de estos discos de forma espiralada hacia el centro con ayuda de una pipeta para que esté disperso de manera homogénea. Un total de 10 individuos adultos, con cuatro días de nacidos, por frasco, son introducidos y la mortalidad se monitorea cada cinco minutos hasta una hora predeterminada.

### 7.1. Elaboración de emulsiones a partir de aceites esenciales.

En ambos casos, toxicidad aguda y crónica, para la parte de preparación de emulsiones, nos basamos en un artículo (Murillo, Henao et al, 2013) el cual formula una emulsión para el aceite esencial del eucalipto (*Eucalyptustereticornis*), nosotros realizamos cambios para adaptar la formulación tal como se muestra en el cuadro 8.

**Cuadro 8:** Adaptación de la formulación para la preparación de emulsiones del aceite esencial de khoa (*C.b*).

Componente	Formulación	Formulación adaptada
Aceite esencial de la especie vegetal en estudio	0,6 g	0,6 g
Aceite de girasol	2,6 g	2,6 g
Tween 80	0,8 g	0,5 g
Tween 20		0,25 g
Agua destilada	16 g	16 g

Elaboración propia



## 7.2. Procedimiento.

- ↪ Para la preparación de los extractos se pesaron las cantidades necesarias para las concentraciones de 5000ppm, 10000ppm y 15000ppm en viales ámbar (según lo expuesto en el cuadro 9), las disolvimos de manera homogénea con agua destilada para 5mL por extracto, según cálculos. Cerramos los viales con sus tapas y etiquetamos de acuerdo al extracto que contenían y fecha de preparación.
- ↪ En el caso del aceite esencial, como ya mencionamos anteriormente, sólo se realizó para la especie vegetal *C.b.* Se prepararon en viales debidamente etiquetados a partir de una emulsión madre a 30075ppm, y se realizó diluciones para obtener concentraciones de 50ppm, 100ppm, 500ppm, 1000ppm y 1500ppm, a volumen final de 6mL, expresado en el cuadro 9, para esta parte los controles negativos fueron las emulsiones, solo que sin el A-E de *C.b.*
- ↪ Para preparar el Control Positivo, S-Kemata: en un vial ámbar (identificado correctamente), según cálculos, se disolvió en agua destilada, para obtener una concentración final de 3000ppm, concentración recomendada según ficha técnica (dosis mínima para atacar a la mosca barrenadora), véase Anexo 3, cerramos con una tapa forrada con papel aluminio. Este procedimiento se realizó bajo las medidas de seguridad requeridas de acuerdo al control positivo utilizado (véase figura 4).
- ↪ Preparar la cámara de eterificación, introducir las moscas y esperar a que se queden dormidas.
- ↪ Sacar las moscas de la cámara y separarlas de 10 en 10 por cada frasco de experimentación, separarlas en frascos vacíos y esperar a que se reincorporen.
- ↪ Mientras las moscas se estabilizan, se prepararon otros frascos de 100mL de capacidad, colocando en el interior de cada frasco papel filtro de 5cm de diámetro. Cada frasco debe estar identificado, de acuerdo a la solución en estudio, al igual que sus controles y testigos.

- ↪ Sobre cada círculo de papel filtro colocamos 1ml de los extractos o emulsiones preparados en los pasos anteriores, según corresponda, de manera circular hacia el centro, lo más homogéneamente posible.
- ↪ En el caso del testigo, colocamos el papel filtro pero sin ningún tratamiento. El control negativo fue agua destilada, exceptuando para los aceites esenciales, que fueron las emulsiones sin aceite esencial. El control positivo fue S-Kemata
- ↪ Colocar las moscas ya estabilizadas, y cerrar los frascos con sus tapas y parafilm.
- ↪ Con la ayuda de un cronometro observamos si las moscas llegan a morir controlando cada 5 minutos, por espacio de una hora, cada media hora hasta las 4 horas y luego por una hora cumpliéndose las 5 horas.
- ↪ Reportamos los resultados para realizar posteriormente la parte estadística, y la apreciación de los resultados.

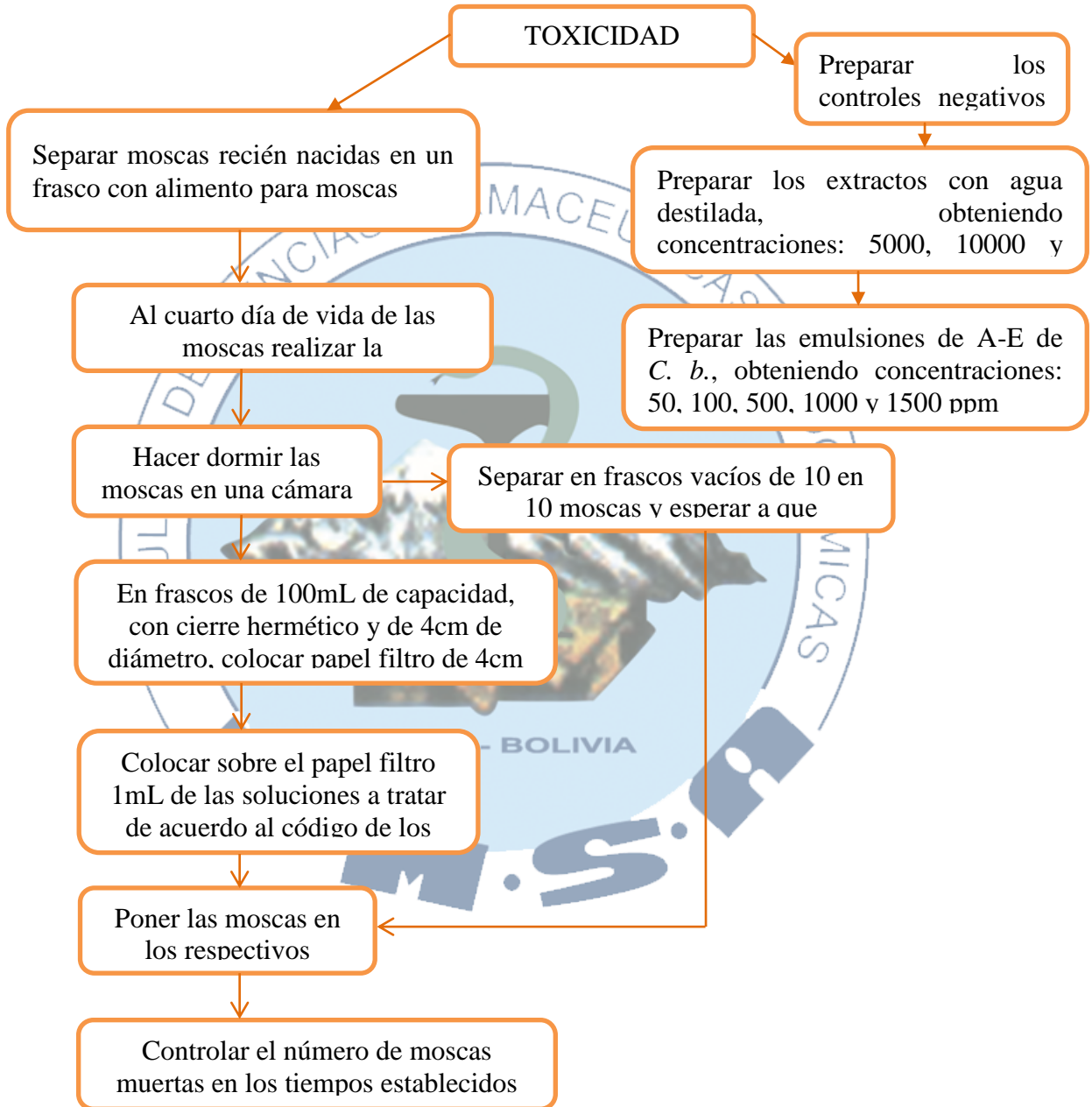
**Figura 4:** Medidas de seguridad tomadas para preparación del control positivo.



Según ficha técnica del producto S-Kemata

En la figura 5 se refleja de manera resumida cómo se realizó esta parte experimental de la toxicidad aguda.

**Figura 5:** Esquema de la realización de toxicidad aguda.



Elaboración propia

En el siguiente cuadro se muestra las cantidades utilizadas en la preparación de soluciones para la parte experimental de toxicidad aguda.

**Cuadro 9:** Preparación de los extractos y emulsiones a las diferentes concentraciones en estudio, para toxicidad aguda.

Para la preparación de los extractos		
Concentración	Extracto (gr)	Agua destilada (mL)
5000ppm	0,025	5
10000ppm	0,05	5
15000ppm	0,075	5
Para la preparación de emulsiones a partir de una solución madre de 30075 ppm		
Concentración	Extracto en (uL)	Agua destilada(uL)
50ppm	10	5990
100ppm	20	5980
500ppm	100	5900
1000ppm	199	5801
1500ppm	299	5701
Control positivo		
S-Kemata a 3000ppm	15uL	4985uL

Elaboración propia

## 8. EVALUACIÓN DE TOXICIDAD CRÓNICA.

La toxicidad crónica hace referencia a una exposición al tratamiento por un tiempo prolongado, para el presente trabajo utilizamos un método por ingestión, basándonos en trabajos previos (Granados H., Peláez J., et al, 2002; Peñaloza G. y Peláez C, J., 2008; Murillo, Araque y Peláez 2012), esta técnica requiere de moscas adultas vírgenes, de cuatro días de nacidas, estas son expuestas al tratamiento alimentándolas por 48 horas con alimento tratado, durante este tiempo se realiza el cruce y las moscas ponen huevos, estos huevos eclosionan y las larvas se alimentarán del alimento tratado, en este caso medio Carolina rehidratado con extracto o aceite esencial, y las moscas adultas que emerjan (nazcan) serán el resultado de la alimentación en su etapa larvaria.

Para colocar las moscas por 48hrs, se colocan en una relación 3 hembras: 3 machos, realizando un sexaje, entiéndase como sexaje o sexar al procedimiento por el cual se separan o diferencian machos de hembras, de acuerdo al sexo que tenga la mosca, para el trabajo, se realizó en recién nacidas, pues la separación debe ser cuando aún son vírgenes.

### 8.1. Procedimiento.

- ↪ Se realizó la cría de *D. m.*, de modo que pudimos controlar los tiempos del ciclo biológico y poder sexar (separar de acuerdo a género, hembras de machos) a moscas recién nacidas.
- ↪ Preparamos en los frascos de vidrio de 50mL de capacidad o frascos de separación correctamente identificados, “medio Carolina”, para ello pesamos 2g del medio y disolvimos con 6,7mL de agua destilada.
- ↪ Realizamos el sexaje de moscas recién nacidas, para ello las pusimos a dormir en la cámara etérea y con la ayuda de un estero microscopio y un pincel separamos machos de hembras, esperamos a que empiecen a despertar para separar tres de cada género por cada frasco de experimentación, en frascos diferentes, con fecha de separación.
- ↪ Se prepararon los extractos a evaluar, día previo a la experimentación, para ello: se pesó las cantidades requeridas de los extractos, de acuerdo al cuadro 10, en viales de 100ml de capacidad los disolvimos de manera homogénea para 75mL, con agua destilada, obteniendo soluciones a 5000ppm, 10000ppm y 15000ppm. Cerramos los viales, previamente etiquetadas de acuerdo al extracto que contenían.
- ↪ Se realizó la preparación de las emulsiones para el aceite esencial de *C.b.*, para concentraciones de 50ppm, 100ppm, 500ppm, 1000ppm y 1500ppm, a partir de una solución madre de 30075ppm, como se expresa en el cuadro 10, solo que en esta oportunidad para 80mL como volumen final. Para sus controles negativos, fueron las mismas emulsiones solo que libres del A-E de *C.b.*



- ↪ Se preparó el mismo Control Positivo, que en la toxicidad aguda, S-Kemata, para ello en un vial de 100mL de capacidad (identificado correctamente), se preparó 75mL a una concentración final de 3000ppm, como en la toxicidad aguda. Este procedimiento se realizó según el apartado anterior.
- ↪ Preparamos el Control Negativo: en un frasco de volumen adecuado colocando 100mL agua destilada (identificado correctamente).
- ↪ Al tercer día se pesaron 7g de medio Carolina de acuerdo a la cantidad de pares de frascos de separación que se tenga, al cuarto día rehidratamos el medio con los extractos y controles preparados según corresponda.
- ↪ Una vez que el medio este rehidratado, pusimos por frasco 3 hembra y 3 machos, los separados previamente, se identificó bien cada frasco, para este día los individuos tenían 4 días de nacidos.
- ↪ Ante el requerimiento de varios días para la experimentación se realizó un control negativo en cada día de experimentación.
- ↪ Pasadas las 48 horas contamos número de moscas vivas, y procedimos a descartarlas.
- ↪ Se controló la existencia de larvas y observamos si llegaron a pupas, realizando el conteo de pupas y el conteo de adultos, esta es la denominada “Primera Generación.”.
- ↪ Volvimos a sexar para obtener una segunda generación, procediendo nuevamente de acuerdo las pautas de la experimentación, a excepción de que ya no fueron tratados con extractos o aceite esencial, es decir que la rehidratación del medio Carolina de toda la batería de experimentación se realizó con agua destilada.
- ↪ Una vez sexados y separados todos los adultos necesarios de la primera generación, el resto de ellos se procedió a conservarlos en solución al 70% de alcohol.
- ↪ Una vez que empezaron a emerger los adultos de la segunda batería de experimentación, estas se colectaron en solución al 70% de alcohol, realizando el control varias veces al día, esta es la denominada “Segunda Generación”.

- ↪ Finalmente ambas generaciones (la primera y la segunda) fueron evaluadas de forma macro-fenotípicamente con ayuda de un estéreo microscopio, además se realizó el conteo y se consideró el número de machos y hembras adultos que existían por frasco de experimentación.
- ↪ Se reportaron el número de pupas, el número de las moscas que emergieron, las anomalías fenotípicas presentes en las moscas, para posteriormente analizar los datos estadísticamente y poder reflejar los resultados representativos.

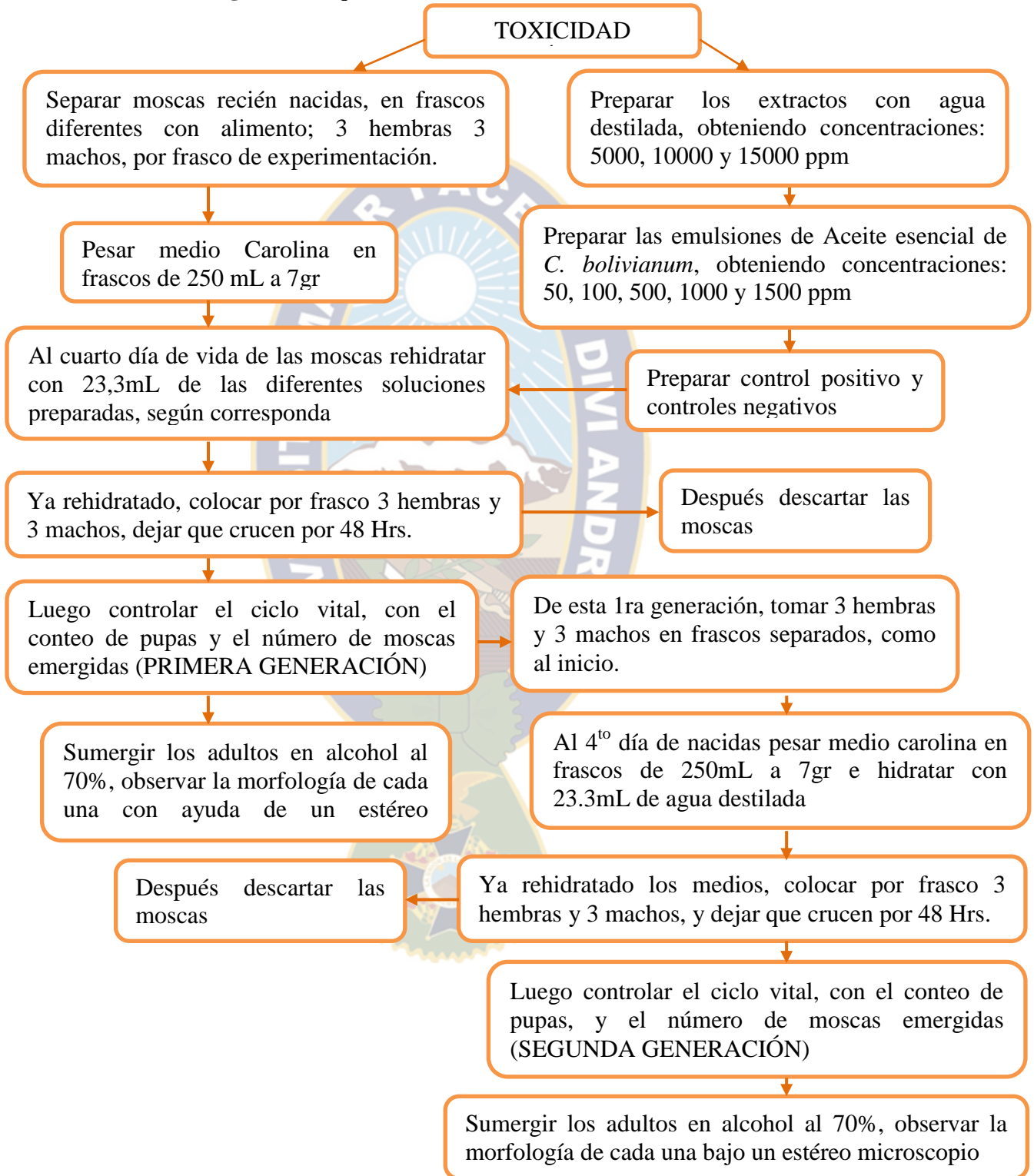
**Cuadro 10:** Preparación de los extractos y emulsiones a las diferentes concentraciones en estudio, para toxicidad crónica.

Para la preparación de los extractos		
Concentración	Extracto (gr)	Agua destilada (mL)
5000ppm	0,375	75
10000ppm	0,75	75
15000ppm	1,125	75
Para la preparación de emulsiones a partir de una solución madre de 30075 ppm		
Concentración	Extracto (mL)	Agua destilada (mL)
50ppm	0,125	74,875
100ppm	0,249	74,751
500ppm	1,247	73,753
1000ppm	2,494	72,506
1500ppm	3,741	71,259
Control positivo		
S-Kemata a 3000ppm	225 uL	74,775 mL

Elaboración propia

En la figura 6 se muestra de manera resumida cómo se realizó la parte experimental de toxicidad crónica.

**Figura 6:** Esquema de la realización de toxicidad crónica.



Elaboración propia

## 9. RESULTADOS

Se tiene el rendimiento del aceite esencial de las especies vegetales en estudio (véase el cuadro 11), además sus rendimiento como extracto hidro-alcohólico seco, por ser producto de liofilización; Donde se observa que la única que presenta una cantidad experimentable es *Clinopodiumbolivianum*.

**Cuadro 11:** Rendimiento de las especies vegetales en aceites esenciales y como extractos hidro-alcohólicos secos .

<b>Especie vegetal como aceite esencial</b>	<b>Cantidad de planta (gr)</b>	<b>Cantidad de A-E (mL)</b>	<b>Rendimiento (%)</b>
<i>Ambrosia arborescens</i>	750	0,3	0,04%
<i>Brugmansia arbórea</i>	500	0,1	0,02%
<i>Clinopodiumbolivianum</i>	400	11,2	2,8%
<b>Especie vegetal como extracto hidro-alcohólico</b>	<b>Cantidad de planta (gr)</b>	<b>Cantidad de extracto (gr)</b>	<b>Rendimiento (%)</b>
<i>Ambrosia arborescens</i>	250	31,75	12,7%
<i>Brugmansia arbórea</i>	450	40	8,89%
<i>Clinopodiumbolivianum</i>	300	38,3	12,77%

Elaboración propia

LA PAZ - BOLIVIA

### 9.1. Resultados de los extractos hidro-alcohólicos de *Ambrosia arborescens*, *Brugmansia arbórea* y *Clinopodiumbolivianum* a diferentes concentraciones.

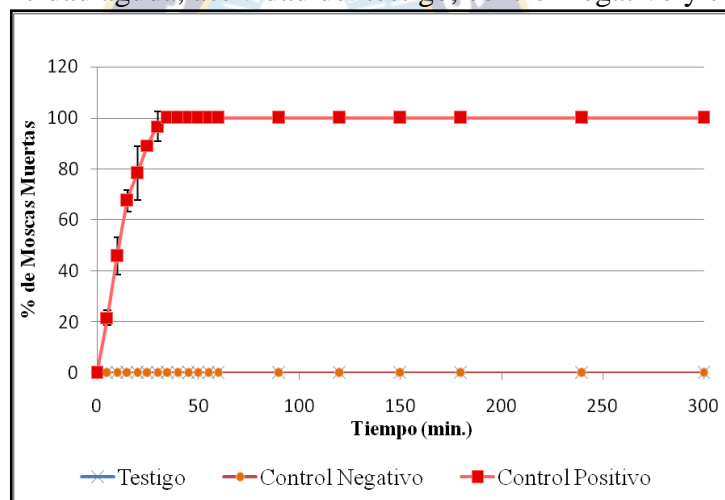
#### 9.1.1. Toxicidad aguda.

Los resultados obtenidos en todos los experimentos de toxicidad aguda, se representan en forma de actividad, siendo esta la capacidad que posee el compuesto para producir la muerte de las moscas.

Se realizó a parte de control negativo un testigo, para evidenciar que las moscas no mueren por ahogamiento en el volumen de líquido utilizado, siendo el testigo un disco de papel filtro sin solución y el control negativo agua destilada.

La figura 7 muestra la actividad del control positivo, control negativo, y el testigo, observándose que el testigo presenta la misma actividad que el control negativo, del 0% de mortalidad, razón por la cual en los próximos gráficos no se representa el testigo. Se utilizó como control positivo “S-Kemata a 3000ppm” como única concentración utilizada (dosis extraída del Manual de Uso del Plaguicida), el mismo presentó una alta actividad, produciendo el 100% de mortalidad en un tiempo de 35 minutos.

**Figura 7:** Toxicidad aguda, actividad de: testigo, control negativo y control positivo.

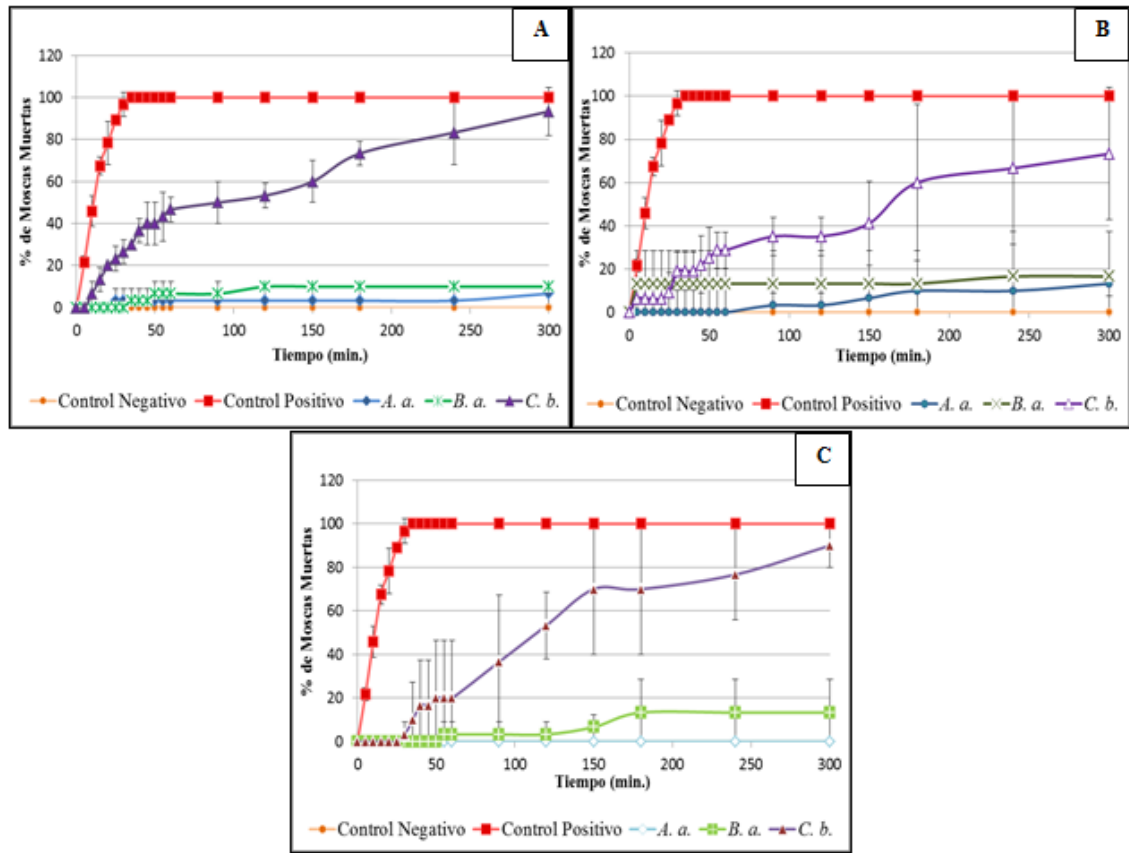


Elaboración propia

En la figura 8 (A, B y C) se observa que para toxicidad aguda los extractos de *A. a.*, y *B. a.*, presentan una mínima actividad ya que al cabo de 300 minutos (5 horas) el porcentaje de la mortalidad de moscas no supera el 20%, en las tres concentraciones evaluadas (5000ppm, 10000ppm y 15000ppm). Sin embargo, el extracto de *C. b.* muestra mayor actividad que los otros extractos, produciendo la muerte de las moscas en un 93.33%, 73.33% y 90% a concentraciones de 5000ppm, 10000ppm y 15000ppm, respectivamente, en un tiempo de 300 minutos (5 horas). Asimismo, se observa que la concentración del extracto de *C. b.* podría influir sobre la actividad, ya que se observa que guarda cierta relación entre el % de actividad y concentración del extracto.



**Figura 8:** Toxicidad aguda, actividad de *A. a.*, *B. a.* y *C. b.* a las concentraciones de (A) 5000ppm, (B) 10000ppm y (C) 15000ppm.



### 9.1.2. Toxicidad crónica.

Se debe recordar que las metodologías o procedimientos, de toxicidad crónica y toxicidad aguda, son diferentes.

Para explicar los resultados obtenidos en los diferentes ensayos de toxicidad crónica, se denomina, como primera generación a las moscas emergidas después de que sus predecesores hayan sufrido tratamiento con los extractos o aceite esencial, como se describe en la metodología.

Se denominará como segunda generación a las moscas producto del cruce de las moscas de la primera generación, con el objeto de valorar la incidencia del extracto o aceite esencial sobre la segunda progenie, ya que en artículos con otras especies vegetales se observa que muchas de estas producen alteraciones en el aparato reproductor de mamíferos (ratones), ya sea en primera o segunda generación, produciendo esterilidad (Pino J. y Alvis R., 2009).

Los cálculos del porcentaje de actividad se realizaron utilizando las siguientes formulas:

Formula 1

$$\frac{N^{\circ} AT \times 100}{N^{\circ} ACN} = X$$

Formula 2

$$X - 100 = Y$$

Dónde:

N° AT= Número de Adultos con Tratamiento

N°ACN=N° de Adultos Control Negativo

X= Porcentaje de adultos emergidos

Y= Porcentaje de adultos no emergidos

En este caso los datos positivos nos indican el porcentaje (%) de adultos no emergidos (actividad inhibitoria), o la disminución de la población con respecto al control negativo, los resultados negativos nos indican una estimulación en la emergencia de moscas, siendo un exceso de adultos con respecto al control negativo.

Los cuadros muestran actividad cuando el extracto haya producido un descenso de la población de moscas emergidas con respecto al control negativo. Todos los resultados presentan un 95% de significancia estadística.

### 9.1.2.1. Porcentaje de actividad de extractos vegetales en 1<sup>ra</sup> y 2<sup>da</sup> generación.

En el cuadro 12 se recogen los resultados del porcentaje de actividad de la primera y segunda generación en las tres especies vegetales evaluadas a tres concentraciones cada una. Como se puede observar a 5000ppm los tres extractos evaluados no presentan actividad estadísticamente significativa con respecto al control negativo, tanto en la primera como en la segunda generación.

A 10000ppm se observa una baja actividad para la primera generación para los tres extractos evaluados, sin embargo la actividad crónica o inhibitoria en la segunda generación es estadísticamente significativa, para *A. a.* y *B. a.* con respecto al control negativo, esto indica que los individuos nacidos en la primera generación reducen su capacidad de procreación originando un descenso de la población con respecto al control negativo. Siendo el de *A. a.* el de mayor actividad con 81,82%, con respecto a los demás.

A 15000ppm no se observa una actividad inhibitoria para la primera generación en las tres especies vegetales evaluadas, sin embargo, en la 2da generación se ve un significativo descenso en la población de moscas nacidas a partir de los individuos que fueron tratados con *B. a.* y *C. b.* siendo el de *C. b.* el porcentaje más alto a esta concentración (76.62%) y es segundo mejor en este cuadro.

**Cuadro 12:** Porcentaje de actividad de los extractos a diferentes concentraciones, con respecto al control negativo.

CONCENTRACIÓN	5000ppm.		10000ppm		15000ppm.	
	% de actividad 1ra generación	% de actividad 2da generación	% de actividad 1ra generación	% de actividad 2da generación	% de actividad 1ra generación	% de actividad 2da generación
<i>A. arborens</i>	11,11	66,67	37,78	81,82*	-80,44	41,56
<i>B. arborea</i>	28,89	16,88	31,56	67,53*	21,33	69,70*
<i>C. bolivianum</i>	40,89	5,19	21,33	-18,18	-92,89	76,62*
C (-)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C (+)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

\* Señala los resultados estadísticamente significativos en un 95% de confianza.

Elaboración propia

Con respecto al control morfológico en macrofenotípica, no se encontró una población significativa con malformaciones, a la vez de no encontrar una incidencia específica de si son más afectados hembras que machos o viceversa.

### 9.1.3. Relación adulto/pupa.

Esta parte de experimentación es parte de la toxicidad crónica, sólo que los resultados son analizados estadísticamente con respecto a sí mismos, pero estos resultados sí son comparados con el control negativo.

El cálculo para la obtención de estos datos no es más que el promedio de las moscas emergidas (adultas), de las pruebas realizadas, dividido entre el promedio del número de pupas, se evaluó tanto la primera como la segunda generación. En los resultados se obtiene “1” cuando el número de moscas emergidas es igual al número de pupas, si se obtienen números inferiores a 1 quiere decir que no todas las pupas pasaron a ser adultos, es decir que sería un indicio sobre un punto de corte del ciclo biológico de la mosca, pero se requiere de un análisis estadístico para determinar cuál dato o resultado es significativo y cual no.

En el cuadro 13 se muestran los resultados de los extractos hidro-alcohólicos de las especies vegetales en estudio, podemos observar tanto datos igual o menores a “1”, pero bajo el análisis estadístico de Prueba de Hipótesis, se determinó que ninguno es representativo estadísticamente, ni en primera ni en segunda generación.

**Cuadro 13:** Relación adulto/pupa (A/P) de los tratamientos con extractos a concentraciones planteadas.

CONCENTRACIÓN	5000ppm.		10000ppm		15000ppm.	
	Relación A/P 1ra generación	Relación A/P 2da generación	Relación A/P 1ra generación	Relación A/P 2da generación	Relación A/P 1ra generación	Relación A/P 2da generación
<i>A. arborescens</i>	1,00	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00
<i>B. arborea</i>	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	0,90
<i>C. bolivianum</i>	1,00	1,00	0,71	1,00	0,99	0,93
C (-)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C (+)	_____	_____	_____	_____	_____	_____

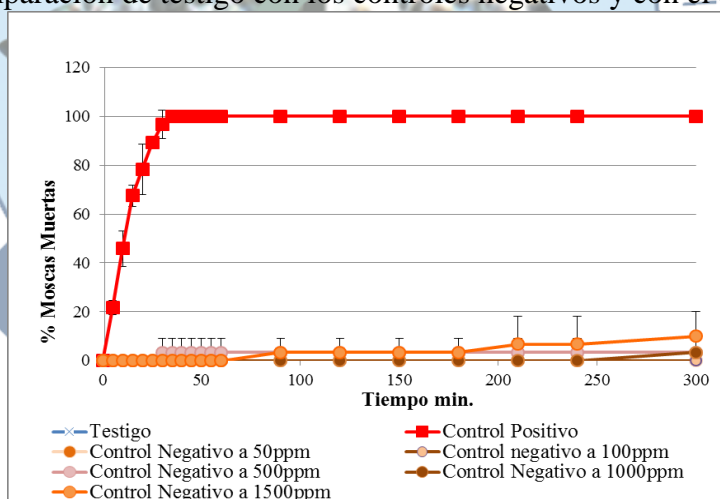
Elaboración propia

## 9.2. Resultados aceite esencial de *Clinopodium bolivianum* a diferentes concentraciones.

### 9.2.1. Toxicidad aguda.

En la figura 9 se observa la comparación de la toxicidad aguda producida por los controles negativos, el testigo y el control positivo. En este caso se utilizó agua destilada como testigo, ya que cada concentración cuenta con sus respectivos controles negativos, con el fin de comprobar que los disolventes utilizados en la emulsión, no sean los responsables de la toxicidad y al no presentar actividad ya no será graficado en las posteriores figuras; como ya mencionamos el control positivo fue S-kemata. La gráfica muestra que los controles negativos tienen actividad insignificante, inferior al 10% o nula, con respecto al control positivo.

**Figura 9:** Comparación de testigo con los controles negativos y con el control positivo.

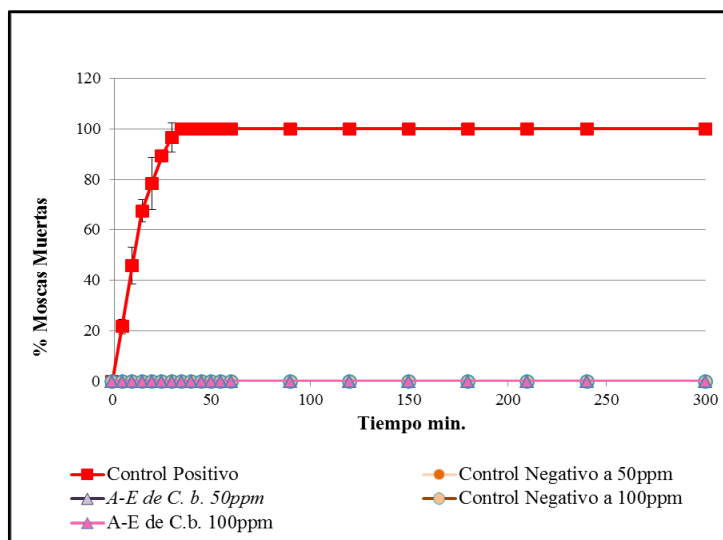


Elaboración propia

La figura 10 muestra la actividad del A-E de *C. b.* a 50 y 100ppm, como se puede observar, no existe actividad con respecto al control positivo, observándose 0% de actividad a estas concentraciones.



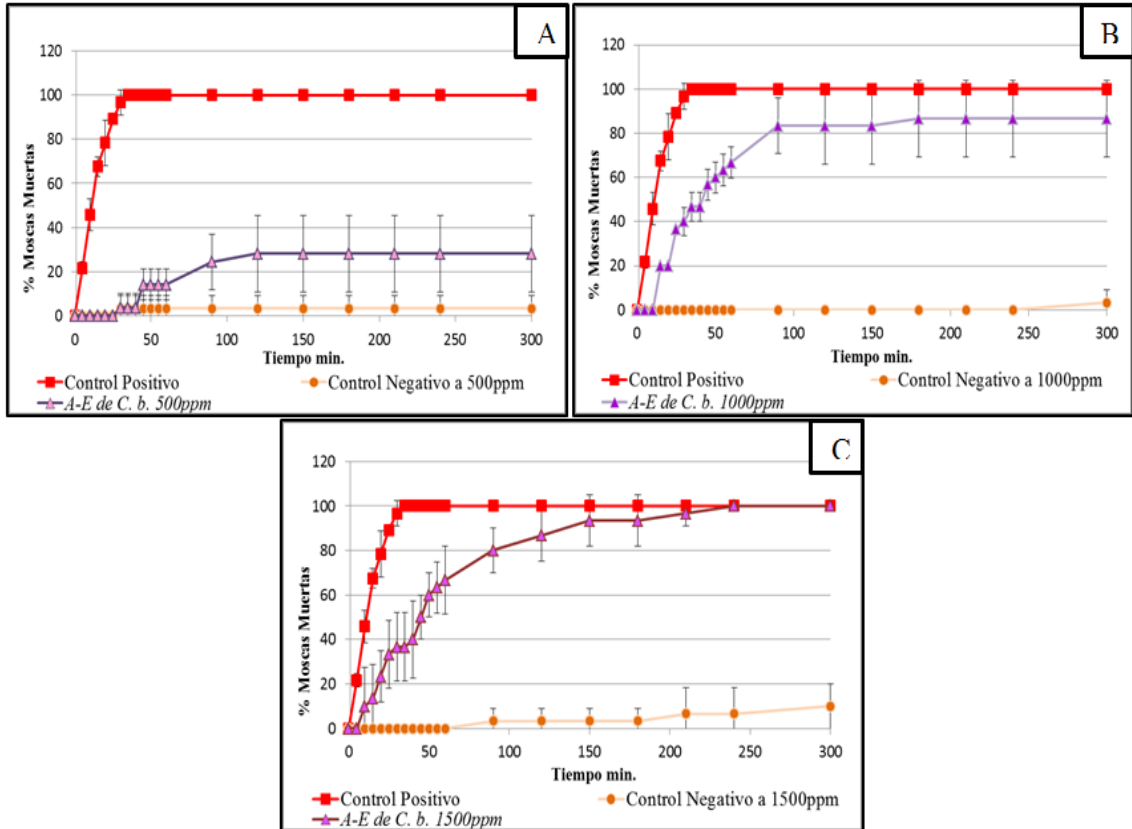
**Figura 10:** Toxicidad aguda, actividad del aceite esencial de *C. b.* a las concentraciones de 50ppm y 100ppm.



Elaboración propia

En la figura 11 se ven reflejados los resultados de la toxicidad aguda del A-E de *C. b.* a concentraciones de 500ppm, 1000ppm y 1500ppm, donde la actividad de las emulsiones del A-E es proporcional a las concentraciones aplicadas, observándose mortalidades de 30, 90 y 100% a concentraciones de 500ppm, 1000ppm, 1500ppm, respectivamente.

**Figura 11:** Toxicidad Aguda actividad del aceite esencial de *C. b.* a las concentraciones de (A) 500ppm, (B) 1000ppm y (C) 1500ppm.



Elaboración propia

LA PAZ - BOLIVIA

### 9.2.2. Toxicidad crónica.

Para estos resultados, al igual que en el caso de la toxicidad crónica de extractos hidroalcohólicos, los datos positivos nos indican el porcentaje (%) de adultos no emergidos, o la disminución de población con respecto al control negativo, los resultados negativos nos indican una estimulación en la emergencia de moscas, siendo un exceso de adultos con respecto al control negativo. Mostrándose en las figuras actividad cuando el extracto haya producido un descenso de la población de moscas emergidas con respecto al control negativo.

### 9.2.2.1. Porcentaje de actividad del aceite esencial en 1<sup>ra</sup> y 2<sup>da</sup> generación.

En el cuadro 14, el aceite esencial de Khoa en las cinco concentraciones evaluadas, se muestran 100% de actividad estadísticamente significativa para las concentraciones de 500, 1000 y 1500ppm en la primera generación ocasionando que no exista una segunda generación, estos resultados son parecidos al control positivo, además de ser un efecto muy rápido, considerándose así que probablemente sea más una acción de tipo aguda que una crónica.

**Cuadro 14:** Porcentaje de actividad del A-E de *C. b.*, a diferentes concentraciones, con respecto al control negativo: (A) 50ppm y 100ppm, (B) 500ppm, 1000ppm y 1500ppm.

CONCENTRACIÓN	50ppm.		100ppm		1500ppm.	
TRATAMIENTO EMPLEADO	% de actividad 1ra generación	% de actividad 2da generación	% de actividad 1ra generación	% de actividad 2da generación	% de actividad 1ra generación	% de actividad 2da generación
A-E <i>C. bolivianum</i>	27,56	55,38	28,83	19,64		
C (-) emulsión	0,00	0,00	0,00	0,00		
Testigo	-44,23	-24,19	17,88	-37,50		
C (+)	100,00	100,00	100,00	100,00		

A

CONCENTRACIÓN	500ppm.		1000ppm		1500ppm.	
TRATAMIENTO EMPLEADO	% de actividad 1ra generación	% de actividad 2da generación	% de actividad 1ra generación	% de actividad 2da generación	% de actividad 1ra generación	% de actividad 2da generación
A-E <i>C. bolivianum</i>	100*	—	100*	—	100*	—
C (-) emulsión	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Testigo	43,75	-35,09	47,80	-352,94	37,50	-320,00
C (+)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

B

\* Señala los resultados estadísticamente significativos en un 95% de confianza.

Elaboración propia

### 9.2.3. Relación adulto/pupa.

Estos datos fueron calculados y evaluados estadísticamente al igual que en el caso de los extractos hidro-alcohólicos, en toxicidad aguda.

En el cuadro 15 se muestran los datos obtenidos del aceite esencial a diferentes concentraciones de *C. b.*, y podemos apreciar que a 50ppm existe una relación A/P del 0,41 lo que nos indica que cerca al 60% de pupas se quedaron en esta etapa de su ciclo vital y no pasaron a ser moscas adultas.

Este resultado es muy relevante ya que es el único resultado estadísticamente significativo, de esta prueba y es la concentración mínima evaluada en aceites esenciales.

**Cuadro 15:** Relación adulto/pupa (A/P) del aceite esencial de *C. b.* a concentraciones planteadas.

CONCENTRACIÓN	50ppm.		100ppm		1500ppm.	
TRATAMIENTO EMPLEADO	Relación A/P 1ra generación	Relación A/P 2da generación	Relación A/P 1ra generación	Relación A/P 2da generación	Relación A/P 1ra generación	Relación A/P 2da
A-E <i>C. bolivianum</i>	0,41 *	1,00	0,83	1,00	1,00	0,86
C (-) emulsión	1,00	1,00	0,93	1,00	1,00	1,00
Testigo	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C (+)	—	—	—	—	—	—

A

CONCENTRACIÓN	500ppm.		1000ppm		1500ppm.	
TRATAMIENTO EMPLEADO	Relación A/P 1ra generación	Relación A/P 2da generación	Relación A/P 1ra generación	Relación A/P 2da generación	Relación A/P 1ra generación	Relación A/P 2da
A-E <i>C. bolivianum</i>	—	—	—	—	—	—
C (-) emulsión	1,00	1,00	1,00	0,86	1,00	0,86
Testigo	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C (+)	—	—	—	—	—	—

B

\* Señala los resultados estadísticamente significativos en un 95% de confianza.

Elaboración propia

En la cuadro 16 se muestra un compendio de todos los resultados obtenidos en el presente trabajo. Donde se muestra su relevancia mientras más signos positivos tenga, ya que su escala va desde el negativo hasta los tres signos positivos.

**Cuadro 16:** Resumen de todos los resultados obtenidos.

Especie vegetal	Concentración	Experimento:				
		Toxicidad Aguda	Toxicidad Crónica		Relación A/P	
		1 <sup>ra</sup> G	1 <sup>ra</sup> G	2 <sup>da</sup> G	1 <sup>ra</sup> G	2 <sup>da</sup> G
Extractos Hidro-alcohólicos	A.a.	5000	-	-	-	-
		10000	-	++	-	-
		15000	-	-	-	-
	B.a.	5000	-	-	-	-
		10000	-	+	-	-
		15000	-	+	-	-
	C.b.	5000	++	-	-	-
		10000	++	-	-	-
		15000	+++	-	++	-
Aceite Esencial	De C.b.	50	-	-	+	-
		100	-	-	-	-
		500	+	-	-	-
		1000	++	-	-	-
		1500	+++	-	-	-

Elaboración propia.



## 10. DISCUSIÓN.

*Clinopodium bolivianum* obtuvo un porcentaje de rendimiento de aceite esencial de 2,8%, al ser la única que presta aceite en cantidad suficiente, la convierte en la de mejor rendimiento. Los mejores porcentajes de rendimiento de extracto hidro-alcohólico son los de *Ambrosia arborescens* con un 12,7% y *Clinopodium bolivianum* con un 12,77%.

El cuadro 16 separa los resultados de acuerdo a toxicidad aguda, toxicidad crónica y relación adulto/pupa, es así que tenemos:

### 10.1. Toxicidad aguda.

Al someter los individuos a la prueba de toxicidad aguda se observa, que el único extracto con este tipo de actividad es el de *Clinopodium bolivianum*. A la vez estos resultados guardan cierta relación considerando las desviaciones estándar, ya que se observan valores algo dispersos a medida que la concentración aumenta. Se puede identificar que 5000ppm es la concentración mínima que produce mortalidad. Esta actividad del extracto podría actuar por inhalación o contacto, aspecto que debería ser identificado en posteriores estudios para optimizar la actividad insecticida para un futuro producto elaborado a base de *Clinopodium bolivianum*.

Con respecto a esta especie, se tiene referencia de su uso tradicional como plaguicida (Caycho J. et al, 2009; Torres y colaboradores, 1993), otros autores muestran que extractos obtenidos de esta especie pueden utilizarse como insecticida (Memorias noviembre, 2011), sin embargo los mismos no hacen diferencia entre la actividad del extracto total de planta o el aceite esencial de la misma, por lo que los resultados obtenidos en el presente trabajo, ayudan a identificar la parte activa de la planta y con ello plantear nuevos estudios para aislar los metabolitos responsables de esta actividad.

Con respecto a *Ambrosia arborescens* y *Brugmansia arborea*, en las tres concentraciones tratadas, no presenta actividad significativa con respecto al control positivo, su tendencia es más hacia el control negativo, por lo que estas especies no resultarían útiles a la hora de seleccionar un insecticida de origen botánico de acción aguda. Pero los resultados mejoran en la toxicidad crónica.

Los aceites esenciales de *Clinopodiumbolivianum*, muestran una actividad exponencial, llegando a ocasionar cerca de un 100% de mortalidad, a partir de la dosis 1000ppm.

Con respecto a las tierras de diatomeas de yacimientos argentinos evaluado como insecticida de bajo riesgo para la salud humana y el ambiente, registrado en numerosos países para la protección de granos almacenados (Fusé C. et al, 2013), donde se manejan solo dos concentraciones evaluadas (700 y 1500ppm), siendo la más efectiva la dosis más alta, a diferencia del presente trabajo cuya dosis efectiva de *Clinopodiumbolivianum* es de 5000ppm como extracto y 500ppm como aceite esencial, lo cual es rescatable, incluso desde el punto de vista de accesibilidad.

## **10.2. Toxicidad crónica.**

De los extractos hidro-alcohólicos, en el caso de *Ambrosia arborescens* se obtiene un 66,67% de actividad, alto con respecto al control negativo, pero no significativa; en su siguiente concentración, a 10000ppm, si presenta actividad estadísticamente significativa. Estos datos son interesantes ya que podría deberse a que ambos datos producen un efecto insecticida indirecto, por la probabilidad de que podrían alterar o afectar los órganos reproductores de los individuos como ocurre en el caso del árbol de Neem. Sin embargo este comportamiento no se ve reflejado cuando la concentración del extracto es mayor (1500ppm).

Con respecto a esta especie vegetal de *Ambrosia arborescens*, presenta reporte de uso más tradicional y no científico (Vera M., 2008; Cerón C., 2006; Peter K. y Alarcón S., 2008) razón por la cual estos resultados son de mucha utilidad, por ser datos descriptivos, podemos además estar de acuerdo con las afirmaciones con respecto a su utilización como insecticida botánico, sin pasar por alto que solo utilizamos extractos, pasando esta especie vegetal por el tratamiento de extracción de aceite, aunque este haya sido en cantidad totalmente insuficiente.

En el caso de *Brugmansia arborea* se tiene que, las dos concentraciones altas (10000ppm y 15000ppm) son estadísticamente significativas, ambos datos de segunda generación; no son datos exponenciales, sino dispersos. Estudios realizados previamente reportaron resultados inversos, en el país hermano del Perú, hacemos referencia a Pérez D. e Iannacone J., quienes obtuvieron resultados no muy prometedores de dicha especie vegetal, por el contrario se insinúa que no sería de mucha utilidad su empleo como insecticida botánico, al ver que ocupa el séptimo lugar de diez especies vegetales evaluadas, en su evaluación con efecto de mortalidad, y el octavo lugar como repelente, resultados reportados el 2006. Pero para Cruz, Rodríguez y Ortiz los resultados fueron contrarios, pues se reportan que de cinco especies vegetales evaluadas, la *B. a.* resulto ser la segunda con mejor actividad insecticida, después de *Nicotiana tabacum* (tabaco), datos reportados el 2011. A la vez estos resultados nos podrían reflejar lo que nos indicaron Pino y Alvis, pero no podemos asegurar que el modo de actuar es el mismo que asegura el artículo, pues ellos evalúan el efecto a nivel del sistema reproductor masculino de ratón, datos publicados el 2009, nosotros no podemos aseverar aquello, pero si podemos mencionar que vimos una disminución en el número de individuos en una segunda generación.

Los extractos de *Clinopodium bolivianum* no muestran actividad en las tres concentraciones evaluadas en la primera y segunda generación, a excepción de la 2da generación a 15000ppm, esto posiblemente se deba a que los compuestos con actividad insecticida de esta planta se encuentran concentrados en el aceite esencial extraído de la misma, produciendo un efecto solo a altas concentraciones en el caso de extractos, como ocurre en la 2da generación de la concentración ya mencionada. También existe referencia de estudios sobre esta especie vegetal completa, el que realizaron Figueroa Soliz y sus colaboradores en la gestión 2005, el cual presenta resultados prometedores, al igual que nosotros, pero se realizó sobre diferente modelo de experimentación.

La actividad presentada por el aceite esencial de *Clinopodium bolivianum* a las concentraciones de 500ppm, 1000ppm, y 15000ppm es parecida a la del control positivo, estos resultados son alentadores, ya que con 500ppm se lograron efectos como insecticida botánico, tan radicales como los obtenidos con un plaguicida químico, pero su radicalidad es más como una toxicidad aguda.

### **10.3. Relación adulto pupa.**

Como se reportaron en otros estudios, uno de los mecanismos de acción del aceite del árbol de Neem es la esterilización de moscas adultas o daño a las siguientes generaciones, volviéndolas inviábiles, a la vez una de nuestras especies en estudio tiene reportes con aparente efecto sobre el sistema reproductor masculino de ratón (Pino J. y Alvis R. , 2009), razón por la cual se realizó una segunda etapa, para la obtención de una segunda generación para observar la probabilidad de una acción parecida por parte de nuestro extracto y el aceite esencial.

El único dato representativo estadísticamente es el de 50ppm del A-E de *Clinopodium bolivianum* (0,41), obtenido en una primera generación, probablemente si sea exponencial, pero no se ve reflejada a 100ppm, solo en sus concentraciones siguientes (500, 1000, 1500ppm), los cuales no tienen datos, ya sea porque las moscas no tienen oportunidad de poner huevos, o estos probablemente sean inviábiles, aun así este dato es no solo significativo, sino muy relevante, debido a que es la mínima concentración evaluada, y aun así presenta un resultado representativo desde el punto de vista estadístico.

Es por este resultado que se puede considerar un posible punto de corte o sensibilidad en el ciclo biológico, en el paso de pupa a adulto, es decir que aproximadamente un 60% de pupas no pasaron a ser moscas adultas. Si bien no contamos con este tipo de evaluación en artículos para las especies evaluadas, para interpretar los resultados no basamos en los artículos de la metodología (Granados H., Peláez J., et al, 2002; Peñaloza G. y Peláez C., 2008; Murillo, Araque y Peláez, 2012), más que todo para la interpretación de resultados, los cuales se basan en tratamientos estadísticos de Tukey y Duncan, y de acuerdo a ello existe una alusión de una actividad como punto de corte en el ciclo vital de la mosca, en el paso de pupa a adulto. Pero para aseverar aquello se debe considerar la evaluación específica de este aspecto, posterior a la finalización del presente trabajo.

## 11. CONCLUSIONES.

### 11.1. Conclusión general.

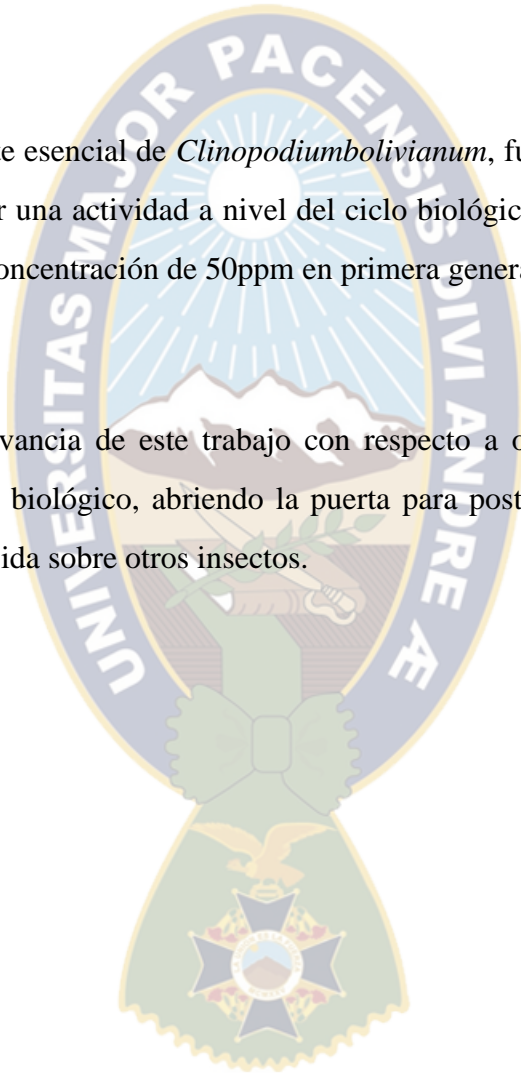
Las tres especies vegetales en estudio, *Ambrosia arborescens*, *Brugmansia arbórea* en forma de extracto y *Clinopodium bolivianum*, sea como extracto o aceite esencial, presentan actividad como insecticidas botánicos. Siendo la más prometedora *Clinopodium bolivianum* en toxicidad aguda y *Ambrosia arborescens* como toxicidad crónica, ambas con una actividad cercana al S-Kemata (insecticida químico).

### 11.2. Conclusiones específicas.

- ↪ De las tres especies vegetales evaluadas, sólo se obtuvo aceite esencial en cantidad experimentable de *Clinopodium bolivianum*, con un rendimiento de 2,8%. Y en extractos hidro-alcohólicos los rendimientos fueron: *Ambrosia arborescens* con 12,7%, *Brugmansia arborea* con 8,89% y *Clinopodium bolivianum* 12,77%.
- ↪ En toxicidad aguda, la más prometedora es *Clinopodium bolivianum*, debido a que presenta actividad insecticida aguda como extracto hidro-alcohólico a partir de una concentración de 10000ppm y del aceite esencial a partir de 500ppm.
- ↪ Como extracto hidro-alcohólico, presentan actividad insecticida crónica, en orden de mayor a menor: *Ambrosia arborescens* y *Brugmansia arborea* a 10000ppm; *Clinopodium bolivianum* y *Brugmansia arborea* a 15000ppm, produciendo la reducción del número de individuos de la segunda generación.



- ↪ El aceite esencial de *Clinopodium bolivianum* fue el resultado más relevante, con su aparente actividad a 500ppm, 1000ppm y 1500ppm donde no se tiene ni primera ni segunda generación, porque las moscas mueren, lo que nos sugiere una acción sobre todo de tipo agudo.
- ↪ El aceite esencial de *Clinopodium bolivianum*, fue el único en el que se pudo apreciar una actividad a nivel del ciclo biológico en la relación adulto/pupa, a una concentración de 50ppm en primera generación.
- ↪ La relevancia de este trabajo con respecto a otros es su estudio sobre un modelo biológico, abriendo la puerta para posteriores pruebas de actividad insecticida sobre otros insectos.





## 12. GLOSARIO.

**Abiótico:** Se dice del lugar y condición impropios para la vida y de la reacción química que no requiere de la intervención de los seres vivos.

**Agrosistemas:** O ecosistema agrícola, puede caracterizarse como un ecosistema sometido por el hombre a continuas modificaciones de sus componentes bióticos y abióticos, para la producción de alimentos y fibras.

**Bioacumulación:** En toxicología, bioacumulación es el proceso de acumulación de sustancias químicas en organismos vivos de forma que estos alcanzan concentraciones más elevadas que las concentraciones en el medio ambiente o en los alimentos.

**Biocida:** Se denomina así a las sustancias químicas sintéticas o de origen natural o microorganismos que están destinados a destruir, contrarrestar, neutralizar, impedir la acción o ejercer un control de otro tipo sobre cualquier organismo considerado nocivo para el hombre.

**Biodegradabilidad:** Capacidad de un compuesto o materia de ser destruido por las bacterias u otros agentes biológicos

**Biodiversidad:** Diversidad de las especies vivientes y de sus caracteres genéticos

**Biomagnificación:**

**Ecdisonormona:** Proveniente de la ecdisona, hormona que determina la muda de las larvas de insectos y crustáceos.

**Emenagogas:** Medicamentos o tratamientos que provoca o regula la menstruación.

**Enfermedad de podredumbre ácida:**

**Espatiforme:** Término botánico portugués, que tienen forma de espada.

**Fitófagos:** Se dice del animal que se nutre de materias vegetales

**Foliare:** Relativo a las hojas

**Gerbert:** Marca de papilla para bebe, que vienen en frascos de vidrio de 100mL.

**Hematófago:** Dicho de un animal: Que se alimenta de sangre, como muchos insectos chupadores, y, entre los mamíferos, los vampiros.

**Histolítico:** agente capaz de destruir de forma no patológica de los tejidos vivos

**Imbricadas:** Se dice de las cosas sobrepuestas de modo que se cubren parcialmente, como las tejas de un tejado, las escamas de los peces, etc.

**Insecticida químico:** Los plaguicidas sintéticos son sustancias creadas en laboratorios que se utilizan para controlar o erradicar insectos que pueden llegar a ocasionar cualquier tipo de plagas que pueden afectar en forma negativa a la producción agrícola.

**Insectistático:** Cuando la actividad es más por inhibición del desarrollo normal de los insectos.

**Isómero:** Se dice del compuesto que tiene la misma composición química y la misma masa molecular, pero diferentes propiedades físicas y estructura atómica que otra.

**Mantos freáticos:** Capa de agua subterránea formada por la filtración de la aguas de lluvia, que alimenta los manantiales.

**Oidio:** Enfermedad de la vid y otras plantas causada por hongos ascomicetes del mismo nombre y caracterizada generalmente por la aparición de un polvo grisáceo en la superficie de los órganos parasitados

**Pesticida:** Se dice del producto que sirve para eliminar los parásitos animales y vegetales de los sinónimos

**Plagas secundarias:** Se denomina así a las plagas donde el control de estas no determina nuestros programas de IPM (El manejo integrado de plagas).

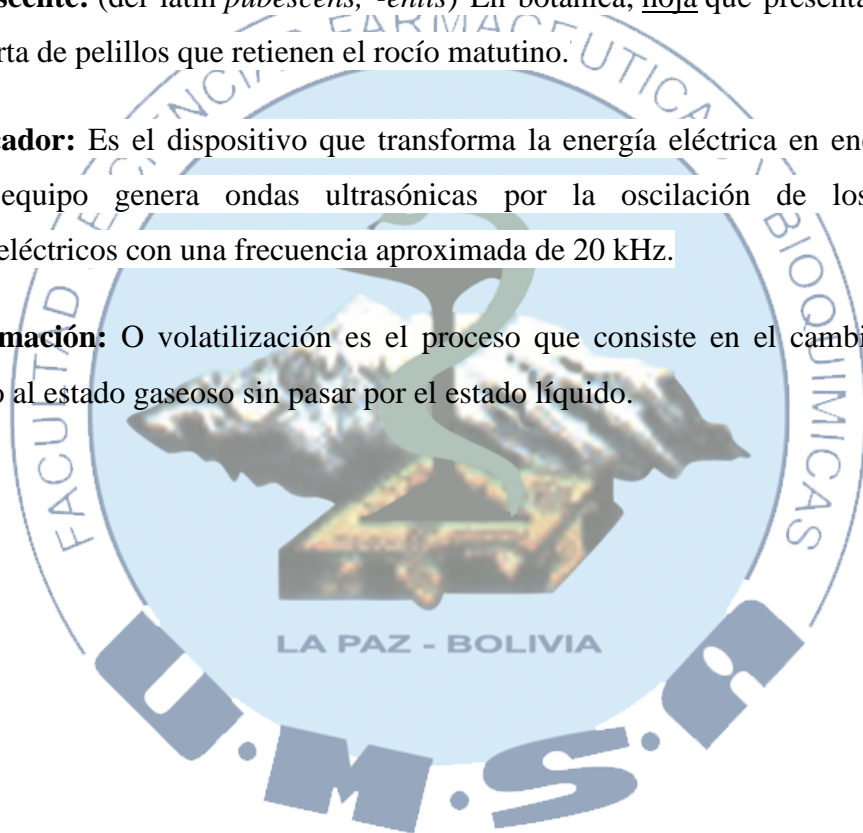
**Plaguicida:** Sinónimo de pesticida.

**Protorácica:** Antes del torax.

**Pubescente:** (del latín *pubescens, -entis*) En botánica, hoja que presenta una superficie cubierta de pelillos que retienen el rocío matutino.

**Sonicador:** Es el dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía mecánica, este equipo genera ondas ultrasónicas por la oscilación de los transductores piezoeléctricos con una frecuencia aproximada de 20 kHz.

**Sublimación:** O volatilización es el proceso que consiste en el cambio de estado de sólido al estado gaseoso sin pasar por el estado líquido.



### 13. BIBLIOGRAFÍA:

- ✚ Alonso, J. (2004). *Tratado de Fitofármacos y Nutracéuticos*. (pp. 472). Rosario - Argentina. Corpus Libros.
- ✚ Alvarado, B. (2007). Plantas medicinales de la Cordillera Negra. *Revista de la Academia Peruana de Salud*, 14(2) 53-63.
- ✚ Álvarez, L. (2008). Borrachero, cacao sabanero o Floropondio (*Brugmansiaspp.*) un grupo de plantas por redescubrir en la biodiversidad Latinoamericana. *Cultura y Droga*, 13(15) 77-93.
- ✚ Badii, M. y Landeros, J. (2007). Plaguicidas que afectan a la salud humana y la sustentabilidad. *Revista Cultura Científica y Tecnológica (CULCyT)/ Toxicología de Plaguicidas*, 4(19) 21-34.
- ✚ Balderrama, L. (1982). *Contribución al estudio químico de la satureja boliviana*. Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Ciencias Puras y Naturales, La Paz, Bolivia.
- ✚ Benavides, A.; Hernández R.; Ramírez H.; Sandoval A. (2010). *Tratado de Botánica Económica Moderna* (1ª. ed.). Buenavista, Saltillo, Coahuila – México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- ✚ Bonifaz, L. (2010). Determinación de la Actividad Insecticida de la Saponina de Quinoa (*ChenopodiumQuinoa*) Hidrolizada y no Hidrolizada Sobre *Drosophila melanogaster*. Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Ciencias Escuela de Bioquímica y Farmacia, Riobamba, Ecuador.
- ✚ Carmona, O. (2013). Actividad insecticida de extractos foliares de nueve especies del género Piper L. (Piperaceae) sobre *Drosophila melanogaster*. Tesis de grado, Universidad Veracruzana - Facultad de Biología, Xalapa, Veracruz.
- ✚ Caycho, J.; Arias, A.; Oswald, A.; Esprella, R.; Rivera, A.; Yumisaca, F.; Andrade, J. (2009). Tecnologías sostenibles y su uso en la producción de papa en la región alto andina. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 15(1) 20-37.

- ✚ Cázares, J. (2006). Actividad en *Drosophila melanogaster* Sitophiluszeamais (insecta) de aceites esenciales de plantas usadas para combatir insectos en Hidalgo. Tesis de grado, Universidad autónoma del estado de Hidalgo Instituto de Ciencias Básicas e ingeniería, Pachuca de Soto, Hidalgo.
- ✚ Cerón, C. (2007). Plantas medicinales de los Andes Ecuatorianos. *Revista de la Academia Peruana de Salud*, 14(2) 285-293.
- ✚ Cortés, H. (2011). Ventajas y Desventajas de los Insecticidas Químicos y Naturales (1ª. ed.). Veracruz: Universidad Veracruzana
- ✚ Cruz, P. (2009). Elaboración y control de Calidad del Gel Antimicótico de Manzanilla (*Matricaria chamomilla*), Matico (*Aristiguetia glutinosa*) y Marco (*Ambrosia arborescens*) Para Neo-Fármaco. Tesis de grado, Escuela Superior de Chimborazo Facultad de Ciencias Escuela de Bioquímica y Farmacia, Riobamba, Ecuador.
- ✚ Cruz, A.; Rodríguez C.; Ortiz C. (2011). Efecto insecticida *in Vitro* del extracto etanólico de algunas plantas sobre la mosca adulta *Haematobia irritans*. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 16(3) 216-226.
- ✚ Espinoza, H.; Zamora, H.; Molina, L.; González, D. (2004). ANTECEDENTES DE LOS PLAGUICIDAS. En Inventario Nacional de Plaguicidas (pp. 26-36). Nicaragua: LA PRENSA.
- ✚ Escudero, L.; Bosch, D.; Batllori, Ll. (2012). *Drosophila suzukii*, una nueva plaga de los frutales. *Cultivos frutales, Vida RURAL*. 19(347) 18-22.
- ✚ Espinoza, A.; Vaquerano, B.; Torres, R.; Montiel, H. (2013). Efectos de los plaguicidas en la salud y el ambiente en Costa Rica. Organización Panamericana de la Salud, Ministerio de Salud y Oficina regional de la Organización Mundial de la Salud. San José – Costa Rica 2003:1-36 pág.
- ✚ Fernández, C.; Juncosa, R. (2002). Biopesticidas: ¿La agricultura del futuro?. *Futureco BiocienciaSl.*, 224(2) 14-19.



- ✚ Fernández, E. (2006). Identificación e Inventariación de Especies del Jardín Botánico. Consultoría Individual Cochabamba, Bolivia, pp.35.
- ✚ Figueroa, N.; Estevez, T.; Giménez, A. (1995) Propiedades antibacterianas, antimicóticas e insecticidas de aceites esenciales de especies vegetales aromáticas nativas. *BIOFARBO*, 4: 51-62.
- ✚ Fusé, C.; Villaverde, M.; Padín, S.; De Giusto, M.; Juárez, M. (2013). Evaluación de la actividad insecticida de tierras de diatomeas de yacimientos argentinos. *RIA*, 39(2) 207-213.
- ✚ Granados, H; Sáez J.; Robles, R.; Vázquez, L.; Moreno, E; Acevedo, J.; Peláez, C.; Callejas, R. (2002). EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD INSECTICIDA DE EXTRACTOS DE *Piper grande*Vahl (PIPERACEAE) EN EL MODELO BIOLÓGICO: *Drosophila melanogaster*. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 55(2) 1601-1613.
- ✚ Guerrero, A. (2013). Las moscas de la fruta Obtención, mantenimiento y cría de este popular alimento para pequeñas mascotas. *Revista de la SEC*, 1(1) 17-23.
- ✚ Huerta, A.; Chiffelle, I.; Lizana, D.; Araya, J. (2008). Actividad insecticida de extractos del fruto de *MeliaAzedarach* en distintos estados de madurez sobre *Drosophila melanogaster*. *Boletín de Sanidad Vegetal-Plagas*, 34: 425-432.
- ✚ Lizana, D. (2005). Elaboración y Evaluación de Extractos del Fruto de *MeliaAzedarach L.* Como Insecticida Natural. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal. Universidad De Chile Facultad De Ciencias Forestales Escuela De Ciencias Forestales Departamento De Silvicultura. Santiago, Chile.
- ✚ Maggi, E. (2004). Insecticidas naturales. Laboratorio de Química Fina y Productos Naturales, agencia Córdoba Ciencia-Unidad CEPROCOR.
- ✚ Memorias. (2011). II ENCUENTRO SOBRE PLANTAS MEDICINALES EN BOLIVIA: INVESTIGACIÓN Y TERAPEÚTICA, CURSO DE



ACTUALIZACIÓN EN DIABETES. Proyecto Plantas Medicinales Como Recursos Terapéuticos en Bolivia. Universidad mayor de San Andrés. 1(1) 21.

- ✚ Ministerio de Salud de la Nación Argentina. (2005). Protocolo de evaluación de efecto insecticida y monitoreo de resistencia en *Triatoma infestans*. Plan Nacional de Gestión de Plaguicidas de uso sanitario. Argentina.
- ✚ Murillo, W.; Araque, P.; Peláez, C. (2012). Actividad Fungicida e Insecticida de Emulsiones Agua/Aceite de Mezclas de Extractos de *Nicotianatabacum*, *Azadirachta indica* y *Eucalyptustereticornis*. Centro de Información Tecnológica, 23(1) 139-152.
- ✚ Murillo, W.; Araque, P.; Henao, B.; Peláez, C. (2013). Actividad insecticida de una emulsión aceite/agua del aceite esencial de *Eucalyptustereticornis*. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 18(1) 109-117.
- ✚ Navarro, G. (2011). *Clasificación de la Vegetación de Bolivia*. La Paz: Fundación Sión I. Patiño.
- ✚ Olivera, P.; Tamariz, C.; Castillo, F.; Choy, M. (2011). Características de suelo y usos tradicionales de especies vegetales en la Provincia de Huaraz, Ancash, Perú. *REVISTA ECIPERU*. 8(1) 44-47.
- ✚ Osuna, E. (2001). Memoria: Potencialidades y manejo del neem. Memoria del XXX Aniversario del Campo Experimental Todos Santos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional del Noroeste, Campo Experimental Todos Santos y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, La Paz, Baja California Sur – México.
- ✚ Peñaloza, G.; Peláez, C. (2008). Evaluación De La Actividad Biológica de Extractos de *CrotalariaJuncea* Mediante el Modelo *Drosophila melanogaster*. *Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*, 2(15) 279-284.
- ✚ Pérez, D.; Iannacone, J. (2006). EFECTIVIDAD DE EXTRACTOS BOTÁNICOS DE DIEZ PLANTAS SOBRE LA MORTALIDAD Y REPELENCIA DE LARVAS De *Rhynchophoruspalmarum* L., INSECTO PLAGA DEL

- PIJUAYO *Bactris gasipaes* KUNTH EN LA AMAZONÍA DEL PERÚ, 66(1) 21-30.
- ✚ Pérez, E. (2012). PLAGUICIDAS BOTÁNICOS: UNA ALTERNATIVA A TENER EN CUENTA. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 16(1) 50-59.
  - ✚ Peter, L.; Alarcón, D. (2008). Plantas tóxicas. Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador, 99-104.
  - ✚ Petitpierre, E. (1997). *Drosophila* y otros insectos en la investigación genética. *Revista Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (Bol S. E. A.)*, 1(20) 401-403.
  - ✚ Pino, J.; Alvis, R. (2009). Efecto de *Brugmansia arborea* (L.) Lagerheim (Solanacea) en el sistema reproductor masculino del ratón". *Revista Peruana de Biología*, 15(2)125-128.
  - ✚ Ramírez, J.; Lacasaña, M. (2001). Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición. *Archivos de Prevención de Riesgo Laborales (Arch. Prev. Riesgos Labor.)*, 4(2) 67-75.
  - ✚ Reynel, C. (1988). *Plantas para Leña en el Sur-occidente de Puno* (1ª. ed.). Puno, Perú: Proyecto arbolandino.
  - ✚ Rodríguez, F. (2009). Plagas y enfermedades de la viña en vegetación, Métodos de lucha. *Agro-Cabildo, Cabildo tener más fe*, 1((1) 1-26
  - ✚ Rodríguez P. (1996). *Plagas y Enfermedades de la Vid en Canarias* (3ª ed.). Cuadernos de divulgación, Islas Canarias, España.
  - ✚ Sánchez, J.; Sánchez M. (1987). *LOS PLAGUICIDAS. ADSORCIÓN Y EVOLUCIÓN EN EL SUELO* (1ª ed.). Temas de divulgación, Salamanca.
  - ✚ Seeman B.; Gupta M. (1981). Evaluación de las Plantas Medicinales de uso Folklórico en la República de Panamá: Estudio etnobotánico y fitoquímico. *CEDECANI/A. I. D*, 15

- ✚ Silva, G.; Lagunes, A.; Rodríguez, J.; Rodríguez, D. (2002). Insecticidas vegetales una vieja y nueva alternativa para el manejo de plagas. *Foro, Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 1(66) 4-12.
- ✚ Torres, H.; Borel, R.; Bustamante, N.; Centeno, N. (1993). USOS TRADICIONALES DE ARBUSTOS NATIVOS EN EL SUR DE PUNO. *Documento RDFN*, 1(16) 7-14.
- ✚ Urrunaga, R.; Urrunaga, E.; Acurio, L. (1995). Investigación de la *Satureja Boliviana* Planta Medicinal Andina. *SITUA*, 3(5) 57-60.
- ✚ Vacas, S. (2011). Uso de semioquímicos en el control de plagas. Estudios básicos y de aplicación. Tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Valencia, España.
- ✚ Vera, M. (2008). ESTUDIO FITOQUÍMICO DE UNA PLANTA DE LA FLORA DEL ECUADOR: *Ambrosia arborescens*. Tesis de grado para Ingeniero en Biotecnología, Escuela politécnica del Ejército-Departamento De Ciencias De La Vida Ingeniería En Biotecnología, Sangolquí, Ecuador.
- ✚ Vidaurre, P.; Paniagua, N.; Moraes, M. (2006). Etnobotánica en los Andes de Bolivia. *Botánica económica de los Andes Centrales*, 224-238.
- ✚ Villamil, D.; Naranjo, N.; Van, M. (2012). Efecto Insecticida del Extracto de Semillas de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) sobre *Collariascenica*Stal (*Hemiptera: Miridae*). *Entomologistas do Brasil*, 5 (2) 125-129.
- ✚ Viñuela, E.; Adán, A.; González, M.; Budía, F.; Smaghe, G.; del Estal, P. (1998). Spinosad y azadiractina: efectos de dos plaguicidas de origen natural en el chinche depredador *Podisus maculiventris* (Say) (*Hemiptera: Pentatomidae*). *Boletín de sanidad vegetal Plagas* (Bol. San. Veg.), 24 57-66.
- ✚ Viturro, C.; Molina, A.; Heit, C.; Elechosa, M.; Molina, M.; Juárez, M. (2007). Evaluación de la Composición de los Aceites Esenciales de *Satureja boliviana*, *S. odora* y *S. parvifolia*, Obtenidos de Colectas en Tucumán, Argentina. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas medicinales y Aromáticas*, 6(5) 288-289.

### **Bibliografía web:**

- ✚ Plaguicidas sintéticos: clasificación y características de sus compuestos. Recuperado el 14 de abril de 2014, desde <http://www.plagasydesinfeccion.com/plaguicidas/plaguicidas-sinteticos.html>.
- ✚ Plaguicidas y Salud: Una Relación Poco Conocida. Recuperado el 14 de Abril de 2014, desde <http://www.leonismoargentino.com.ar/Eco2.htm>
- ✚ *Brugmansia arborea*. Recuperado el 17 de Febreo de 2012, desde [http://es.wikipedia.org/wiki/Floripondio\\_blanco](http://es.wikipedia.org/wiki/Floripondio_blanco).
- ✚ Árbol de las trompetas, Trompetero, Floripondio blanco, Trompeta del Juicio, Estramonio, Estramonios, *Brugmansia arborea*. Recuperado el 15 de Julio de 2013, desde <http://fichas.infojardin.com/arbustos/brugmansia-arborea-arbol-de-trompetas.htm>.
- ✚ ¿Qué es el floripondio? Recuperado el 25 de Junio de 2012, desde <http://nuevavida.salud.gob.mx/que-es-el-floripondio/>
- ✚ Miller, C. (2000). *Drosophila melanogaster*. Recuperado el 17 de Julio de 2013, desde [http://animaldiversity.ummz.umich.edu/accounts/Drosophila\\_melanogaster/](http://animaldiversity.ummz.umich.edu/accounts/Drosophila_melanogaster/).
- ✚ Treviño, J. *Drosophila*. Recuperado el 4 de Abril de 2013, desde <http://etimologias.dechile.net/?drososfila>.
- ✚ Moltó, M. Qué ofrece *Drosophila* como modelo de estudio de las enfermedades neurodegenerativas. Recuperado el 31 de Enero de 2012, desde [http://www.segenetica.es/curso\\_g\\_humana/MOLTO\\_MDOLORES.PDF](http://www.segenetica.es/curso_g_humana/MOLTO_MDOLORES.PDF).
- ✚ Destilación por arrastre con vapor. Q. Orgánica I (1311). Recuperado el 27 de Abril de 2012, desde <http://www.iocd.unam.mx/organica/1311/1311pdf10.pdf>.
- ✚ Carmona, A. Evaporación Por Rotavapor. Recuperado el 2 de febrero de 2012, desde <http://www.buenastareas.com/ensayos/Evaporacion-Por-Rotavapor/421839.html>



- ✚ Almache, R. (2011). Monografía: Proceso de liofilización. Recuperado el 17 de julio de 2013, desde <http://www.buenastareas.com/ensayos/Liofilizacion/2149601.html>.
- ✚ De Camey, C; Melendez, A. (Marzo, 2014). Contaminación de los Alimentos. Recuperado el 10 de abril de 2014, desde <http://junkabalchef1.blogspot.com/2014/03/contaminacion-de-los-alim.html>.
- ✚ Trejo, J. Insecticidas biológicos u orgánicos. Recuperado el 15 de Julio de 2014 desde <http://es.slideshare.net/JorgeTrejoCanelo/insecticidas-biologicos-u-organicos#>
- ✚ *Drosophila melanogaster*. Recuperado el 25 de Septiembre de 2014, desde [http://es.wikipedia.org/wiki/Drosophila\\_melanogaster](http://es.wikipedia.org/wiki/Drosophila_melanogaster).
- ✚ Plagas Urbanas, Fichas Técnicas. Recuperado el 15 de Diciembre del 2012, desde [http://www.serfumex.com.mx/plagas\\_urbanas.pdf](http://www.serfumex.com.mx/plagas_urbanas.pdf)
- ✚ El Neem en la salud animal y en el control de plagas. Recuperado el 27 de Mayo de 2014, desde [http://vinculando.org/articulos/el\\_neem\\_en\\_la\\_salud\\_animal\\_y\\_en\\_el\\_control\\_de\\_plagas.html](http://vinculando.org/articulos/el_neem_en_la_salud_animal_y_en_el_control_de_plagas.html).
- ✚ Ficha Técnica - Aceite de Neem. Recuperado el 27 de mayo de 2014, desde <http://www.greenideas.es/pdf/Ficha%20T%C3%A9cnica%20del%20Aceite%20de%20Neem.pdf>.
- ✚ Romero, R. Ficha Técnica DINAMIN. Recuperado el 27 de Mayo de 2014, desde [http://ibcer.com/images/docs/104\\_FT\\_DINAMIN\\_ES.pdf](http://ibcer.com/images/docs/104_FT_DINAMIN_ES.pdf).
- ✚ De Castro, R. Albiar: Tratamientos bioecológicos. Recuperado el 27 de Mayo de 2014, desde <http://www.albiar.com.pdf>
- ✚ Las especies del género Brugmansia cultivadas en España. Recuperada el 14 de Julio de 2014, desde <http://www.arbolesornamentales.es/Brugmansia.htm>
- ✚ Neemproducts. Recuperado el 27 de Mayo de 2014, desde <http://www.neemaloeproduct.com/visor.php?id=46>



## ANEXOS.

### ANEXO I: Documento de catalogación de las especies vegetales en estudio.

PLANTAS COLECTADAS POR: E.GONZALES D. & P.Mamani - I.I.F.B. (LA PAZ)



Determinadas en: Herbario Nal. de Bolivia

Fecha : marzo de 2013

1 Plantaginaceae	Plantago major L.	det./rev. R.de Michel
2 Plantaginaceae	Plantago major L.	det./rev. R.de Michel
3 Labiatae	Clinopodium bolivianum (Benth.) Kuntze	det./rev. R.de Michel
4 Lauraceae	Persea americana Mill.	det./rev. R.de Michel
5 Lauraceae	Persea americana Mill.	det./rev. R.de Michel
6 Compositae	Matricaria chamomilla L.	det./rev. R.de Michel
7 Compositae	Matricaria chamomilla L.	det./rev. R.de Michel
8 Compositae	Sonchus oleraceus L.	det./rev. R.de Michel
9 Compositae	Taraxacum officinale F.H. Wigg.	det./rev. R.de Michel
10 Compositae	Taraxacum officinale F.H. Wigg.	det./rev. R.de Michel
11 Anacardiaceae	Schinus molle L.	det./rev. R.de Michel
12 Anacardiaceae	Schinus molle L.	det./rev. R.de Michel
13 Euphorbiaceae	Ricinus communis L.	det./rev. R.de Michel
14 Euphorbiaceae	Ricinus communis L.	det./rev. R.de Michel
15 Solanaceae	Brugmansia arborea (L. ) Lagerh.	det./rev. R.de Michel
16 Solanaceae	Brugmansia arborea (L. ) Lagerh.	det./rev. R.de Michel
17 Compositae	Ambrosia arborescens Mill.	det./rev. R.de Michel
18 Compositae	Ambrosia arborescens Mill.	det./rev. R.de Michel
19 Compositae	Ambrosia arborescens Mill.	det./rev. R.de Michel
20 Umbelliferae	Apium graveolens L.	det./rev. R.de Michel

Herbario Nacional de Bolivia



**ANEXO II:** Documento de catalogación del modelo de experimentación.



*Dynastes satanas Moser*

**COLECCIÓN BOLIVIANA DE FAUNA**

**CONVENIO: INSTITUTO DE ECOLOGÍA – MUSEO NACIONAL DE HISTORIA NATURAL**

---

**CERTIFICADO**

El suscrito Director de la Colección Boliviana de Fauna (CBF), convenio entre el Museo Nacional de Historia Natural y el Instituto de Ecología de la Universidad Mayor de San Andrés.

**CERTIFICA QUE:**

El señor Lic. Miguel Limachi, investigador asociado de la Sección de Invertebrados de la CBF con cédula de identidad No. 4809587 LP., ha trabajado en la identificación especímenes pertenecientes a la tesis de la universitaria Alina Espinoza Choque, con C.I. 6169463 LP., de la carrera de Bioquímica de la Universidad Mayor de San Andrés, titulada: "Determinación de la actividad insecticida de los aceites esenciales y extractos hidroalcohólicos de especies naturales de Floripondio, Khoa y Altamisa, en el modelo *Drosophila melanogaster* Meigen".

Datos de identificación van en hoja adjunta.

En cuanto certifico para fines consiguientes.



Lic. M. Isabel Gómez  
DIRECTORA

**COLECCIÓN BOLIVIANA DE FAUNA**



## COLECCIÓN BOLIVIANA DE FAUNA

CONVENIO: INSTITUTO DE ECOLOGÍA – MUSEO NACIONAL DE HISTORIA NATURAL

---

**Tabla 1.** Datos taxonómicos de los especímenes identificados

Taxa	Identificación
Orden	Diptera
Familia	Drosophilidae
Género	<i>Drosophila</i>
Sub género	<i>Sophophora</i>
Especie	<i>Drosophila melanogaster</i> Meigen

---

Casilla (P.O. Box) 8706 – La Paz, Bolivia  
Calle 27 Cota Cota, Campus Universitario s/n • Tel. 2795364, Interno 5 • Fax 591 – 2770876

Colección Boliviana de Fauna

### ANEXO III: Ficha técnica del control positivo, S-Kemata.



## FICHA TECNICA DE S-KEMATA 600 SL

### 1. GENERALIDADES

a) Nombre comercial	:	S-KEMATA 600 SL
b) Ingrediente activo	:	Metamidophos
c) Clase de uso	:	Insecticida
d) Grupo	:	Organo fosforado
e) Formulación	:	Concentrado soluble
f) Composición química	:	O,S – dimethyl phosphoroamidothioate (Methamidophos) 600 g/L Inertes 570 g/L

### 2. PROPIEDADES FISICO – QUIMICAS

a) Aspecto	:	Líquido translúcido
b) Color	:	Incoloro
c) Olor	:	Pungente.
d) Estabilidad en almacén	:	A 54°C ± 2°C por 14 días el ingrediente activo no baja a menos del 95% de su concentración.
e) Densidad	:	1,20 – 1.30 g/ml a 25 °C
f) Corrosividad	:	No corrosivo
g) Inflamabilidad	:	No inflamable
h) Compatibilidad	:	Es compatible con la mayoría de plaguicidas y fertilizantes foliares de uso común, exceptuando los de reacción alcalina.

### 3. TOXICOLOGIA

a) DL <sub>50</sub> oral aguda	:	20 mg/kg
DL <sub>50</sub> dermal aguda	:	423 mg/kg
b) Categoría toxicológica	:	Ib Altamente peligroso
c) Antídoto en caso de Intoxicaciones	:	Aplicar Sulfato de atropina. 2-PAM (PROTOPAM) también es antídoto pero debe ser usado conjuntamente con la atropina.
d) Precauciones para su uso :	:	No comer, beber ni fumar durante las operaciones de preparación y aplicación. Conservar el producto en el envase original, etiquetado y cerrado.

#### TECNOLOGIA QUIMICA Y COMERCIO S.A.

Av. Separadora Industrial Mz. "E" Lt. 12 Urb. Sta. Raquel 2da Etapa, Ate, Lima – Peru  
Apartado 2421 Lima 100 – Peru. Telf.: 51(1)348-1103 Fax: 51(1)348-1020 e-mail: cliente@tqc.com.pe



No almacenar ni transportar conjuntamente con alimentos, medicinas, bebidas ni forrajes. Después de usar el producto cambiese, lave la ropa contaminada y báñese con abundante agua y jabón. Utilice ropa protectora durante el manipuleo y aplicación y para ingresar al área tratada en las primeras 48 horas. Antes de quitarse los guantes, lavarlos con agua y jabón. No destapar con la boca las boquillas obstruidas. El producto es nocivo por ingestión, contacto con la piel o por inhalación.

- 4. MECANISMO DE ACCION** : Es un insecticida sistémico que actúa por contacto e ingestión.
- 5. MODO DE ACCION** : Los organofosforados producen toxicidad por inhibición de la acetilcolinesterasa (ACh) la enzima responsable de la destrucción y terminación de la actividad biológica del neurotransmisor acetilcolina (AC). Con la acumulación de la AC se altera el funcionamiento normal del impulso nervioso.
- 6. FITOTOXICIDAD** : No es fitotóxico en los cultivos y dosis recomendadas.
- 7. MODO DE APLICACIÓN** : Se aplica en pulverizaciones en mezcla con agua. Las aplicaciones pueden hacerse con cualquier equipo de aspersión terrestre en forma uniforme procurando cubrir todo el follaje.





## 10. USOS Y DOSIS

CULTIVO	PLAGAS		DOSIS ml/cil	P.C. (días)	L.M.R. (ppm)
	Nombre común	Nombre técnico			
Ají, Rocoto, pimiento	"Gusano del fruto"	<i>Symmetrischema capsicum</i>	400 – 600	21	2 1
Alfalfa, Frijol	"Barrenador del brote"	<i>Epinotia aporema</i>	400 – 600	21	2 0.05
Maíz, Sorgo	"Cogollero"	<i>Spodoptera frugiperda</i>	400 – 600	21	0.5
Melón	"Gusano de tierra" "Barrenador de guías"	<i>Agrotis ypsilon</i> <i>Diaphania nitidalis</i>	400 – 600	21	---
Marygold, Tomate	"Caracha" o "Prodiplosis"	<i>Prodiplosis longifila</i>	500 – 750	21	2 1
Habas, Marygold	"Mosca barrenadora"	<i>Melanagromyza lini</i>	600 - 800	21	2
Papa	"Polilla" "Gorgojo de los Andes"	<i>Phthorimaea operculella</i> <i>Premnotrypes suturicallus</i>	400 – 600	21	0.05
Tomate	"Polilla" "Gusano de hoja"	<i>Tuta absoluta</i> <i>Spodoptera eridania</i>	400 – 600	21	1
Té	"Gusano de hoja"	<i>Zale</i> sp.	400 – 600	n/d	n/d

Las dosis indicadas son para equipos manuales. Para atomizadoras duplicar la dosis, utilizando la suficiente cantidad de agua.

**11. MOMENTOS DE APLICACIÓN:** Aplicar cuando se observen los primeros daños de la plaga o cuando aparezcan los primeros insectos a controlar. Repetir si es necesario cuando se observe una reinfestación con un intervalo de 7 a 12 días.

**12. PERIODO DE REINGRESO :** Esperar un mínimo de 48 horas después de la aplicación del producto antes de ingresar al área tratada.

**13. N° DE REGISTRO SENASA :** 357-97-AG-SENASA



**I. FORMULADOR/DISTRIBUIDOR:** Tecnología Química y Comercio S.A.  
Av. Separadora Industrial Mz. "E"  
Lote 12, Urb. Santa Raquel -2ª. Etapa - Ate  
Telf. 348-1103 Fax: 348-1020  
Lima - Perú

Tecnología Química y Comercio S.A.

