UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

Evaluación de la toxicidad de extractos de *Brugmansia arborea* (L.) Lagerh, 1895 y *Salix humboldtiana* (Willdenow, 1806) para el control de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) en condiciones de laboratorio Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

Meliza Alexandra Pérez Vela

Facultad de ciencias básicas

Programa de biología

2024

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

Evaluación de la toxicidad de extractos de *Brugmansia arborea* (L.) Lagerh, 1895 y *Salix humboldtiana* (Willdenow, 1806) para el control de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) en condiciones de laboratorio Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

Meliza Alexandra Pérez Vela

C.C. 1116797702

Trabajo de grado realizado en modalidad de investigación presentada como requisito parcial para optar al título de biólogo

Tutor I.A. Doctor Entomólogo. Humberto Giraldo Vanegas

Facultad de ciencias básicas

Programa de biología

2024

DEDICATORIA

A mi madre Nubia Virginia Pérez Vela y mis hermanos Consuelo Méndez, Leonardo Perez, Isabel Pérez y a Daniela Pérez que me han apoyado en todo mi transcurso de mi vida y educación, mis tres sobrinos Jhonner García, Paula Andrea Luna y Yesid Riscanevo quienes quiero más que a nada en este mundo y a quien considero como mi ángel guardián Edwin Julián Santos Villamil que han estado de forma incondicionalmente en el transcurso de mis sueños y metas, por el afecto y amor que me demuestran a diario y por los consejos que me forjan para servir a la sociedad, y a mis amigos David Peñuela, Luisa Fernanda Maldonado que me ayudaron y aconsejaron en la realización de trabajo de grado.

AGRADECIMIENTO

"Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a los distinguidos docentes de la Facultad de Ciencias básicas del programa de biología, cuyo compromiso y dedicación han sido fundamentales en mi trayectoria académica. A lo largo de estos años, su invaluable orientación y enseñanzas han sido la piedra angular en mi formación, permitiéndome adquirir un conocimiento sólido y aplicable en el campo de estudio.

Asimismo, deseo expresar mi gratitud a mi estimado tutor de tesis, al Dr. Humberto Giraldo Vanegas. Su apoyo constante, sabio consejo y fe en mis capacidades han sido fundamentales en la realización de este proyecto. Su compromiso y dedicación han sido una inspiración para mí y han contribuido en gran medida al éxito de este trabajo, también a mis dos compañeros Johan Mora y a Daniel Rodríguez por su apoyo en mi proceso de tesis.

A todas las personas que me acompañaron en este proceso mi más sincero reconocimiento y agradecimiento por su invaluable contribución en mi desarrollo académico y profesional."

RESUMEN

El objetivo del bioensayo fue evaluar la toxicidad de extractos vegetales acuosos de floripondio y sauce llorón sobre larvas de segundo instar de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), bajo condiciones de laboratorio. En un diseño experimental completamente al azar, se evaluaron las concentraciones 100.000, 75.000, 50.000, y 25.000 mg/L de extractos de floripondio y sauce llorón, el insecticida lambdacialotrina (1 ml/L) y un testigo. Los extractos vegetales con cinco repeticiones por concentración, y cada repetición con diez larvas de *S. frugiperda*, obtenidas de una cría de laboratorio (17±1°C y 65±10% H. R). Para determinar la mortalidad, se realizaron observaciones cada 12 horas. Los datos fueron analizados utilizando el software SPSS, realizando Pruebas Tukey. Para calcular la CL_{50}, las concentraciones se transformaron a $\log_{10}$ y las mortalidades a Probit. Utilizando las mortalidades acumuladas hasta la hora de muerte, se determinó el TL_{50} mediante un Análisis de Regresión. El insecticida lambdacialotrina (1,0 ml/L) y los extractos de *S. humboldtiana* y *B. arborea* a 100.000 mg/L, causaron mortalidades del 100%, 98% y 96%, respectivamente; significativamente diferente de los otros tratamientos. El CL_{50} para *S. humboldtiana* fue 9.772 mg/L y, para *B. arborea* fue de 11.759 mg/L; los TL_{50} de los dos extractos son muy similares, para *B. arborea* fueron 25.000 mg/l, 138; 50.000 mg/L, 68; 75.000 mg/L, 55; 100.000 mg/L, 46 horas; mientras que para los extractos de *S. humboldtiana* fueron 25.000 mg/L, 166; 50.000 mg/L, 80; 75.000 mg/L, 64; 100.000 mg/L, 45 horas. El insecticida piretroide lambdacialotrina (1,0 ml/L) y los extractos de sauce llorón y floripondio (100.000 mg/L) fueron altamente efectivos contra larvas de *S. frugiperda*, con mortalidades del

100%, 98% y 96% respectivamente. Los extractos de *S. humboldtiana* y *B. arborea* mostraron potencial como fitoquímico en el manejo integrado de *S. frugiperda*.

PALABRAS CLAVE: Control fitoquímico, bioinsecticidas, metabolitos tóxicos, **CL_{50}**, **TL_{50}**, gusano cogollero, sauce llorón y borrachero.

ABSTRACT

The objective of the bioassay was to evaluate the toxicity of aqueous plant extracts of floripondium and weeping willow on second-instar larvae of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), under laboratory conditions. In a completely randomized experimental design, concentrations of 100,000, 75,000, 50,000, and 25,000 mg/L of floripondium and weeping willow extracts, the insecticide lambdacyalothrin (1 ml/L) and a control were evaluated. The plant extracts with five repetitions per concentration, and each repetition with ten larvae of *S. frugiperda*, obtained from a laboratory breeding (17±1°C and 65±10% RH). To determine mortality, observations were made every 12 hours. The data were analyzed using SPSS software, performing Tukey Tests. To calculate the LC50, concentrations were transformed to log10 and mortalities to Probit. Using the accumulated mortalities until the time of death, the TL_{50} was determined through a Regression Analysis. The insecticide lambdacyalothrin (1.0 ml/L) and the extracts of *S. humboldtiana* and *B. arborea* at 100,000 mg/L caused mortalities of 100%, 98% and 96%, respectively; significantly different from the other treatments. The LC_{50} for *S. humboldtiana* was 9.772 mg/L and for *B. arborea* it was 11.759 mg/L; The TL_{50} of the two extracts are very similar, for *B. arborea* they were 25,000 mg/l, 138; 50,000 mg/L, 68; 75,000 mg/L, 55; 100,000 mg/L, 46 hours; while for the *S. humboldtiana* extracts they were 25,000 mg/L, 166; 50,000 mg/L, 80; 75,000 mg/L, 64; 100,000 mg/L, 45 hours. The pyrethroid insecticide lambdacyhalothrin (1.0 ml/L) and weeping willow and floripondium extracts

(100,000 mg/L) were highly effective against *S. frugiperda* larvae, with mortalities of 100%, 98% and 96% respectively. The extracts of S. *humboldtiana* and *B. arborea* showed potential as phytochemicals in the integrated management of *S. frugiperda*.

Keywords: Phytochemical control, bioinsecticides, toxic metabolites, **LC_{50}**, **TL_{50}**, fall armyworm, weeping willow and borer.

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 12
2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN 14
3 OBJETIVOS 16
3.1 OBJETIVO GENERAL 16
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS 16
4 MARCO TEÓRICO 17
4.1 MARCO REFERENCIAL 17
4.1.1 ANTECEDENTES 17
4.2 MARCO CONTEXTUAL 21
4.3 Generalidades de *Spodoptera frugiperda* 21
4.4 Clasificación taxonomía *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) 22
4.5 Daño de *Spodoptera frugiperda* 23
4.6 Ciclo de vida de *Spodoptera frugiperda.* 24
4.6.1 Estadio: Huevos 24
4.6.2 Estadio: Larvas 25
4.6.3 Estadio: Pupa 26
4.6.4 Estadio: Adulto 27
4.7 *Brugmansia arborea* (L.) Lagerh 28
4.7.1 Generalidades 28
4.8 Metabolitos secundarios de *Brugmansia arborea* (L.) Lagerh 30
4.9 *Salix humboldtiana* Willdenow 31
4.9.1 Generalidades 31
4.9.2 Metabolitos secundarios de Salix humboldtiana 32
4.10 Insecticida químico lambdacialotrina 33

4.11 Extractos vegetales para control fitoquímico de plagas 34
4.12 Marco legal 37
5 METODOLOGÍA 39
5.1 Tipo de Investigación 39
5.2 Diseño Metodológico 39
5.2.1 Hipótesis 39
5.3 Sistema de Variables 40
5.3.1 Variables Cuantitativas Continuas 40
5.4 Diseño de la investigación 40
5.4.1 Localización del ensayo 40
5.5 Diseño Experimental 40
5.6 Obtención de huevos de *Spodoptera frugiperda* 42
5.7 Descripción de las Actividades 43
5.8 Determinación de la mortalidad de *Spodoptera frugiperda*, causada por extractos acuosos de *Brugmansia arborea*, *Salix humboldtiana* y por el insecticida químico, bajo condiciones de laboratorio. 45
5.9 Cálculo de la Concentración Letal medio (CL_{50}) y el Tiempo Letal medio (TL_{50}) causada por extractos acuosos de *Brugmansia arborea*, *Salix humboldtiana* y el insecticida químico, bajo condiciones de laboratorio 48
5.10 Análisis de datos. 48
6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN 50
6.1 Determinación de la CL_{50} y el TL_{50} 50
6.2 Determinar la CL_{50} de los extractos acuosos vegetales de hojas de *S. humboldtiana* sobre larvas *S. frugiperda*. 51
6.3 Determinación de la CL_{50} extractos acuosos de hojas de *B. arborea* sobre larvas *S. frugiperda*. 53
6.4 Determinar del TL50 de los extractos acuosos vegetales de *B. arborea* y *S. humboldtiana* sobre *S. frugiperda* en cultivos en condición de laboratorio. 56
6.6. Tiempo Letal Medio (TL_{50}) de extractos acuosos de hojas de *B. arborea*. 60
6.7. Determinación de la Mortalidad 63
6.7.1. Comparación de la mortalidad causada a larvas en segundo instar de Spodoptera frugiperda (J. E. Smith), por los diez tratamientos en condiciones de laboratorio. 63

6.7.2. Mortalidad causada a larvas en segundo instar de S. frugiperda, por los extractos acuosos de S. humboldtiana, en condiciones de laboratorio. 66

6.7.3. Análisis de Regresión de la interacción Mortalidad-Concentración de S. humboldtiana 68

6.7.4. Mortalidad causada a larvas en segundo instar de S. frugiperda, por los extractos acuosos de B. arborea, en condiciones de laboratorio. 70

6.7.5. Análisis de Regresión de la interacción Mortalidad-Concentración de B. arborea. 72

7. **CONCLUSIÓN** 75

9. **BIBLIOGRAFÍA** 77

10. **ANEXOS** 87

1 INTRODUCCIÓN

El gusano cogollero del maíz *S. frugiperda*, es una plaga originaria de las Américas tropicales y subtropicales. Puede afectar económicamente a más de 80 especies vegetales, incluyendo cultivos de maíz, arroz, sorgo, algodón, hortalizas, entre otra variedad vegetal (Chuan Carhuajulca, 2023). Además, en estado larvario ataca en las plantas vegetales los tejidos jóvenes y el meristemo apical impidiendo su normal desarrollo, debido a su rapidez en la alimentación, causa la pérdida total del cultivo (Ávila-Martínez *et al.,* 2023). Esta plaga ha mostrado un rápido proceso de expansión global desde 2016, inicialmente detectado en el sur de EE. UU, México y algunos países sudamericanos, se ha propagado a África, Asia y Australia, motivo por el cual la FAO lo ha identificado como la principal plaga del maíz a nivel mundial (Arellano Reyes, 2023).

Debido a las pérdidas económicas, los agricultores suelen recurrir al control de esta plaga a través de insecticidas químicos que representan un desafío debido a su alto costo y al impacto negativo que ejerce sobre el medio ambiente (Jaén Mora, 2020; Argentel-Martínez *et al.*, 2024). En los últimos años, se ha evidenciado un deterioro significativo en la calidad del agua, siendo el uso de plaguicidas uno de las principales causas de contaminación (Argentel-Martínez *et al.*, 2024). Una alternativa viable para reducir las poblaciones de esta plaga es implementar otros métodos de control como el cultural, biológico, genético, legal, fitoquímico, entre otros, que son excelentes alternativas para evitar el uso irracional de plaguicidas (Rodríguez Robles, 2024).

Los extractos vegetales han sido objeto de creciente interés debido a la presencia de metabolitos secundarios que forman parte de las estrategias defensivas de las plantas. Estos

compuestos poseen propiedades que los convierten en métodos alternativos de control de plagas, los cuales ofrecen diversas ventajas. En comparación con los pesticidas convencionales, los extractos vegetales son menos perjudiciales para la salud humana, más específicos para el insecto objetivo, generan menor resistencia en las plagas y se degradan más rápidamente en el ambiente. Estas características representan un menor riesgo ambiental y ofrecen prometedoras perspectivas para el manejo sostenible de plagas agrícolas (Armenta-López et al., 2023).

Además, se utilizan en el control de plagas, enfermedades y malezas, ofreciendo propiedades como anti-alimentarias, antivirales, antimicrobianas, repelentes e inhibidoras de la germinación de semillas. En los últimos años, se ha incrementado la investigación de productos vegetales, enfocándose en sus metabolitos secundarios para su empleo en el control biológico contra patógenos o plagas, activando los mecanismos de defensa de las plantas y brindando una protección preventiva. Esto contribuye a proteger los cultivos y mejorar la calidad y producción alimentaria (Álvarez-Saldarriaga y Giraldo-Vanegas, 2022).

Este proyecto se justifica desde el aspecto científico debido, para evitar el uso indiscriminado de insecticidas químicos debido a sus efectos perjudiciales en el ambiente. En este sentido, se busca abordar el control de plagas de manera natural, sin causar daños al ser humano ni a los ecosistemas, mediante el empleo de insecticidas orgánicos (Arellano & Roger, 2023). El objetivo de esta investigación es evaluar la toxicidad de los extractos de *B. arborea* y *S. humboldtiana* en el control fitoquímico de *S. frugiperda* en condiciones de laboratorio.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

Las plagas en los cultivos constituyen un desafío global que conlleva importantes pérdidas económicas y alimentaria (Lozano, 2023). Actualmente, el control de estas plagas se basa mayormente en el uso de insecticidas sintéticos, los cuales no son sostenibles ambientalmente y tienen impactos en la salud humana y en los ecosistemas. Por tanto, se promueven prácticas alternativas ecológicas y seguras. En este sentido, se están realizando esfuerzos significativos para identificar y caracterizar productos naturales con propiedades repelentes contra plagas de insectos (Merino Criollo *et al.*, 2020).

No obstante, se observa una excesiva dependencia de productos químicos en la agricultura, afectando la calidad del suelo, los alimentos y el medio ambiente (Jaén Mora., 2020). En Colombia, el 60,5% de los agricultores utiliza productos agroquímicos. Aunque la mayoría de ellos tiene conocimiento del uso de estos productos, carecen de los instrumentos adecuados para su aplicación, enfrentándose así a riesgos para su salud. Los residuos resultantes, especialmente en las capas superficiales del suelo, generan preocupaciones adicionales en términos de su impacto a largo plazo (Merino Criollo *et al.*, 2020).

El gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) afecta a alrededor de 80 especies de plantas, causando pérdidas económicas que oscilan entre el 30% y el 50% en cultivos como maíz, arroz, sorgo, algodón, hortalizas, entre otros. En la actualidad, su control se lleva a cabo mediante el uso de insecticidas, lo cual conlleva impactos negativos tanto para la salud humana como para el medio ambiente (Chuan Carhuajulca., 2023).

El gusano cogollero, un insecto omnívoro presente en todo el continente americano, representa un desafío significativo para los productores al afectar una variedad de cultivos. Las

larvas de este insecto se alimentan del follaje tierno de las plantas, lo que inhibe su desarrollo completo y reduce la productividad de los cultivos. Esto conlleva a considerables pérdidas económicas para los agricultores, quienes a menudo se ven obligados a invertir en insecticidas comerciales para combatir la plaga. Sin embargo, este método de control no solo causa daños ambientales, sino que también puede contribuir al desarrollo de resistencia por parte de *S. frugiperda* a estos productos químicos (Guevara Álvarez, 2020).

Dado lo anterior, surge la necesidad de encontrar otras alternativas de control mas sostenible con el ambiente, por lo tanto se considera factores claves como la propagación de la siembra en fechas apropiadas, la utilización de bioinsecticidas para preservar la presencia de insectos beneficiosos y la implementación de estrategias de control biológico para minimizar de manera significativa el impacto ambiental asociado (Arellano Reyes, 2023). Por ende el objetivo de esta investigación es determinas la toxicidad de extractos de *Brugmansia arborea* y *Salix humboldtiana* en el control biológico de *Spodoptera frugiperda* en la localidad de Pamplona - Norte de Santander Colombia.

¿Cuál es el efecto de los extractos vegetales derivados de *Brugmansia arbor*ea y *Salix humboldtiana* en el control fitoquímico de *Spodoptera frugiperda* en condiciones de laboratorio?

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la toxicidad de los extractos de *B. arborea* y *S. humboldtiana* en el control fitoquímico de *S. frugiperda* en condiciones de laboratorio, en la localidad de Pamplona -Norte de Santander Colombia.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Determinar la CL_{50} y TL_{50} de los extractos acuosos vegetales de *B. arborea* y *S. humboldtiana* sobre *S. frugiperda* en condición de laboratorio.

Identificar el porcentaje de mortalidad de la población de *S. frugiperda* con la aplicación de los extractos acuosos vegetales de *B. arborea* y *S. humboldtiana* en Condiciones de laboratorio.

4 MARCO TEÓRICO

4.1 MARCO REFERENCIAL

4.1.1 ANTECEDENTES

4.1.1.1 Antecedentes internacionales

Guevara Cortez, S. C. (2021). Evaluación de extractos vegetales en el control in vitro del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Bermejillo, Durango, México.

Spodoptera frugiperda representa una plaga significativa en México, generando pérdidas con un impacto económico considerable en el país. Una alternativa al uso de insecticidas para el control de esta plaga es la utilización de extractos vegetales que contienen principios bioactivos con acción contra diversos tipos de insectos plaga. El propósito de este estudio fue evaluar el efecto de distintas concentraciones de extractos acuosos de *Helianthus ciliaris* DC, *Larrea tridentina* (Moç. & Seseé ex DC. Coville), y *Solanum elaeagnifolium* Cav. en el control de larvas de *Spodoptera frugiperda* bajo condiciones in vitro.

Se llevó a cabo un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones para cada especie vegetal. Los tratamientos comprendieron 10 concentraciones de extracto vegetal (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100 %), además del testigo (solo agua destilada). Para las especies *H. ciliaris* y *L. tridentata*, se utilizaron hojas y tallos como tejidos vegetales, mientras que para *S. elaeagnifolium* se emplearon hojas, tallos y frutos.

Se observó un efecto gradual de toxicidad y repelencia (inhibición alimentaria) que aumentó de menor a mayor concentración de los concentrados acuosos. El extracto acuoso derivado de los frutos de *S. elaeagnifolium* mostró el mayor efecto de mortalidad en larvas de

segundo instar, con un 47.5 % de mortalidad promedio en un lapso de 24 a 72 horas de exposición. Le siguieron en importancia los extractos de *L. tridentata*, mientras que los extractos de *H. ciliaris* demostraron un efecto nulo en el caso de los extractos de hojas y un efecto mínimo en el caso de los extractos de tallos.

Gutiérrez Ochoa, Aldana Llanos, Valladares Cisneros, M. L. M. (2017, 26 de junio). control sustentable de insectos plaga empleando fitoextractos. Bienvenido - Revista Mexicana de Agroecosistemas.

En este proyecto, se evaluó la actividad biológica de fitoextractos obtenidos de las especies *Cynara scolymus, Medicago sativa* y *Brugmansia arborea* como posibles soluciones sostenibles para el control de *Spodoptera frugiperda*, una plaga que afecta al cultivo de maíz. Los resultados indicaron que las tres especies vegetales poseen una adecuada actividad insecticida, lo que las posiciona como candidatos prometedores para futuras investigaciones. Se busca determinar la naturaleza química de los metabolitos responsables de la actividad insecticida

El uso irracional de plaguicidas químicos ha generado riesgos para la salud humana y el medio ambiente, incluyendo efectos nocivos como carcinogénesis, teratogénesis y resistencia de plagas. El manejo integrado de plagas busca una agricultura sostenible, promoviendo alternativas como el uso de fitoextractos de plantas. En este contexto, se destaca la importancia de encontrar especies vegetales con potencial para actuar como fitoinsecticidas.

Los resultados de los bioensayos mostraron que los *fitoextractos de Cynara scolymus, Medicago sativa* y *Brugmansia arborea* provocaron una significativa mortalidad en larvas y pupas de *Spodoptera frugiperda*, sugiriendo su eficacia como fitoinsecticidas. Es importante

destacar que, aunque *Cynara scolymus* y *Medicago sativa* son comestibles y podrían ser adecuadas para el control de la plaga, *Brugmansia arborea*, al ser una planta ornamental, requiere una investigación más detallada debido a sus compuestos alcaloides.

En resumen, este estudio contribuye a la búsqueda de alternativas sustentables para el control de plagas, destacando la importancia de continuar investigando las propiedades químicas de los fitoextractos para comprender mejor su actividad insecticida.

4.1.1.2 Antecedentes nacionales

Gualteros, A. M. F., Triviño, E. A. C., & Salazar, H. T. C. (2019). Efecto bioplaguicidas de extractos vegetales para el control de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz (Zea *mays*). Acta Biológica Colombiana.

En este estudio, se evaluó la eficacia de diferentes extractos vegetales, como *Azadirachta indica, Piper nigrum, Petiveria alliacea, Nicotiana tabacum, Lippia alba* y *Allium sativum*, y sus mezclas, como bioplaguicidas en el control de la plaga *Spodoptera frugiperda* en cultivos de maíz amarillo tradicional en Colombia. La investigación se llevó a cabo en dos fases, aplicando los tratamientos durante siete semanas después de la tercera semana de crecimiento de las plantas.

Los resultados indicaron que los extractos vegetales y sus mezclas fueron efectivos en el control de *S. frugiperda*, con eficacias superiores al 80%. La altura de las plantas tratadas fue significativamente mayor en comparación con el grupo testigo, demostrando un mejor crecimiento de las plantas tratadas. Además, se observó una disminución en el daño en hojas y tallos de las plantas tratadas en comparación con el grupo testigo.

Se destacó la eficacia del extracto de *Piper nigrum*, que superó incluso al plaguicida sintético utilizado como control. Los resultados sugieren que estos extractos vegetales pueden ser una alternativa viable para el control de la plaga *S. frugiperda* en cultivos de maíz. Se resalta la importancia de esta investigación para el desarrollo de una agricultura sostenible en la región, reduciendo la dependencia de plaguicidas sintéticos y mitigando los impactos ambientales asociados con su uso indiscriminado.

4.1.1.3 Antecedentes regionales

Álvarez-Saldarriaga & Giraldo–Vanegas (2022). Susceptibilidad de *Plutella xylostella* (L.) a extractos acuosos de hoja de sauce llorón y eucalipto, bajo condiciones *in vitro*. Facultad de Ciencias Agrarias – Programa de Ingeniería Agronómica Universidad de Pamplona – Norte de Santander.

El objetivo de esta investigación fue evaluar la toxicidad de dos extractos vegetales en larvas de segundo instar de *Plutella xylostella* (L.) en condiciones de laboratorio. Se utilizaron concentraciones de (100.000mg/L), (75.000mg/L), (50.000mg/L), y (25.000mg/L) de extractos de hojas, junto con un grupo de control. El diseño experimental fue completamente al azar, con cinco repeticiones para cada concentración de dos extractos.

La mortalidad y la emergencia de adultos se registraron cada 12 horas durante 96 horas. Los datos se analizaron con SPSS y pruebas Tukey. La CL_{50} para el extracto de sauce fue de 46.250mg/L, y para el extracto de eucalipto fue de 76.910mg/L. El TL_{50} para el extracto de sauce a 100.000mg/L fue de 61 horas, mientras que para el extracto de eucalipto fue de 290 horas. Estos resultados destacan la eficacia diferencial y la toxicidad entre los extractos,

proporcionando información valiosa para futuras investigaciones sobre el control de *Plutella xylostella* en cultivos crucíferos.

4.2 MARCO CONTEXTUAL

4.3 Generalidades de *Spodoptera frugiperda*

El género Spodoptera, es ampliamente reconocido en todas las regiones agrícolas del mundo, debido a su presencia extendida y su capacidad para causar estragos en los cultivos (Figura 1). Sin embargo, dentro de este género, la especie *S. frugiperda* se distingue por tener una distribución geográfica más limitada, restringiéndose principalmente al continente americano. Desde el sur de Canadá hasta Chile, Argentina y Brasil, incluyendo todas las islas del Caribe, es donde se encuentra esta especie (Dirección general de sanidad vegetal, 2021; Capinera, 2020; Álvarez Yepes, 2019).

Sin embargo, en Europa, su presencia se ha registrado, aunque en menor medida en comparación con las Américas. Se tiene constancia de su aparición en Alemania, lo que sugiere la posibilidad de su expansión hacia otras áreas del continente europeo.

Esta situación plantea preocupaciones significativas para la agricultura en estas regiones, ya que la presencia del gusano cogollero puede provocar daños severos en los cultivos, afectando tanto la producción como la seguridad alimentaria (Dirección general de sanidad vegetal, 2021; Capinera, 2020).

Por otro lado, el gusano cogollero, nativo de las regiones tropicales del hemisferio occidental, desde Estados Unidos hasta Argentina, es una especie que ha demostrado una notable capacidad de adaptación y dispersión. Normalmente, sobrevive exitosamente el invierno solo en

el sur de Florida y el sur de Texas en los Estados Unidos. Este insecto, caracterizado por su habilidad de vuelo, se desplaza largas distancias anualmente durante los meses de verano, lo que ha contribuido a su presencia en una amplia extensión geográfica (Dirección general de sanidad vegetal, 2021; Capinera, 2020).

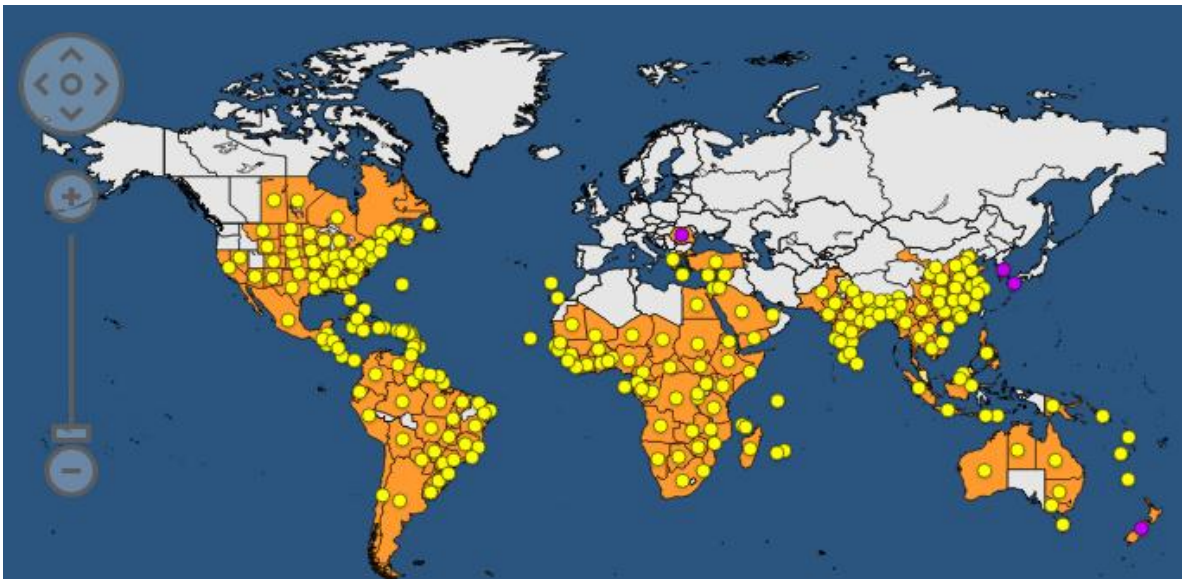


FIGURA 1. Distribución mundial de *S. frugiperda* (J.E. Smith) fuente: EPPO, 2024

4.4 Clasificación taxonomía *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith)

El gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) es un insecto perteneciente a la clase Insecta del orden Lepidoptera y familia Noctuidae. Su dieta abarca más de 300 especies de plantas, destacando su predilección por las poáceas. *S. frugiperda* tiene un ciclo biológico de metamorfosis completa, dividido en cuatro etapas: huevo, larva (seis instares), pupa y adulto (figura 2).

Clasificación taxonomia de *Spodoptera frugiperda*	
Reino	Animal
Phylum	Arthropoda
Clase	Insecta
Orden	Lepidoptera
Familia	Noctuidaea
Género	*Spodoptera*
Especie	*frugiperda*
Nombre científico	*Spodoptera frugiperda*

FIGURA 2. Clasificación taxonómica de *Spodoptera frugiperda*. Fuente**:** (Arellano, 2023)

4.5 Daño de *Spodoptera frugiperda*

Las plagas en los cultivos son un problema mundial que ocasiona grandes pérdidas de alimentos. Actualmente, la gestión se basa en insecticidas sintéticos no sostenibles y perjudiciales para la salud humana. Por tanto, se deben promover prácticas alternativas ecológicas. Recientemente, se están buscando productos naturales repelentes contra plagas de insectos (Merino Criollo *et al.,* 2020).

Además, en los últimos años, los cambios climáticos han tenido un impacto significativo en la agricultura, provocando pérdidas de cosechas debido a sequías, inundaciones y plagas. Una de las plagas más devastadoras es *S. frugiperda*, originalmente presente en América, desde su primer reporte en África en 2016, se ha propagado globalmente, causando estragos en cultivos en diversos continentes (Vélez *et al.,* 2021).

Este insecto polífago afecta a más de 186 hospederos, distribuidos en 42 familias, siendo las gramíneas sus víctimas más comunes (Ramírez *et al.,* 2022). Las familias más afectadas incluyen Poaceae (35.5%), seguida por Fabaceae (11.3%), Solanaceae (4.3%), Asteraceae (4.3%), Rosaceae (3.7%), y Chenopodiaceae (3.7%), de este total de plantas hospedantes, el 64% se encuentra en Norteamérica y Centroamérica, mientras que el 85% se encuentra en

Sudamérica. Los principales cultivos afectados son maíz, sorgo, cacahuate, caña de azúcar, arroz, frijol, algodón, soya, chile, cebolla, alfalfa, tomate, lino, papa y zacate grama (Dirección General de Sanidad Vegetal, 2021; Rueda-Adan y Giraldo-Vanegas, 2022).

Por tal motivo, este insecto representa una amenaza constante para la productividad agropecuaria, causando grandes pérdidas a los productores. Las larvas más jóvenes de *S. frugiperda* consumen el tejido de las hojas, preservando la epidermis opuesta. Posteriormente, las larvas mayores hacen orificios en las hojas y se alimentan del cogollo del vegetal, creando una hilera de perforaciones que destruyen el cogollo de la planta e incluso pueden causar daños en las espigas (Vélez *et al*., 2021).

4.6 Ciclo de vida de *Spodoptera frugiperda.*

El ciclo de vida de *S. frugiperda* varía según las estaciones: dura alrededor de 30 días en verano, 60 días en primavera y otoño, y de 80 a 90 días en invierno en países con estaciones y países ubicados sobre la línea del trópico varía entre 34 y 76 días, depende directamente de las condiciones ambientales (Serrano-Domínguez *et al*., 2020).

4.6.1 Estadio: Huevos

La palomilla del gusano cogollero deposita masas de huevecillos en el envés de las hojas, protegiéndolos con escamas. Las masas, dispuestas en varios niveles, cambian de color desde blanco-crema o verde esmeralda al ser recién depositadas, hasta café cobrizo antes de eclosionar, especialmente cuando carecen de escamas como podemos observar en la figura 3 (Ramírez-Cabral y Mena, 2019).



FIGURA 3. Masa de huevos de *S. frugiperda* (J.E. Smith): A. sin escamas, B. cubierta con pocas escamas, C. planta de maíz, D. y E. cubierta de escamas (Ramírez-Cabral y Mena, 2019).

4.6.2 Estadio: Larvas

Al eclosionar la masa de huevecillos, la larva del gusano cogollero atraviesa generalmente seis instares cuando se alimenta de maíz. Cada instar se diferencia por el ancho de la cápsula cefálica, con medidas de 0.35, a 2.6 mm para los instares de 1 a 6, respectivamente. En cuanto a la longitud, la larva alcanza dimensiones de 1.7, a 34.2 mm para los instares 1 al 6, respectivamente. Las larvas del gusano cogollero se pueden distinguir por los cuatro puntos en la región dorsal del octavo segmento abdominal y por la "Y" invertida que se forma al frente de su cabeza, características propias del género *Spodoptera* como se puede observar en la figura 4 (Ramírez-Cabral & Mena, 2019).



FIGURA 4. Larvas del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith (Ramírez-Cabral & Mena, 2019).

4.6.3 Estadio: Pupa

La etapa pupal de *S. frugiperda* es crucial en su ciclo de vida. Durante esta fase, las pupas tienen un color caoba y miden entre 14 y 18 mm de longitud (figura 5). Los machos se distinguen por elevaciones en el noveno segmento abdominal, mientras que las hembras presentan líneas curvadas en el octavo. La duración de esta etapa varía entre 7 y 14 días, dependiendo de la temperatura y la humedad. Condiciones óptimas incluyen temperaturas entre 25-30°C y humedad relativa de 70-90%. Las pupas permanecen inactivas, generalmente enterradas en el suelo (Ramírez-Cabral & Mena, 2019; Dirección general de sanidad vegetal, 2021).

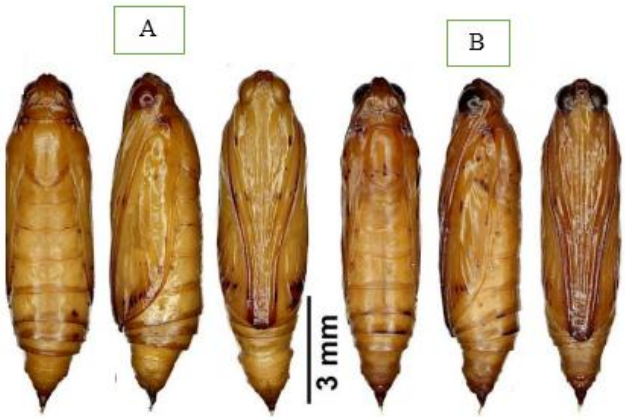


FIGURA 5. Pupa de *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith: A. Pupa hembra, B. Pupa macho, (Dirección general de sanidad vegetal, 2021).

4.6.4 Estadio: Adulto

Los adultos de *S. frugiperda* tienen una envergadura de 32 a 40 mm, el insecto macho tiene las alas anteriores en el área costal pálida tiene una mancha elíptica blanquecina cerca del centro y una franja diagonal clara con una pequeña mancha blanquecina en el margen apical. En la hembra, se observa una mancha elíptica en el margen costal delimitada por una línea clara, ilustrada en la figura 6 (Dirección general de sanidad vegetal, 2021).

Durante la etapa adulta, estas polillas se alimentan principalmente de líquidos azucarados como néctar de flores, savia de plantas, y frutas maduras, pero su fuente principal de alimento no son los cultivos. A veces pueden consumir fermentos de frutas caídas o materia vegetal en descomposición. Aunque pueden alimentarse de estas sustancias, su capacidad para dañar cultivos agrícolas es más evidente durante las etapas larvales, cuando se alimentan activamente de hojas, tallos y frutos de una variedad de plantas hospederas (Dirección General de Sanidad Vegetal, 2021).

Los adultos de *S. frugiperda* suelen encontrarse en áreas abiertas como campos agrícolas, praderas, pastizales y zonas boscosas cercanas a áreas de cultivo, volando activamente durante la noche en busca de alimento. Durante el día, descansan en lugares protegidos con vegetación densa o refugios naturales en el suelo. Su capacidad para migrar largas distancias en busca de lugares adecuados para alimentarse y reproducirse contribuye a su amplia y dispersa distribución (Dirección General de Sanidad Vegetal, 2021).



FIGURA 6. identificación del sexo de *S. frugiperda*: A. Macho adulto, B. Hembra adulto (Ramírez-Cabral & Mena, 2019).

4.7 *Brugmansia arborea* (L.) Lagerh

4.7.1 Generalidades

La planta arbustiva *B. arborea*, conocida como "borrachero", es una especie vegetal común en Colombia, con registros también en Venezuela, Ecuador, Perú y Bolivia. Se encuentra principalmente entre altitudes de 600 a 3.700 metros sobre el nivel del mar en diversas localidades de colombianos, como Cundinamarca, Bogotá, Boyacá, Caldas y Cauca. Su nombre aceptado es *B. arborea*. Esta planta se caracteriza por sus flores blancas de gran tamaño, alcanzando hasta 20 cm de longitud, con prolongaciones caudiculares en la corola de hasta 5 cm, y presenta frutos de forma ovalada (Álvarez Mejía, 2008).

El género *Brugmansia*, se distingue por sus flores pedunculadas y frutos no armados. Se encuentra en diversos hábitats, desde zonas húmedas hasta secas, a altitudes de 600 a 3700 metros. Presenta formas de árboles o arbustos, a veces epífitos, con alturas de 3 a 10 metros. Las flores péndulas de *Brugmansia*, de hasta 30 cm, exhiben colores como blanco, amarillo, naranja, rosa y rojo. Las bayas obovadas contienen más de 300 semillas. Su fragancia nocturna atrae insectos y murciélagos para la polinización. La flor tiene una corola tubular lisa y fragante con

lóbulos, un androceo con cinco estambres, anteras pubescentes, y un gineceo con un pistilo central. Las hojas son simples, con márgenes enteros y textura aterciopelada debido a tricomas abundantes (Osorio Acosta *et al.*, 2023).

En países como Colombia, las plantad del género *Brugmansia* desempeñaron un papel significativo como medicamentos y alucinógenos, especialmente entre las comunidades indígenas de las regiones andina y amazónica. Los Chibchas, por ejemplo, las usaban en rituales religiosos en el templo del sol, generando un estado de inconsciencia en esposas y esclavos de guerreros fallecidos para enterrarlos vivos junto a ellos. Además, todas las especies de *Brugmansia* se emplearon como alucinógenos, diagnóstico y tratamiento de enfermedades (Escobar Mena, 2018).

Por tanto, el género *Brugmansia* han sido empleadas como remedios tradicionales en América del Norte y del Sur para tratar diversas dolencias, como dolores de cabeza, artritis reumatoide, inflamaciones e infecciones cutáneas. Estas plantas son una valiosa fuente de alcaloides trópano, destacando principalmente la atropina y la escopolamina, que exhiben efectos terapéuticos notables, incluyendo propiedades antiadictivas, antiespasmódicas, antiasmáticas, narcóticas y antinociceptivas. Estudios recientes han revelado que los flavonoides, monoterpenos y glicósidos de benzonitrilo aislados de este género poseen actividades farmacológicas significativas, tales como citotoxicidad, inmunomodulación, antioxidante y antiinflamatoria, entre otras (Idris & Idris, 2023).

4.8 Metabolitos secundarios de *Brugmansia arborea* (L.) Lagerh

Brugmansia, es conocida por su diversidad de metabolitos secundarios, especialmente como "borrachero", contiene alcaloides tropanos como la escopolamina, hiosciamina, hioscina y atropina, como se ve reflejada en la figura 7, los cuales pueden ser tóxicos en concentraciones elevadas. La escopolamina es el alcaloide más predominante en *B. arborea*, con efectos sedantes y antieméticos, pero en dosis altas puede ser fatal debido a la parálisis muscular. Estos compuestos tienen propiedades psicoactivas y medicinales, pero su consumo no controlado puede representar riesgos para la salud. Además, debido a su potencial toxicidad, se aconseja precaución al tratar con esta planta y sus compuestos, los cuales también se utilizan en algunos casos como insecticidas dentro del contexto de la medicina y la toxicología (Flores *et al*., 2023).

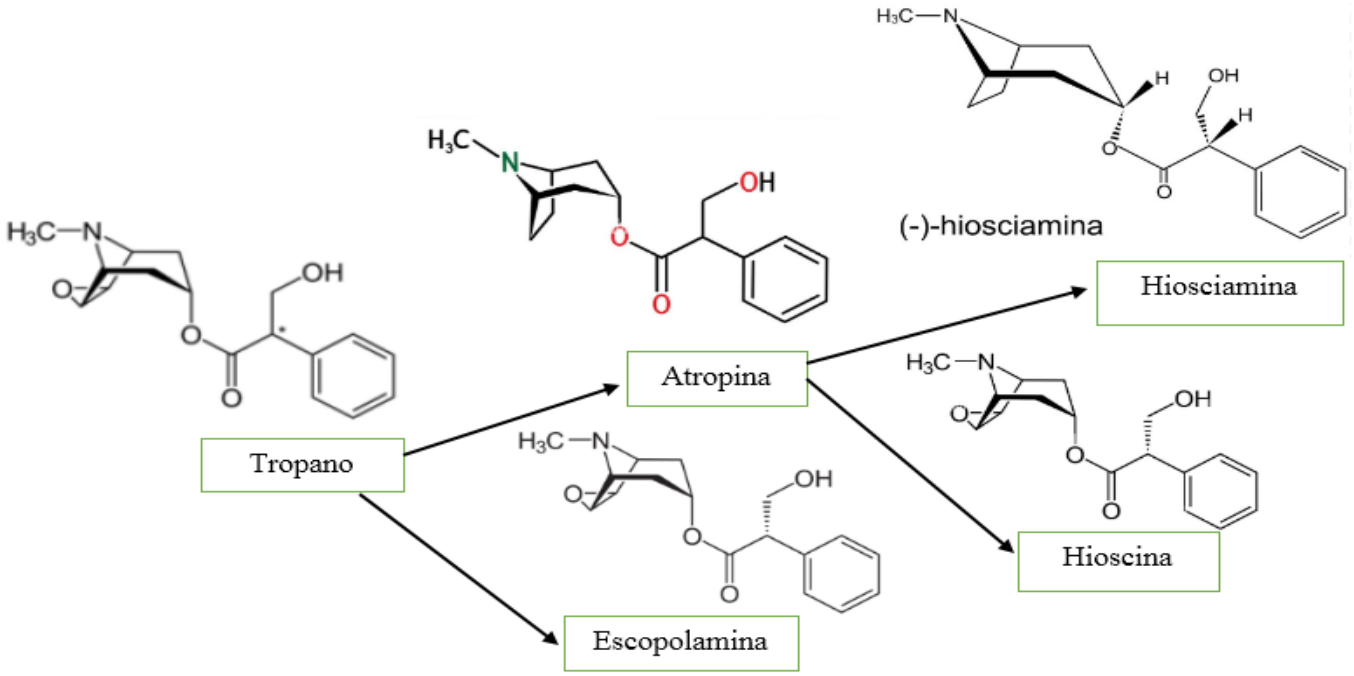


FIGURA 7. Estructura química de alcaloides derivados del tropano, que se encuentran en la planta *Brugmansia arborea*. Fuente: (Gutierrez-Poveda, 2019; Medina Morales, 2021; Marín Sáez, 2015).

4.9 *Salix humboldtiana* Willdenow

4.9.1 Generalidades

La planta denominada popularmente como "sauce criollo" o "sauce llorón", este árbol representa la única especie de sauce nativa de América del Sur. Su versatilidad se refleja en diversos usos, tales como madera, propiedades medicinales, ornamentación, forraje para ganado, producción de miel y restauración de áreas ribereñas afectadas por la erosión. A pesar de sus beneficios, la introducción de especies exóticas de sauces y la posibilidad de hibridación amenazan la preservación de la información genética de este sauce nativo (Álvarez-Saldarriaga y Giraldo-Vanegas, 2022). Es un árbol considerado importante en la sucesión ecológica en entornos ribereños de zonas húmedas y semiáridas. En regiones tropicales, tiende a ser sustituido por árboles que toleran sombra, a diferencia de las regiones templadas donde no ocurre este reemplazo. El ciclo de inundación y sedimentación, regulado por el régimen hidrológico, influye en la sucesión al formar bancos que favorecen la colonización durante la fase de sedimentación, pero que pueden erosionarse, eliminando la vegetación durante la fase de inundación (Dezzoti *et al.*, 2020).

Por otra parte, desde una perspectiva botánica, *S. humboldtiana* es un árbol de tallo grueso que proporciona madera blanca, ligera y suave, y presenta inflorescencias en amentos péndulos, este árbol puede alcanzar alturas de hasta 20 m y un diámetro de tronco de más de 1 m, con una corteza notablemente rugosa. Su dosel presenta ramas principales ascendentes, erectas o inclinadas verticalmente, pudiendo ser no ramificadas hasta los primeros 12 m. Las ramas viejas suelen tener un tono marrón rojizo. Las hojas son lanceoladas, de hasta 10 cm de longitud y menos de 1 cm de ancho, glabras y de color verde claro, los ejemplares masculinos son de tono

rojizo y los femeninos son de tonos verde oscuro con hojas fuertemente aserradas y lineares-lanceoladas (Álvarez-Saldarriaga y Giraldo-Vanegas, 2022).

La inflorescencia se presenta en amentos de 5 a 7 cm de largo en las puntas de las ramas. Los amentos femeninos miden de 3 a 7 cm de largo y hasta 1 cm de ancho, con un raquis con pocos pelos, ovario de 4 a 5 mm de largo y escama lanceolada con márgenes ciliados. El estigma es divergente posterior, con un nectario en el pedúnculo del ovario, truncado en el ápice. Los amentos masculinos son cortos, midiendo de 2,5 a 5 cm, con raquis peludos en las puntas de las ramas del año, estambres formados por cinco a ocho filamentos peludos en la base, anchos, ovalados, glabros en la cara inferior y peludos en la superior, con dos nectarios rojizos ligeramente desplazados verticalmente. El fruto consiste en una cápsula ovoide oscura de 4 a 5 mm de largo, que contiene numerosas semillas peludas y pequeñas (Álvarez Saldarriaga y Giraldo-Vanegas, 2022).

4.9.2 Metabolitos secundarios de Salix humboldtiana

Los compuestos fenólicos, como los salicósidos, son una clase de moléculas defensivas que desempeñan un papel crucial en la resistencia de las salicáceas, también conocidas como árboles de sauce, contra plagas. Se han observado efectos perjudiciales en el desempeño de los herbívoros debido a la acción de estos compuestos fenólicos, que pueden ser constitutivos o inducidos. Estos compuestos se encuentran en diversas plantas, como en los árboles de sauce, y pueden actuar como defensas directas o indirectas contra los herbívoros. Los compuestos fenólicos pueden incluir glicósidos fenólicos, taninos condensados y otros metabolitos secundarios, y comparten la misma vía de biosíntesis, la vía de los fenilpropanoides (figura 8). Estos compuestos, especialmente los salicósidos, tienen propiedades medicinales y contribuyen a la resistencia de las salicáceas contra los insectos. En resumen, los compuestos fenólicos son una

clase importante de moléculas defensivas que contribuyen a la resistencia de las salicáceas contra los herbívoros, y los salicósidos en particular tienen propiedades medicinales (Terrones Huaman & Torres Requejo, 2017; Dávila, 2023).

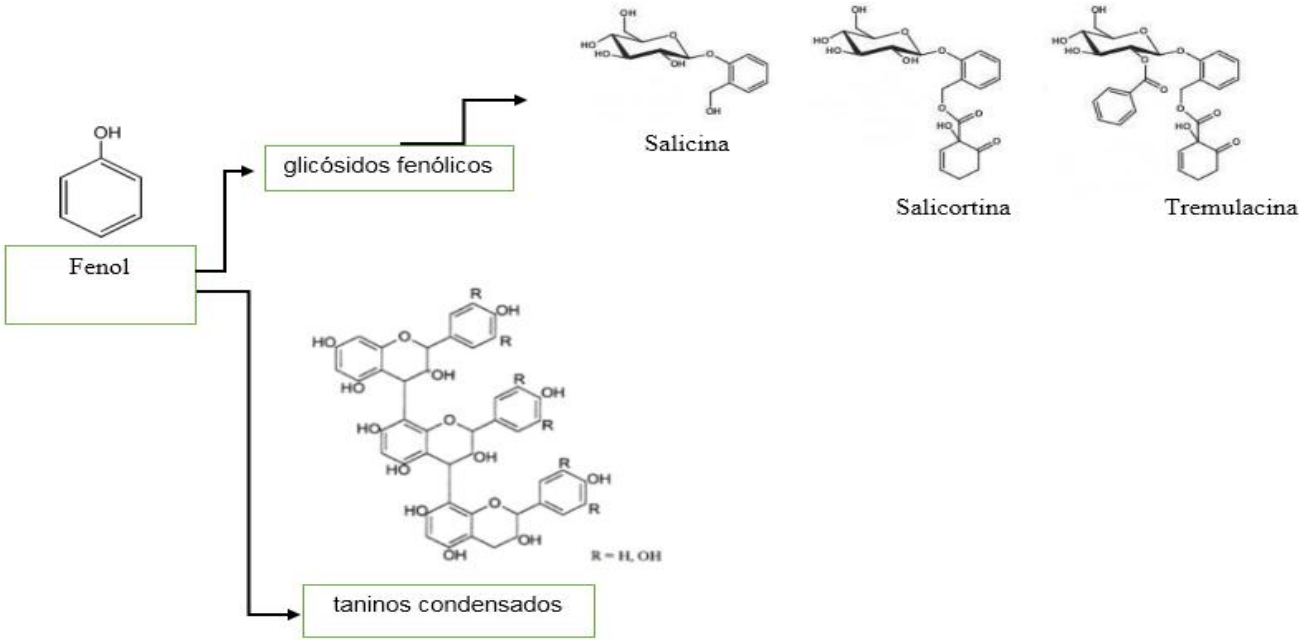


FIGURA 8. Estructura química de los compuestos fenólicos que se encuentran con mayor presencia en el género *Salix*. Fuente: (Braccini, (2017); Coyago Cruz, 2017; Márquez Lara & Suárez Londoño, 2008).

4.10 Insecticida químico lambdacialotrina

El insecticida piretroide de amplio espectro es una herramienta crucial en el control de plagas agrícolas y domésticas. Este compuesto químico ha demostrado ser altamente efectivo, especialmente contra las larvas de lepidópteros, mostrando actividades ovicidas y adultecitas que son vitales para la erradicación de infestaciones. Su eficacia se debe a una combinación de factores, entre los que se incluyen su poder de volteo, su capacidad residual y sus propiedades

repelentes. Estas características permiten no solo eliminar las plagas existentes, sino también prevenir futuras infestaciones (Isikail, 2009).

El modo de acción del insecticida piretroide es especialmente interesante. Actúa sobre el sistema nervioso de los insectos, desencadenando una serie de efectos devastadores. Su impacto en las células nerviosas se traduce en hiperexcitación, convulsiones, parálisis y, en última instancia, la muerte del insecto. Uno de los mecanismos clave de este compuesto es su capacidad para bloquear la conducción de los estímulos nerviosos. Esto se logra mediante la modificación de la permeabilidad de las membranas de las células nerviosas a los iones de sodio, lo que interrumpe la transmisión de señales vitales dentro del sistema nervioso del insecto (Isikail, 2009).

.

4.11 Extractos vegetales para control fitoquímico de plagas

Los extractos vegetales aportan en la eficacia de los insecticidas naturales obtenidos de estas fuentes como una valiosa alternativa en el control de insectos. Aunque su evaluación aún es limitada en comparación con los pesticidas sintéticos, la necesidad de adoptar un enfoque ecológico ha impulsado la formulación de insecticidas botánicos. Estos productos no solo aseguran la seguridad ambiental, sino que también representan una opción agronómica eficiente (Osorio Acosta e*t al.,* 2023).

En este contexto, se han identificado productos naturales procedentes de diversas plantas que actúan como inhibidores, repelentes o agentes para la eliminación de insectos y plagas de diversas tipologías. Más allá de su función directa en el control, estos productos también

estimulan los procesos vitales de los cultivos, fortaleciéndolos y proporcionándoles protección contra posibles ataques de plagas variadas (Osorio Acosta *et al.*, 2023).

El uso irracional y manejo inadecuado de plaguicidas químicos persisten como una amenaza constante para la salud humana y el ambiente. Se han documentado efectos perjudiciales a lo largo del tiempo, como carcinogénesis, teratogénesis, esterilidad y mutagénesis. Además, estos productos han contribuido al desarrollo de resistencias en plagas, enfermedades y malezas, generando un aumento en la salinidad y agotamiento de los suelos, lo que a su vez resulta en una disminución del rendimiento y la producción agrícola (Ochoa *et al.*, 2017).

Siguiendo el criterio de los organizaciones internacionales como la Comunidad Económica Europea, la Agencia para la Protección del Ambiente de los Estados Unidos de Norteamérica (EPA) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), las distinciones esenciales entre los plaguicidas químicos convencionales y los plaguicidas de origen biológico se centran en su mecanismo de acción, a diferencia de los plaguicidas químicos que actúan mediante toxicidad directa, los plaguicidas de origen biológico operan mediante la aplicación de concentraciones mínimas en el material vegetal, destacando además su especificidad para la especie a combatir (Nava-Pérez *et al*., 2012).

Entre los diversos grupos de metabolitos secundarios presentes en los plaguicidas de origen biológico, se pueden mencionar:

Terpenos: Componentes predominantes de los aceites esenciales, generan repelencia, inapetencia y evitan la oviposición.

Fenoles: Compuestos hidroxilados con propiedades antialimentarias. Algunos, como los taninos, se comportan como barreras debido a su sabor amargo, mientras que las cumarinas reprimen el crecimiento de hongos y son tóxicas para ácaros e insectos, ácaros y nemátodos.

Alcaloides: Grupo con gran diversidad de metabolitos secundarios, exhibiendo una amplia variedad de efectos tóxicos; un ejemplo notable es la nicotina.

Glicósidos cianogénicos: Liberan cianuro al hidrolizarse, lo que los hace tóxicos y repelentes.

Compuestos azufrados: Los tiofenos, en particular, tienen acción insecticida y nematicida.

Flavonoides: Los compuestos que otorgan color a las plantas y flores, como la rotenona, funcionan como inhibidores enzimáticos y exhiben actividad repelente.

Es importante resaltar que la diversidad de estos metabolitos secundarios contribuye a la eficacia de los plaguicidas de origen biológico al interactuar de manera específica con la biología de las especies objetivo, minimizando los impactos adversos en organismos no objetivo y reduciendo los riesgos ambientales asociados con el uso de plaguicidas convencionales. A continuación, en la tabla 1 (Nava-Pérez *et al*., 2012).

Tabla 1. **Plantas que contienen metabolitos secundarios con propiedades insecticidas biológicos.**

Familia y especie	**Nombre común**	**Parte de la planta**	**Actividad Biológica**	**Compuestos**
Brugmansia	Floripondio o	Flores y hojas	Insecticida	Alcaloides

arborea (L.)	campana			
Salix humboldtiana Willdenow	Sauce	Hojas	Insecticida	Fenoles

Fuente: (Nava-Pérez *et al*., 2012).

4.12 Marco legal

Ley 9 de 1979: Regulación de Sustancias Peligrosas, Plaguicidas y Artículos Pirotécnicos.

En el marco de **la Ley 9 de 1979**, que aborda la gestión de sustancias peligrosas, plaguicidas y artículos pirotécnicos, se destaca el **Artículo 130º**, el cual establece que el Ministerio de Salud ha adoptado una normativa para la importación, fabricación, almacenamiento, transporte y comercio de sustancias de riesgo. Esta regulación impone la obligación de implementar todas las medidas necesarias de prevención en dichas actividades.

Artículo 136º - el Ministerio de Salud procederá a establecer las normas destinadas a salvaguardar la salud y seguridad de las personas ante los riesgos asociados con la fabricación, almacenamiento, transporte, comercio, utilización o disposición de plaguicidas.

Artículo 138º - las autoridades de agricultura están encargadas de garantizar el cumplimiento de las normativas destinadas al uso agropecuario de productos, siempre que estos cumplan con las normas establecidas por el Ministerio de Salud para los plaguicidas.

Artículo 139º - en el caso de que la experimentación con dichos productos genere riesgos para la salud de los trabajadores, la población o el entorno, dicha actividad deberá quedar bajo la supervisión de las autoridades de salud. Estas entidades exigirán la implementación de medidas correctivas para prevenir o remediar cualquier perjuicio ocasionado.

Artículo 144º - los establecimientos donde se manipulan plaguicidas, así como los residuos resultantes de su aplicación, tienen prohibido ser vertidos directamente en cursos de agua, reservorios, suelo o aire.

Ministerio de Salud Decreto 775 del 16 de abril de 1990: mediante este reglamento, se parcialmente reglamentan los Títulos III, V, VI, VII y XI de la Ley 09 de 1979, los cuales versan sobre el uso y manejo de plaguicidas. **Artículo 1° - Sobre el Objeto del Control y Vigilancia Epidemiológica:** el deterioro ambiental, así como el control y vigilancia epidemiológica en relación con el uso o manejo de plaguicidas, se llevarán a cabo con el propósito de prevenir cualquier impacto adverso en la salud de la comunidad; **Artículo 2° - Régimen Aplicable al Uso y Manejo de Plaguicidas:** el régimen aplicable al uso y manejo de plaguicidas se encuentra sujeto a las disposiciones del Reglamento Sanitario Internacional, así como a las siguientes leyes contenidas en la Ley 09 de 1979 y el Decreto 2811 de 1974.

Ley 1252 del 2008: ARTÍCULO 2º. Principios: fomentaremos la reducción de residuos peligrosos mediante la aplicación de tecnologías respetuosas con el medio ambiente y la adopción de planes integrales para la gestión de dichos residuos. De acuerdo con esta normativa, queda expresamente prohibida la generación, almacenamiento o eliminación de residuos o desperdicios peligrosos en ecosistemas estratégicos o relevantes del territorio, así como en áreas protegidas y zonas con una significativa vulnerabilidad ecológica, regiones predominantemente humedales, áreas de custodia, recarga hídrica dulce, océanos o mares. Se promoverá una política de producción más limpia como estrategia empresarial, buscando crear conciencia y responsabilidad social. Esta estrategia será desarrollada mediante la colaboración entre el Estado, las empresas, la academia y la sociedad, con el propósito de diseñar e implementar acciones que

hagan de la información pública un pilar esencial en la administración integral de los residuos peligrosos.

Decreto 1376 de 2013. El presente decreto regula el procedimiento para obtener permisos de recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de investigación científica no comercial. En este contexto, se define un espécimen de especie silvestre como cualquier organismo vivo o muerto de la diversidad biológica, así como sus productos o partes. Para su recolección es importante la referencia de información básica inherente a los especímenes como la taxonomía, localidad de recolecta, fecha y recolector, entre otras. También se dictan disposiciones acerca de las Instituciones Nacionales de Investigación entre las cuales están las Instituciones de Educación Superior (MinAmbiente, 2013).

5 METODOLOGÍA

5.1 Tipo de Investigación

Esta investigación se considera cuantitativa, ya que los datos se recopilaron de manera sistemática para su análisis estadístico, con el propósito de identificar diferencias significativas entre los tratamientos.

5.2 Diseño Metodológico

5.2.1 Hipótesis

Existen tratamientos basados en metabolitos secundarios presentes en plantas locales que pueden ser evaluados en laboratorio como potenciales agentes para el control fitoquímico de *S. frugiperda*.

Hipótesis Nula: No hay diferencias en los efectos entre los tratamientos aplicados a individuos de *S. frugiperda*.

Hipótesis Alterna: Si hay diferencias en los efectos entre los tratamientos aplicados a individuos de *S. frugiperda*.

5.3 Sistema de Variables

5.3.1 Variables Cuantitativas Continuas

5.3.1.1 Variables dependientes

Concentración Letal Media (CL_{50}).

Tiempo Letal Medio (TL_{50}).

Porcentajes de Mortalidad.

5.3.1.2 Variables independientes

A) Concentraciones de los extractos acuosos de *S. humboldtiana* y *B. arborea*

5.4 Diseño de la investigación

5.4.1 Localización del ensayo

El ensayo, se realizó en el Laboratorio de Sanidad Vegetal 202, a 2.586 msnm, en el municipio de Pamplona Norte de Santander. Allí, se desarrolló todo el estudio bajo condiciones controlados de laboratorio.

5.5 Diseño Experimental

El diseño experimental adoptado se basó en un modelo estadístico completamente al azar para la investigación de dos extractos acuosos y un insecticida químico. Cada extracto se sometió a cinco concentraciones y el insecticida químico solo se sometió a una concentración establecida

comercialmente, y cada concentración se replicó cinco veces, con cada repetición compuesta por 10 larvas. En total, se emplearon 250 unidades experimentales (larvas) para cada extracto y para el insecticida químico, se utilizaron 50 unidades experimentales, sumando un total de 550 larvas para el muestreo (Álvarez-Saldarriaga y Giraldo-Vanegas, 2020).

Por tanto, cada unidad experimental se individualizo en un vaso pequeño plástico, a la tapa se colocó un trozo de tela tul para simular condiciones ambientales comparables al entorno exterior. Cada vaso plástico contenía un trozo de hoja de maíz. Antes de introducir los discos de maíz en el vaso plástico junto con las larvas de segundo instar de *S. frugiperda*, los trozos de hojas de maíz se sumergieron en las diferentes concentraciones de los extractos acuosos por 5 segundos y para el químico se realizó el mismo procedimiento con la concentración establecida por el fabricante (Mondragón-Sánchez *et al*., 2020).

Las concentraciones de cada extracto se prepararon a partir de una concentración inicial de 100% mediante cinco diluciones seriadas. Estas diluciones se evaluarán como tratamientos en cada bioensayo. Además, se incluyó un control absoluto que consistió en hojas sumergidas en agua estéril en cada bioensayo. Este diseño experimental permitió evaluar de manera efectiva los efectos de las distintas concentraciones de los extractos acuosos en comparación con el control absoluto durante el desarrollo de las larvas de *S. frugiperda* (Mondragón-Sánchez *et al*., 2020).

Cada uno de los dos extractos acuosos vegetales, se evaluaron en cuatro concentraciones diferentes, y para el insecticida químico se evaluará en una sola concentración establecida comercialmente, además de incluyo un testigo absoluto. Estas concentraciones fueron la siguientes:

0% Testigo absoluto (hojas sumergidas en agua estéril)

25% (25.000 mg/L) o (25 mg/mL)

50% (50.000 mg/L) o (50 mg/mL)

75% (75.000 mg/L) o (75 mg/mL)

100% (100.000 mg/L) o (100 mg/mL)

Para el insecticida químico se usó la concentración recomendada por el fabricante.

5.6 Obtención de huevos de *Spodoptera frugiperda*

Los huevos se obtuvieron de una cría que se tienen en laboratorio de sanidad vegetal 202, de una población de Bucaramanga, se tomaron tres posturas, estos huevos se recolectaron con mucho cuidado y se depositaron en un vaso plástico pequeño, con una tapa que tenía una tela tul asegurada con una banda de goma para lograr conseguir condiciones similares con el exterior y se rotulo con la fecha del día en que fueron depositados en el vaso, para llevar control del día en que se depositaron hasta el día que nacen, ya que tardan 8 días para que emerjan las larvas, los huevos tienen una forma ovalada y aplanada, lo cual los hace muy delicados a la hora de manipular (figura 9). Cuando emergieron las larvas se esperó hasta su segundo instar eso tarda 9 días y se inició el experimento (Mondragón-Sánchez *et al.*, 2020; *Lizarazo & Stefan, 2018*).



Figura 9. Huevos de *S. frugiperda*. Fuente. Autor (2024).

5.7 Descripción de las Actividades

Preparación de los extractos acuosos de *B. arborea* y *S. humboldtiana* y el insecticida químico.

Las plantas utilizadas en el presente estudio fueron identificadas como *B. arborea* y *S. humboldtiana*. Esta determinación fue realizada por el botánico Luis Roberto Sánchez Montaño, director del Herbario Catatumbo Sarare de la Universidad de Pamplona.

Las plantas de *B. arborea* y *S. humboldtiana*, se colectaron dentro de la universidad de Pamplona, Norte de Santander, se llevaron al laboratorio de biología general. Se procedió hacerles un lavado, para luego dejarlas secar a la sombra. Para realizar los extractos acuosos se trituraron 200 gramos de hojas y se depositaron en un litro de agua con pH 7.0. Las hojas se maceraron en recipientes plásticos y se dejaron en fermentación durante 48 horas (figura 10). Pasadas las 48 horas se realizó el proceso de filtrado, el cual consistió en separar el líquido con los metabolitos, de las partes sólidas del material vegetal, restos de hojas (figura 9). A partir de la

concentración o solución madre al 100% (100.000 mg/L), se obtuvo las disoluciones al 100% (100.000 mg/L), 75% (75.000 mg/L), 50% (50.000 mg/L), 25% (25.000 mg/L) logrando de esta manera todas las concentraciones, ya para el insecticida químico este se utilizó una sola concentración, la recomendada por el fabricante (Mondragón-Sánchez *et al*., 2020; Rivera-López y Giraldo-Vanegas, 2022).

Se utilizó la siguiente fórmula para hacer las respectivas concentraciones:

$$V = \frac{Cd\ (x)\ Vd}{Cc}$$

Donde:

Vd: Volumen deseado

Cd: concentración deseada

Cc: concentración conocida (solución madre)

A cada concentración y al testigo, debido a las características cerosas de las hojas de maíz, se le adicionaron 0,50 ml/l del producto MIXEL TOP que es un tenso activo no iónico y no reactivo, con características especiales hipotensor y humectante, acción que ejerce al romper la tensión superficial del agua, mejorando el cubrimiento y la adherencia de los tratamientos en los discos de maíz (Mondragón-Sánchez *et al*., 2020; Rivera-López & Giraldo-Vanegas, 2022).

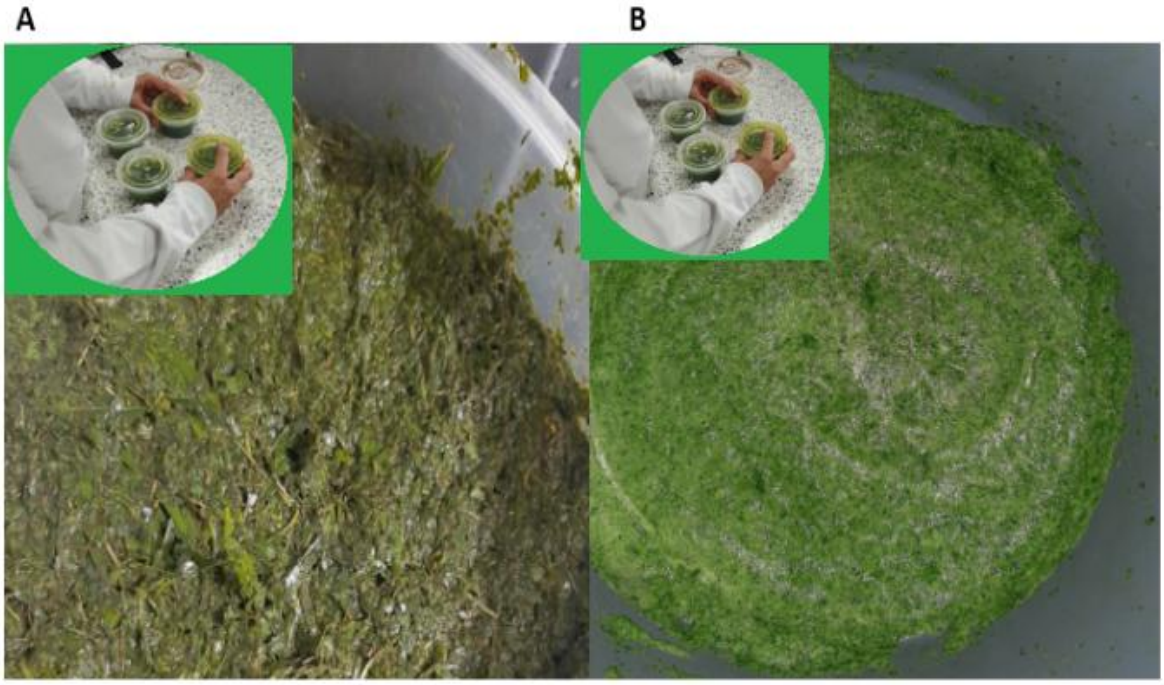


Figura 10. Maceración de las hojas y su posterior fermentación durante 48 horas siguientes en un recipiente plástico. A) *S. humboldtiana*; B) *B. arborea.* Fotografía: (Edwin-Santos., 2024).

Determinación de la mortalidad de *Spodoptera frugiperda*, causada por extractos acuosos de *Brugmansia arborea*, *Salix humboldtiana* y por el insecticida químico, bajo condiciones de laboratorio.

Una vez emergidas las larvas de *S. frugiperda*, se registraron con número y fecha, y se individualizaron en un vaso plástico pequeño, luego se alimentaron con un trozo de maíz, que se les deposito dentro del vaso plástico, cada larva de alimento día por medio (Mondragón-Sánchez *et al*., 2020). Cuando las larvas lleguen al segundo instar de desarrollo larval, aproximadamente a los nueve días de edad, se realizó el montaje del ensayo (Lizarazo & Stefan, 2018).

Las larvas para el bioensayo tuvieron un ayuno de tres horas, cuando paso el tiempo se llevó a cabo con el ensayo que consistió, en colocar un trozo de hoja de maíz que se sumergió durante cinco segundos en cada uno de los tratamientos a diferentes concentraciones al 100% (100.000 mg/L), 75% (75.000 mg/L), 50% (50.000 mg/L), 25% (25.000 mg/L), y para el insecticida químico se realizó el mismo procedimiento con la concentración establecida por el comerciante y un Testigo Absoluto (0 mg/L), se esperó que se secara la hoja de maíz y se empezó alimentar las larvas de segundo instar como se observa en la Figura 11 (Mondragón-Sánchez *et al.*, 2020; Rivera-López & Giraldo-Vanegas, 2022).



Figura 11. Proceso de inmersión de hojas de maíz en tratamientos de distintas concentraciones durante cinco segundos. Fotografía: (Edwin-Santos., 2024).

Es importante hacer la anotación que todas las larvas que se utilizaron en este ensayo tenían una edad de 9 días (segundo instar), para uniformizar esta variable, ya que la tolerancia a los tóxicos aumenta con la edad de las larvas de lepidópteros. Cada vaso pequeño plástico se rotulo identificándola con su respectivo Tratamiento, repetición, número de larva y fecha de inicio del ensayo (Mondragón-Sánchez *et al*., 2020; Rivera-López & Giraldo-Vanegas, 2022).

La mortalidad de las larvas se comprobó con la observación directa a través de una lupa y con la ayuda de un pelo de pincel, la larva se estimuló para comprobar si responde de no

responder se tomaban como muertas (Figura 12). También se tomó en cuenta la sintomatología presentada por las larvas afectadas, como la apariencia inicial de color café claro y acortamiento del cuerpo, hasta aparentar una sequedad intensa, estos fueron los signos indicadores sobre la muerte de las larvas. La mortalidad se evaluó cada doce horas, hasta la muerte total de las larvas de *S. frugiperda* (Mondragón-Sánchez *et al*., 2020; Rivera-López & Giraldo-Vanegas, 2022).

Las larvas permanecieron cuatros días (96 horas) con los trozos de maíz tratados en sus diferentes concentraciones, para cumplir con el tiempo determinado de las 96 horas de exposición a los tratamientos, al quinto día se cambiaron las hojas de maíz y se alimentaron con trozos de maíz tierno nuevas sin tratamiento, hasta su desarrollo adulto o murieran en el transcurso de esos días (Mondragón-Sánchez *et al*., 2020; Rivera-López & Giraldo-Vanegas, 2022).



Figura 12. Observación directa a través de una lupa y con la ayuda de un pelo de pincel, la larva se estimuló para comprobar si responde de no responder se tomaban como muertas. Fotografía: (Edwin-Santos., 2024).

5.8 Cálculo de la Concentración Letal medio (CL_{50}) y el Tiempo Letal medio (TL_{50}) causada por extractos acuosos de *Brugmansia arborea, Salix humboldtiana* y el insecticida químico, bajo condiciones de laboratorio

Para determinar la CL_{50} y el TL_{50}, en la bitácora (Anexo 1), se tomaron datos de muerte cada 12 horas hasta los 4 días (96 horas) de exposición de las larvas, sin cambiar las hojas de maíz tratadas, ya que, dentro del concepto de la CL_{50}, que es la concentración de un material determinado, administrado una sola vez, que provoca la muerte del 50% de un grupo de animales de prueba. Al comprobar la mortalidad de una larva, se tomó nota del tratamiento, la repetición, el número de larva en esa repetición y hora de observación de su muerte.

5.9 Análisis de datos.

Los porcentajes de mortalidad se transformaron a $\sqrt{x} + 1$. Para llevar a cabo el análisis estadístico, se realizó primero la normalización de los datos, verificando la normalidad y evaluando la homogeneidad de varianzas. Una vez confirmada la normalidad y homogeneidad de varianzas, se ejecutó un Análisis de Varianza (ANOVA) para identificar posibles diferencias significativas entre los grupos. Posteriormente, se aplicó un test de comparación de medias de Tukey para determinar qué grupos difieren significativamente entre sí, con un nivel de significancia establecido en $p \leq 0,05$. Este proceso garantizo una evaluación robusta y precisa de los datos, permitiendo conclusiones confiables respecto a las diferencias entre los grupos analizados (Mondragón-Sánchez *et al*., 2020; Rivera-López & Giraldo-Vanegas, 2022).

Los parámetros de CL_{50} se determinaron con un Análisis Probit, transformando las cinco concentraciones de cada extracto a log10 y las mortalidades se transformaron a Probit. Se hizo

un análisis de regresión simple para determinar la relación entre la mortalidad y la concentración, lo que permitió construir la respuesta concentración-efecto. Para cada concentración, en cada uno de los dos extractos y el insecticida químico, que es la base para la determinación de la CL_{50}. Con los datos de mortalidad acumulados cada doce horas, durante cuatro días (96 horas), se determinó el tiempo al cual murió el 50% de la población (TL_{50}) para cada concentración en los dos extractos y para la concentración establecida del insecticida químico (Mondragón-Sánchez *et al.*, 2020; Rivera-López & Giraldo-Vanegas, 2022).

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Determinación de la CL_{50} y el TL_{50}

La Concentración Letal Media (CL_{50}) es una medida esencial en toxicología y ecotoxicología, utilizada para evaluar el impacto tóxico de sustancias peligrosas en el medio ambiente. Representa la concentración de una sustancia en la cual el 50% de los organismos expuestos mueren en un período de exposición determinado. Esta medida es crucial para comprender cómo las sustancias químicas afectan tanto a los seres humanos como a los ecosistemas, ya que proporciona información sobre la dosis letal promedio para una población de organismos. La CL_{50} es una herramienta clave en la evaluación de riesgos ambientales y en la formulación de políticas de regulación de productos químicos, contribuyendo así a la protección de la salud pública y la preservación del medio ambiente (Vázquez-Villegas *et al.,* 2018).

El tiempo letal medio (TL_{50}), es el promedio del tiempo transcurrido en los diferentes individuos desde la aplicación del tóxico hasta su muerte. El TL_{50}, referido al 50% de los individuos experimentados, posee una mayor exactitud. Esta medida, similar a la Concentración Letal Media (CL_{50}), no se refiere a la concentración de una sustancia química, sino al tiempo de exposición necesario para que el 50% de los individuos expuestos mueran. Por ejemplo, en un experimento donde se expone a un grupo de organismos a una toxina durante diferentes períodos de tiempo, el TL_{50} sería el punto en el cual el 50% de los organismos expuestos mueren. Esta medida proporciona información valiosa sobre la velocidad y la gravedad del impacto tóxico de una sustancia o situación en particular (Castillo Quispe & Barrantes Arriola, 2019).

Al igual que con la CL_{50}, el TL_{50} es importante para comprender los riesgos asociados con la exposición a sustancias químicas y para establecer medidas de seguridad y regulaciones

adecuadas para proteger la salud humana y el medio ambiente (Vázquez-Villegas *et al*., 2018 & Castillo Quispe & Barrantes Arriola, 2019).

6.2 Determinar la CL_{50} de los extractos acuosos vegetales de hojas de *S. humboldtiana* sobre larvas *S. frugiperda*.

Una vez realizadas las transformaciones de Porcentajes de Mortalidad a Probit (Finnley, 1.952) y las Concentraciones a $\log_{10}$ (Tabla 2), se procedió a realizar un Análisis de Regresión lo que permitió obtener una ecuación de regresión y=1,08x + 0,69, con un coeficiente de determinación (R^2 = 0,75) (Figura 1); además, se determinó un valor de CL_{50} de 9.772 mg/l.

Tabla 2. Datos originales de Concentración (mg/l) y Mortalidad (%) y sus correspondientes transformaciones a $\log_{10}$ y Probit de los extractos acuosos vegetales de hojas de *S. humboldtiana* sobre larvas *S. frugiperda*.

Concentración (mg/l)	Concentración (log10)	Mortalidad (%)	Mortalidad (Probit)
100.000	5,00	98,00	7,05
75.000	4,87	70,00	5,52
50.000	4,70	58,00	5,2
25.000	4,39	36,00	4,64
0,00	0,00	4,00	3,25

Fuente: (Meliza-Perez., 2024; Giraldo-Vanegas., 2024).

En la Figura 13, se presenta la ecuación de regresión y=1,08x + 0,69 que indica que la mortalidad de las larvas de *S. frugiperda* se relaciona con la concentración de extractos de hojas de *S. humboldtiana* en un modelo logarítmico. La transformación logarítmica de las concentraciones (x) y las mortalidades (y) se realizó para ajustar la distribución de los datos y mejorar la linealidad de la relación entre las variables. El coeficiente de regresión (1,08) indica que cada unidad de aumento en la concentración de extractos se asocia con un aumento de 1,08 unidades en la mortalidad. La ecuación de regresión se ajusta bien a los datos, como se refleja en el coeficiente de determinación (R^2 = 0,75), lo que indica que el 75% de la variabilidad en la mortalidad se explica por la concentración de extractos.

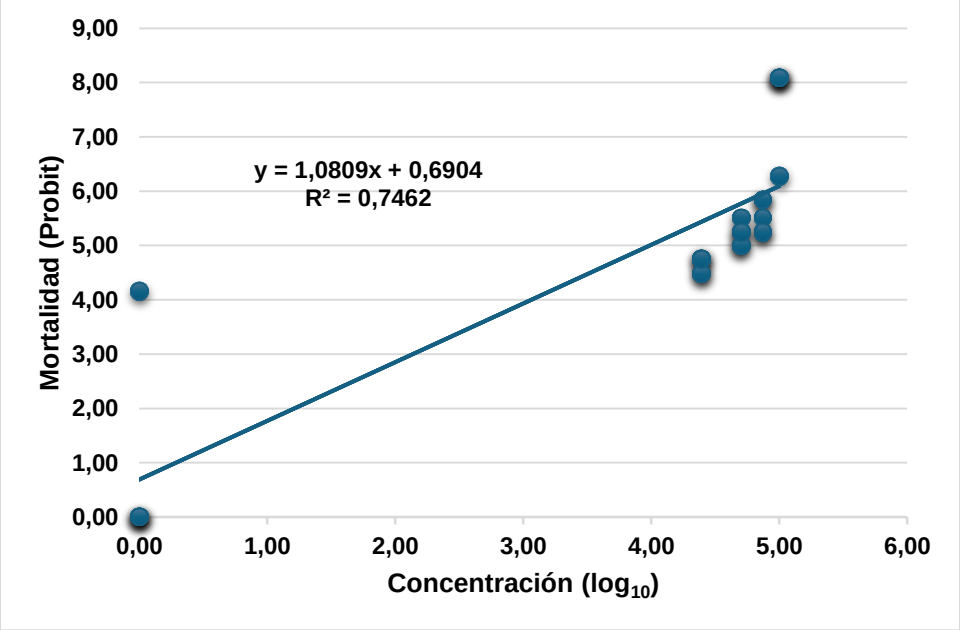


Figura 13. Regresión de la interacción Mortalidad (Probit)-Concentración (log_{10})) para larvas de segundo instar de *S. frugiperda* sometidas a cinco concentraciones de extractos de *S. humboldtiana*, bajo condiciones de laboratorio. Fuente: (Meliza-Perez., 2024; Giraldo-Vanegas., 2024).

La CL_{50}, que es la concentración letal media que causa la muerte del 50% de las larvas del experimento, se determinó en 9.772 mg/l. Este valor es importante ya que indica la efectividad del extracto de *S. humboldtiana* como agente tóxico contra las larvas de *S. frugiperda*. Un CL_{50} bajo sugiere una alta toxicidad del extracto, lo que podría ser útil en el control de plagas.

Tabla 3. Concentraciones letales (CL_{50}) de los extractos acuosos de hojas de *S. humboldtiana*, para larvas de segundo instar de *S. frugiperda*, en condiciones de laboratorio.

Extracto acuoso	**Ecuación Regresión**	**R^2**	**CL_{50} (mg/l)**
S. humboldtiana	y=1,08x + 0,69	0,75	9.772

Fuente: (Meliza-Perez., 2024; Giraldo-Vanegas., 2024).

En resumen, los resultados de este experimento sugieren que los extractos de hojas de *S. humboldtiana* tienen un efecto tóxico significativo sobre las larvas de *S. frugiperda*, con una concentración letal media relativamente baja. Estos hallazgos son relevantes en el contexto del control fitoquímico de plagas agrícolas y podrían tener implicaciones en el desarrollo de nuevos agentes insecticidas a base de productos naturales.

6.3 Determinación de la CL_{50} extractos acuosos de hojas de *B. arborea* sobre larvas *S. frugiperda*.

De la misma manera se realizaron las correspondientes transformaciones de los Porcentajes de Mortalidad a Probit (Finnley, 1952) y las Concentraciones a log10 (Tabla 4), se procedió a realizar un Análisis de Regresión lo que permitió obtener una ecuación de regresión

y=1,05x + 0,72, con un coeficiente de determinación (R^2 = 0,78) (Figura 14); determinándose un valor de CL_{50} de 11.759 mg/l.

Tabla 4. Datos originales de Concentración (mg/l) y Mortalidad (%) y sus correspondientes transformaciones a log10 y Probit, de los extractos acuosos vegetales de hoja de *B. arborea* sobre las larvas de *S. frugiperda.*

Concentración (mg/l)	Concentración (log10)	Mortalidad (%)	Mortalidad (Probit)
100000	5,00	92,00	6,41
75000	4,87	78,00	5,77
50000	4,70	62,00	5,31
25000	4,39	36,00	4,64
0	0,00	4,00	3,25

Fuente: (Meliza-Perez., 2024; Giraldo-Vanegas., 2024).

La ecuación de regresión y=1,05x + 0,72 representa la relación lineal entre el logaritmo de las concentraciones (x) del extracto acuoso de hojas de *B. arborea* y los valores de Probit de mortalidad (y). El coeficiente de 1,05 indica la pendiente de la recta, lo que refleja la tasa de cambio en la mortalidad con respecto al cambio en la concentración del tóxico. Un valor positivo indica que a medida que aumenta la concentración, también lo hace la mortalidad.

El coeficiente de determinación (R^2 = 0,78) es una medida de la bondad de ajuste del modelo de regresión lineal a los datos experimentales. Un valor de 0,78 indica que el 78% de la variabilidad en la mortalidad puede ser explicada por la variación en las concentraciones del extracto. Este valor se considera aceptable para un estudio de toxicidad, lo cual sugiere un buen ajuste del modelo a los datos experimentales, aunque idealmente se buscan valores más cercanos a 1.

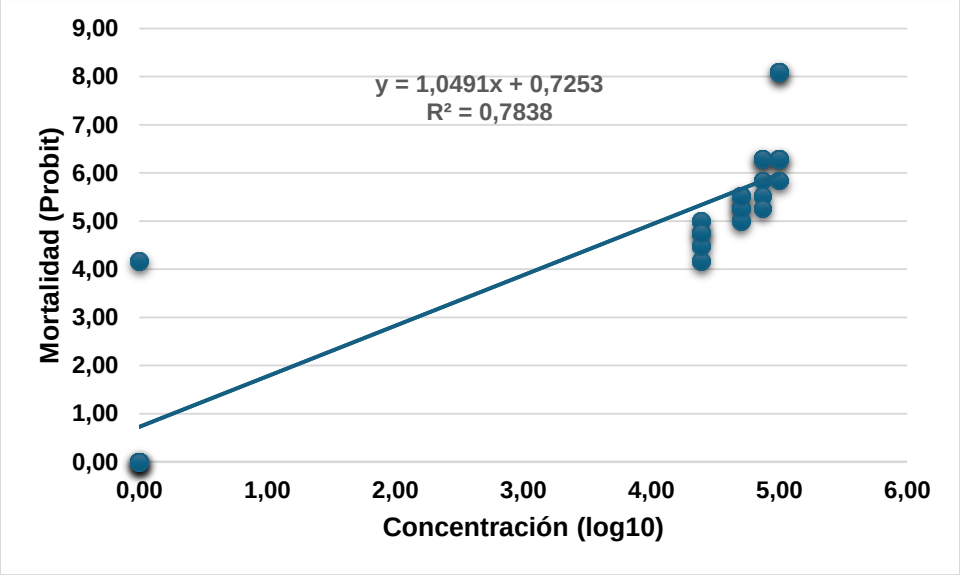


Figura 14. Regresión de la interacción Mortalidad (Probit)-Concentración (log_{10}) para larvas de segundo instar de *S. frugiperda* sometidas a cinco concentraciones de extractos de *B. arborea*, bajo condiciones de laboratorio. Fuente: (Meliza-Perez., 2024; Giraldo-Vanegas., 2024).

La CL_{50} es uno de los parámetros más importantes en los estudios de toxicidad. Representa la concentración del tóxico que causa la muerte del 50% de los organismos expuestos. En este caso, el extracto de hojas de *B. arborea* mostró una CL_{50} de 11.759 mg/l

contra las larvas de *S. frugiperda*. Esta concentración se considera moderadamente tóxica según los criterios establecidos para ensayos de toxicidad.

Tabla 5. Concentraciones letales (CL_{50}) de los extractos acuosos de hojas de *B. arborea*, para larvas de segundo instar de *S. frugiperda*, en condiciones de laboratorio.

Extracto acuoso	**Ecuación Regresión**	**R^2**	**L_{50} (mg/l)**	**(**
B. arborea	y=1,05x + 0,72	,78	1.759	1

Fuente: (Meliza-Perez., 2024; Giraldo-Vanegas., 2024).

En resumen, los resultados obtenidos sugieren que el extracto de hojas de *B. arborea* presenta una actividad tóxica moderada contra las larvas de *S. frugiperda*, con una relación dosis-respuesta clara y un ajuste aceptable al modelo de regresión lineal. Sin embargo, sería recomendable realizar estudios adicionales para evaluar la reproducibilidad de estos resultados y explorar posibles mecanismos de acción del extracto.

6.4 Determinar del TL50 de los extractos acuosos vegetales de *B. arborea* y *S. humboldtiana* sobre *S. frugiperda* en cultivos en condición de laboratorio.

El Tiempo Letal Medio (TL_{50}), es el valor medio del intervalo de tiempo, durante el cual se espera que muera el 50% de una población dada, tras la administración aguda de un agente químico a una determinada concentración y bajo un conjunto de condiciones definidas (Castillo *et al.*, 2019). Con los datos de mortalidad acumulados cada doce horas, desde la hora 12 desde que se inició el experimento hasta la hora 96, se determinó el tiempo en el cual murió el 50% de la población (TL_{50}) para cada una de las cuatro concentraciones (0, 25.000, 50.000, 75.000 y 100.000 mg/l) de los extractos acuosos de hojas de *S. humboldtiana* y *B. arborea*.

6.5.Tiempo Letal Medio (TL_{50}) de extractos acuosos de hojas de S. humboldtiana

En este bioensayo se evaluaron las cuatro concentraciones (25.000, 50.000, 75.000 y 100.000 mg/l), de extractos acuosos; obteniendo sus ecuaciones con base en el análisis de regresión lineal que relacionan el tiempo de exposición (variable independiente) con la mortalidad observada (variable dependiente). Estas ecuaciones de Regresión son presentadas en las Figuras 15.

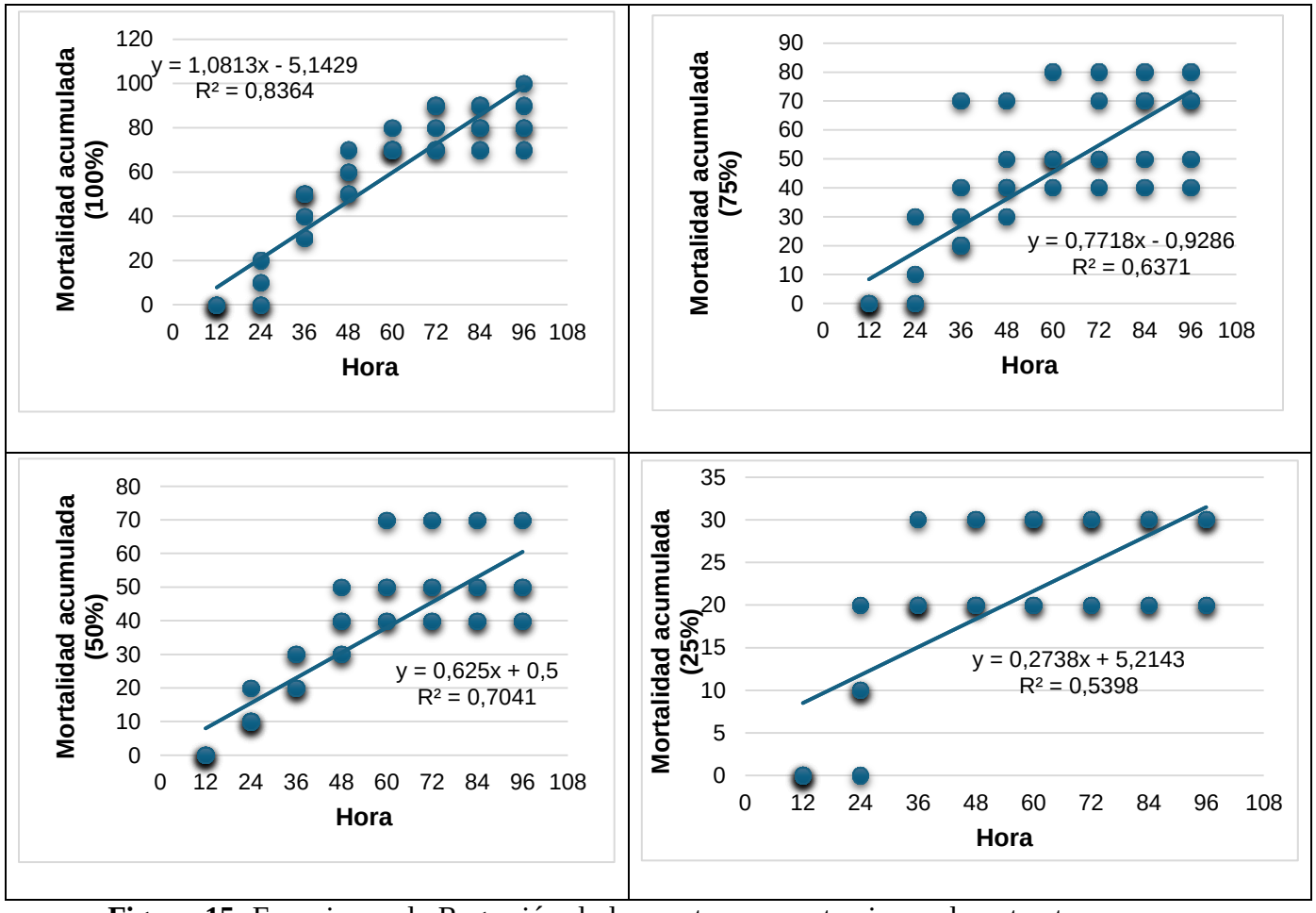


Figura 15. Ecuaciones de Regresión de las cuatro concentraciones de extractos acuosos de hojas de *S. humboldtiana*: (100.000 mg/l); (75.000 mg/l); (50.000 mg/l); (25.000 mg/l). Fuente: (Meliza-Perez., 2024; Giraldo-Vanegas., 2024).

En la Tabla 6, se observan los parámetros generados de los Análisis de Regresión, así los coeficientes de determinación (R^2) encontrados, indican el grado de ajuste de los datos a las líneas de regresión. Valores cercanos a 1 indican un buen ajuste, mientras que valores más bajos sugieren una mayor dispersión de los datos. En este caso, los valores de R^2 oscilan entre 0,54 y 0,84, lo cual es aceptable para estudios biológicos.

A partir de estas ecuaciones, se calcularon los Tiempos Letales Medios (TL_{50}), es decir, el tiempo de exposición necesario para causar la mortalidad del 50% de los individuos evaluados. Los TL_{50} obtenidos fueron: 25.000 mg/L: TL_{50} = 166 horas; 50.000 mg/L: TL_{50} = 80 horas; 75.000 mg/L: TL_{50} = 64 horas y 100.000 mg/L: TL_{50} = 45 horas.

Tabla 6. Las Ecuaciones de Regresión, el Coeficiente de Determinación (R^2) y los TL_{50} de las concentraciones probadas (25.000, 50.000, 75.000 y 100.000 mg/l) de los extractos acuosos de hojas de *S. humboldtiana* en larvas de segundo instar de *S. frugiperda* en condición de laboratorio.

Concentración (mg/l)	**Ecuación Regresión**	**^{2}**	**ora**
100.000	y=1,08x + 5,14	,84	5
75.000	y=0,77x + 0,93	,64	4
50.000	y=0,62x + 0,5	,71	0
25.000	y=0,27x + 5,21	,54	66

Fuente: (Meliza-Perez., 2024; Giraldo-Vanegas., 2024).

Estos resultados muestran una clara relación inversa entre la concentración de los extractos y el TL_{50}. A medida que aumenta la concentración, el tiempo necesario para causar la mortalidad del 50% de los individuos disminuye. Esto se debe a que, a concentraciones más altas, la exposición a los compuestos bioactivos presentes en los extractos es mayor, lo que incrementa su toxicidad.

Es importante resaltar que la determinación del TL_{50} es fundamental en estudios toxicológicos, ya que permite establecer una medida cuantitativa de la toxicidad de un compuesto o extracto vegetal. Además, los resultados obtenidos en este bioensayo sugieren que los extractos acuosos de *S. humboldtiana* podrían tener potencial como agentes biosidas o insecticidas naturales, aunque se requieren estudios adicionales para evaluar su selectividad, mecanismos de acción y posibles aplicaciones.

En resumen, el análisis riguroso de los datos del bioensayo revela una relación dosis-respuesta clara y consistente, con un aumento en la toxicidad de los extractos acuosos de *S. humboldtiana* a medida que se incrementa su concentración. Estos hallazgos sientan las bases para futuras investigaciones sobre las propiedades fitoquímicas y aplicaciones potenciales de esta especie vegetal en el Manejo Integrado de Plagas.

A manera de ejemplo y para mayor interpretación de las variables en las ecuaciones de regresión, se discute los resultados obtenidos con la concentración de 100.000 mg/l de extractos acuosos de hojas de *S. humboldtiana*.

La ecuación de regresión obtenida del bioensayo es $y = 1{,}08x + 5{,}14$, donde “y” es el tiempo que tardan las larvas en morir en horas y, “x” es la concentración del extracto en mg/l. El Coeficiente de determinación (R^2) es de 0,84, lo que indica que aproximadamente el 84% de la

variación en la variable respuesta (tiempo de muerte) se puede explicar por la variación en la variable predictor, la concentración del extracto.

El intercepto de la ecuación de regresión (5,14) representa el tiempo que tardan las larvas en morir en ausencia del extracto (es decir, el grupo control). Este valor es probablemente la tasa natural de mortalidad de las larvas, que es aproximadamente de 5,14 horas.

El coeficiente de la ecuación de regresión (1,08) representa el cambio en el tiempo que tardan las larvas en morir por cada unidad de cambio en la concentración del extracto. Este valor indica que por cada 1 mg/l de aumento en la concentración del extracto, el tiempo que tardan las larvas en morir aumenta aproximadamente en 1,08 horas.

6.6.Tiempo Letal Medio (TL_{50}) de extractos acuosos de hojas de *B. arborea*.

En este experimento, se evaluaron cuatro concentraciones diferentes de los extractos acuosos: 25.000, 50.000, 75.000 y 100.000 mg/L. En la Figura 16 se observa las ecuaciones de regresión para cada concentración, obteniendo ecuaciones de regresión lineales que relacionan el tiempo de exposición (variable independiente) con la mortalidad observada (variable dependiente), siendo estas: $y = 0,35x + 1,5$ ($R^2 = 0,45$); $y = 0,67x + 4,5$ ($R^2 = 0,60$); $y = 0,89x + 1,43$ ($R^2 = 0,69$); $y = 0,96x + 5,28$ ($R^2 = 0,68$).

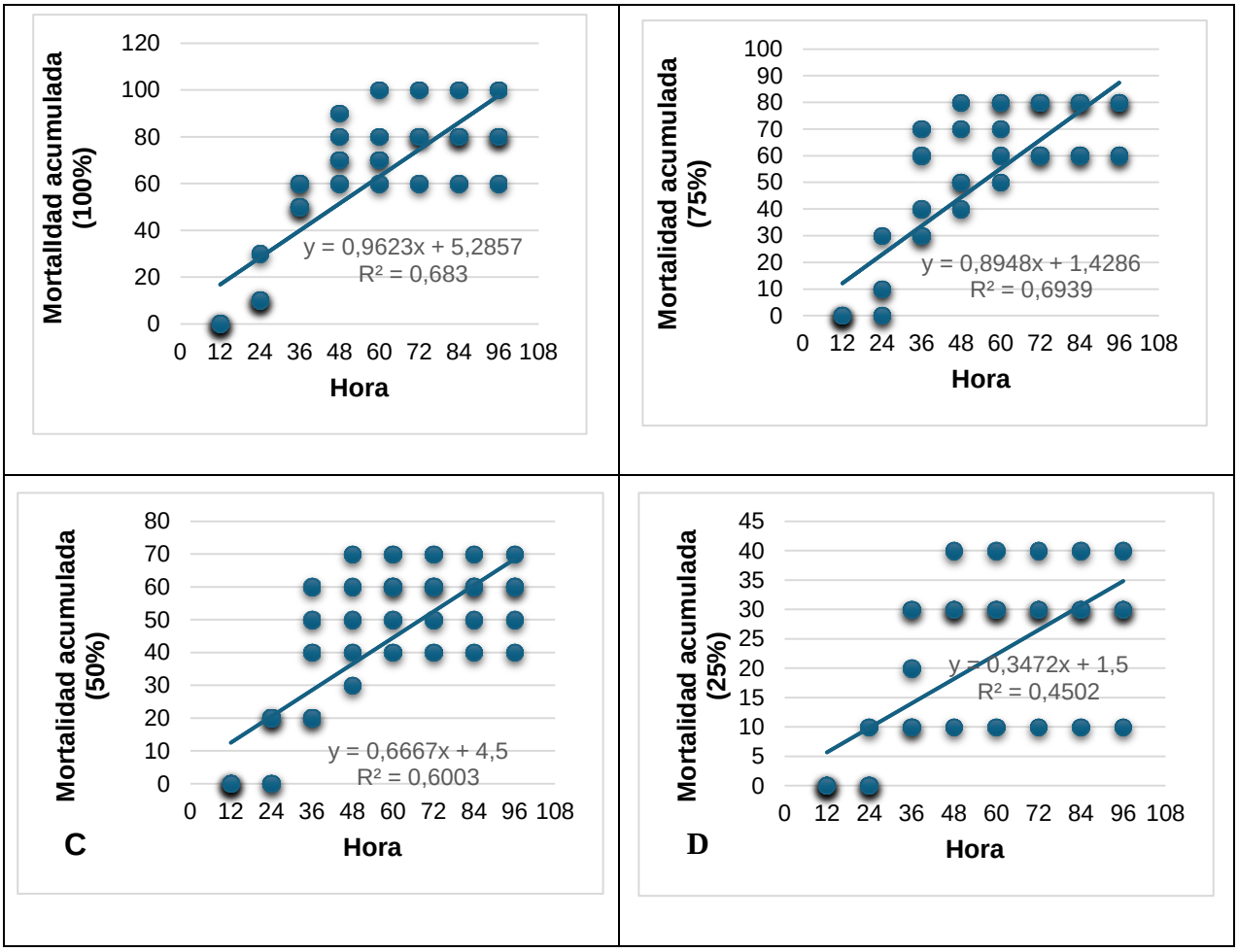


Figura 16. Ecuaciones de Regresión de las cuatro concentraciones de extractos acuosos de hojas de *B. arborea*: (100.000 mg/l); (75.000 mg/l); (C50.000 mg/l); (25.000 mg/l). Fuente: (Meliza-Perez., 2024; Giraldo-Vanegas., 2024).

Los coeficientes de determinación (R^2) indican el grado de ajuste de los datos a las líneas de regresión. Valores cercanos a 1 indican un buen ajuste, mientras que valores más bajos sugieren una mayor dispersión de los datos. En este caso, los valores de R^2 oscilan entre 0,45 y 0,69, lo cual se considera moderado para estudios biológicos de este tipo.

Al desarrollar las ecuaciones de regresión, se calcularon los Tiempos Letales Medios (TL_{50}), los cuales fueron: Para 25.000 mg/l (138 horas); 50.000 mg/l (68 horas); 75.000 mg/l (55 horas) y 100.000 mg/l (46 horas).

Tabla 7. Ecuaciones de Regresión, el Coeficiente de Determinación (R^2) y los TL_{50} de las concentraciones probadas (25.000, 50.000, 75.000 y 100.000 mg/l) de los extractos acuosos de hojas de *B. arborea* en larvas de segundo instar de *S. frugiperda* en condición de laboratorio.

Concentración (mg/l)	**Ecuación Regresión**	**^{2}**	**ora**
100.000	y=0,96x + 5,28	,68	6
75.000	y=0,89x + 1,43	,69	5
50.000	y=0,67x + 4,5	,60	8
25.000	y=0,35x + 1,5	,45	38

Fuente: (Meliza-Perez., 2024; Giraldo-Vanegas., 2024).

Estos resultados muestran una clara relación inversa entre la concentración de los extractos y el TL_{50}. A medida que aumenta la concentración, el tiempo necesario para causar la mortalidad del 50% de los individuos disminuye. Esto se debe a que, a concentraciones más altas, la exposición a los compuestos bioactivos presentes en los extractos es mayor, lo que incrementa su toxicidad.

Es importante señalar que la determinación del TL_{50} es fundamental en estudios toxicológicos, ya que permite establecer una medida cuantitativa de la toxicidad de un compuesto o extracto vegetal. Además, los resultados obtenidos en este experimento sugieren

que los extractos acuosos de *B. arborea* podrían tener potencial como agentes biosidas o insecticidas vegetales, aunque se requieren estudios adicionales para evaluar su selectividad, mecanismos de acción y posibles aplicaciones.

Cabe mencionar que, si bien los coeficientes de determinación no son tan altos como sería deseable, los resultados obtenidos siguen una tendencia clara y consistente.

En resumen, el análisis de los datos del bioensayo revela una relación dosis-respuesta clara, con un aumento en la toxicidad de los extractos acuosos de *B. arborea* a medida que se incrementa su concentración. Estos hallazgos sientan las bases para futuras investigaciones sobre las propiedades biológicas y aplicaciones potenciales de esta especie vegetal, aunque se requiere mayor investigación para mejorar la calidad y reproducibilidad de los resultados.

6.7. Determinación de la Mortalidad

6.7.1. Comparación de la mortalidad causada a larvas en segundo instar de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), por los diez tratamientos en condiciones de laboratorio.

Los porcentajes de mortalidad de larvas de *S. frugiperda* expuestas a diez tratamientos diferentes (concentraciones) se presentan en la Tabla 8. Los resultados del ANOVA simple y la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) anexo 3 y 4, se aceptaría la hipótesis alterna, lo que significa que en el análisis existe diferencias en los efectos entre los tratamientos aplicados a individuos de *S. frugiperda.* Indicando diferencias significativas entre los tratamientos, lo que llevó a la formación de seis grupos diferentes. El primer grupo estuvo compuesto por las concentraciones del piretroide lambdacialotrina (ml/l) y los extractos de *S. humboldtiana* y *B. arborea* a 100,000 mg/l, que causaron mortalidades del 100%, 98% y 96%, respectivamente. Este primer grupo fue significativamente diferente de los otros cinco grupos. El segundo grupo fue el extracto de *B.*

arborea a 75,000 mg/l, con una mortalidad del 78%. El tercer grupo estuvo compuesto por *S. humboldtiana* (75,000 mg/l) y *B. arborea* (50,000 mg/l), con tasas de mortalidad del 70% y 62%, respectivamente. El cuarto grupo fue la concentración de *S. humboldtiana* a 50,000 mg/l, que causó una mortalidad del 58%. El quinto grupo estuvo compuesto por las concentraciones de 25,000 mg/l de *S. humboldtiana* y *B. arborea*, ambas con una mortalidad del 36%. El sexto grupo fue el Control (0 mg/l), con una mortalidad del 4%.

Estos resultados indican que los extractos de *S. humboldtiana* y *B. arborea*, así como el insecticida lambdacialotrina, fueron muy efectivos en causar mortalidad en larvas de *S. frugiperda*. Las concentraciones de 100,000 mg/l de estos extractos y el insecticida fueron las más tóxicas. Las concentraciones más bajas de estos extractos fueron menos tóxicas, pero así causaron una mortalidad significativa. El grupo Control tuvo la tasa de mortalidad más baja, lo que puede indicar que la mortalidad de 4% se debe a causas naturales.

El estudio realizado por Ochoa *et al.*, (2017) trabajaron larvas de *S. frugiperda* de primer estadio por tratamiento, los fitoextractos evaluados correspondieron la planta *B. arborea*, *Cynara scolymus* y *Medicago sativa*, mostraron un efecto insecticida significativo contra *S. frugiperda* en larvas y pupas a concentraciones de 250 y 500 ppm. Con un porcentaje de mortalidad para *B. arborea* del 60 y 70 %, *Cynara scolymus* del 100 y el 97% y *Medicago sativa* del 100, 100%, demostrando una actividad de bioinsecticida en contra de *Spodoptera frugiperda*.

En general, estos resultados sugieren que los extractos de *S. humboldtiana* y *B. arborea*, así como el insecticida lambdacialotrina, tienen potencial como bioinsecticidas para controlar poblaciones de *S. frugiperda*. Se necesitan estudios adicionales para confirmar la eficacia y seguridad de estos compuestos para su uso en estrategias de manejo integrado de plagas.

Tabla 8. Prueba de medias de Tukey para los porcentajes de mortalidad de larvas de *S. frugiperda* sometidas a diez tratamientos, bajo condiciones de laboratorio.

Tratamiento	N	Mortalidad (%)	DS
lambdacialotrina (ml/l)	5	100,00 a	0,00
S-100.000 (mg/l)	5	98,00 a	4,47
B-100.000 (mg/l)	5	92,00 ab	8,37
B-75.000 (mg/l)	5	78,00 bc	13,04
S-75.000 (mg/l)	5	70,00 cd	10,00
B-50000 (mg/l)	5	62,00 cd	8,37
S-50.000 (mg/l)	5	58,00 d	8,37
S-25.000 (mg/l)	5	36,00 e	11,40
B-25.000 (mg/l)	5	36,00 e	5,48
Control (0 mg/l)	5	4,00 f	8,94

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).
Nota: B=*B. arborea*; S=*S. humboldtiana*
Fuente: (Meliza-Perez., 2024; Giraldo-Vanegas., 2024).

En la Figura 17, se aprecia un Histograma en donde se observa más explícitamente los seis grupos generados por la Prueba de Tukey.

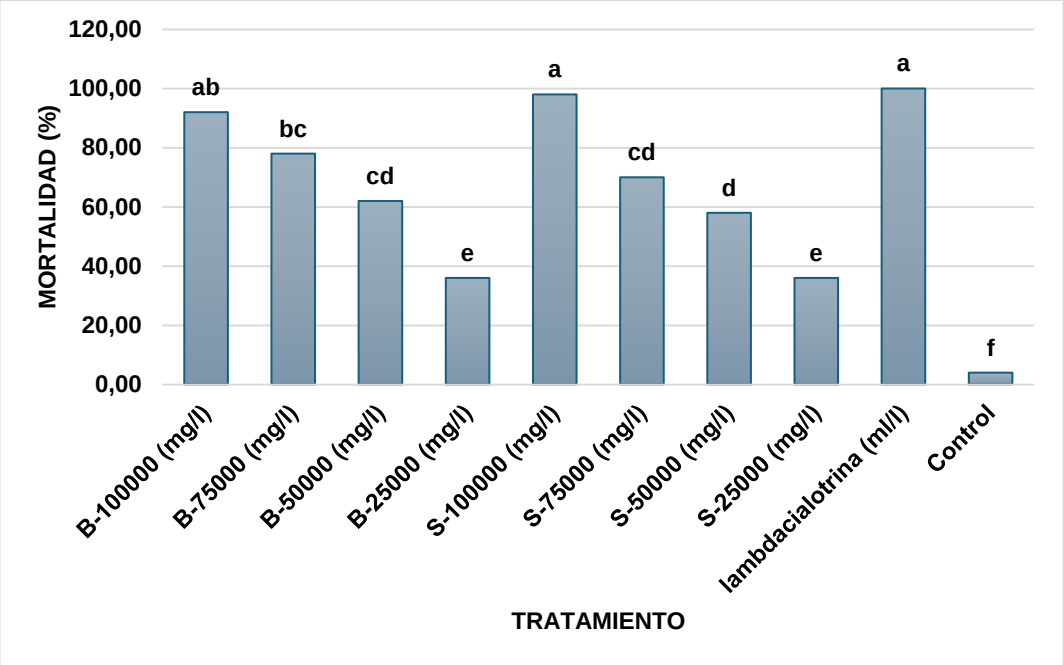


Figura 17. Histograma de los porcentajes de mortalidad de larvas de *S. frugiperda* sometidas a diez tratamientos, bajo condiciones de laboratorio.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Nota: B=*B. arborea*; S=*S. humboldtiana*

Fuente: (Meliza-Perez., 2024; Giraldo-Vanegas., 2024).

6.7.2. Mortalidad causada a larvas en segundo instar de *S. frugiperda,* por los extractos acuosos de *S. humboldtiana,* en condiciones de laboratorio.

En este bioensayo, se evaluó la toxicidad de extractos de hojas de *S. humboldtiana* contra larvas de *S. frugiperda* utilizando cinco concentraciones diferentes (100.000, 75.000, 50.000, 25.000 y 0.00 mg/l). Los resultados de la prueba de Tukey mostraron que las mortalidades obtenidas fueron significativamente diferentes entre las concentraciones, con valores del 98%, 70%, 58%, 36% y 4% respectivamente (Tabla 9).

La variación en las mortalidades observadas a diferentes concentraciones del extracto indica un efecto dosis-dependiente del extracto sobre las larvas de *S. frugiperda*. La alta mortalidad observada a la concentración más alta (100.000 mg/l) sugiere un fuerte efecto tóxico del extracto, mientras que la baja mortalidad a la concentración más baja (Control 0.00 mg/l) indica un efecto mínimo o nulo.

El hecho de que las mortalidades obtenidas a diferentes concentraciones sean significativamente diferentes con un nivel de significancia de ($p \leq 0,05$) indica que las diferencias observadas no son atribuibles al azar. Esto sugiere que las concentraciones del extracto tienen un efecto significativo en la mortalidad de las larvas, lo que respalda la hipótesis de que el extracto de hojas de *S. humboldtiana* es tóxico para las larvas de *S. frugiperda*.

En resumen, los resultados de este bioensayo indican que los extractos de hojas de *S. humboldtiana* tienen un efecto tóxico sobre las larvas de *S. frugiperda*, y que este efecto es dosis-dependiente. Estos resultados proporcionan una base sólida para futuras investigaciones sobre el uso potencial de estos extractos como bioinsecticidas en el control de plagas agrícolas.

Tabla 9. Prueba de Tukey para los porcentajes de mortalidad de larvas

de *S. frugiperda* sometidas a cinco concentraciones de extracto de hojas de *S. humboldtiana*, bajo condiciones de laboratorio.

Concentración (mg/l)	**N**	**Mortalidad (%)**	**DS**
100.000	5	98,00 a	4,47
75.000	5	70,00 b	10,00

50.000	5	58,00 c	8,37
25.000	5	36,00 d	5,48
0,00	5	4,00 e	8,94

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).
Fuente: (Meliza-Perez., 2024; Giraldo-Vanegas., 2024).

6.7.3. Análisis de Regresión de la interacción Mortalidad-Concentración de *S. humboldtiana*

En este experimento, se evaluó la toxicidad de extractos de hojas de *S. humboldtiana* contra larvas de *S. frugiperda* utilizando cinco concentraciones diferentes (0, 25.000, 50.000, 75.000 y 100.00 mg/l). Los resultados mostraron una ecuación de regresión lineal de la forma y = 0,0009x + 8,80, donde "y" representa la mortalidad de las larvas y "x" la concentración del extracto en mg/l. Además, se obtuvo un coeficiente de determinación (R^2) de 0,94 (Figura 17).

Al interpretar un Análisis de Regresión entre las variables Concentración y Mortalidad, la ecuación de regresión indica una relación positiva entre la concentración del extracto y la mortalidad de las larvas. La pendiente positiva (0,0009) sugiere que a medida que aumenta la concentración del extracto, también lo hace la mortalidad de las larvas. La ordenada al origen (8,80) representa la mortalidad esperada cuando la concentración del extracto es cero, lo cual se debe a factores no relacionados con el extracto (Figura 18), como es el caso del Control tuvo 4% de mortalidad.

El Coeficiente de determinación (R^2 = 0,94), indica que el 94% de la variabilidad en la mortalidad de las larvas puede explicarse por la concentración del extracto en el modelo de

regresión. Un valor de R^2 de 0,94 sugiere que la ecuación de regresión proporciona se ajusta a los datos, y que la relación entre la concentración del extracto y la mortalidad es muy fuerte.

La interacción entre la concentración del extracto y la mortalidad de las larvas indica que, a concentraciones más altas del extracto, se observa una mayor mortalidad de las larvas. Esto sugiere que el extracto de hojas de *S. humboldtiana* tiene un efecto tóxico sobre las larvas de *S. frugiperda* y que este efecto es dosis-dependiente.

En resumen, los resultados indican que el extracto de hojas de *S. humboldtiana* tiene un efecto tóxico significativo sobre las larvas de *S. frugiperda*, y que este efecto aumenta con la concentración del extracto. La alta proporción de variabilidad explicada por el modelo de regresión sugiere que la relación entre la concentración del extracto y la mortalidad de las larvas es robusta. Estos resultados son consistentes con la idea de que el extracto de hojas de *S. humboldtiana* podría ser un candidato potencial para su uso como bioinsecticida contra *S. frugiperda*.

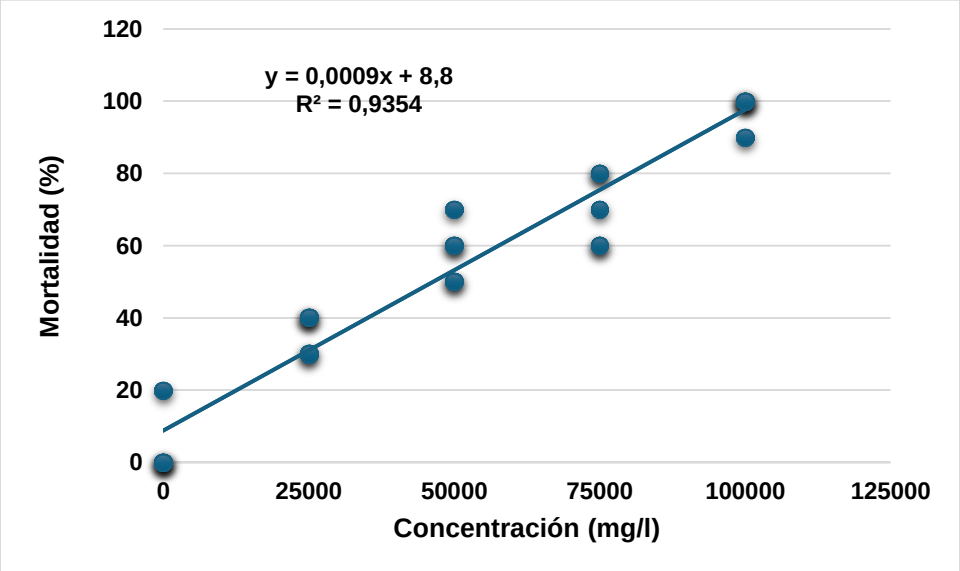


Figura 18. Regresión de la interacción Mortalidad (%)-Concentración (mg/l) para larvas de segundo instar de *S. frugiperda* sometidas a cinco concentraciones de extractos de *S. humboldtiana*, bajo condiciones de laboratorio. Fuente: (Meliza-Perez., 2024; Giraldo-Vanegas., 2024).

6.7.4. Mortalidad causada a larvas en segundo instar de *S. frugiperda*, por los extractos acuosos de *B. arborea*, en condiciones de laboratorio.

El bioensayo realizado para evaluar la toxicidad de los extractos de hojas de *B. arborea* contra larvas de *S. frugiperda* reveló resultados significativos en cuanto a la mortalidad de las larvas expuestas a diferentes concentraciones de los extractos. La prueba de Tukey arrojó mortalidades de 92%, 78%, 62%, 36% y 4% para las concentraciones de 100.000, 75.000, 50.000, 25.000 y 0.00 mg/l, respectivamente; determinándose diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre todos los tratamientos (Tabla 10).

Los resultados sugieren que la toxicidad de los extractos de hojas de *B. arborea* es concentración-dependiente, es decir, la mortalidad de las larvas de *S. frugiperda* aumenta significativamente con la concentración de los extractos. La concentración de 100.000 mg/l fue la más tóxica, causando una mortalidad del 92%, lo que sugiere que esta concentración es letal para las larvas de *S. frugiperda*. Las concentraciones más bajas de 75.000 y 50.000 mg/l también causaron mortalidades significativas, aunque menores que la concentración de 100.000 mg/l.

La concentración de 25.000 mg/l fue la menos tóxica, causando una mortalidad del 36%, lo que sugiere que esta concentración puede no ser lo suficientemente alta para causar una mortalidad significativa en las larvas de *S. frugiperda*. Por otro lado, la concentración de 0.00 mg/l (Control) no causó mortalidad significativa, ya que las hojas que se les suministraba como

alimento nunca fueron tratadas durante el desarrollo del experimento, por tal motivo su mortalidad del 4% debe atribuirse a mortalidad natural.

Los resultados sugieren que los extractos de hojas de *B. arborea* tienen potencial como bioinsecticidas para controlar poblaciones de *S. frugiperda*. Sin embargo, es importante realizar estudios adicionales para confirmar la eficacia y seguridad de estos compuestos para su uso en estrategias de manejo integrado de plagas. Además, es importante considerar la posible toxicidad para otros organismos no objetivo.

Tabla 10. Prueba de Tukey para los porcentajes de mortalidad de larvas

de *S. frugiperda* sometidas a cinco concentraciones de extracto de hojas de *B. arborea* bajo condiciones de laboratorio.

Concentración (mg/l)	**N**	**Mortalidad (%)**	**DS**
100000	5	92,00 a	8,37
75000	5	78,00 b	13,04
50000	5	62,00 c	8,37
25000	5	36,00 d	11,40
0,00	5	4,00 e	8,94

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).
Fuente: (Meliza-Perez., 2024; Giraldo-Vanegas., 2024).

6.7.5. Análisis de Regresión de la interacción Mortalidad-Concentración de *B. arborea.*

En la Figura 19, se presenta la ecuación de regresión obtenida en el bioensayo la cual indica una relación entre la concentración de extracto de hojas de *B. arborea* y la toxicidad observada en las larvas de *S. frugiperda*. En este caso, la ecuación de regresión es lineal y se expresa como y = 0,0009x + 10,80, donde "y" representa la mortalidad de las larvas y "x" representa la concentración del extracto en mg/l.

El intercepto 10,80 representa la estimación de la mortalidad esperada de las larvas de *S. frugiperda* cuando la concentración del extracto de hojas de *B. arborea* es cero. En este contexto, puede interpretarse como la mortalidad basal, es decir, la mortalidad que podría ocurrir por razones diferentes al tratamiento con el extracto, como la mortalidad natural de las larvas.

El coeficiente de la variable independiente 0,0009 indica cuánto cambia la variable dependiente (en este caso, la mortalidad de las larvas) por cada unidad de cambio en la variable independiente (la concentración del extracto). Una pendiente positiva como esta sugiere que a medida que aumenta la concentración del extracto, la mortalidad de las larvas también tiende a aumentar. En otras palabras, indica la fuerza y dirección de la relación entre la concentración del extracto y la mortalidad.

El Coeficiente de determinación ($R^2 = 0,89$) representa la proporción de la variabilidad en la mortalidad de las larvas que puede explicarse por la concentración del extracto de hojas de *B. arborea* en el modelo de regresión. En este caso, un R^2 de 0,89 indica que el 89% de la variabilidad en la mortalidad de las larvas puede explicarse por la concentración del extracto, lo que sugiere que el modelo es bastante adecuado para predecir la mortalidad en función de la concentración.

La investigación realizada por Álvarez Saldarriaga (2022). Evaluó la eficacia de extractos de sauce y Eucalipto sobre *Plutella xylostella*. El extracto de sauce demostró ser el más efectivo, alcanzando una mortalidad del 100%, mientras que el extracto de Eucalipto logró una mortalidad del 80%. Los valores de CL50 fueron 46.250 mg/L para el sauce y 76.910 mg/L para el Eucalipto, indicando que se requiere una concentración significativamente mayor de Eucalipto para obtener el mismo efecto mortal. En contraste, el estudio actual examina los extractos de sauce y borrachero, además del insecticida lambdacialotrina, sobre *Spodoptera frugiperda*. En esta investigación, los extractos de sauce y borrachero resultaron altamente efectivos, con mortalidades cercanas al 100% para ambos. Los valores de CL50 fueron mucho menores en comparación con los del estudio de Álvarez Saldarriaga: 9.772 mg/L para el sauce y 11.759 mg/L para el borrachero, lo que indica una mayor eficacia de estos extractos a concentraciones menores. Aunque ambos estudios emplean un diseño experimental y métodos de análisis similares, las diferencias en las especies de plagas y en los extractos utilizados resultan en variaciones significativas en la efectividad de los tratamientos.

En resumen, la ecuación de regresión y sus parámetros indican que el extracto de hojas de *B. arborea* tiene un efecto tóxico sobre las larvas de *S. frugiperda*, y que este efecto es más pronunciado a concentraciones más altas del extracto.

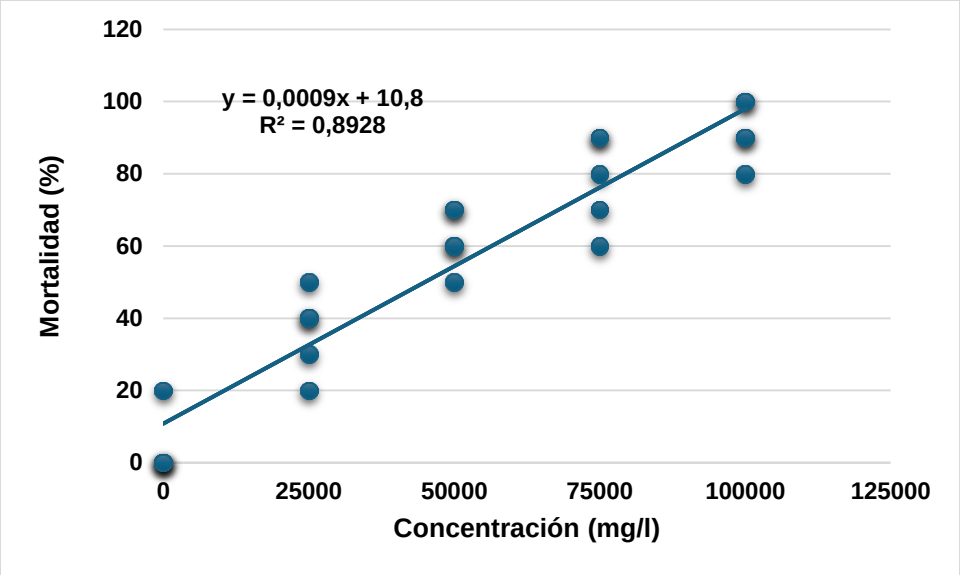


Figura 19. Regresión de la interacción Mortalidad (%)-Concentración (mg/l) para larvas de segundo instar de *S. frugiperda* sometidas a cinco concentraciones de extractos de *B. arborea*, bajo condiciones de laboratorio. Fuente: (Meliza-Perez., 2024; Giraldo-Vanegas., 2024).

7. CONCLUSIÓN

La determinación de la CL_{50} y el TL_{50} son herramientas cruciales en el campo de la toxicología y ecotoxicología, proporcionando información vital sobre el impacto tóxico de sustancias en los organismos expuestos. La CL_{50}, representando la concentración letal media, y el TL_{50}, representando el tiempo letal medio, son indicadores clave para evaluar la toxicidad y la velocidad de acción de agentes químicos.

El estudio específico sobre los extractos acuosos vegetales de hojas de *S. humboldtiana* y *B. arborea* en larvas de *S. frugiperda* ha revelado resultados significativos. La ecuación de regresión obtenida muestra una relación logarítmica entre la concentración de extractos y la mortalidad de las larvas, con un alto coeficiente de determinación ($R^2 = 0,75$) y ($R^2 = 0,78$) lo que sugiere una fuerte correlación entre estas variables. Además, la CL50 determinada (9.772 mg/l) y (11.759 mg/l), indica una efectividad notable del extracto de *S. humboldtiana* como agente tóxico contra las larvas, con implicaciones potenciales en el control de plagas agrícolas.

Los resultados de este estudio revelan la efectividad de los extractos de *S. humboldtiana* y *B. arborea*, así como del insecticida lambdacialotrina, en el control de larvas de *S. frugiperda*. Las concentraciones más altas de estos tratamientos causaron una mortalidad significativamente alta, incluso alcanzando el 92% y 98% en algunos casos. Esto indica un potencial prometedor de estos extractos como bioinsecticidas para el control de poblaciones de *S. frugiperda*.

8. RECOMENDACIONES

Esta investigación respalda la importancia de explorar y desarrollar el uso de productos naturales como agentes insecticidas, destacando el potencial de los extractos de *B. arborea* y *S. humboldtiana* en el control de plagas agrícolas. Sin embargo, se requieren investigaciones adicionales para comprender mejor sus mecanismos de acción, su selectividad y su eficacia en condiciones de campo, lo que podría llevar a su implementación más amplia en prácticas agrícolas sostenibles.

9. BIBLIOGRAFÍA

(Isikail, 2009) Lambdacialotrina.pdf https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/47430/mod_resource/content/1/lambdacialotrina.pdf

Álvarez Mejía, L. M. (2008). Borrachero, cacao sabanero o floripondio (Brugmansia spp.), un grupo de plantas por redescubrir en la biodiversidad latinoamericana. Cultura Y Droga, 13(15), 77–93. Recuperado a partir de https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/culturaydroga/article/view/6477/5831

Álvarez Saldarriaga, C. V. (2022). Susceptibilidad de Plutella Xylostella (L.) a extractos acuosos de hoja de sauce llorón y eucalipto, bajo condiciones in vitro. Faculta de ciencias agraria – Programa de ingeniería Agronómica Universidad de Pamplona – Norte de Santander.

Álvarez Sanabria, M. E., Sanchez, B., & Yojhana, N. (2022). Fluctuación poblacional del gusano Cogollero Spodoptera Frugiperda (JE Smith), en tres subsistemas de maíz, en la vereda Puerto Nuevo, municipio Fuente de Oro, Meta. http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/3083/1/Alvarez_Borja_%202021_TG..pdf

Álvarez Yepes, D. A. (2019). Controladores de los biotipos de arroz y maíz de Spodoptera frugiperda (Lepidoptera, Noctuidae) en especies de Meliaceae (Doctoral dissertation). Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias, Escuela de Química

Medellín, Colombia. https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/76735/1042770714.2019.pdf?sequence=1

Arellano Reyes, J. C. (2023). Determinación de la esperanza de vida del gusano cogollero Spodoptera frugiperda (JE Smith) en el agroecosistema de maíz. http://repositorio.uas.edu.mx/xmlui/bitstream/handle/DGB_UAS/517/Determinaci%C3%B3n%20de%20la%20esperanza%20de%20vida%20del%20gusano%20cogollero%20Spodoptera%20frugiperda%20%28J.%20E.%20Smith%29%20en%20el%20agroecosistema%20de%20ma%C3%ADz.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Arellano Reyes, J. C. (2023). Determinación de la esperanza de vida del gusano cogollero Spodoptera frugiperda (JE Smith) en el agroecosistema de maíz. http://repositorio.uas.edu.mx/xmlui/bitstream/handle/DGB_UAS/517/Determinaci%c3%b3n%20de%20la%20esperanza%20de%20vida%20del%20gusano%20cogollero%20Spodoptera%20frugiperda%20%28J.%20E.%20Smith%29%20en%20el%20agroecosistema%20de%20ma%c3%adz.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Arellano, S., & Roger, W. (2023). Insecticidas orgánicos para el control del mazorquero (Helicoverpa zea Boddie) en maíz choclo (Zea mays L.) var. Chingas, Santa. http://publicaciones.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/20.500.129076/21600/Tesis_76237.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Argentel-Martínez, L., Peñuelas-Rubio, O., González-Hernández, J. A., Arias-Moscoso, J. L., Leyva-Ponce, J. A., Pérez-López, L., & García-Urías, J. C. (2024). Uso de extractos hidroalcohólicos de palo verde para el biocontrol del gusano cogollero en el cultivo de

maíz. Temas de Ciencia y Tecnología, 28(82). https://www.utm.mx/edi_anteriores/temas82/T82_E06_palo_verde_gusano_cogollero.pdf

Armenta-López, A. R., Nava-Pérez, E., Lugo-García, G. A., Sánchez-Soto, B. H., Romero-Felix, C. S., & Gaxiola-Félix, J. (2023). Extractos Vegetales para el Manejo del Gorgojo del Frijol1. Southwestern Entomologist, 47(4), 903-914. https://www.researchgate.net/profile/Arturo-Armenta-Lopez/publication/368686964_Extractos_Vegetales_para_el_Manejo_del_Gorgojo_del_Frijol_1_Vegetable_Extracts_for_the_Management_of_the_Bean_Weevil_1/links/63f5730ab1704f343f723be2/Extractos-Vegetales-para-el-Manejo-del-Gorgojo-del-Frijol-1-Vegetable-Extracts-for-the-Management-of-the-Bean-Weevil-1.pdf

Ávila-Martinez, D., Cervantes-Ortiz, F., Rodríguez-Pérez, G., Gámez-Vazquez, A. J., García-Rodríguez, J. G., & Mendoza-Elos, M. (2023). Daño y dinámica poblacional del gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) en líneas élite de maíz. Agronomía Mesoamericana, 34(3). https://www.redalyc.org/journal/437/43774930031/43774930031.pdf

Braccini, C. L. (2017). Comportamiento de oviposición de la avispa sierra del sauce Nematus oligospilus (Hymenoptera: Tenthredinidae): el rol de los semioquímicos en la elección de plantas hospederas (Doctoral dissertation, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales). https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/6153/INTA_CIRN_InstitutodeRecursosBiologicos_Braccini_CL_Comportamiento_de_oviposici%C3%B3n_de_la_avispa_sierra_del_sauce.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Capinera, L. (2020). gusano cogollero del maíz, spodoptera frugiperda (je smith) (insecta: lepidoptera: noctuidae) https://edis.ifas.ufl.edu/publication/in255

Castillo Quispe, M. R., & Barrantes Arriola, C. D. C. (2019). Determinación de la DL50 y TL50 de los extractos etanólicos de Tagetes minuta “Huacatay” y Lantana camara “Lantana” sobre Spodoptera frugiperda “gusano cogollero de maíz” en fase larval del segundo instar, en condiciones de laboratorio. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/10778/Castillo_qm.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Chuan Carhuajulca, F. C. (2023). Efecto de insecticidas biológicos en el control de Gusano Cogollero (Spodoptera frugiperda) en maíz, La Guayaba, Jaén, 2022 (Doctoral dissertation, Universidad Politécnica Amazónica). https://repositorio.upa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12897/207/TESIS_CHUAN_CARHUAJULCA_FLAVIO_CESAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Coyago Cruz, E. D. R. (2017). Estudio sobre el contenido en carotenoides y compuestos fenólicos de tomates y flores en el contexto de la alimentación funcional. https://idus.us.es/handle/11441/77389

Dávila, C. (2023). Metabolitos de defensa en plantas de sauce y su interacción con el herbívoro especialista Nematus oligospilus (Doctoral dissertation, Instituto de Investigaciones en Biociencias Agrícolas y Ambientales y la Cátedra de Biomoléculas, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires). https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n7369_Davila.pdf

Dezzotti, A., Sbrancia, R., Attis, H., Velásquez, A., & Mortoro, A. (2020). Aspectos históricos, ecológicos y sociales asociados a salix humboldtiana en la ribera del río agrio en la Patagonia argentina. Ciencia e Investigación Forestal INFOR, 26(2). Obtenido de https://bibliotecadigital.infor.cl/bitstream/handle/20.500.12220/30342/30342.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Dirección general de sanidad vegetal, (2021). Gusano cogollero Spodoptera frugiperda (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/635234/Gusano_cogollero_en_ma_z_y_arroz.pdf

EPPO, (2024) https://gd.eppo.int/taxon/LAPHFR/distribution

Escobar Mena, E. D. (2018). Identificación molecular de las especies del género Brugmansia (Solanaceae), presentes en la zona norte de los Andes del Ecuador (Bachelor's thesis). https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15451/1/UPS-QT12603.pdf

Flores, P. I. G., Villegas, E. J. R., De la O Cuevas, E., Ibarra, E. L. E., & Puente, A. S. (2023). CARACTERIZACIÓN POR ESPECTROSCOPÍA FTIR DEL EXTRACTO ETANÓLICO DE Brugmansia arbórea. Biotecnología y Sustentabilidad, 8(1), 52-59. https://revistas.uaz.edu.mx/index.php/biotecnologiaysust/article/view/2289/2002

Gualteros, A. M. F., Triviño, E. A. C., Salazar, H. T. C., & Santos, M. R. (2019). Efecto bioplaguicida de extractos vegetales para el control de Spodoptera frugiperda en el cultivo de maíz (Zea mays). Acta Biológica Colombiana, 24(1), 123-http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120548X2019000100058&script=sci_arttext

Guevara Álvarez, Y. (2020). Control biológico del cogollero (Spodoptera frugiperda) en el cultivo de maíz (Zea mays L.), en la comunidad de Santiago, Aymaraes–2018. https://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/utea/265/1/Control%20biologico%20del%20cogollero%20%28Spodoptera%20frugiperda%29%20en%20el%20cultivo%20de%20maíz..pdf

Guevara Cortez, S. C. (2021). EVALUACIÓN DE EXTRACTOS VEGETALES EN EL CONTROL in vitro DEL GUSANO COGOLLERO Spodoptera frugiperda JE SMITH (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE). Bermejillo, Durango, México. https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/ff63bcad-5d61-4d60-99e9-1fca14a431e0/content

Gutiérrez Ochoa, Aldana Llanos, Valladares Cisneros, M. L. M. (2017, 26 de junio). CONTROL SUSTENTABLE DE INSECTOS PLAGA EMPLEANDO FITOEXTRACTOS. Bienvenido - Revista Mexicana de Agroecosistemas. https://rmae.voaxaca.tecnm.mx/wp-content/uploads/2020/11/5-RMAE_C2016-03-Fitoextractos-Nota-tecnica.pdf

Gutierrez-Poveda, E. (2019). Deteccion de alcaloides tropanicos en alimentos mediante cromatografia de liquidos/espectrometria de masas en tandem. https://crea.ujaen.es/bitstream/10953.1/10453/1/TFG_Gutierrez_Poveda_Elena.pdf

Idris, A., & Idris, S. (2023). Sedative-hypnotic effects of Datura Arborea Linn extract in experimental animals. Mediterranean Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, 3(4), 54-60. https://ppj.org.ly/article/10.5281/zenodo.10288346/pdf/medjpps-3-4-54.pdf

Jaén Mora, Y. A. (2020). “Evaluación de tres bioinsecticidas entomopatógenos para el control de gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) del cultivo de maíz (Zea mays), en

condiciones controladas” (Bachelor's thesis, Quevedo: Ecuador). (Jaén Mora 2020). https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/6aa207e9-6352-4940-b442-7d18e7d3a0e6/content

Lizarazo, S., & Stefan, J. (2018). Ciclo biológico de Plutella xylostella L.(Lepidoptera: Plutellidae) y sus enemigos naturales en el Centro de Investigación en Sanidad Vegetal y Bioinsumos (CISVEB), Pamplona, Norte de Santander. http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/1963/1/Silva_2018_TG.pdf

Lozano, B. R. (2023). Control biológico del gusano cogollero del maíz Spodoptera frugiperda con baculovirus como agentes de inocuidad alimentaria para la producción de maíz. http://repositorio.ugto.mx/bitstream/20.500.12059/8544/1/BRUNO%20RUIZ%20LOZANO_Tesis24.pdf

Marín Sáez, J. S. (2015). Determinación simultánea de atropina y escopolamina en trigo sarraceno y productos similares mediante cromatografía de líquidos de alta eficacia acoplada a espectrometría de masas en tándem. https://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/6093/10682_TFM_v7_virtual.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Márquez Lara, D., & Suárez Londoño, Á. (2008). El uso de taninos condensados como alternativa nutricional y sanitaria en rumiantes. Revista de Medicina Veterinaria, 1(16), 87-109. https://ciencia.lasalle.edu.co/mv/vol1/iss16/7/

Medina Morales, N. (2021). Metodologías para la determinación de residuos de alcaloides tropánicos en alimentos. https://crea.ujaen.es/bitstream/10953.1/14464/1/TFGQ%20Natalia_Medina_Morales.pdf

Merino Criollo, J. C., & Orrego Campos, P. M. (2020). Beneficios del biopesticida a base de Neem, en el manejo de plaga mosquilla y gusano cogollero en protección al ambiente. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/51668/Merino_CJC-Orrego_CPM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mondragón Sánchez, Y. D.; Triana Marroquín, B. S. (2020). Determinacion de la mortalidad, la DL50 y el TL50 de extractos acuosos de hojas y semillas de Azadirachta indica A. Juss, sobre Plutella xylostella L., bajo condiciones de laboratorio [Trabajo de Grado Pregrado, Universidad de Pamplona]. Repositorio Hulago Universidad de Pamplona. http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/2240/1/Mondrag%c3%b3n_Triana_2020_TG.pdf

Nava-Pérez, E., García-Gutiérrez, C., Camacho-Báez, J. R., & Vázquez-Montoya, E. L. (2012). Bioplaguicidas: una opción para el control biológico de plagas. Ra Ximhai, 17 .file:///C:/Users/edwin/Downloads/BIOPLAGUICIDASUNAOPCINPARAELCONTROLBIOLGICODEPLAGAS%20(1).pdf

Ochoa, M. G., Llanos, L. A., & Cisneros, M. G. V. (2017) CONTROL SUSTENTABLE DE INSECTOS PLAGA EMPLEANDO FITOEXTRACTOS1 [SUSTAINABLE CONTROL OF PEST INSECTS TROUGHT PHYTO EXTRACTS]. https://rmae.voaxaca.tecnm.mx/wp-content/uploads/2020/11/5-RMAE_C2016-03-Fitoextractos-Resumen.pdf

Osorio Acosta, K. B., & Suarez Rosero, E. A. (2023). Evaluación del efecto insecticida de extractos vegetales acuosos y alcohólicos para el control de pulguilla (Epitrix spp) in vitro y en campo en un cultivo de papa (Solanum tuberosum). UPEC. http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/2044/1/477-%20OSORIO%20KARLA%20-%20SUÁREZ%20ELOY.pdf

Ramírez-Cabral N. y Mena C. J. Gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) JE Smith en Zacatecas 2019. Folleto Técnico Núm 106. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC – INIFAP, 58 páginas http://zacatecas.inifap.gob.mx/publicaciones/07%20FT%20106%20Gusano%20Cogollero.pdf

Ramírez-Cabral, N., Corrales, M. Á. G. G. A., & Covarrubias, S. J. M. (2022) SISTEMA DE ALERTA DE GUSANO COGOLLERO (Spodoptera frugiperda) CON AGRO-PRON. https://www.researchgate.net/profile/Miguel-Angel-Gonzalez-Gonzalez/publication/371526129_IX_CONGRESO_INTERNACIONAL_DE_PASTIZALES_SISTEMA_DE_ALERTA_DE_GUSANO_COGOLLERO_Spodoptera_frugiperda_CON_AGRO-PRON/links/648873242cad460a1b119b9b/IX-CONGRESO-INTERNACIONAL-DE-PASTIZALES-SISTEMA-DE-ALERTA-DE-GUSANO-COGOLLERO-Spodoptera-frugiperda-CON-AGRO-PRON.pdf

Rivera-López, B. S. y Giraldo-Vanegas, H. (2022). Susceptibilidad de Plutella xylostella (L.) a tres extractos acuosos vegetales, bajo condiciones de laboratorio. Universidad de Pamplona. Pamplona, Norte de Santander.

Rodríguez Robles, K. F. (2024). Uso de bacterias fitopatógenas (Bacillus subtilis:(Ehrenberg) Cohn) para el control del cogollero Spodoptera frugiperda en el cultivo de

maíz (Zea mays L.) (Bachelor's thesis, Jipijapa-Unesum). https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/6278/1/Rodriguez%20Robles%20Kevin%20Fabian.pdf

Serrano-Domínguez, A. K., Coronado-Blanco, J. M., JOAQUÍN-CANCINO, S., TORRES-ACOSTA, R. I., & GONZÁLEZ-MALDONADO, M. B. (2020). CICLO BIOLÓGICO DEL GUSANO COGOLLERO: PLAGA IMPORTANTE DEL MAÍZ. Boletin de la Sociedad Mexicana de Entomologia, 6(3), 78-82. http://www.acaentmex.org/boletin/revista/2020Diciembre/Bol_78-82_2020.pdf

Terrones Huaman, M. A., & Torres Requejo, J. K. (2017). Efecto anticaspa del shampoo preparado a base del decocto de Lupinus mutabilis Sweet "Chocho" e infusión de Salix humboldtiana Willdenow "Sauce" en las adolescentes de la Casa Hogar de la Niña Belén-Cajamarca. http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/465/FYB-009-2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vázquez-Villegas, P. T., Meza-Gordillo, R., Gutiérrez-Miceli, F. A., Ruiz-Valdiviezo, V. M., Villalobos-Maldonado, J. J., Montes-Molina, J. A., & Fernández-Toledo, A. A. J. (2018). DETERMINACION DE CL50 Y CE50 DE ENDOSULFAN LACTONA Y DIAZINON EN LOMBRIZ DE TIERRA (Eisenia foetida). Agroproductividad, 11(4), 105-112. https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/277/206

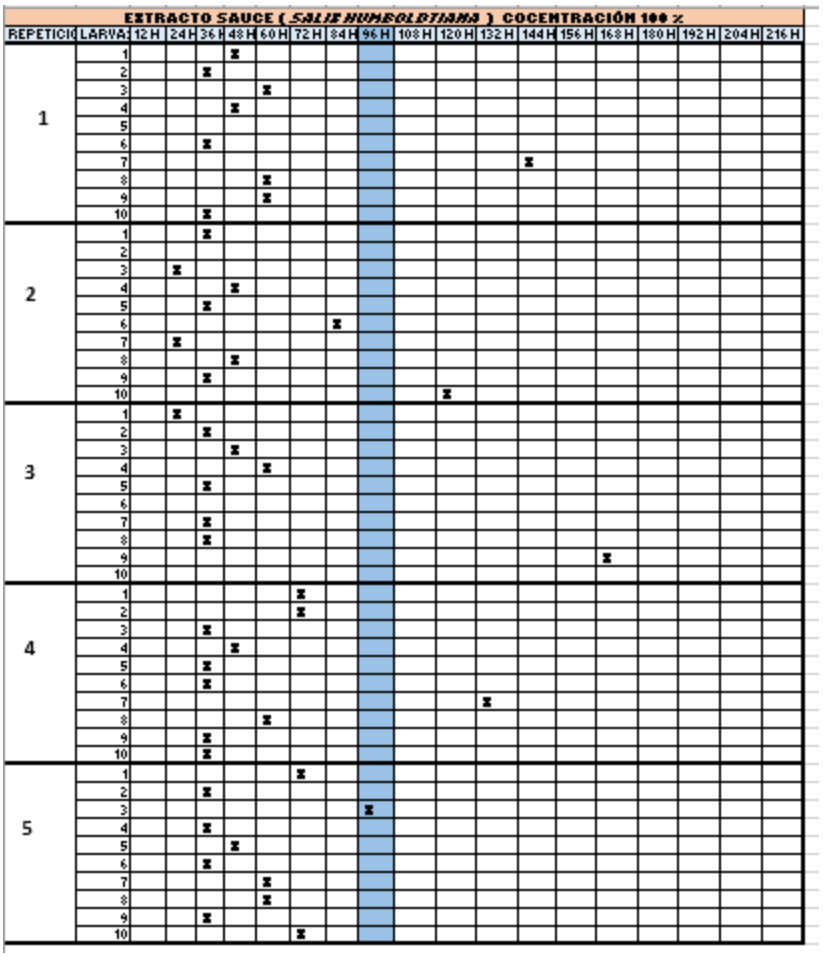
Vélez, M., Betancourt, C., & Mendoza, J. (2021). Evaluación de diferentes momentos de aplicación de insecticida Metomil 90% para el control del gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) en el cultivo de maíz. Ciencia y Tecnología, 14(2), 33-40. https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/500/561

10. ANEXOS

Anexo 1. Bitácora para muestreo de mortalidad de las larvas *S. frugiperda*.

EXTRACTO ACUOSO () COCENTRACIÓN %																		
REPETICIÓN	NUMERO DE LARVAS	12 H	24 H	36 H	48 H	60 H	72 H	84 H	96 H	108 H	120 H	132 H	144 H	156 H	168 H	180 H	192 H	204 H	216 H
1	1																		
	2																		
	3																		
	4																		
	5																		
	6																		
	7																		
	8																		
	9																		
	10																		
2																			
3																			
4																			
5																			

Nexo 2.



EXTRACTO SAUCE (*SALIX HUMBOLDTIANA*) COCENTRACIÓN 100 %																		
REPETICIÓ	LARVA	12 H	24 H	36 H	48 H	60 H	72 H	84 H	96 H	108 H	120 H	132 H	144 H	156 H	168 H	180 H	192 H	204 H	216 H
1	1				X														
	2			X															
	3					X													
	4				X														
	5																		
	6			X															
	7												X						
	8					X													
	9					X													
	10			X															
2	1			X															
	2																		
	3		X																
	4				X														
	5			X															
	6							X											
	7		X																
	8				X														
	9			X															
	10										X								
3	1		X																
	2			X															
	3				X														
	4					X													
	5			X															
	6																		
	7			X															
	8			X															
	9														X				
	10																		
4	1						X												
	2						X												
	3			X															
	4				X														
	5			X															
	6			X															
	7											X							
	8					X													
	9			X															
	10			X															
5	1						X												
	2			X															
	3								X										
	4			X															
	5				X														
	6			X															
	7					X													
	8					X													
	9			X															
	10						X												

Anexos 3. Análisis de varianza (ANOVA)

ANOVA

Mortalidad

			Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	(Combinado)		43362,000	9	4818,000	65,108	0,000
	Término lineal	Contraste	8074,242	1	8074,242	109,111	0,000
		Desviación	35287,758	8	4410,970	59,608	0,000
Dentro de grupos			2960,000	40	74,000		
Total			46322,000	49			

Anexos 4. Prueba de Tukey

Mortalidad

Dosis		N	Subconjunto para alfa = 0.05					
			1	2	3	4	5	6
HSD Tukey[a]	10	5	4,0000					
	4	5		36,0000				
	8	5		36,0000				
	7	5			58,0000			
	3	5			62,0000	62,0000		
	6	5			70,0000	70,0000		
	2	5				78,0000	78,0000	
	1	5					92,0000	92,0000
	5	5						98,0000
	9	5						100,0000
	Sig.		1,000	1,000	0,470	0,128	0,263	0,896

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

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.