

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**Evaluación del extracto de *Azadirachta indica* para el control de  
*Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) en “pasto maralfalfa”  
(*Pennisetum* sp.) in vitro**

**TESIS**

**Para optar el Título profesional de Ingeniera Agrónoma**

**Bach. Martha Lizbeth, Dioses Girón**

**Tumbes, 2025**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**Evaluación del extracto de *Azadirachta indica* para el control de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) en “pasto maralfalfa” (*Pennisetum* sp.) in vitro**

**Tesis aprobada en forma y estilo por:**

Dr. Pedro Saúl Castillo Carrillo (presidente):

Dr. Milton Valladolid Ramos (secretario):

Dr. Jalmer Fidel Campaña Olaya (vocal):

**Tumbes, 2025**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**Evaluación del extracto de *Azadirachta indica* para el control de  
*Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) en “pasto maralfalfa”  
(*Pennisetum* sp.) in vitro**

Los suscritos declaramos que la tesis es original en su contenido y forma.

Bach. Martha Lizbeth Dioses Girón

AUTOR

Dr. Héctor Alfredo Sánchez Suárez

ASESOR

Ing. Gloria Maria Ochoa Mogollón

Co ASESOR

**Tumbes, 2025**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
EX FUNDO FISCAL LA CRUZ-CAMPUS UNIVERSITARIO  
SECRETARIA ACADÉMICA**



**ANEXO VIII**

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PRESENCIAL**

En Tumbes, a los doce días del mes de setiembre de dos mil veinticinco, siendo las *cuatro* horas, con *cuarenta* minutos ( *9 y 30* ), de la *sesión*, de forma presencial en el aula 01 del pabellón de la Escuela de Agronomía se reunieron el Jurado Calificador, designado por Resolución N° 122-2022/UNTUMBES-VRACAD-FCA-D, **Dr. Pedro Saúl Castillo Carrillo** (Presidente), **Dr. Milton Valladolid Ramos** (Secretario), **Dr. Jalmer Fidel Campaña Olaya** (Vocal), reconociendo en la misma resolución además, al **Dr. Héctor Alfredo Sánchez Suarez**, como **Asesor**, y a la **Ing. Gloria María Ochoa Mogollón**, como **Co-asesora** se procedió a evaluar, calificar y deliberar la sustentación de la tesis, "Evaluación del extracto de *Azadirachta indica* para el control de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) en pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) in vitro", para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo, presentado por la **Bach. Martha Lizbeth Dioses Girón**, Concluida la sustentación y absueltas las preguntas, por parte de la sustentante y después de la deliberación, el jurado según el artículo N° 75 del Reglamento de Tesis para Pregrado y Posgrado de la Universidad Nacional de Tumbes, declara a la: **Bach. MARTHA LIZBETH DIOSES GIRÓN** *aprobada* por *unanimidad*, con el calificativo *Hoy bueno*

Se hace conocer a la sustentante, que deberá levantar las observaciones finales hechas al informe final de tesis, que el jurado le indica.

En consecuencia, queda *dejar* para continuar con los trámites correspondientes a la obtención del título profesional de Ingeniero Agrónomo, de conformidad con lo estipulado en la Ley Universitaria N° 30220, el Estatuto, Reglamento General, Reglamento General de Grados y Títulos y Reglamento de Tesis de la Universidad Nacional de Tumbes.

Siendo las *diez* horas y *cuarenta* minutos del mismo día, se dio por concluida la ceremonia académica, procediendo a firmar el acta en presencia del público asistente.

Tumbes, *12 de Setiembre de 2025*

<b>Dr. Pedro Saúl Castillo Carrillo</b> DNI N° <i>00249839</i> CODIGO ORCID <i>0000-0002-0255-1047</i> Presidente	<b>Dr. Milton Valladolid Ramos</b> DNI N° <i>00218321</i> CODIGO ORCID <i>0000-0002-0526-0544</i> Secretario
<b>Dr. Jalmer Fidel Campaña Olaya</b> DNI N° <i>00236469</i> CODIGO ORCID <i>0000-0002-0604-1208</i> Vocal	

C.C. - JURADOS (03) -ASESOR Y(CO)-INTERESADA-ARCHIVO (Decanato)  
S.acad.



Dr. Ing. Héctor Alfredo Sánchez Suárez  
(R. 00012515) Docente Principal, F.C.A.

ORCID: 0000-0003-2395-5056

## Martha Lizbeth Dioses Girón

### Informe Final de tesis Martha Dioses\_2025

TESS

#### Detalles del documento

Identificador de la entrega:

117518821158

Fecha de entrega:

27 oct 2025, 18:37 GMT-5

Fecha de descarga:

27 oct 2025, 18:45 GMT-5

Nombre del archivo:

Informe Final de tesis Martha Dioses\_2025.docx

Tamaño del archivo:

22.3 MB

80 páginas

17.536 palabras

94.345 caracteres

## 9% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, por página.

### Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 12 palabras)



Dr. Hctor Alfredo Sánchez Suárez  
(R 00018515) Docente Principal, FCA

### Fuentes principales

- 8% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 0% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

ORCID: 0000-0003-2395-5056

### Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar coincidencias que permitan distinguir de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo. Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y lo revise.

### Fuentes principales

- 8% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 4% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

  
 Dr. Ing. Héctor Alfredo Sánchez Suárez  
 (IR P0012515) Docente Principal FCA  
 ORCID: 0000-0003-2395-5056

### Fuentes principales


Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2018-05-13	1%
2	Internet	repositorio.untumbes.edu.pe	<1%
3	Internet	dspace.utb.edu.ec	<1%
4	Internet	repositorio.unh.edu.pe	<1%
5	Internet	antoniovyckovichez.files.wordpress.com	<1%
6	Internet	www.researchgate.net	<1%
7	Internet	link.springer.com	<1%
8	Internet	vsp.info	<1%
9	Internet	repositorio.uteg.edu.ec	<1%
10	Internet	zdocs.pub	<1%
11	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2025-09-12	<1%

13	Trabajos del estudiante	Agriculture & Forestry University on 2022-06-21	<1%
11	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2019-03-05	<1%
14	Internet	www.mdpi.com	<1%
15	Trabajos del estudiante	unocedu on 2025-05-28	<1%
16	Internet	dspace.unach.edu.ec	<1%
17	Internet	www.cidepro.org	<1%
18	Internet	ouci.dntb.gov.ua	<1%
19	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2019-08-04	<1%
20	Internet	jpionline.org	<1%
21	Internet	core.ac.uk	<1%
22	Internet	www.clubensayos.com	<1%
23	Trabajos del estudiante	International Baccalaureate Ministry of Education of Ecuador on 2021-04-30	<1%
24	Internet	cia.uagranla.edu.ec	<1%
25	Internet	docplayer.es	<1%

  
 Dr. Ing. Héctor Alfredo Sánchez Suárez  
 (IR 20028515) Docente Principal FCA  
 ORCID: 0000-0003-2345-5056

26	Internet	worldwidescience.org	<1%
27	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2018-09-26	<1%
28	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2020-04-11	<1%
29	Internet	repositorio.usanpedra.edu.pe	<1%
30	Trabajos del estudiante	BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA on 2020-03-06	<1%
31	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2025-09-12	<1%
32	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2025-07-16	<1%
33	Internet	academic.eup.com	<1%
34	Internet	web.tuko.sk	<1%
35	Internet	www.scielo.org.mx	<1%
36	Internet	www.ufsj.edu.br	<1%
37	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Cajamarca on 2025-10-02	<1%
38	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2025-08-16	<1%
39	Internet	bloone.org	<1%

  
 Dr. Aug. Héctor Alfredo Sánchez Suárez  
 (R. 00018515) Docente Principal FCA  
 ORCID: 0000-0003-2395-5056

40	Internet	repositorio.lamolina.edu.pe	<1%
41	Internet	repositorio.atea.edu.pe	<1%
42	Internet	m.scrip.org	<1%



Dr. Ing. Héctor Alfredo Sánchez Suárez  
(ID: P0018515) Docente Principal FCA

ORCID: 0000-0003-2395-5056

## **DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD**

Yo, Martha Lizbeth Dioses Girón; declaro que los resultados reportados en esta tesis, son producto de mi trabajo propio con el apoyo de terceros en cuanto a su concepción y análisis. Asimismo, declaro que hasta el mes de octubre del presente año, donde tengo conocimiento, no contiene material previamente publicado o escrito por otra persona excepto donde se reconoce como tal, a través de citas y con propósitos exclusivos de ilustración o comparación. En este sentido, afirmo que cualquier información presentada sin citar a un tercero es de mi propia autoría. Declaro, finalmente, que la redacción de esta tesis es producto de mi trabajo propio con la dirección y apoyo de asesores y jurado calificador, en cuanto a la concepción y al estilo de la presentación o a la expresión escrita.



---

**Bach. Martha Lizbeth Dioses Girón**

**DNI N° 75257546**

## Tabla de contenido

I. INTRODUCCIÓN.....	20
II. REVISION DE LITERATURA.....	23
2.1. Bases teóricas.....	23
2.1.1. El “gusano cogollero” – <i>S. frugiperda</i> (J. E. Smith).....	24
2.1.2. Características morfológicas del <i>S. frugiperda</i> (J.E. Smith) .....	24
2.1.3. Ciclo biológico del “gusano cogollero” .....	25
2.1.4. Daños que ocasionan a la planta.....	26
2.1.5. Métodos de control del cogollero .....	27
2.1.6. El “neem” .....	27
2.1.7. Importancia del <i>Pennisetum</i> como controlador de ciclo de insectos dañinos	28
2.1.8. Origen del “pasto maralfalfa” .....	29
2.1.9. Morfología.....	30
2.1.10. Manejo agronómico del “pasto maralfalfa” .....	30
2.1.11. Ventajas .....	31
2.2. Antecedentes de estudio con extractos etanólicos de “neem” .....	31
2.3. Bases conceptuales .....	35
2.3.1. Extractos vegetales .....	35
2.3.2. Extractos etanolicos .....	35
2.3.3. Compuesto bioactivo.....	36
2.3.4. Insecticida.....	36

III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
3.1. Lugar de la ejecución .....	37
3.2. Tipo de investigación.....	37
3.3. Nivel de investigación.....	37
3.4. Método de investigación.....	37
3.5. Preparación del material biológico .....	38
3.5.1. Fase 1: recolección y limpieza de la semilla de “neem”. .....	40
3.5.2. Fase 2: Procesamiento y maceración de las semillas molidas de “neem”. 41	
3.5.3. Fase 3: Filtración y evaporación del extracto de “neem” .....	42
3.6. Preparación de las larvas.....	43
3.6.1. Recoleccion de las posturas de las larvas de <i>S. frugiperda</i> :.....	43
3.6.2. Crianza de las larvas de <i>S. frugiperda</i> .....	43
3.7. Preparación de los extractos etanolicos de “neem” .....	44
3.7.1. Dosis del extracto de “neem” ensayadas o probadas .....	44
3.7.2. Preparación de las dosis del extracto etanólico de “neem” para cada tratamiento (T1, T2, T3, T5). .....	45
3.7.3. Recolección, lavado y secado de las hojas de “pasto maralfalfa” para la larva de <i>S. frugiperda</i> . .....	47
3.7.4. Corte y remojo de cada trozo de hoja en cada tratamiento con extracto de “neem”.....	48
3.7.5. Colocación de alimento a las larvas para cada tratamiento. ....	49

3.8. Recolección de datos .....	50
3.9. Niveles en estudio para el efecto bioinsecticida. ....	51
3.10.        Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	52
3.11.        Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	52
IV.    RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	53
4.1. Rendimiento .....	53
4.1.1. Rendimiento de la semilla .....	53
4.1.2. Rendimiento del extracto.....	53
4.2. Tamaño de larvas.....	53
4.3. Consumo de alimento .....	58
4.4. Parálisis de larvas .....	61
4.4.1. Grupos de efectividad .....	63
4.5. Inanición de las larvas de <i>S. frugiperda</i> .....	63
4.6. Mortalidad de larvas por día en porcentaje.....	66
V.    CONCLUSIONES.....	73
VI.   RECOMENDACIONES .....	74
VII.  REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación geográfica (UTM) .....	37
Tabla 2. Diluciones para la prueba in vitro.....	51
Tabla 3. Rendimiento de la semilla.....	53
Tabla 4. Tamaño de larvas de <i>S. frugiperda</i> durante los tratamientos.....	54
Tabla 5. Consumo de alimento de las larvas de <i>spodoptera</i> (evaluadas como no consumo).....	58
Tabla 6. Parálisis de las larvas de <i>S. frugiperda</i> en %. .....	62
Tabla 7. Inanición de las larvas de <i>S. frugiperda</i> .....	63
Tabla 8. Porcentaje de mortalidad de las larvas por día .....	67
Tabla 9. Mortalidad acumulada y eficiencia del producto utilizado según tratamiento.....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de la preparación del extracto de “neem”. .....	39
Figura 2. Recolección de la semilla de “neem”; a) Semillas de “neem” con hojarasca, b) Limpieza de las semillas. ....	40
Figura 3. Semilla de “neem”; a) en cáscara, b) Embrión. ....	40
Figura 4. Procesamiento de las semillas de “neem”; a) Molienda, b) Embriones y c) semilla molida.....	41
Figura 5. Maceración de las semillas; a) molienda de semillas, b) Semillas molidas en alcohol, c) Recipiente con macerado para colocar a oscuras .....	41
Figura 6. Filtrado del macerado; a) macerado de “neem” en alcohol b) y c) filtrado .....	42
Figura 7. Obtención del extracto de “neem”; 7a) filtrado de mezcla, b) colocado de extracto en rotoevaporador y c) rotoevaporar y obtención del extracto. ....	42
Figura 8. Recolecta de posturas: (a) posturas en hojas, (b) daños de <i>S. frugiperda</i> . ....	43
Figura 9. <i>S. frugiperda</i> : (a) posturas, (b) larvas recién emergidas .....	44
Figura 10. Placas Petri conteniendo alimento y larvas de <i>S. frugiperda</i> .....	44
Figura 11. Esquema de las diferentes dosis de extracto de “neem” ensayadas...	45
Figura 12. Preparación de las dosis del extracto etanólico de “neem” para cada tratamiento; a) medición de extracto, b) transferir a un tubo falcón, c) añade agua destilada d) diluir. ....	46
Figura 13. Dosis preparadas de extracto de “neem” (T1 (a), T2 (b), T3 (c)) agua destilada (T4 (d)) y finalmente extracto puro (T5 (e)). ....	46
Figura 14. Procesamiento de hojas de pasto maralfalfa: (a) recolecta, (b) lavado, (c) secado.....	47

Figura 15. Procesamiento de hojas de "pasto maralfalfa para tratamientos: (a)corte, (b) incorporación para tratameinto, (c) remojo de trozos por 10 minutos. .....	49
Figura 16. Secado de las hojas con tratamiento por 1 minuto. ....	49
Figura 17. Colocación de alimento y las larvas en cada placa.....	50
Figura 18. Metodología de marcaje de especímenes para identificación de muestras.....	50
Figura 19. Evolución del tamaño de larvas según tratamiento de "neem". ....	56
Figura 20. Tamaño promedio de larvas segun días de evaluación.....	57
Figura 21. Consumo de alimento por larvas según según tratamiento de "neem". .....	58
Figura 22. . Parálisis de larvas por tratamiento y dia.....	62
Figura 23. Inanición de las larvas según tratamiento de "neem".....	64
Figura 24. Mortalidad de las larvas por tratamiento y por dia.....	67
Figura 25. Mortalidad acumulada de las larvas por tratamiento y por dia.....	68

## RESUMEN

El “gusano cogollero” es una plaga que causa mucho daño económico a muchas plantas gramíneas cultivables de consumo y forrajeras (“maralfalfa”) importantes como fuente principal de alimento para los animales, estos pastos sirven de reservorio para el “gusano cogollero” cuando no se dispone de cultivos productivo a la vez su control involucra el uso de insecticidas químicos que generan contaminación y resistencia, por lo tanto el objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar el efecto del extracto etanólico de semillas de “neem” (*Azadirachta indica*) en el control natural del “gusano cogollero” *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) en “pasto maralfalfa” (*Pennisetum* sp.) bajo condiciones in vitro. Se preparo dosis de 0,069; 0,2 y 0,35 ml de extracto de semilla de “neem” en 100 ml de agua, que equivale a 50, 150 y 250 ppm, sin extracto (testigo negativo) y extracto al 50% como testigo positivo, se evaluó el crecimiento, inanición, consumo de alimento y porcentaje de mortandad. El extracto de *A. indica* tiene un efecto positivo en la mortalidad de las larvas de *S. frugiperda*, especialmente cuando se aplica en concentraciones altas. Sin embargo, a dosis más bajas, el efecto letal es menor ya que puede afectar otros comportamiento, repelentes o antilimentarios en el desarrollo de las larvas en lugar de causar una muerte inmediata.

**Palabras clave:** *Azadirachta indica*, dosis, efecto, extracto, *Spodoptera frugiperda*.

## ABSTRACT

The fall armyworm is a pest that causes significant economic damage to many cultivated gramineous food and forage plants (maralfalfa), which are important as a primary food source for animals. These grasses serve as a reservoir for the fall armyworm when productive crops are unavailable. However, controlling this pest often involves using chemical insecticides, which generate contamination and resistance. Therefore, the objective of the present research was to evaluate the effect of an ethanolic extract of “neem” seeds (*Azadirachta indica*) on the natural control of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), on maralfalfa grass (*Pennisetum* sp.) under in vitro conditions. Doses of 0.069, 0.2, and 0.35 ml of “neem” seed extract were prepared in 100 ml of water, which is equivalent to 50, 150, and 250 ppm. An extract-free solution served as a negative control, and a 50% extract was used as a positive control. The study evaluated growth, starvation, food consumption, and mortality percentage. The *A. indica* extract has a positive effect on the mortality of *S. frugiperda* larvae, especially when applied in high concentrations. However, at lower doses, the lethal effect is reduced, as it may affect other behaviors, such as acting as a repellent or antifeedant in the larvae's development rather than causing immediate death.

**Keywords:** *Azadirachta indica*, doses, effect, extract, *Spodoptera frugiperda*.

## I. INTRODUCCIÓN

Los insectos denominados plagas ocasionales, debido a su alta adaptabilidad y eficiencia reproductiva, han generado importantes daños en cultivos de gramíneas, como el maíz y pastos (*Pennisetum* sp.), representando una seria amenaza para la agricultura en diversas regiones del mundo. (González et al., 2015). Una de esas especies en particular, es el caso del “gusano cogollero” (*Spodoptera frugiperda*) que se ha convertido en una plaga significativa, ya que su ciclo de vida permite que permanezca activo en periodos fuera de temporada agrícola, afectando tanto a cultivos comerciales como silvestres, como el *Pennisetum macrourum*, utilizado en algunas estrategias de biocontrol. (Winsou et al., 2022). Estudios recientes demuestran que el *Pennisetum* puede ser empleado como planta trampa, gracias a su alta preferencia por el “gusano cogollero”, lo cual ha sido clave en el éxito de tecnologías como el "push-pull" en África, reduciendo los daños en cultivos de maíz y gramíneas (Cheruiyot et al., 2021; Khan et al., 2018).

A pesar de los avances en el control biológico de plagas, aún persisten vacíos en la investigación relacionados con el uso de extractos vegetales, especialmente frente a larvas de *S. frugiperda* en cultivos de gramíneas forrajeras. En este contexto, el presente trabajo de investigación se propone contribuir al cierre de dicho vacío.

El uso excesivo de plaguicidas sintéticos no solo afecta la biodiversidad, sino que también favorece la eliminación de entomofauna benéfica y deja residuos tóxicos en los alimentos, generando riesgos para los consumidores y los trabajadores agrícolas (Shahid et al., 2018). En este contexto, surge la necesidad de implementar alternativas menos tóxicas y sostenibles que permitan controlar plagas sin comprometer la salud del ecosistema. Los insecticidas de origen vegetal, como

el extracto de “neem” (*A. indica*), han sido identificados como opciones prometedoras debido a sus propiedades insecticidas (Duarte et al., 2020), biodegradables y no tóxicas, representan una solución viable para el control biológico de plagas como el “gusano cogollero” (Loja, 2021; Montero et al., 2012), constituyendo una herramienta valiosa para la agricultura orgánica y una alternativa potencialmente más efectiva que pesticidas similares basados en azadiractina (Bezerra et al., 2024).

El uso indiscriminado de plaguicidas químicos ha ocasionado serios problemas de resistencia para el control de poblaciones de *S. frugiperda*, así como daños al medio ambiente, a los seres vivos y a la salud humana (González et al., 2015). Se estima que entre 500 000 y 1 000 000 de personas se intoxican cada año por el uso de agroquímicos, resultando en enfermedades graves e incluso la muerte (Martínez et al., 2007). Además, los costos asociados al uso de estos productos son considerables, especialmente en áreas rurales de África, donde las tasas de aplicación de insecticidas químicos pueden oscilar entre 4 000 y 10 000 FCFA por hectárea, en comparación con alternativas biológicas como los productos a base

de “neem”, cuyos costos se elevan a 14 000-20 000 FCFA por hectárea (Ahissou, Sawadogo, Bokonon-Gant, et al., 2022).

Se espera que este enfoque demuestre una eficacia comparable o superior en la reducción de daños causados por *S. frugiperda*, al tiempo que contribuya a la protección del ecosistema y a la mejora de la rentabilidad de las unidades productivas, al reducir la dependencia de productos químicos que afectan negativamente tanto al ambiente como a la economía del agricultor. Por tanto, el objetivo del presente proyecto fue **evaluar el efecto del extracto etanólico de semillas de “neem” (*A. indica*) en el control natural del “gusano cogollero” *S. frugiperda* (J.E. Smith) en “pasto maralfalfa” (*Pennisetum* sp.) bajo condiciones *in vitro*.**

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Bases teóricas

Las larvas de *S. frugiperda* en épocas de sequía produce daños similares al “gusano trozador” (Córdova, 2018). Su control es con frecuencia mediante aplicación de insecticidas químicos, pero su uso aumenta los costos de producción, además que se relaciona con el desarrollo de resistencia del insecto y ocasiona impactos negativos al medio ambiental (Aguirre et al., 2015). Como la “pérdida de diversos organismos útiles en el control biológico de plagas presentes en el cultivo, tal es el caso de moscas Tachinidae como son *Lespesia aletiae* (Riley), *Lespesia archippivora* (Riley), *Winthemia deilephilae* (Ostén sacken), y *Archytas marmoratus* (Townsend), que actúan como parasitoides en “gusano cogollero”” (González et al., 2018).

Los monocultivos son ambientes poco favorables para los enemigos naturales de las plagas, debido a la falta de infraestructura ecológica. “La capacidad de los depredadores y parasitoides para controlar a los invasores es menor en sistemas simplificados que en agroecosistemas diversificados” (Baudron et al., 2019).

Los policultivos, “son comunes en muchas regiones agrícolas. La práctica de estos sistemas en Cuba se aplica no sólo en áreas de subsistencia y en pequeñas superficies, según tradición. La práctica de éstos es ampliamente reconocida como una alternativa para obtener mayor productividad agrícola, con pocos insumos, preservan y mejoran los recursos naturales y sobre todo la tierra” (González et al., 2015a). Los policultivos “imitan las comunidades naturales, como

el reciclaje de nutrientes, resistencia al ataque de plagas, estructura vertical y altos niveles de biodiversidad” (Toma et al., 2018).

### **2.1.1. El “gusano cogollero” – *S. frugiperda* (J. E. Smith)**

El “gusano cogollero” (*S. frugiperda*, Lepidoptera: Noctuidae) es una plaga polífaga y cosmopolita que causa severos daños en cultivos como el maíz, donde puede generar pérdidas superiores al 50% (García et al., 2013). Sus larvas inicialmente se alimentan del envés de las hojas tiernas, y en altas densidades provocan defoliación e incluso la muerte de plantas jóvenes; en etapas posteriores, migran al cogollo, perforando y desgarrando las hojas en desarrollo, lo que deja un patrón característico de daño con excrementos visibles (Bortolotto et al., 2016). Ataca todos los estados fenológicos del maíz (Casmuz et al., 2010) y, debido a su resistencia a la degradación, también genera impactos económicos y ambientales (Yasem et al., 2013). Biológicamente, su ciclo de vida (30–70 días) incluye huevecillos (2–5 días), larva (17–32 días), pupa (6–13 días) y adulto (6–20 días), con hembras capaces de ovopositar hasta mil huevos en grupos de cincuenta (Fe et al., 2010). Su adaptabilidad a diversos ambientes favorece su amplia distribución (Sparks, 1986). Para su control, tradicionalmente se han empleado insecticidas químicos —con hasta tres aplicaciones por ciclo—, incrementando los costos de producción en un 10% (Blanco et al., 2010; Yasem et al., 2013). No obstante, en México se han explorado alternativas como manejo cultural, control biológico e integrado (Murua et al., 2015)

### **2.1.2. Características morfológicas del *S. frugiperda* (J.E. Smith)**

Presenta dimorfismo sexual, “las características distintivas del macho son: expansión alar de 32 a 35 mm; longitud corporal de 20 a 30 mm; siendo las alas anteriores pardo -grisáceas con algunas pequeñas manchas violáceas con diferente tonalidad, en la región apical de estas se encuentra una ancha blanquecina notoria, orbicular tiene pequeñas manchas diagonales, una bifurcación poco visible que se extiende a través de la vena costal bajo la mancha reniforme; la línea subterminal parte del margen la cual tiene contrastes gris pardo y gris azulado” (Romanelli et al., 2010).

“Las alas posteriores no presentan tintes ni venación coloreada, siendo más bien blanquecina, las hembras tienen una expansión alar que va de los 25 a 40 mm, faltándole la marca diagonal prominente en las anteriores que son poca agudas, grisáceas, no presentan contrastes; la mancha orbicular es poco visible; la línea postmedial doble y fácilmente vista” (Romanelli et al., 2010).

### **2.1.3. Ciclo biológico del “gusano cogollero”**

***S. frugiperda* (J.E. Smith)** durante su ciclo, atraviesa varias etapas en su ciclo de vida, las cuales son:

#### **a) Huevo o postura**

Particularmente “son de forma globosa, con estrías radiales, de color rosado pálido que se torna gris a medida que se aproxima la eclosión. Las hembras ponen los huevos durante las primeras horas de la noche, tanto en el haz como en el envés de las hojas, estos son puestos en varios grupos o masas cubiertas por segregaciones del aparato bucal y escamas en su cuerpo que sirven como barrera contra enemigos naturales” (Romanelli et al., 2010).

#### **b) Larva**

Los gusanos o larvas al eclosionar “se alimentan del corión, más adelante se van a diferentes partes de la planta, o plantas de los costados para evitar así la competencia por el alimento y el canibalismo. Su color varía según la clase de la planta, pero generalmente son oscuras con tres rayas pálidas estrechas y longitudinales; en el dorso se distingue una banda negruzca más ancha hacia el costado y otra parecida pero amarillenta más abajo, en la frente de la cabeza se distingue una "Y" blanca invertida”. (Yaranga, 2014).

Las larvas “pasan por 6 ó 7 estadios o mudas, siendo de mayor importancia para tomar las medidas de control los dos primeros; en el primero estas miden hasta 2-3 milímetros y la cabeza es negra completamente, el segundo mide de 4-10 milímetros y la cabeza es carmelita claro; las larvas pueden alcanzar hasta 35

milímetros en su último estadio. A partir del tercer estadio se introducen en el cogollo, haciendo perforaciones que son apreciados cuando la hoja se abre o desenvuelve” (Romero et al., 2020).

### **c) Pupa**

Son “de color caoba y miden 14 a 17 milímetros de longitud, con su extremo abdominal (cremaster) terminando en 2 espinas o ganchos en forma de "U" invertida. Esta fase se desarrolla en el suelo y el insecto está en reposo hasta los 8 a 10 días en que emerge el adulto o mariposa” (Juarez et al., 2010).

### **d) Adulto o mariposa**

Es de coloración gris oscura, las hembras tienen las alas traseras de color blancuzco, mientras que los machos tienen arabescos o figuras irregulares llamativas en las alas delanteras, y las traseras son blancas. Doblan sus alas sobre el cuerpo, cuando está en reposos, formando un ángulo agudo que permite la observación de una prominencia ubicada en el tórax” (Cruz et al., 2020; Juarez et al., 2010)

#### **2.1.4. Daños que ocasionan a la planta**

El cogollero hace raspaduras sobre las partes tiernas de las hojas, que posteriormente aparecen como pequeñas áreas translúcidas; una vez que la larva alcanza cierto desarrollo, empieza a comer follaje perfectamente en el cogollo que, al desplegarse, las hojas muestran una hilera regular de perforaciones a través de la lámina o bien áreas alargadas comidas. En esta fase es característico observar los excrementos de la larva en forma de aserrín” (Murúa et al., 2019).

El “gusano cogollero” (*S. frugiperda* (JE. Smith), produce daños en la hoja causando el retardo del desarrollo, existen ecotipo para el arroz y para el maíz, los cuales también afectan a cultivos sorgo, algodón y forrajes poaceas (Alejandra et al, 2019), el maíz y las gramíneas ha sido el más afectado en el Perú, (Ojeda et al., 2018), cuya incidencia de la plaga ha sido en un 15 a 50% en los valles del Perú siendo la producción más baja en la Libertad con 8369 kg/ha (Urbina et al., 2016).

### **2.1.5. Métodos de control del cogollero**

Por varios años, para disminuir los daños causados por el cogollero, “se ha dependido mucho de insecticidas químicos, en reiteradas ocasiones las efectividades han sido bajas, debido a que estas se han realizado después que ha pasado el estado ideal para controlar la plaga y la edad más apropiada del cultivo”. El uso indiscriminado de insecticidas químicos ocasiona altos costos, contaminación ambiental y la resistencia de la plaga a estos productos. El cogollero tiene otras formas de manejo diferentes al uso de insecticidas químicos que deben tenerse en cuenta (Mamani, 2015).

### **2.1.6. El “neem”**

#### **a) El árbol de “neem”**

Un árbol milenario de amplias aplicaciones medicinales y agroecológicas. El “neem”, árbol originario de la India, ha sido utilizado por la humanidad desde épocas prehistóricas para el tratamiento de diversas dolencias, incluso antes de que existieran registros escritos que documentaran su uso (Kumar et al., 2013). Su empleo se remonta a miles de años atrás (Pijoan, 2004), destacándose como una planta medicinal con más de 140 compuestos activos que le confieren propiedades antioxidantes, antimicrobianas, antiparasitarias, antiinflamatorias, antidiabéticas y cicatrizantes (Peña, 2021).

Además de sus aplicaciones terapéuticas, el “neem” posee propiedades fungicidas (efectivas para prevenir y controlar enfermedades causadas por hongos) e insecticidas. Este último efecto se debe a su acción sobre el sistema hormonal de los insectos, lo que impide el desarrollo de resistencia en generaciones posteriores (Monterrey, 2020). Históricamente, el árbol ha sido valorado por sus facultades bioinsecticidas: sus derivados son altamente efectivos contra plagas agrícolas, actuando como antialimentarios y repelentes en órdenes como Coleoptera, Homoptera, Orthoptera, Hemiptera y Lepidoptera (Ruiz et al., 2008).

La combinación de sus principios activos, su accesibilidad y su bajo costo lo convierten en un recurso clave para el Manejo Integrado de Plagas (MIP). Como señalan Ruiz et al. (2008), el “neem” afecta específicamente los diferentes estadios

de crecimiento de los insectos, lo que refuerza su utilidad en estrategias agrícolas sostenibles.

La azadiractina, compuesto bioactivo del “neem” (*Azadirachta indica*), controla insectos plaga en diversos cultivos y se emplea en manejo integrado de plagas. Los extractos de esta planta actúan como pesticidas botánicos mediante tres mecanismos clave: 1) efecto antialimentario/repelente, 2) inhibición de la ecdisis, y 3) alteración del apareamiento (Almeida et al., 2010)

Los productos naturales “neem” son insecticidas botánicos, que no persisten en el ambiente, ni presentan una toxicidad aguda para animales y el hombre en comparación con los plaguicidas químicos convencionales, Se ha utilizado el extracto etanólico contra la (*S. frugiperda*) en segundo estadio, (Castillo Quispe & Barrantes Arriola, 2019). También tiene efecto insecticida como antialimentarios, siendo *S. macrophylla* la más exitosa (Alejandra & Yepes, 2019; Felipe & Palacio, 2019), con actividad repelente y biosida contra el a partir de extractos etanólicos como alternativa de control de insectos (Alonso et al., 2014) podría alterar los movimientos de peristaltismo disminuyéndolo y, por tanto, influir indirectamente en el efecto antialimentario (Oyarzabal-Armendariz et al., 2021a), el “neem” podría agregarse a otros agentes biológicos para la mortalidad reduciendo las posibilidades de que este insecto sobreviva en el medio ambiente (Duarte et al., 2020).

### **2.1.7. Importancia del *Pennisetum* como controlador de ciclo de insectos dañinos**

El pasto *Pennisetum* sp., se utiliza como un cultivo alternativo que rompe el ciclo de los insectos dañinos de un cultivo específico como en el cultivo de maíz. Es un hospedador de diferentes insectos dañinos en ausencia del cultivo del maíz, durante un estudio de dos años (de junio de 2018 a enero de 2020), se identificaron parasitoides y plantas hospedantes alternativas en sitios de producción de maíz y vegetales, a lo largo de arroyos y tierras bajas, en vertederos de basura y viejos campos de maíz en el sur y en parte en la parte central de Benín durante el cultivo

del maíz y fuera de temporada. Como el *P. macrourum* von Trinius (silvestre). Estos hallazgos demuestran la capacidad del “gusano cogollero” para estar activo durante la temporada baja del maíz en las agroecologías seleccionadas y proporcionan información de referencia para los esfuerzos de biocontrol clásicos y aumentativos. Según Winsou et al. (2022), en pruebas con pastos forrajeros seleccionados para el manejo del “gusano cogollero” (*S. frugiperda*) mediante cultivos complementarios, solo una especie retuvo larvas, aunque en cantidades significativamente menores que en el maíz. Los datos demuestran que ninguna de las gramíneas evaluadas fue altamente preferida frente al maíz; sin embargo, ciertas plantas mostraron atractividad para adultos y larvas, lo que sugiere su potencial uso en estrategias de cultivo trampa múltiple para controlar diferentes etapas de la plaga (Cheruiyot et al., 2021). Adicionalmente, la tecnología push-pull adaptada al clima ha reducido drásticamente el daño causado por *S. frugiperda*, posicionándose como la primera herramienta de manejo integrado (MIP) efectiva para esta plaga en África (Khan et al., 2018).

#### **2.1.8. Origen del “pasto maralfalfa”**

Es un pasto mejorado de origen colombiano, creado por el Padre José Bernal Restrepo (Sacerdote Jesuita), Biólogo, quien utilizó su Sistema Químico Biológico, SQB, póstumamente llamado Heteroingerto Bernal (HIB). Octubre 1965, aplica su Sistema Químico Biológico SQB, y cruzó el Pasto Elefante (Napier, *Pennisetum purpureum*), originario del África y la grama (*Paspalum macrophyllum*) obteniendo el “GRAMAFANTE”. Junio 1969, con el mismo sistema, cruzó el GRAMAFANTE y el pasto Guaratara (*Axonopus purpussí*) originario del llano colombiano y obtuvo el “MARAVILLA” o “GRAMATARA”. A partir de allí, cruzó el Pasto Maravilla o Gramatara y la Alfalfa (*Medicago sativa* Linn), con el Pasto Brasileiro (*Phalaris azudinacea* Linn) y obtuvo el “MARALFALFA” (Clavero et al., 2008).

#### **Taxonomía**

Reino: Plantae  
División: Magnoliophyta  
Clase: Liliopsida  
Orden: Poales

Familia: Poaceae  
Subfamilia: Panicoideae  
Tribu: Paniceae  
Género: *Pennisetum*  
Especie: *Pennisetum* sp.

### 2.1.9. Morfología

- a. Órganos vegetativos:** Las raíces del “pasto maralfalfa” (*Pennisetum* sp.) son fibrosas, forman raíces adventicias que surgen de los nudos inferiores de las cañas. Estas cañas conforman el tallo superficial el cual está compuesto por entrenudos, delimitados entre sí, los entrenudos en la base del tallo son muy cortos, mientras que los de la parte superior del tallo son más largos, la presencia de pelos en el borde de las hojas, es otro elemento fundamental en la descripción de esta especie.
- b. Órganos reproductivos:** En general, lo que se considera como la flor de las gramíneas no es más que una inflorescencia parcial llamada espiga. En el caso particular del “pasto maralfalfa” *Pennisetum* sp., las inflorescencias se presentan en forma de panícula las cuales son muy características del género *Pennisetum*, tipo de inflorescencia, del eje principal surgen ramificaciones verticiladas o individuales que se siguen ramificando, las panículas son contraídas, las espiguillas son típica del género *Pennisetum*. Las flores superiores pueden ser fértiles, con un tamaño entre la mitad o igual al de las flores inferiores; las primeras glumas pueden estar fusionadas con callos; la palea de las flores superiores están presentes. Poseen tres estambres; y las anteras son oscuras o grises

### 2.1.10. Manejo agronómico del “pasto maralfalfa”

- a. Siembra:** “Para la siembra de semilla vegetativa, la distancia recomendada es de 50 cm entre surcos, y 2 cañas paralelas a 3 cm de profundidad. Cantidad de semilla por ha: 3 000 Kilos de tallos por ha” (Vimos et al., 2020) .
- b. Fertilización:** “Responde muy bien a la aplicación de materia orgánica y a la humedad sin encharcamiento. Después de cada corte se recomienda aplicar

por hectárea: 1 saco de Urea y 1 saco de Cloruro de Potasio” (Vimos et al., 2020).

- c. Condiciones agroecológicas:** “Desde el nivel del mar, hasta 3 000 msnm. Se adapta bien a suelos con fertilidad media a alta. Su mejor desarrollo se obtiene en suelos con buen contenido de materia orgánica y buen drenaje” (Vimos et al., 2020) .
- d. Adaptabilidad:** En suelos franco arcillosos a franco arenosos, en clima relativamente seco, con pH de 4,5 a 5 . (Vimos et al., 2020)
- e. Rendimiento:** “Produce entre 200 y 400 TM. Por Hectárea, según el manejo. En lotes de tercer corte, a 1 750 m.s.n.m., se han obtenido cosechas a los 75 días con una producción de 285 toneladas por hectárea, con una altura promedio por caña de 2,50 m. Los cortes se deben realizar cuando la planta alcance aproximadamente 1 metro” (Vimos et al., 2020).

#### **2.1.11. Ventajas**

Posee alto nivel de proteínas, alto contenido de carbohidratos (azúcares), ha superado en 25% de crecimiento a pastos, King Grass, Taiwán Morado, elefante, etc. Alto rendimiento, se puede mantener 70 animales por hectárea. Y de bajo costo de manejo y mantenimiento (Vimos et al., 2020).

#### **2.2. Antecedentes de estudio con extractos etanólicos de “neem”**

Leal et al. (2024), ha demostrado que el extracto etanólico de *A. indica* ha demostrado una importante actividad insecticida contra *S. frugiperda*, con estudios que muestran altas tasas de mortalidad en larvas. Por ejemplo, un extracto etanólico al 10% resultó en una mortalidad del 80% de larvas de tercer estadio en 120 hora Luz.

Hernandez et al. (2021). Menciona que la eficacia de *A. indica* se atribuye a sus compuestos bioactivos, como la azadiractina, que actúan como reguladores del crecimiento de los insectos, repelentes y antialimentarios, lo que lleva a una disminución de la oviposición y al cese de la alimentación en *S. frugiperda*. En estudios comparativos, el extracto de semilla de “neem” con 70% de etanol causó una mortalidad del 84% en larvas de segunda etapa, lo que indica que el etanol

mejora la extracción y la eficacia de las propiedades biocidas en las semillas de “neem”.

Singh et al. (2020), el aceite de “neem” también ha sido eficaz, con informes de hasta un 100% de mortalidad en ciertas concentraciones, y se ha demostrado que reduce la fecundidad y la longevidad en *S. frugiperda*.

Houndété et al. (2023), menciona que el uso de extractos de *A. indica* se considera una opción ecológica y presenta menores riesgos para la calidad de vida de las personas en comparación con los insecticidas sintéticos, lo que lo convierte en una opción viable para el manejo de plagas.

Trujillo et al. (2008), evaluó la eficacia de extractos etanólicos de suspensiones celulares de *A. indica* en larvas de segundo estadio de *S. frugiperda*. Se determinaron valores de DL50 a diferentes intervalos de tiempo, siendo 2.256 ppm a las 12 h y 1.064 ppm a las 40 h. Las concentraciones de 5 000, 10 000 y 30 000 ppm mostraron eficacia en el control del insecto sin diferencias estadísticas significativas entre ellas. .

Capataz et al. (2007). En su trabajo examinó el efecto antialimentario de extractos de suspensiones celulares de *A. indica* inducidas bajo distintas condiciones de luz y temperatura. Los extractos intracelulares obtenidos a 15 °C y en oscuridad mostraron un índice antialimentario del 100%, mientras que los extracelulares a 35 °C y oscuridad alcanzaron un 39,3%.

Oyarzabal et al. (2021). En esta investigación se analizó el impacto de insecticidas de extractos etanólicos de diferentes plantas, incluyendo *A. indica*, sobre larvas de *S. frugiperda*. Se definió el impacto de diferentes dosis de estos extractos en el índice de muerte larval y la eclosión de adultos. Los resultados indicaron una actividad insecticida significativa de los extractos evaluados.

Figuerola et al., (2019), Se aplicó extractos de *A. indica*, *Piper nigrum*, *Petiveria alliacea* y sus combinaciones en plantas de maíz. Las aplicaciones se realizaron

dos veces al día cada tres días durante siete semanas. Las plantas tratadas mostraron un crecimiento superior y menor daño en comparación con el grupo control, con eficacias superiores al 80%.

(Ramos, 2025) En este sentido, el uso de extracto de “neem” (*A. indica*), un protector anti insectos y estimulante del desarrollo cuya actividad se atribuye a la azadiractina, que dificulta la nutrición, el crecimiento y la propagación de la plaga, ha sido evaluado y ha probado ser una opción eficaz para el manejo de *S. frugiperda*.

Castillo et al., (2019), utilizó el extracto etanólico contra (*S. frugiperda*) en segundo estadio, y determinó la mortalidad en el tiempo en dosis de  $7.800 \times 10^{-4}$  mg/kg a las 12 horas.

Felipe et al., (2019), probó las fracciones de tallos de *C. guianensis* y de *S. macrophylla* tuvieron efectos mas grandes sobre *S. frugiperda*, tanto insecticidas como antialimentarios, siendo *S. macrophylla* la más exitosa

Alonso et al. (2014), encontró actividad repelente y biocida contra insectos a partir de extractos etanólicos de ajo, orégano y “neem” permiten avizorar la actividad prometedora de los extractos de planta como alternativa de control de insectos.

Costa et al. (2022), en el estudio evaluó el efecto de cultivares de maní (IAC Runner 886 e IAC Caiapó) y del aceite de “neem” (0,15% y 0,30%) sobre la alimentación, desarrollo y mortalidad del “gusano cogollero” (FAW) y la oruga del frijol terciopelo (VBC). Se usaron larvas de primer y tercer estadio en cajas de Petri con hojas tratadas o no con “neem”. El cultivar IAC Runner 886 fue el menos consumido por las larvas de FAW. Además, ninguna larva expuesta al “neem” completó su desarrollo. Los resultados sugieren que estos cultivares y el aceite de “neem” son herramientas prometedoras para el manejo biológico de estas plagas.

Ahissou et al. (2022), menciona que *A. indica* y *Khaya senegalensis* son una alternativa del reemplazo de productos químicos para el control de insectos, publicar

información sobre los insecticidas disponibles localmente que controlan eficazmente el “gusano cogollero” y capacitar a los agricultores sobre los métodos adecuados de aplicación de pesticidas y el reconocimiento de enemigos naturales

Almeida et al. (2010), Indican que la azadiractina es capaz de controlar orugas presente en el frijol terciopelo, en las plantas de soja, la azadiractina, controla a *Anticarsia gemmatalis*, en plantas de soja.

Ahissou et al. (2022), en el trabajo Susceptibilidad del gusano cogollero *S. frugiperda* (J.E. Smith) a los bioinsecticidas microbianos y botánicos y la estimación de la probabilidad de falta de control, menciona que los productos a base de *A. indica* y los extractos de *Carapa procera*, fueron menos efectivos (en las dosis recomendadas por los fabricantes) que los productos químicos, aunque mostraron niveles significativos de toxicidad en estadios jóvenes considerando estar dentro de los bioinsecticidas efectivos para el manejo sostenible del “gusano cogollero” en África occidental.

Hernandez et al. (2021), determinaron el efecto insecticida compuestos polifenólicos encontrados en el “neem” sobre larvas de segundo estadio de *S. frugiperda* extraídos con etanol Los compuestos fitoquímicos obtenidos de las semillas de “neem” con solventes amigables con el medio ambiente y tecnologías alternativas (ultrasonido y microondas) tienen una potente actividad insecticida contra larvas *S. frugiperda*.

Oyarzabal et al. (2021) reportan que sus resultados mostraron que el extracto metanólico de *A. indica* tuvo efecto sobre la concentración de 5HT en el cerebro y tubo digestivo de las larvas, podría alterar los procesos de memoria, aprendizaje, sueño y actividad locomotora el extracto podría disminuir los movimientos de peristaltismo y, por tanto, influir indirectamente en el efecto antialimentario.

Duarte et al. (2020). Mencionan que los componentes del aceite de “neem” reducen el número de células circulantes y la actividad de enzimas similares a la lisozima es de gran importancia para diseñar estrategias de control, una vez que el aceite de

“neem” podría combinarse con otros productos naturales para aumentar la muerte de los insectos disminuyendo las oportunidades de que la plaga sobreviva en su entorno.

Phambala et al. (2020), mostraron que *Cymbopogon citratus* (36%) y *A. indica* (20%) fueron los disuasivos de alimentación más potentes entre las plantas pesticidas evaluadas. Se recomienda una evaluación de prueba de campo adicional, en cultivo de maíz para evaluar su efectividad.

## **2.3. Bases conceptuales**

### **2.3.1. Extractos vegetales**

Es una sustancia obtenida por extracción de una parte de una materia prima, a menudo usando un solvente como etanol o agua. Los extractos pueden comercializarse como tinturas o en forma de polvo. Los principios aromáticos de muchas especias, frutos secos, hierbas, frutas, etcétera y algunas flores se comercializan como extractos, estando entre los extractos auténticos más conocidos los de almendra, canela, clavo, jengibre, limón, nuez moscada, naranja, menta, pistacho, rosa, hierbabuena, vainilla, violeta y té de Canadá (Pérez et al., 2019).

### **2.3.2. Extractos etanólicos**

Los extractos etanólicos constituyen un método eficaz para la extracción de principios activos vegetales (Guerrero Obando, 2018). Estos compuestos presentan efectos multifacéticos, demostrando actividad bactericida, antifúngica, repelente e insecticida (Cora, 2012). Entre las plantas estudiadas, el “neem” (*A. indica*) ha mostrado particular eficacia, con su extracto etanólico exhibiendo alta actividad insecticida contra adultos de *Aphis gossypii* (Montero et al., s.f.) y notable acción antifúngica (Velásquez et al., 2013). De igual forma, el extracto etanólico de *Rumex conglomeratus* ha demostrado propiedades antimicrobianas significativas (Das et al., 2018).

Son el resultado de macerar una planta en un disolvente (alcohol, alcohol + agua, aceite, glicerina, etc.). Gracias al proceso de maceración, los principios activos (que

son la parte activa de la planta, la que tiene acción “terapéutica”) del vegetal pasan al disolvente. De esta forma, pueden ser utilizados con mucha más facilidad y precisión tanto en la industria farmacéutica, como en la alimenticia (Mendez, 2019). Los extractos es una de las formas como se pueden utilizar los principios activos de las plantas siendo el más económico el acuoso y etanólico (Sujarwo et al., 2016). El extracto etanolico de “neem” a muy activo como insecticida (Jiménez et al., 2024).

### **2.3.3. Compuesto bioactivo**

“Según el consenso científico y médico actual, moléculas químicas esenciales y no esenciales encontradas en la naturaleza, que forman parte de la cadena alimentaria y que pueden tener efectos beneficiosos potenciales sobre la salud humana. Compuesto que tiene la capacidad de mermar el efecto dañino que puede ocasionar una enfermedad. Por ejemplo, un antibiótico” (González et al., 2014).

### **2.3.4. Insecticida**

“Es un compuesto químico utilizado para matar insectos, mediante la inhibición de enzimas vitales. El origen etimológico de la palabra insecticida deriva del latín y significa literalmente matar insectos. Es un tipo de biocida. Los insecticidas tienen importancia para el control de plagas de insectos en la apicultura o para eliminar todos aquellos que afectan la salud humana y animal. Los ácaros no son insectos y pueden ser inmunes a algunos insecticidas (se eliminan con productos específico, los acaricidas). En el lenguaje cotidiano este término se utiliza para referirse a los productos que tienen la propiedad de matar insectos y de una forma restringida a las suspensiones en botes de aerosol, o como una crema para aplicación” (Zamora et al., 2014).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de la ejecución

Este estudio se llevó a cabo en el laboratorio de entomología y el laboratorio de veterinaria de la Facultad de Ciencias agrarias de la Universidad Nacional de Tumbes y las muestras se obtuvieron de la parcela de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Tumbes, durante los meses de febrero a abril 2024.

**Tabla 1.** Ubicación geográfica (UTM)

<b>Ubicación Geográfica (UTM)</b>	
Región	Tumbes
Provincia	Tumbes
Distrito	Corrales
Norte	9603405 m.
Este	555401 m.
Datum	PSAD 56 ZONA 17 m.
Altitud	5 m.s.n.m.

#### 3.2. Tipo de investigación

El presente trabajo reúne las condiciones metodológicas de una investigación experimental.

#### 3.3. Nivel de investigación

El nivel de investigación que se empleó es la Investigación Aplicada.

#### 3.4. Método de investigación

El presente trabajo de investigación sigue un enfoque correlacional, ya que el estudio está orientado a determinar la influencia del extracto etanólico de semilla

de “neem” en las alteraciones de los procesos biológicos de las plagas que afectan al “pasto maralfalfa”. Asimismo, este análisis permitió validar su eficacia en el control del “gusano cogollero” (*S. frugiperda*).

### **3.5. Preparación del material biológico**

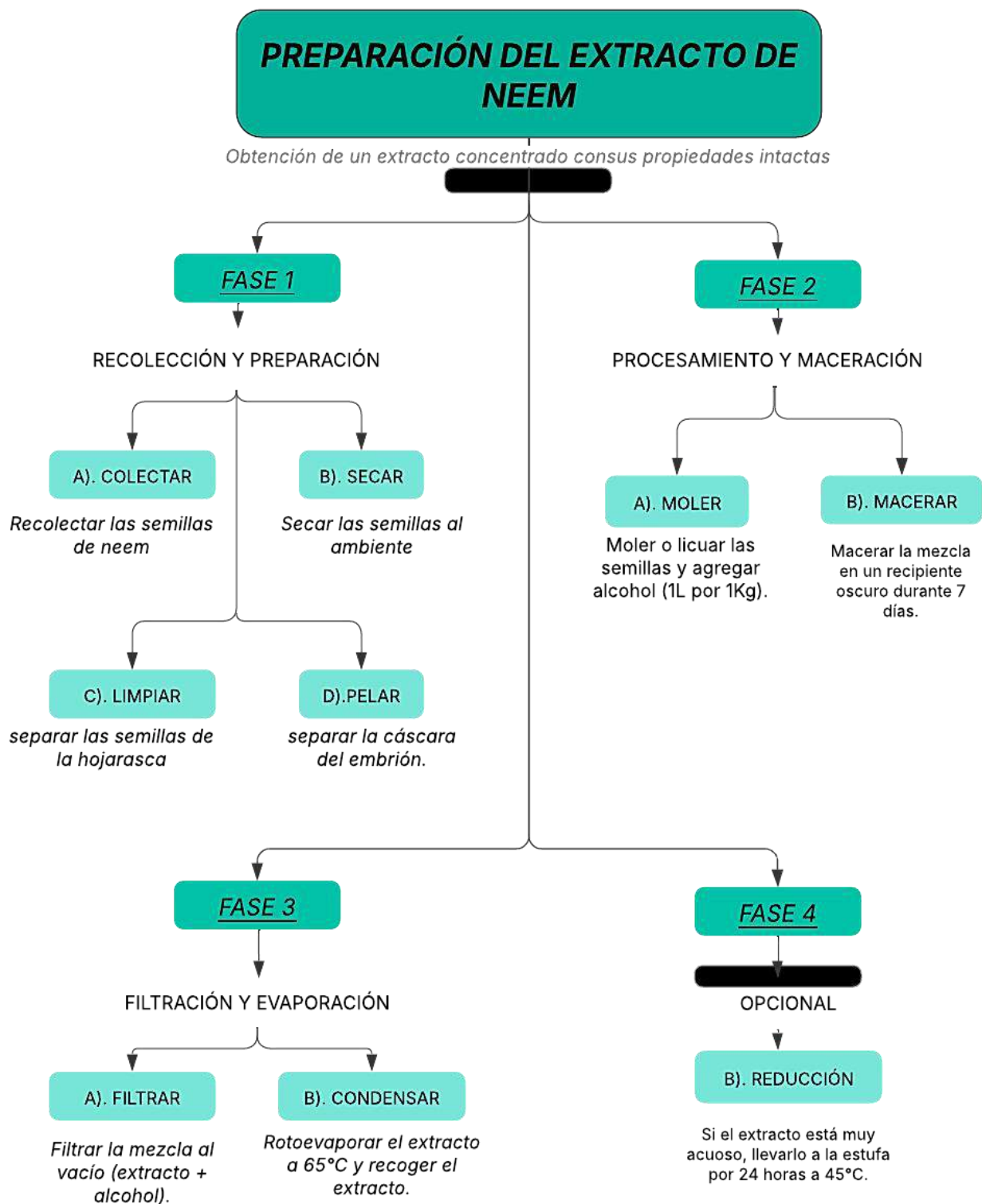
A continuación, se presenta un esquema con el proceso de preparación del extracto de neem, el cual tiene como finalidad la obtención de un extracto concentrado que conserve todas sus propiedades intactas. Este proceso se divide en 4 fases: (figura 1)

fase 1. (Recolección y limpieza de semillas de “neem”)

fase 2. (procesamiento y maceración de las semillas molidas de “neem”)

fase 3. (filtración y evaporación del extracto de “neem”)

fase 4. es opcional si el extracto está muy acuoso, llevarlo a la estufa (reducción).



**Figura 1.** Esquema de la preparación del extracto de “neem”.

### 3.5.1. Fase 1: recolección y limpieza de la semilla de “neem”.

En la Fig. 2a, se observa las semillas de “neem” recién recolectadas, aún mezcladas con hojarasca, lo que resalta su estado natural antes del proceso de limpieza. La Fig 2b, muestra la realización de la limpieza manual de las semillas, removiendo la hojarasca y otros residuos para prepararlas para su uso en el experimento.



**Figura 2.** Recolección de la semilla de “neem”; a) Semillas de “neem” con hojarasca, b) Limpieza de las semillas.

En la Fig. 3a, se aprecian las semillas de “neem” con su cáscara, listas para ser extraídas y utilizadas y finalmente, en la Fig. 3b muestra los embriones de semillas de “neem”.



**Figura 3.** Semilla de “neem”; a) en cáscara, b) Embrión.

### 3.5.2. Fase 2: Procesamiento y maceración de las semillas molidas de “neem”.

En la Fig. 4, se ilustra el proceso de preparación del extracto de “neem”, desde la molienda de las semillas (Fig. 4a), la obtención de los embriones (Fig. 4b), y finalmente la obtención del “neem” molido (Fig. 4c).



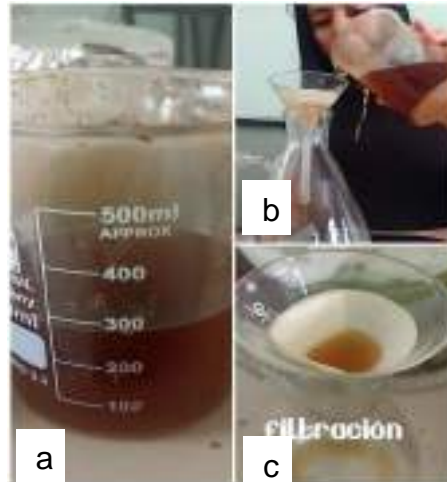
**Figura 4.** Procesamiento de las semillas de “neem”; a) Molienda, b) Embriones y c) semilla molida.



**Figura 5.** Maceración de las semillas; a) molienda de semillas, b) Semillas molidas en alcohol, c) Recipiente con macerado para colocar a oscuras

### 3.5.3. Fase 3: Filtración y evaporación del extracto de “neem”

Después de haber macerado por 7 días (Fig. 5c), se escurre el vaso con una coladera para obtener el líquido del macerado (Fig. 6a), posteriormente se filtra la mezcla al vacío (Fig. 6b), donde se separa el líquido del sólido y luego (Fig. 6c), se observa la mezcla ya filtrada, lista para el siguiente paso.



**Figura 6.** Filtrado del macerado; a) macerado de “neem” en alcohol b) y c) filtrado

En la Fig. 7a, se aprecia cómo se agrega la mezcla filtrada a la bomba del rotoevaporador; La Fig. 7b muestra la colocación de la bomba con la mezcla en el rotoevaporador y la Fig. 7c, ilustra el proceso de rotoevaporación del extracto a 65 °C, donde se elimina el alcohol y se recoge el extracto puro de “neem”.



**Figura 7.** Obtención del extracto de “neem”; 7a) filtrado de mezcla, b) colocado de extracto en rotoevaporador y c) rotoevaporar y obtención del extracto.

### 3.6. Preparación de las larvas

Para este estudio se realizó un pie de cría para evitar algún tipo de parasitismo en las larvas que se utilizaron en la prueba, Por ello se colectaron diferentes posturas que se obtuvieron de la parcela de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Tumbes.

#### 3.6.1. Recoleccion de las posturas de las larvas de *S. frugiperda*:

En la Fig. 8a, se muestra la recolección de posturas de *S. frugiperda* en el cultivo de “pasto maralfalfa”, las cuales recolecto cortando con un pedazo de hoja y las guardo en una bolsa de plástico para su traslado y posterior análisis en el laboratorio.

En la Fig. 8b, Se observan los daños causados por la larva de *S. frugiperda* en las hojas del “pasto maralfalfa”, donde se observa claramente cómo la larva se alimenta del tejido vegetal, dejando marcas y perforaciones.

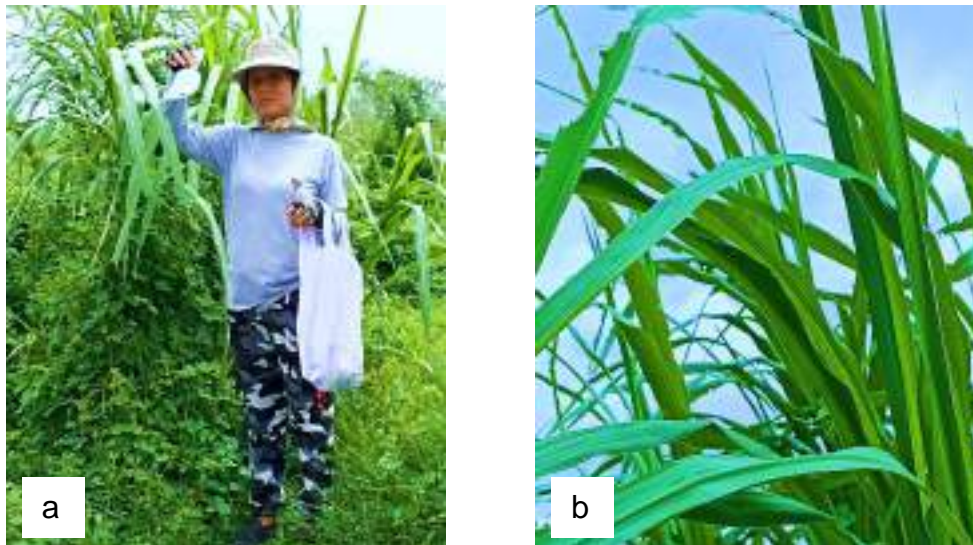


Figura 8. Recolecta de posturas: (a) posturas en hojas, (b) daños de *S. frugiperda*.

#### 3.6.2. Crianza de las larvas de *S. frugiperda*

Las posturas de *S. frugiperda* (mostradas en la Fig. 9a) se transfirieron a placas de Petri (Fig. 10). Para mantener la viabilidad de los huevos, se colocó un trozo de algodón humedecido con agua destilada y estéril en un extremo de la nervadura de la hoja, lo que garantizó un ambiente óptimo y evitó la desecación hasta la eclosión de las larvas (Fig. 9b). Posteriormente, las larvas se alimentaron con hojas de

“pasto maralfalfa”, las cuales fueron lavadas y desinfectadas previamente, hasta que alcanzaron el tercer estadio larval.



**Figura 9.** *S. frugiperda* : (a) posturas, (b) larvas recién emergidas



**Figura 10.** Placas Petri conteniendo alimento y larvas de *S. frugiperda*

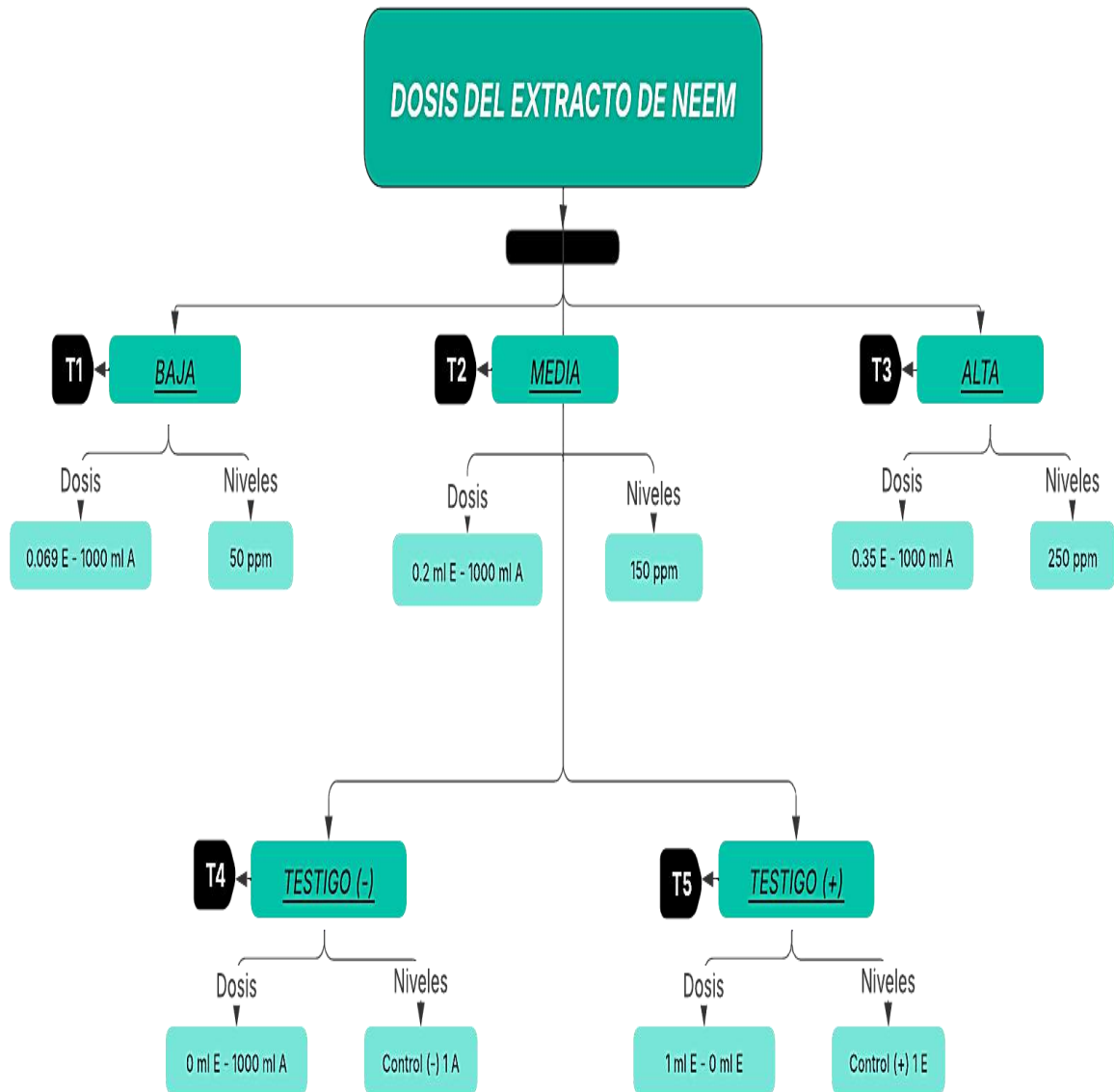
### **3.7. Preparación de los extractos etanolicos de “neem”**

#### **3.7.1. Dosis del extracto de “neem” ensayadas o probadas**

En esta investigación se utilizó 3 dosis del extracto de “neem” (baja, media y alta).

### 3.7.2. Preparación de las dosis del extracto etanólico de “neem” para cada tratamiento (T1, T2, T3, T5).

El extracto etanólico de “neem” se utilizó según la dosis recomendada (Fernández et al., 2023; Montero et al., 2012), equivalente a 200 L de agua Volumen (ml) de extracto diluido en 1000 ml de agua destilada, de 0,069; 0,2 y 0,35 ml; que equivale a a 50, 150 y 250 ppm (Villamil Montero et al., 2012); (Fig. 11)



**Figura 11.** Esquema de las diferentes dosis de extracto de “neem” ensayadas.

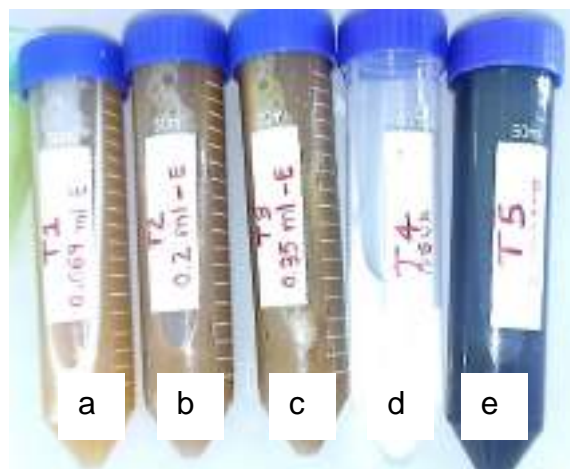
El proceso que se muestra en las figuras corresponde a la preparación de las dosis de los diferentes tratamientos, utilizando extracto etanólico de “neem”.

En la Fig. 12a, se observa la medición precisa del extracto etanólico con una micropipeta para succionar una cantidad específica del extracto. Este procedimiento garantiza que la dosis del principio activo sea la correcta y se ajuste al diseño experimental establecido.

El extracto es transferido a un tubo falcón, que servirá como recipiente para la siguiente fase de la preparación (Fig. 12b), posteriormente se le añade agua destilada (Fig. 12c) que es fundamental para diluir el extracto y alcanzar la concentración deseada para la aplicación del tratamiento (Fig. 12d).



**Figura 12.** Preparación de las dosis del extracto etanólico de “neem” para cada tratamiento; a) medición de extracto, b) transferir a un tubo falcón, c) añade agua destilada d) diluir.



**Figura 13.** Dosis preparadas de extracto de “neem” (T1 (a), T2 (b), T3 (c)) agua destilada (T4 (d)) y finalmente extracto puro (T5 (e)).

Se observan los 5 tratamientos con las diferentes dosis listas para ser aplicadas, en los trozos de hojas, como parte del estudio para determinar la efectividad del control biológico.

### 3.7.3. Recolección, lavado y secado de las hojas de “pasto maralfalfa” para la larva de *S. frugiperda*.

Esta fase se centra en la obtención de la materia prima; figura 14a; en el vivero de la Facultad de Ciencias Agrarias, se realizó la recolección manual de hojas sanas de “pasto maralfalfa” (*Pennisetum* sp.). La selección cuidadosa de las hojas es un paso crítico para asegurar la calidad de la muestra, garantizando que estén libres de plagas, enfermedades o daños físicos. La recolección se llevó a cabo con herramientas de corte limpias y desinfectadas para evitar la contaminación cruzada.

Fig. 14b; una vez recolectadas las hojas fueron sometidas a un riguroso proceso de limpieza. Primero, se lavaron con agua del grifo para eliminar residuos superficiales como tierra, polvo e insectos. Posteriormente, se realizó un segundo lavado con agua destilada para remover cualquier mineral o impureza que pudiera haber quedado del lavado inicial. Este paso es fundamental para obtener una muestra pura, libre de contaminantes que puedan interferir en análisis posteriores.

Fig. 14c; finalmente, las hojas de “pasto maralfalfa”, una vez limpias, se colocaron en una superficie plana y limpia para permitir que el exceso de humedad se evaporara. El secado es crucial para conservar los compuestos activos de la planta y evitar la proliferación de microorganismos que podrían degradar la muestra.



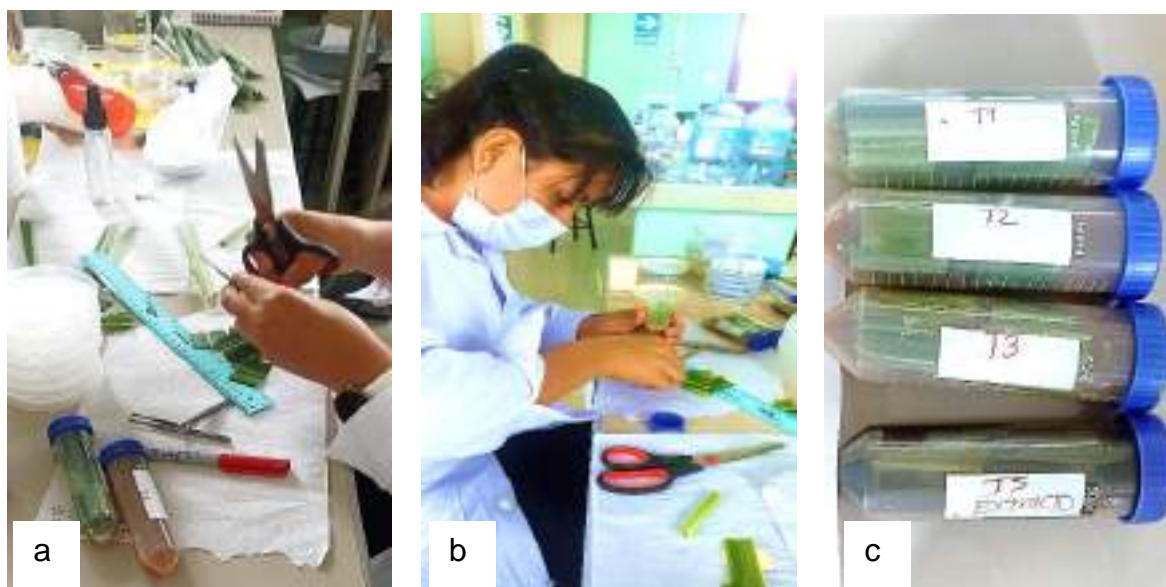
**Figura 14.** Procesamiento de hojas de pasto maralfalfa: (a) recolecta, (b) lavado, (c) secado.

#### **3.7.4. Corte y remojo de cada trozo de hoja en cada tratamiento con extracto de “neem”.**

“La técnica que se utilizó en esta investigación es por inmersión, la cual se realizó introduciendo cada pedazo de hoja de “pasto maralfalfa” de diámetro de 2 cm (largo) por 3 cm (ancho) dentro de un tubo falcon (Fig. 15b) que contiene las diferentes dosis del extracto etanólico de *A. indica* el cual se remojó por 10 minutos (Fig. 15c) y se escurrió durante 1 minuto (Fig. 16)” (Masiel et al., 2012).

En esta etapa, se procede el corte manual de las hojas de “pasto maralfalfa” en trozos de tamaño uniforme, se utilizaron herramientas de corte previamente limpiadas y desinfectadas, una vez cortados, los trozos de “pasto maralfalfa” son cuidadosamente incorporados en los diferentes recipientes, cada uno representando un tratamiento específico, es decir (T1, T2, T3, T4 y T5) respectivamente (figura 17). Cada tratamiento contiene una dosis diferente, lo que permite evaluar el efecto de cada dosis sobre la muestra.

“Las hojas fueron previamente sumergidas (diez minutos), en las preparaciones de los extractos según la dosis del tratamiento, para posteriormente proceder a alimentar a cada larva individualmente”. (Zevallos et al., 2013). El tiempo de remojo, fijado en 10 minutos, es un parámetro experimental clave. Este periodo de tiempo está estandarizado para permitir una interacción adecuada entre los principios activos de la solución y los componentes de las hojas de pasto. El remojo permite que las hojas absorban o interactúen con la solución, lo cual es el objetivo principal del experimento, para su posterior análisis.



**Figura 15.** Procesamiento de hojas de "pasto maralfalfa para tratamientos: (a) corte, (b) incorporación para tratamiento, (c) remojo de trozos por 10 minutos.



**Figura 16.** Secado de las hojas con tratamiento por 1 minuto.

### **3.7.5. Colocación de alimento a las larvas para cada tratamiento.**

El experimento se realizó bajo condiciones de laboratorio. Se utilizó una larva de tercer estadio (L3) de "gusano cogollero" por repetición, con 3 dosis diferentes de extracto de "neem" y 15 repeticiones, con lo que se obtuvo un total de 45 más 30 larvas del testigo positivo y negativo, dando un total de 75 larvas que se utilizaron en este ensayo.

Estas larvas se colocaron en las placas Petri previamente desinfectados. En cada recipiente se colocaron, trozos de 2 x 3 cm de diámetro de hojas de "pasto

maralfalfa”, previamente lavadas y desinfectadas. El recambio del trozo de hoja se realizó, según, si está totalmente consumidas dentro de los cuatro días de evaluación y así evitar que mueran por falta de alimentación (Fig. 17).



**Figura 17.** Colocación de alimento y las larvas en cada placa.

En la Fig. 18, se colocó el nombre de cada tratamiento y el número de larva con la respectiva fecha para su posterior evaluación y recolección de los datos.



**Figura 18.** Metodología de marcaje de especímenes para identificación de muestras.

### **3.8. Recolección de datos**

“Las observaciones se realizaron diariamente a la misma hora, durante cuatro días consecutivos (a las 24, 48, 72 y 96 horas), evaluando los síntomas como alimentación, parálisis, inanición, y posterior mortalidad larval según metodología” de Indira (Masiel et al., 2012).

Si tras las primeras 24 horas posteriores a la aplicación los trozos de hoja eran consumidos completamente, se reemplazaban por una nueva hoja limpia, desinfectada y de características idénticas, pero sin tratamiento. Esto aseguraba que las larvas no murieran por inanición, permitiendo completar las 96 horas de evaluación establecidas en la metodología (Malpartida et al., 2013)

### 3.9. Niveles en estudio para el efecto bioinsecticida.

La tabla 2, nos muestra las diluciones para la prueba in vitro según los tratamientos donde se observa la cantidad incorporada del extracto etanólico del “neem” en ml por litro de agua que se le incorporo a cada tratamiento y u equivalente en ppm considerando la concentración del principio activo (3%) según referencia (Montero et al., 2012).

**Tabla 2.** Diluciones para la prueba in vitro.

Factor	Tratamientos	Niveles (ppm)	Clave
Diluciones para las pruebas in vitro	0.069 ml E - 1000 ml A	50	T <sub>1</sub>
	0.2 ml E - 1000 ml A	150	T <sub>2</sub>
	0.35 ml E -1000ml A	250	T <sub>3</sub>
	Control (-) 1 A	0 ml --- 1 L (E-A)	T <sub>4</sub>
	Control (+) 1 E	1 ml --- 1 ml (E-A)	T <sub>5</sub>

(+) Extracto etanólico de “neem” (E) Agua destilada (A) \*Diluciones según referencia teniendo en cuenta el % del principio activo en el extracto de “neem”

La unidad experimental será una placa con una larva (L3). Cada grupo experimental contendrá cinco repeticiones de pruebas bioinsecticida in vitro.

- a. **Grupo con 0,069 ml E -1000 ml A:** Una placa (una larva), como unidad experimental, con quince repeticiones.
- b. **Grupo con 0,2 ml E -1000 ml A:** Una placa (una larva), como unidad experimental, con quince repeticiones.
- c. **Grupo con 0,35 ml E -1000 ml A:** Una placa (una larva), como unidad experimental, con quince repeticiones.
- d. **Grupo control negativo con 0 ml --- 1 L (E-A),** Una placa (una larva), como unidad experimental, con quince repeticiones.

- e. Grupo control positivo con 1 ml --- 1ml (E-A)**, Una placa (una larva), como unidad experimental, con quince repeticiones.

Extracto etanólico de “neem” (E) Agua destilada (A)

15 repeticiones por cada prueba para las reacciones de antagonismo.

### **3.10. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La técnica que se utilizó para la recopilación de la información, fue la observación sistemática, capturando la realidad del estudio con instrumentos fotográficos y guía del análisis documental.

Los datos se recopilaron de forma individual para cada unidad experimental teniendo en cuenta el tratamiento, la repetición y las fechas de toma de datos. Se utilizaron registros para la toma de datos según la variable.

### **3.11. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Para cada variable, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) seguido de una comparación de medias con la prueba de Tukey, utilizando los datos experimentales.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Rendimiento

#### 4.1.1. Rendimiento de la semilla

Para tener en cuenta la cantidad de materia prima utilizada en la elaboración del extracto etanolico de “neem” es necesario conocer el rendimiento del embrión obtenido de la semilla ya que de este embrión se obtendrá el extracto, así tenemos que en la tabla 3, podemos deducir la cantidad de embrión utilizado en el extracto donde el peso total de las semillas con una media de 1,77 g, con cierta variabilidad ( $\pm 0,20$ ) g. El rango de pesos es moderado entre (1,50 y 2,27) g, lo que sugiere cierta heterogeneidad; El embrión representa, en promedio, alrededor del 41% del peso total de la semilla, lo que es congruente con el dato de "rendimiento %"; Las semillas presentan un contenido muy alto de materia seca, lo cual es positivo porque indica mayor rendimiento.

**Tabla 3.** Rendimiento de la semilla

Variable	Media	Desv.Est.	Mínimo	Máximo
Peso total	1,7713	0,1974	1,4974	2,2737
Peso embrión	0,7233	0,1122	0,5541	0,9173
Materia seca %	98,085	1,332	94,920	99,430
Rendimiento %	40,722	0,03173	0,32731	0,46600

#### 4.1.2. Rendimiento del extracto

Esto sugiere que el rendimiento de 1 kg de semilla se obtiene 407 gramos de embrión de semilla de “neem” molido, quedaron 29.4 ml de extracto etanolico de “neem” con rendimiento de 7.5% del extracto.

### 4.2. Tamaño de larvas

En la Tabla 4, podemos observar que el Tratamiento T1, las larvas en este tratamiento mostraron un ligero aumento en el tamaño desde 8,0 mm en el día 0 hasta 9,9 mm en el día 3, pero finalmente se redujeron a 8,9 mm en el día 4, con

un promedio de 9,00 mm, a pesar de una pequeña disminución en su tamaño hacia el final del experimento, el crecimiento fue relativamente estable, sugiriendo que las larvas fueron poco afectadas por esta dosis baja de extracto. Este comportamiento puede reflejar que la concentración no es suficiente para interferir significativamente en el desarrollo de las larvas.

El T2, mostró una reducción progresiva en el tamaño de las larvas a lo largo de los días, pasando de 8,0 mm en el día 0 a 4,4 mm en el día 4, con un promedio de 6.80 mm, esto sugiere que el extracto de “neem” de esta concentración está teniendo un efecto negativo en el crecimiento, posiblemente debido a la acción de la azadiractina, que interfiere con la digestión y el desarrollo de los insectos.

Los resultados obtenidos indican que, en el primer tratamiento 1, se registró una disminución leve en el tamaño larval, lo que sugiere un efecto moderado del extracto de “neem”. En contraste, el segundo tratamiento 2 evidenció una reducción más marcada en el crecimiento, lo que confirma un impacto negativo más pronunciado sobre el desarrollo de las larvas. Lo que difiere con los resultados reportado en la India por Sangeetha et al, (2023), quienes señalan que la aplicación de dosis moderadas de extracto de “neem” genera retrasos en el crecimiento larval y altera los procesos de nutrición. En conjunto, tanto la evidencia experimental como lo descrito en la literatura especializada respaldan la afirmación de que el “neem” ejerce un efecto significativo en el desarrollo larval.

**Tabla 4.** Tamaño de larvas de *S. frugiperda* durante los tratamientos.

Tto	Días					Promedio
	0	1	2	3	4	
T1	8,0	9,0	9,3	9,9	8,9	9,00 b
T2	8,0	9,0	7,3	5,5	4,4	6,80 c
T3	8,0	9,0	5,4	4,9	3,5	6,20 cd
T4	8,0	9,1	11,1	12,3	13,5	10,8 a
T5	8,0	4,6	4,8	3,0	0,0	5,10 d

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

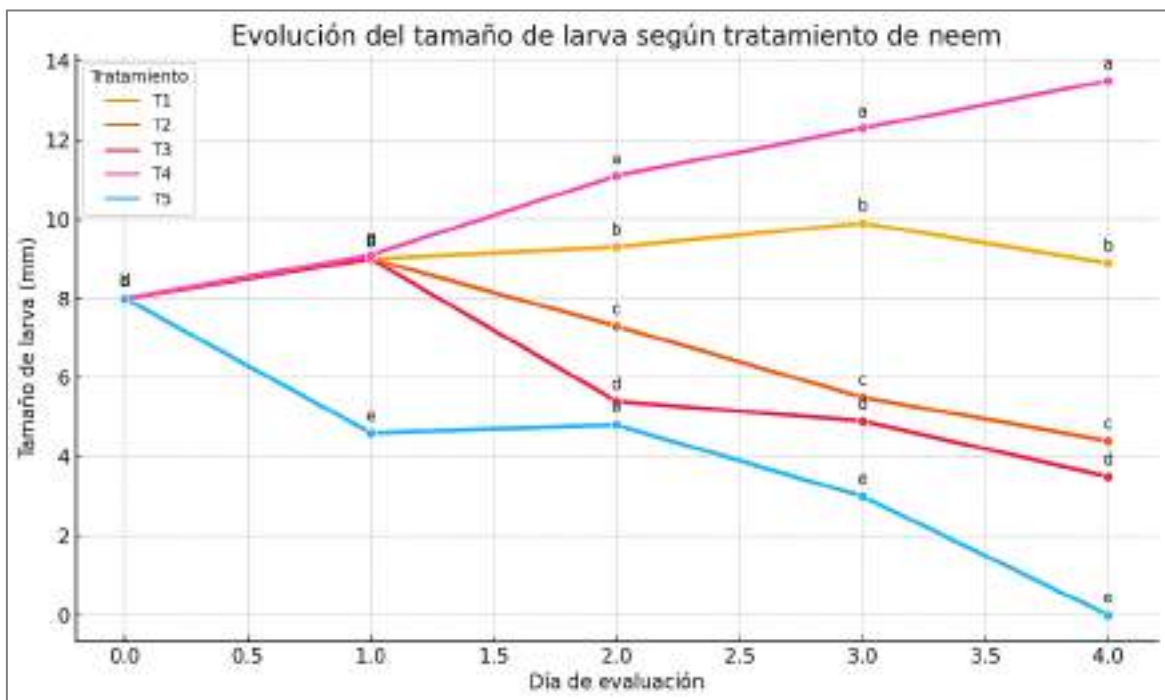
El tratamiento T3, es similar a T2, las larvas en este tratamiento también experimentaron una disminución del tamaño, con 8,0 mm en el día 0 y 3,5 mm en el día 4, con un promedio de 6,20 mm el efecto fue más pronunciada en el tamaño que en el T2 sugiere que la dosis más alta de “neem” tiene un impacto aún mayor sobre el crecimiento de las larvas. Esto podría deberse a la toxicidad más alta del extracto, que interfiere más eficazmente con el proceso metabólico de las larvas.

El tratamiento T4 en el control negativo, las larvas experimentaron un crecimiento continuo, pasando de 8,0 mm en el día 0 a 13,5 mm en el día 4, con un promedio de 10,8 mm, esto muestra que, en ausencia del extracto de “neem”, las larvas continúan creciendo de manera normal, lo que confirma que cualquier alteración en el crecimiento observada en los otros tratamientos es atribuible al extracto de “neem”. Por otro lado el tratamiento 5, el tamaño de las larvas disminuyó drásticamente, comenzando en 8,0 mm en el día 0 y cayendo a 3,0 mm en el día 3, obteniéndose la muerte total de todas las larvas del T5 en este mismo día, con un promedio de 5,10 mm, significa que el extracto de “neem” tuvo un efecto extremadamente negativo sobre el crecimiento de las larvas, hasta el punto de que las larvas no sobrevivieron.

Los resultados obtenidos indican que en el tratamiento 3, se observó una disminución del tamaño larval más pronunciada que en el tratamiento 2, lo que podría atribuirse a una mayor toxicidad del extracto de neem, que interfiere de manera más efectiva en los procesos metabólicos de las larvas. Por otro lado, en el tratamiento 5 se evidenció una disminución drástica del tamaño larval, llegando incluso a la muerte total de las larvas en el mismo día, lo que indica un efecto extremadamente negativo del extracto. Estos resultados son coherentes con lo descrito en Brasil por (Montero, 2012), quien señala que una disminución rápida en el tamaño de las larvas es indicativa de una alta toxicidad del extracto, lo que puede derivar en parálisis o muerte, impidiendo un crecimiento normal.

En la figura 19, se muestra como varió el tamaño de las larvas desde el Día 0 hasta el Día 4 para cada tratamiento donde el T4 control negativo. (línea rosada) muestra un crecimiento constante y notable a lo largo del tiempo, alcanzando el mayor

tamaño al Día 4 (13 mm; T1 (línea azul), muestra un crecimiento moderado, siendo la dosis mas baja; T2, T3 y T5 (líneas roja, verde y celeste respectivamente) presentan una tendencia a la disminución del tamaño larval. Especialmente T5, que muestra una fuerte caída desde el Día 0 (8 mm) hasta el Día 3 (3 mm), y en día 4 muestra la muerte total de las larvas.

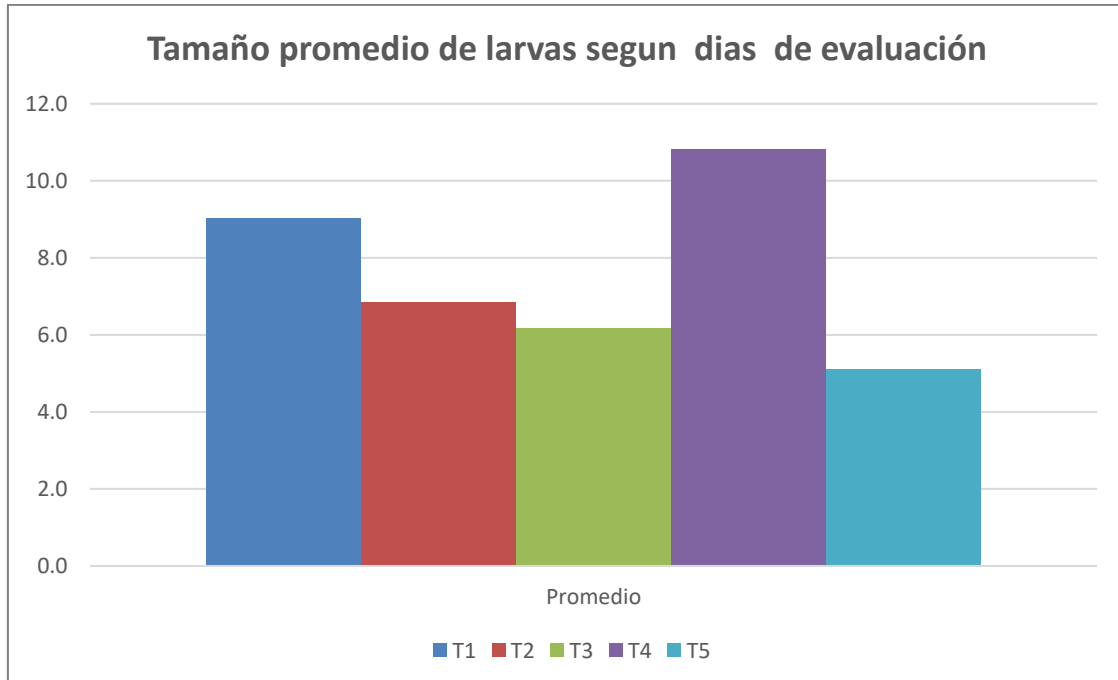


**Figura 19.** Evolución del tamaño de larvas según tratamiento de “neem”.

El tamaño de las larvas muestran la relación entre la concentración del extracto de “neem” y el efecto sobre el desarrollo de las larvas de *S. frugiperda*, la dosis más baja de “neem” (T1) tuvo un bajo impacto en el crecimiento de las larvas, el crecimiento fue leve, con una ligera disminución del tamaño hacia el final del experimento. Esto indica que a dosis bajas, el extracto de “neem” tiene un efecto mínimo sobre el crecimiento de las larvas, el tratamiento T2 y T3, el crecimiento de las larvas se vio afectado significativamente, con una reducción en el tamaño de las larvas a lo largo del experimento. Esto difiere con otros estudios hechos en Brazil en la Universidad Federal do Rio Grande do Soul, que han demostrado que el “neem”, especialmente en concentraciones moderadas, no solo afecta la mortalidad de las larvas, sino que también puede interrumpir su desarrollo y crecimiento normal, lo que lleva a una disminución en el tamaño corporal (Duarte et al., 2020).

El tratamiento con el extracto de “neem” puro (T5) mostró un impacto dramático en el tamaño de las larvas, lo que sugiere que a concentraciones altas, el “neem” tiene efectos letales inmediatos sobre las larvas. Esta rápida reducción en el tamaño y la mortalidad que alcanzó el 100% refleja la acción paralizante y tóxica de la azadiractina en dosis altas, lo que difiere con los resultados publicados en University of Madras en la India por Sangeetha S. & U. Gowrie en el año 2023, quien señala que concentraciones elevadas de “neem” pueden inducir parálisis y muerte en insectos.

En la figura 20, el T4 testigo con control negativo (barra morada), tiene el mayor promedio de tamaño larval (10.8) mm esto se debe a la ausencia del extracto de “neem”, las larvas tienen un crecimiento normal; seguido del T1 barra azul con un promedio de (9) mm con un crecimiento moderado; seguido del T2 barra rojo (6,8 mm) y T3 barra verde (6,2) mm; finalmente T5 barra celeste, tiene el menor tamaño promedio (5,1) mm, siendo este el tratamiento con puro extracto etanolico.



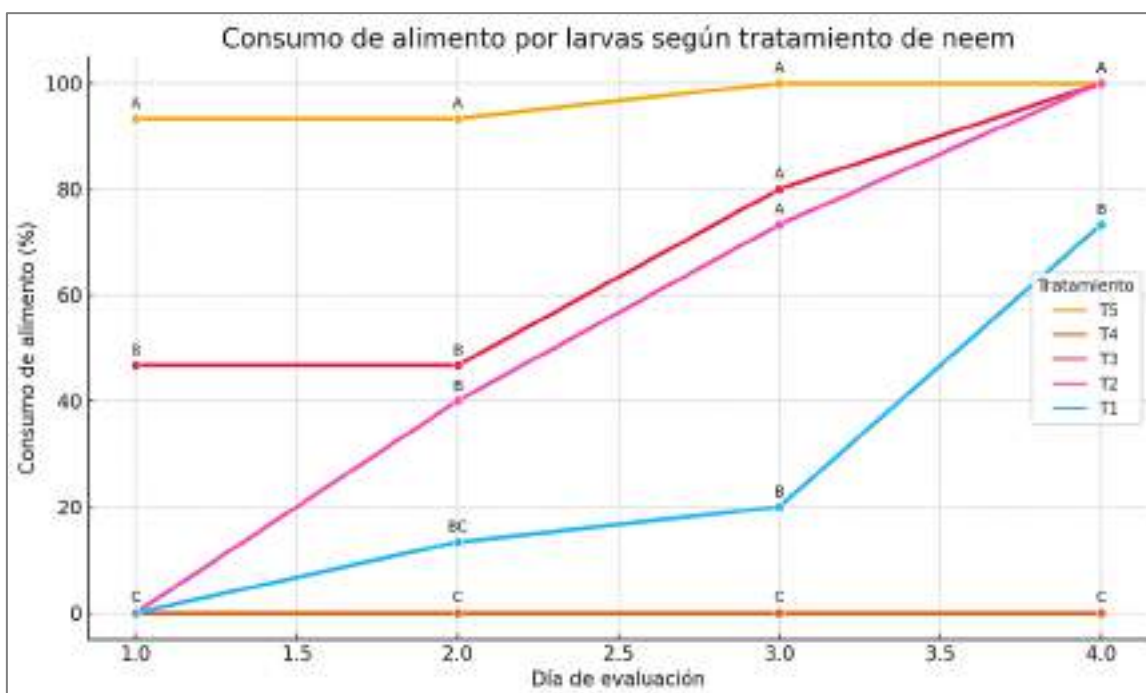
**Figura 20.** Tamaño promedio de larvas segun días de evaluación.

### 4.3. Consumo de alimento

En la tabla 5 y fig. 21 se muestra el consumo de alimento de las larvas donde T5 y T3 tienen No consumo, T4 consume completamente, T1 y T2 muestran altos no consumos con el tiempo.

**Tabla 5.** Consumo de alimento de las larvas de *spodoptera* (evaluadas como no consumo).

Tratamiento	Días			
	1	2	3	4
T5	93,33 a	93,33 a	100 a	100,0 a
T4	0,00 c	0,00 c	0,00 c	0,000 c
T3	46,7 b	46,70 b	80,0 a	100,0 a
T2	0,00 c	40,00 b	73,3 a	100,0 a
T1	0,00 c	13,33 bc	20,0 b	73,33 b



**Figura 21.** Consumo de alimento por larvas según tratamiento de "neem".

La interpretación y discusión sobre el consumo de alimento en este experimento se centra en cómo los tratamientos con extracto de *A. indica* ("neem") afectan la ingesta de alimentos de las larvas de *S. frugiperda*. El consumo de alimento es un indicador importante, ya que, si las larvas no ingieren suficiente alimento, esto

puede afectar su crecimiento y desarrollo, e incluso puede ser un signo de efectos adversos del extracto en su sistema digestivo o en su motivación para alimentarse.

Los resultados de la mortalidad y los efectos sobre el consumo de alimento son cruciales para entender la efectividad del producto y su mecanismo de acción sobre las larvas.

En el primer día, el tratamiento T5 (la dosis más alta de extracto de “neem”) mostró un alto porcentaje de no consumo con un 93,33% y es estadísticamente superior a todos los demás tratamientos (A). Este resultado indica que el extracto de “neem” tuvo un efecto inmediato sobre las larvas, probablemente debido a su capacidad para interferir con su sistema digestivo o comportamiento alimenticio, resultados que difieren con lo reportado en el departamento de agricultura, ubicado en Mumbai, India (Singh, 2016). Los tratamientos T1, T2, y T4 no mostraron diferencias significativas y se agrupan dentro del mismo grupo estadístico (C), lo que sugiere que en las primeras horas de exposición al extracto, las larvas no se vieron afectadas por el producto a dosis más bajas. Sin embargo, el T3 presentó un efecto intermedio (46,7%) y pertenece al grupo B, lo que indica que su resultado es significativamente diferente de T5 y de los tratamientos T1, T2 y T4.

En el segundo día, la falta de consumo se mantuvo alta en el tratamiento T5 (93,33%) ubicándose en el grupo A, lo que indica que fue estadísticamente superior a todos los demás tratamientos, reflejando así que el efecto del “neem” fue persistente y prolongado. El tratamiento T3 (46,70%) y T2 (40,00%) de no consumo se agrupan en el grupo B, lo que significa que sus efectos fueron similares entre sí y significativamente inferiores a T5, pero superiores a T4, lo que sugiere que, a dosis moderadas, el “neem” comenzó a interferir con el consumo de alimento de manera significativa, aunque de forma algo más gradual. El T1 (13,33%) está en un grupo intermedio (BC), lo que sugiere que no es significativamente diferente de T2 y T3 (grupo B), ni de T4 (grupo C). Esto indica una respuesta intermedia en términos estadísticos lo cual mostraron porcentajes de no consumo moderados en comparación con el T5. El tratamiento T4 no mostró efecto sobre el consumo, lo

que refuerza la idea de que el extracto tiene un efecto dosis-dependiente según (Gupta et al., 2018) , en la ciudad de New Delhi, India.

Al tercer día, el tratamiento T5 llegó al 100% de no consumo, indicando que las larvas dejaron de alimentarse completamente debido al efecto del “neem”. Este comportamiento se alinea con estudios previos hechos en el Laboratorio Clave de Gestión Integrada de Plagas de Cultivos en el Sur de Guangzhou, China, que reporta la interrupción total del comportamiento alimenticio en insectos tratados con extractos de “neem”, lo cual es atribuible a los efectos antifeeding de los compuestos bioactivos presentes en el extracto (Shu et al., 2018). En contraste, T3 y T2 que continuaron con un 80% y 73,3% de no consumo, respectivamente, aunque la tasa fue más baja comparado con T5, estos están todos agrupados en el grupo A, lo que indica que no existen diferencias estadísticas significativas entre ellos. Es decir, estos tres tratamientos fueron igualmente efectivos en el Día 3, alcanzando niveles altos de respuesta reflejando la acción progresiva y menos intensa de estas dosis más bajas. T1 continuó mostrando bajos niveles de no consumo, perteneciendo al grupo B, lo que sugiere que su efecto fue significativamente inferior al de los tratamientos (T2, T3, T5), pero superior al de T4 lo que sugiere que el efecto del extracto a dosis tan bajas no es tan evidente en este periodo.

En el cuarto día, todos los tratamientos mostraron 100% de no consumo excepto T1, que alcanzó un 73,33% de las larvas. Esto sugiere que, a medida que avanzaba el tiempo de exposición, el efecto del extracto de “neem” se volvió más evidente en todos los tratamientos, con las larvas abandonando completamente la alimentación. El efecto anti alimentario se atribuye a la presencia de metabolitos de las plantas. Estos resultados hechos en Sinaloa, México; publicado por (Leal et al., 2024), muestran el efecto anti alimentario de *A. indica*. Mis resultados difieren con la literatura que sugiere que el extracto de “neem” tiene un efecto acumulativo, y sus compuestos activos pueden llegar a bloquear la alimentación y afectar el crecimiento de las larvas con el tiempo (Senthilkumar et al. 2020)

Los resultados obtenidos a los cuatro días de evaluación demuestran que el extracto de *A. indica* tiene un impacto significativo en el comportamiento alimenticio de *S. frugiperda*, Lo que difiere con los resultados de (Leal et al., 2024), quien llevo a cabo sus estudios en la ciudad de Sinaloa, Mexico; Y argumenta que a medida que aumentaba la dosis del extracto, el porcentaje de no consumo de alimento aumentaba progresivamente, lo que indica que los efectos antifeeding de “neem” son dosis dependientes y se mantienen a lo largo del tiempo. Así mismo, (Oyarzabal et al., 2021), En su artículo observó un efecto inmediato y como resultado se obtuvo que en el tratamiento T5 los compuestos azadirachtina y salannina, indujeron la detención del comportamiento alimenticio en insectos. La eficacia prolongada observada en los tratamientos de mayor dosis es crucial para el manejo sostenible de plagas, ya que interfiere con el crecimiento y la reproducción de las larvas. Además, los tratamientos con dosis más bajas (T1 y T2) mostraron un impacto menor en el consumo de alimento, lo que sugiere que si se busca un control menos agresivo o más gradual, estas dosis podrían ser más adecuadas. Sin embargo, es importante considerar que a dosis bajas el efecto no es inmediato, lo que podría ser un inconveniente en aplicaciones donde se busque un control más rápido.

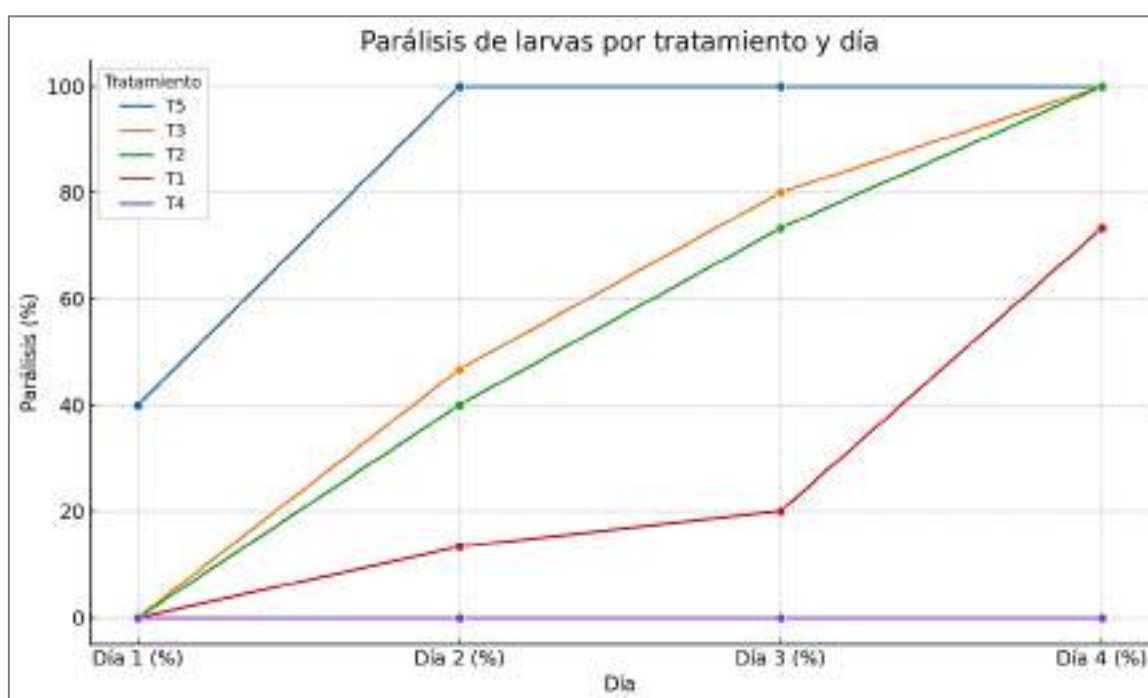
#### **4.4. Parálisis de larvas**

En la tabla 6 y fig. 28, se muestra el estado de las larvas en los tratamientos, como una observación antes de la muestra donde T5 muestra una parálisis total desde el segundo día, T3 y T2 tienen una progresión gradual hacia el 100 % de parálisis, T1 presenta parálisis parcial, sin alcanzar el 100 %, T4 no provoca parálisis en ningún momento.

**Tabla 6.** Parálisis de las larvas de *S. frugiperda* en %.

Tratamiento	Días			
	1	2	3	4
T5	40,0 a	100,0 a	100 a	100,0 a
T3	0,00 b	46,7 b	80,0 a	100,0 a
T2	0,00 b	40,0 b	73,3 a	100,0 a
T1	0,00 b	13,33 bc	20,0 b	73,3 b
T4	0,00 b	0,00 c	0,00 b	0,00 c

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*



**Figura 22.** . Parálisis de larvas por tratamiento y día.

El **T5** fue el tratamiento más efectivo a lo largo de los cuatro días de evaluación. Este tratamiento siempre estuvo en el grupo estadístico más alto, lo que indica que su efecto fue significativamente superior o igual al de los otros tratamientos. En el día 2, ya había alcanzado el 100% de parálisis, manteniendo esa efectividad hasta el final.

#### 4.4.1. Grupos de efectividad

- a) **Grupo de alta eficacia (T5, T3, T2):** El T5 fue el pionero en mostrar una alta eficacia, seguido por el T3 y el T2. Al tercer y cuarto día, estos tres tratamientos alcanzaron niveles de parálisis superiores al **70%**, llegando al **100%** al cuarto día. Al final de la evaluación, los tres se agruparon estadísticamente (Grupo A), lo que confirma que son igual de efectivos en el largo plazo.
- b) **Grupo de baja eficacia (T1):** El T1 mostró una eficacia muy baja al inicio, pero fue aumentando progresivamente. Aunque alcanzó un **73.3%** de parálisis al cuarto día, se mantuvo en un grupo estadístico inferior (Grupo B) en comparación con los tratamientos más efectivos. Esto significa que fue significativamente menos eficaz que el grupo principal (T5, T3, T2).
- c) **Grupo de nula eficacia (T4):** El T4 no mostró ninguna eficacia durante los cuatro días, registrando un **0%** de parálisis en todos los días de la evaluación. Esto lo convierte en el tratamiento menos efectivo y sirve como un control para la ineficacia.

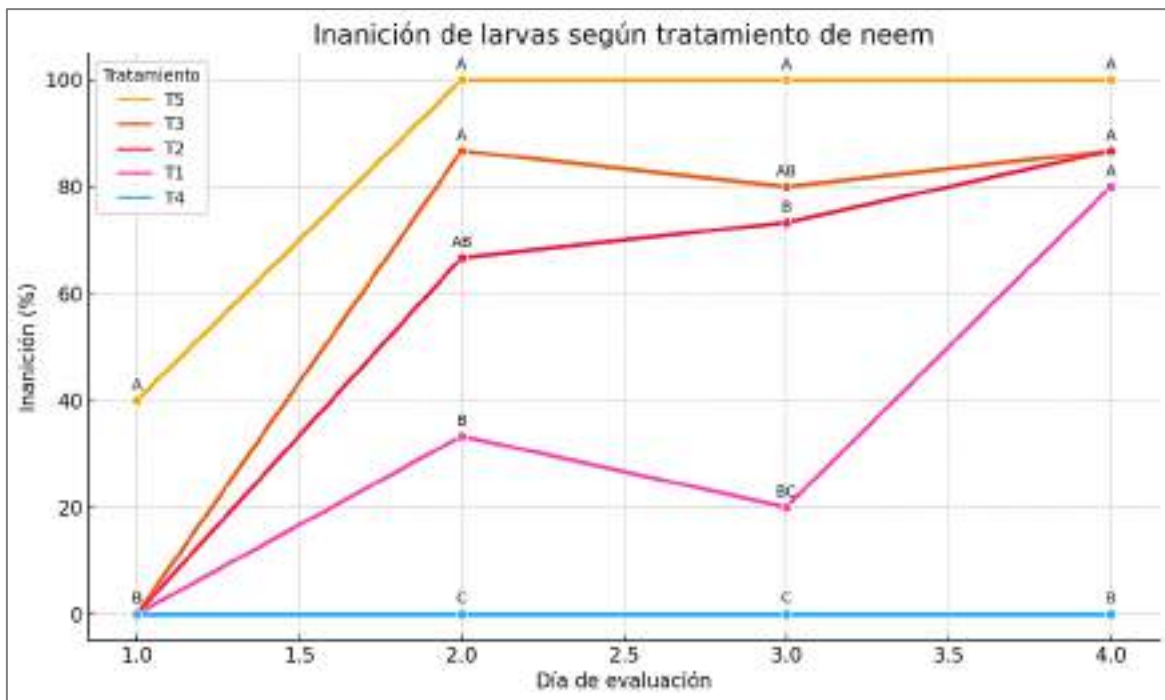
#### 4.5. Inanición de las larvas de *S. frugiperda*

Durante el experimento se observó una falta de crecimiento y latencia considerada como inanición donde el T5 provoca inanición completa desde el día 2, lo que sugiere alta eficacia, T3 y T2 muestran inanición creciente pero más moderada, T1 tiene efecto retardado y T4 mantiene inanición nula, posiblemente por que no afecta el efecto supresor del apetito.

**Tabla 7.** Inanición de las larvas de *S. frugiperda*

Tratamiento	Días			
	1	2	3	4
T5	40,0 a	100 a	100 a	100 a
T3	0,00 b	86,67 a	80,00 ab	86,67 a
T2	0,00 b	66,70 ab	73,3 b	86,67 a
T1	0,00 b	33,30 b	20,00 bc	80,0 a
T4	0,00 b	0,000 c	0,000 c	0,00 b

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*



**Figura 23.** Inanición de las larvas según tratamiento de “neem”.

Es un parámetro importante para medir la eficacia del producto en la alteración del comportamiento alimenticio y el control de las larvas de *S. frugiperda*. La inanición hace referencia a la falta de consumo de alimento y su evolución durante el experimento es un indicativo clave de cómo los tratamientos afectan la fisiología y el comportamiento de las larvas. En el primer día, el tratamiento T5 (A) presentó un valor de inanición del 40%, esto significa que el extracto de “neem” comenzó a inducir una parcial inanición en las larvas desde el primer día, lo que indica que es significativamente diferente con los demás tratamientos que se mantuvieron en 0% y que pertenecen al grupo B, esto hace referencia que a dosis más bajas o con tratamientos control, las larvas no experimentaron efectos inmediatos en su alimentación. Resultados que difieren con estudios previos hechos en Babahoyo, Los Ríos, Ecuador; bajo condiciones de laboratorio el cual informan que *A. indica* puede afectar la capacidad alimenticia de los insectos desde las primeras exposiciones (cedeno, 2021).

En el segundo día, T5 a pesar de tener un 40% de inanición en el primer día, se observó que las larvas alcanzaron un 100% de inanición en los siguientes días, lo que refleja un efecto persistente y acumulativo del “neem”. Estos resultados son

similares a lo reportado en investigaciones hechas en Department of Food Science Technology, University Santa Maria, Brazil, que indica que el extracto de “neem” interrumpe el comportamiento alimenticio de los insectos progresivamente durante su exposición (Leal et al., 2021). Los tratamientos T3 (86,6%), T2 (66,7%) y T1 (33,3%) mostraron incrementos en la inanición, esto sugiere que a medida que las larvas se exponen más tiempo al extracto, la inanición se hace más pronunciada, especialmente en los tratamientos con dosis más altas, como T3 y T2 que tiene un valor intermedio y comparte la letra "AB", lo que indica que no se diferencia significativamente de T3 (A), pero sí podría diferir de T1 (B) y T4 (C) y este ultimo es estadísticamente diferente del resto, lo que sugiere que no hubo presencia de inanición.

En el tercer día, los tratamientos T3, T2, y T1 mostraron una estabilización en los porcentajes de inanición, con valores de 80%, 73,3% y 20%, respectivamente. Siendo el T3 perteneciente al grupo AB que no difiere significativamente de T5 ni de T2, ubicándose en una posición intermedia. El tratamiento T5 continuó con un 100% de inanición y pertenece al grupo A, que es estadísticamente superior a todos excepto T3 (que comparte la letra A parcialmente), evidenciando un efecto muy pronunciado sobre las larvas, las cuales cesaron completamente su consumo de alimento. Este comportamiento se alinea con los hallazgos de estudios previos hechos en Universidad Autónoma de Tamaulipas, Mexico; que reportan un bloqueo total del consumo de alimento por parte de las larvas de *S. frugiperda* tratadas con extracto de “neem” (Hernandez et al., 2021). En contraste, T1 mostró una inanición menor, su letra BC indica que no se diferencia significativamente de T2 ni T4, pero sí de T5, lo cual indica que las dosis más bajas no fueron suficientes para inducir un cese total en la alimentación en el tercer día.

Al cuarto día, todos los tratamientos, T3 (86,67%), T2 (86,67%) y T1 (80%), mostraron inanición junto al T5 alcanzando nuevamente 100% y pertenecen al grupo A, es decir no hay diferencia significativa estadística entre ellos, excepto T4 (0%), que es el único tratamiento que se diferencia estadísticamente de los demás (grupo B), no presentó inanición en ningún momento durante el experimento. Esto confirma que, a medida que las larvas se exponen al extracto de “neem” durante

más tiempo, el efecto sobre la inanición se incrementa, y los tratamientos más eficaces fueron los de mayor concentración de extracto (T5 y T3). Mis Resultados difieren con los resultados obtenidos en la ciudad de Sinaloa, Mexico; que demuestra que la inanición de las larvas reflejan el efecto inhibitorio que tiene el extracto de *A. indica* sobre el comportamiento alimenticio de *S. frugiperda* (Leal et al., 2024). Es decir tienen un comportamiento dosis-dependiente, con los tratamientos a mayores concentraciones (como T5) mostrando un bloqueo total de la alimentación de las larvas, mientras que las dosis menores (T1 y T2) mostraron un efecto más gradual y menos eficiente. Este patrón es consistente con estudios previos hechos en el Laboratorio Clave de Gestión Integrada de Plagas de Cultivos en el Sur de Guangzhou, China que indican que el extracto de “neem” tiene efectos antifeeding que inhiben el consumo de alimento, lo que interfiere con el crecimiento y la reproducción de las plagas (Shu et al., 2018). La inanición es un indicativo de que el extracto de “neem” está alterando el comportamiento alimenticio de las larvas de manera eficaz.

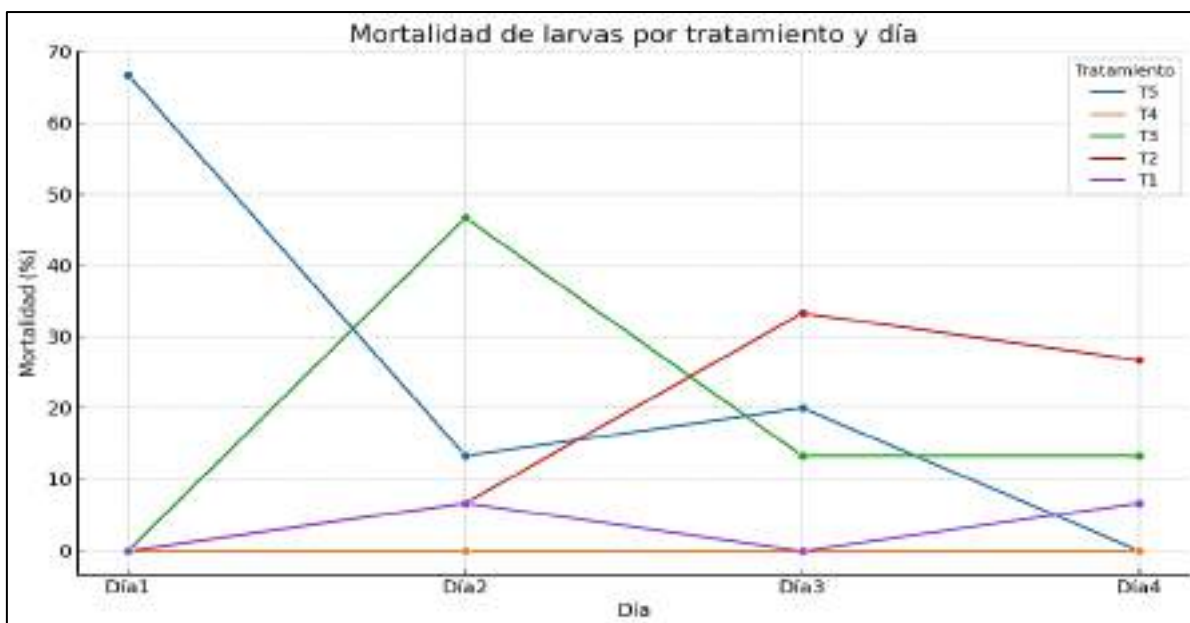
A medida que aumenta la concentración del extracto, el porcentaje de inanición aumenta, lo que refleja que la larva de *S. frugiperda* es cada vez menos capaz de alimentarse adecuadamente. Esto sugiere que el extracto de “neem” podría ser utilizado como una herramienta efectiva en el manejo de plagas, ya que interrumpe no solo el crecimiento de las larvas, sino también su comportamiento alimenticio.

#### **4.6. Mortalidad de larvas por día en porcentaje**

La tabla 8 y figura 30, muestran el porcentaje de mortandad diaria en cinco tratamientos (T1 a T5) durante cuatro días. Las letras (A o B) indican grupos estadísticamente diferentes entre sí dentro de cada día (según una prueba de comparación de medias, como Tukey). Si dos tratamientos no comparten letra en un mismo día, sus valores son significativamente diferentes.

**Tabla 8.** Porcentaje de mortalidad de las larvas por día

Tratamiento	Días			
	1	2	3	4
T5	66,7 a	13,3 b	20,0 a	0,00 a
T4	0,00 b	0,00 b	0,00 a	0,00 a
T3	0,00 b	46,7 a	13,3 a	13,3 a
T2	0,00 b	6,67 b	33,3 a	26,7 a
T1	0,00 b	6,67 b	0,00 a	6,67 a



**Figura 24.** Mortalidad de las larvas por tratamiento y por día.

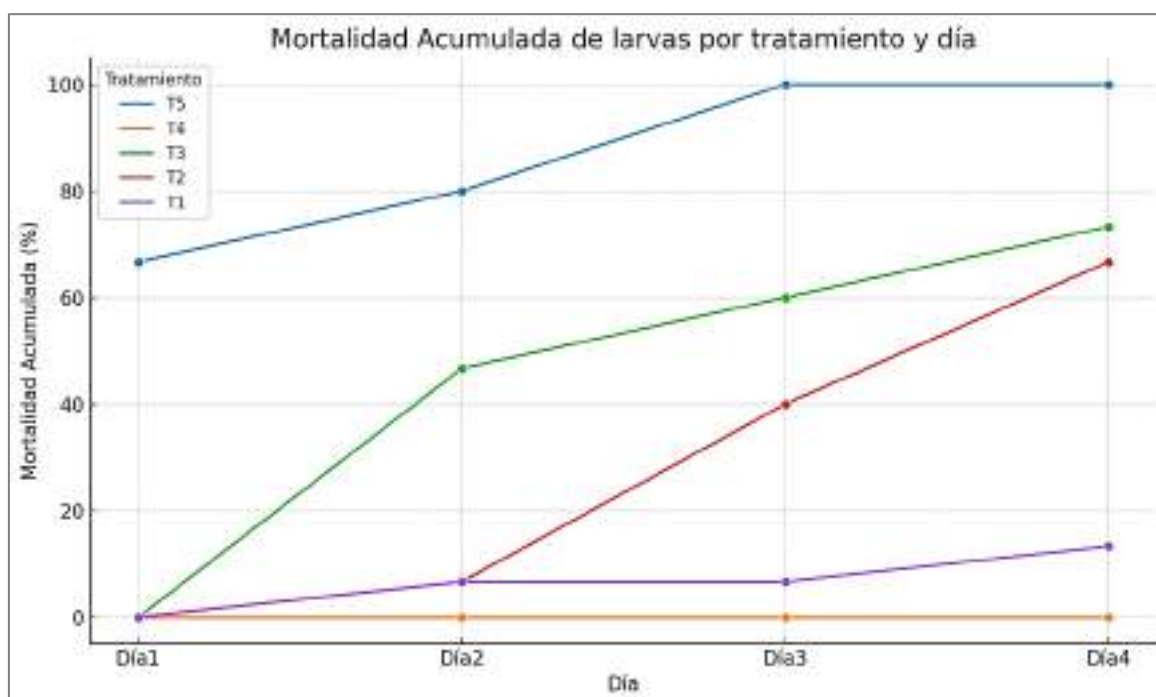
En la tabla 8 y fig. 30, se muestra el porcentaje de mortalidad diaria.

En el primer día, no hubo mortalidad en los tratamientos T1, T2, T3 y T4, mientras que T5 mostró una mortalidad del 66.7%. En el segundo día, T3 presentó la mayor mortalidad con 46,7%; seguido de T5 con 13,3%; y T1 y T2 con 6,67%. la mortalidad acumulada de T5 y T3 fueron los más eficaces, con mortalidades de 80% y 46%, respectivamente. El tercer día, la mortalidad fue baja en todos los tratamientos, siendo T2 el que mostró la mayor mortalidad (33%), seguido de T5 (20%) y T3 (13,3%). En este día de forma acumulada el T5 alcanzó el 100% de mortalidad, seguido por T3 con 60% y T2 con 40%.

El cuarto día, T2 presentó la mayor mortalidad (26,7%), seguido por T3 (13.3%) y T1 (6.67%). T5 no mostro mortalidad ya que alcanzó el 100% en el tercer día, a diferencia del T4 con un 0% de mortalidad, el T3 (73,3%) y T2 (66,7%) de forma acumulada.

**Tabla 9.** Mortalidad acumulada y eficiencia del producto utilizado según tratamiento.

Tratamiento	Días			
	1	2	3	4
T5	66,7 a	80,0 a	100 a	100,0 a
T4	0,00 b	0,00 b	0,00 d	0,000 b
T3	0,00 b	46,7 b	60,0 b	73,30 a
T2	0,00 b	6,67 b	40,0 bc	66,70 a
T1	0,00 b	6,67 b	6,67 cd	13,33 b



**Figura 25.** Mortalidad acumulada de las larvas por tratamiento y por día.

En la tabla 9 y fig. 31, el tratamiento T5, la mortalidad aumenta de forma progresiva desde el día 1 (66,7%) hasta el día 4 (100%), lo que indica que el extracto de “neem” está siendo efectivo en matar las larvas del cogollero y que el control es positivo, la eficacia del tratamiento es consistente y total. En el tratamiento T4, (testigo

negativo), no hay mortalidad en todo el experimento, con 0% en todos los días, el agua destilada utilizada no tiene ningún efecto sobre la mortalidad de las larvas, sirviendo como un control negativo adecuado. El T3, se observa un aumento de la mortalidad de 0% el día 1 a 73,3% el día 4, aunque la mortalidad no es tan alta como en el control positivo, el tratamiento T3 tiene una efectividad moderada en comparación con el control negativo. T2, donde la mortalidad se incrementa desde 0% en el día 1 a 66,7% en el día 4, tiene efectividad intermedia, menos que T3 pero significativamente mejor que el control negativo y el T1 la mortalidad es baja, comenzando en 0% y alcanzando solo el 13,33% el día 4, este tuvo un efecto mínimo sobre la mortalidad de las larvas en comparación con otros tratamientos, según estudios hechos recientemente en Sinaloa, México; afirma que incluso a los 4 días, la presencia de metabolitos de las plantas de “neem” muestran el efecto insecticida de *A. indica* (Leal et al., 2024).

El tratamiento más efectivo para el control de *S. frugiperda* en este estudio fue el T5 (control positivo), con una mortalidad acumulada del 100% en el tercer día.

La efectividad del extracto de “neem” la dosis T3 mostró el mejor resultado, alcanzando una mortalidad de 73.3% en el último día. T2 también fue efectivo, pero con una mortalidad de 66,7% al día 4 y T1 presentaron efecto bajo fue el menos efectivo, con una mortalidad muy baja de 13,33% al día 4.

El control negativo (T4), no tuvo ningún efecto sobre la mortalidad de las larvas, lo que confirma que los cambios observados en la mortalidad son atribuibles a la acción del extracto de “neem”.

Efectividad del extracto de *A. indica* para controlar *S. frugiperda*: Los datos que se obtuvieron se asemejan a estudios de investigaciones previas en la Universidad Nacional de Trujillo, Perú; que han demostrado la efectividad del extracto de *A. indica* para el control de plagas, en especial *S. frugiperda* (Velásquez et al., 2013). Los tiempos letales (LT50 y LT90) también fueron más bajos en el tratamiento con MDE, lo que indica una acción más rápida: LT50 = 2.79 días y LT90 = 3.97 días (Bezerra et al., 2024). Estos Resultados difieren con estudios previos hechos en

Babahoyo, Los Ríos, Ecuador por (Cedeño, 2021). bajo condiciones de laboratorio el cual informan el control positivo, que utilizó el extracto puro de “neem”, alcanzó una mortalidad del 100% en el cuarto día, lo que resalta la alta toxicidad de los compuestos activos presentes en el extracto, como la azadiractina, un inhibidor de la digestión que afecta gravemente la supervivencia de las larvas de diversas especies de insectos

Resultados que difieren con los obtenidos en la ciudad de Sinaloa, Mexico; Los tratamientos con dosis mayores de extracto (como T3) fueron más efectivos en comparación con las dosis más bajas. Esto es consistente con la literatura, que indica que la concentración de *A. indica* juega un papel clave en su efectividad (Leal et al., 2024). Estos estudios llevados a cabo en Colombia, se ha documentado que concentraciones más altas de extracto proporcionan una mayor mortalidad de las larvas debido a una mayor disponibilidad de *azadiractina* (González et al., 2015). Según (Fernández et al., 2023) en sus estudios realizados en Mocache, los Ríos, Ecuador; informó que las dosis de 0,35 ml en 1000 ml de agua tuvieron una mortalidad significativamente mayor en *S. frugiperda* en comparación con dosis menores; estos resultados se asemejan a nuestros resultados del tratamiento 3, teniendo también una mortalidad significativa. Así mismo para el control negativo (T4, solo agua destilada) mostró una mortalidad de 0%, lo que confirma que las diferencias en la mortalidad observadas son atribuibles al extracto de “neem”. Estos resultados se alínean con estudios previos hechos por (Fernández et al., 2023), que indican que el agua destilada no tiene ningún efecto insecticida en *S. frugiperda*.

La dosis más baja de extracto (T1) presentó una baja mortalidad (13,33% al día 4), lo que sugiere que, aunque *A. indica* tiene propiedades insecticidas, se necesita una mayor concentración para observar resultados más notables. Resultados que coinciden con los hallazgos de (Costa et al., 2022), quienes encontraron que una dosis baja de “neem” tuvo efectos limitados en la mortalidad de *S. frugiperda*.

La mortalidad observada en los tratamientos con mayor dosis esta relacionada con estos mecanismos reportados en Mexico por (Zelaya et al., 2022), en la cual menciona que la azadiractina, uno de los principales compuestos activos del

extracto de “neem”, actúa como un inhibidor de la digestión en los insectos y también altera su comportamiento reproductivo, lo que contribuye a una reducción en las poblaciones de plagas a largo plazo

Los resultados indican que el extracto de “neem”, incluso a concentraciones bajas, induce un incremento en la mortalidad de las larvas de *S. frugiperda*, aunque el efecto es más evidente en las dosis más altas. Sin embargo, a medida que la concentración de “neem” disminuye (T1), el efecto sobre la mortalidad es menos marcado, lo que indica que las larvas no mueren rápidamente, pero podrían experimentar efectos subletales o retardados. En los tratamientos T3, T2 y T1, donde las dosis de “neem” son menores, la mortalidad aumenta gradualmente con el tiempo, lo que sugiere que el extracto de “neem” puede actuar de manera más lenta en cuanto a su capacidad para inducir la mortalidad en las larvas. Esto es consistente con estudios previos hechos en Babahoyo, Los Ríos, Ecuador; bajo condiciones de laboratorio el cual informan que han demostrado que el “neem” tiene un efecto gradual y sostenido en el control de plagas (Cedeño, 2021). La Eficacia de las Dosis como el tratamiento T5, muestra una mortalidad rápida e intensa, lo que sugiere que las concentraciones altas son más efectivas para inducir una alta mortalidad inicial, mientras que las dosis más bajas (T1) son menos efectivas en cuanto a mortalidad, pero pueden tener otros efectos sobre la salud de las larvas, como afectar su crecimiento y desarrollo.

El extracto de *A. indica* tiene un gran potencial como pesticida natural para controlar *S. frugiperda*, pero la dosis utilizada es crucial para determinar el tipo de efecto: inmediato y letal a altas concentraciones, o gradual y subletal a dosis más bajas. Estos resultados encontrados en el laboratorio de la Universidad de Padjadjaran, Indonesia; son consistentes con la literatura científica, que resalta la eficacia del “neem” para inducir parálisis, retardar el crecimiento y reducir la viabilidad de las plagas (Paramita et al., 2018).

Considerando todos los parámetros evaluados (mortalidad, consumo de alimento, inanición, parálisis y crecimiento), se puede concluir que el extracto de *A. indica* es un insecticida biológico eficaz, especialmente cuando se utiliza en concentraciones altas (como en T5). Este tratamiento demostró un efecto letal inmediato, junto con

una alta tasa de parálisis, lo que afectó gravemente la capacidad de las larvas para alimentarse y crecer. Sin embargo, la efectividad del extracto es dosis-dependiente, ya que a concentraciones más bajas (como T1 y T2), los efectos fueron más graduales, causando un crecimiento más lento, menor consumo de alimento y parálisis progresiva. El control positivo (T5) con el extracto puro de “neem” mostró ser el más efectivo en la reducción de la viabilidad de las larvas, pero también mostró que el efecto es temporal y progresivo, con las larvas muriendo rápidamente, lo que podría limitar el uso en situaciones donde se necesita un control más gradual o prolongado. Los tratamientos con dosis intermedias (T3 y T2) parecen ser opciones viables para obtener un efecto subletal, que ralentiza el crecimiento y afecta la alimentación sin causar una mortalidad inmediata. Esto podría ser útil para el manejo integrado de plagas, en combinación con otros métodos de control.

Resultados que difieren con estudios previos hechos en Babahoyo, Los Ríos, Ecuador; bajo condiciones de laboratorio el cual informan la efectividad del producto debe considerar todos los parámetros evaluados (mortalidad, consumo de alimento, inanición, parálisis y crecimiento de las larvas), ya que juntos proporcionan una visión integral de cómo el extracto de *A. indica* afecta a las larvas de *S frugiperda* (cedeno, 2021).

## V. CONCLUSIONES

El extracto de *Azadirachta indica* (“neem”) mostró una alta eficacia insecticida en *Spodoptera frugiperda*, con efectos claramente dependientes de la dosis. A concentraciones más altas (T5), provocó mortalidad al 100% al día 3 y parálisis inmediata antes de la muerte, lo que demuestra su alto potencial tóxico y paralizante, mientras que a dosis más bajas (T1 y T2) los efectos fueron más graduales y sutiles (73.3% y 66.7% al cuarto día respectivamente), afectando el crecimiento (T4, el consumo de alimento y la viabilidad sin muerte).

Los tratamientos con “neem” redujeron significativamente el consumo de alimento (T5 al 100% en el día 3 y T3 al día 4) y retardaron el crecimiento, especialmente a concentraciones elevadas, lo que sugiere efectos subletales que dificultan la alimentación.

En conclusión, el extracto de *Azadirachta indica* (“neem”) se presenta como una opción prometedora y eficaz para el control biológico de la plaga *Spodoptera frugiperda*. Su bajo nivel de toxicidad para humanos y animales, sumado a su impacto positivo en el manejo integrado de plagas, lo convierte en una herramienta valiosa para la agricultura sostenible, siempre que se utilice en las dosis adecuadas.

## VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda ajustar la dosis de extracto de “neem” en función de los objetivos específicos del control de plagas, ya sea buscando un efecto letal rápido (altas concentraciones) o un control gradual (bajas concentraciones).

Para optimizaciones futuras, sería útil evaluar la persistencia del efecto del “neem” en el tiempo y su interacción con otros métodos de control biológico.

Se deben realizar ensayos adicionales para evaluar el impacto del “neem” (*Azadirachta indica*),<sup>0</sup> en la fauna beneficiosa, su descomposición en el medio ambiente y posibles residuos en cultivos para asegurar su viabilidad a largo plazo en sistemas agrícolas sostenibles.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, L; Hernández, A; Flores, M; Pérez, R; Cerna, E; Landeros, J; & G. Frías (2015). Comparison of the Level of Damage by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) on Genetically-Modified and Conventional Maize Plants in Northern Mexico. *40*(1), 171-178. <https://doi.org/10.3958/059.040.0115>.
- Ahissou, B; Sawadogo, W; Bokonon, A; Somda, I; & F. Verheggen (2022). Farmers' knowledge and management practices of the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* Smith) in Burkina Faso. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, *26*(4), 191-197. <https://doi.org/10.25518/1780-4507.19909>
- Ahissou, B; Sawadogo, W; Dabiré, G; Kambiré, F; Bokonon, A; Somda, I; & F. Verheggen (2022). Susceptibility of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) to microbial and botanical bioinsecticides and control failure likelihood estimation. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, *26*(3), 136-143. <https://doi.org/10.25518/1780-4507.19793>
- Alejandra, D; & Á. Yepes (2019). *Controladores de los biotipos de arroz y maíz de Spodoptera frugiperda (Lepidoptera, Noctuidae) en especies de Meliaceae.*
- Almeida, G; Zanuncio, J; Pratissoli, D; Andrade, G; Cecon, P; & J. Serrão (2010). Effect of azadirachtin on the control of *Anticarsia*

- gemmatalis and its impact on *Trichogramma pretiosum*. *Phytoparasitica*, 38(5), 413-419. <https://doi.org/10.1007/S12600-010-0124-6>
- Alonso, N; Star, M (2014). Evaluación de diferentes extractos vegetales contra el psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae)/Evaluation of different plant extracts. *researchgate.net*.
- Alva, D; Calderón, C; & K. Pisfil (2020). Ciclo biológico y capacidad predadora de *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) en larvas de *Spodoptera frugiperda* (Walker, 1857), *S. eridania* (Cramer, 1782) y *Galleria* sp. (Linnaeus, 1756) en condiciones de laboratorio. *Ecología Aplicada*, 19(2), 103-110. <https://doi.org/10.21704/REA.V19I2.1561>
- Baudron, F; Zaman, M; Chaipa, I; Chari, N; & Chinwada, P (2019). Understanding the factors influencing fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) damage in African smallholder maize fields and quantifying its impact on yield. A case study in Eastern Zimbabwe. *Crop Protection*, 120, 141-150. <https://doi.org/10.1016/J.CROPRO.2019.01.028>
- Bezerra, D; Beghelli, G; Albernaz, K; Czepak, C; Conceição, E; Devilla, I; & J. Paula (2024). Effect of microencapsulated/photoresistant extract of *Azadirachta indica* A. Juss seeds on *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae) and its persistence in semi-field. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 27(4), 102335. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2024.102335>
- Blanco, C; Portilla, M; Jurat. J; Sánchez, J; Viteri, D; Vega, P; Terán, A; Azuara, A; López, J; Arias, R; Zhu, Y; Lugo, D; & R. Jackson, (2010). Susceptibility of Isofamilies of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to Cry1Ac and Cry1Fa Proteins of *Bacillus thuringiensis*.

<https://doi.org/10.3958/059.035.0325>, 35(3), 409-415.

<https://doi.org/10.3958/059.035.0325>

Bortolotto, O; Freitas, A; Queiroz, A; & G. Silva (2016). Larval development of *Spodoptera eridania* and *Spodoptera frugiperda* fed on fresh ear of field corn expressing the *Bt* proteins (Cry1F and Cry1F + Cry1A.105 + Cry2Ab2). *Ciência Rural*, 46(11), 1898-1901. <https://doi.org/10.1590/0103-8478CR20151461>

Cámara, J. (2018). *Investigaciones Científicas y Agrotecnológicas para la Seguridad Alimentaria*.

Canaria, J; & A. Ramos (2019). *Obtención de una pomada a base de extracto natural de Guatila destinada al uso fitoterapéutico*.

Capataz, J; Orozco, F; Vergara, R; & R. Hoyos (2007). Efecto antialimentario de los extractos de suspensiones celulares de *Azadirachta indica* SOBRE *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith en condiciones de laboratorio. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 60(1), 3703-3715. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0304-28472007000100006&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0304-28472007000100006&lng=en&nrm=iso&tlng=es)

Casmuz, A., & M. Juárez (2010). Revisión de los hospederos del “gusano cogollero” del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista de la Sociedad Entomologica Argentina ...*, 69(3-4), 209-231.

Castillo, M; & C. Barrantes (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. *Repositorio de Tesis - UNMSM*.

- Cedeño, P (2021). *Efecto de un insecticida formulado a base de “neem” (Azadirachta indica) sobre el desarrollo larval de Spodoptera frugiperda (J. E. Smith) en maíz (Zea mays L.) bajo condiciones de laboratorio.* 113. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/10266>
- Cheruiyot, D; Chiriboga, X; Chidawanyika, F; Bruce, T; & Z. Khan (2021). Potential roles of selected forage grasses in management of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) through companion cropping. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 169(10), 966-974. <https://doi.org/10.1111/EEA.13083>
- Clavero, T; & R. Razz (2008). Nutritive value of maralfalfa grass (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*) under defoliation conditions. *Revista de La Facultad de Agronomía*, 26(1), 78-87. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-70349173869&partnerID=40&md5=196533cf792d724ab885ebf1d04d515d>
- Cora, F. (2012). *Extracción, purificación y caracterización de compuestos extraídos de Baccharis articulata con potenciales propiedades biocidas.*
- Costa, E; De Souza, B; Eduardo, W; de Moraes, R; Ribeiro, Z; & A. Júnior (2022a). Effects of peanut cultivars and “neem” oil on the feeding preference, growth and mortality of fall armyworm and velvet bean caterpillar (Lepidoptera: Noctuidae). *Phytoparasitica*, 50(5), 1059-1073. <https://doi.org/10.1007/S12600-022-00995-3>
- Cruz, S., Mérida, N; Álvarez, K; López, C; & E. Malo (2020). Efecto de la Dieta en el Ciclo Biológico y en los Componentes de su Feromona Sexual de *Spodoptera frugiperda*1. <https://doi.org/10.3958/059.045.0124>, 45(1), 227-240. <https://doi.org/10.3958/059.045.0124>

- Das, S; Mandal, A; & R. Dinda (2018). Impact of “neem” (*Azadirachta indica* A. Juss) seed cake upon selective nutrient cycling bacterial population in fish culture. *Journal of Applied Aquaculture*, 30(4), 353-365. <https://doi.org/10.1080/10454438.2018.1513887>
- Duarte, J; Redaelli, L; Silva, C; & S. Jahnke (2020). Effect of *Azadirachta indica* (Sapindales: Meliaceae) oil on the immune system of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) immatures. *Journal of Insect Science*, 20(3), 1-6. <https://doi.org/10.1093/JISESA/IEAA048>
- Zamora, M; Santacruz, C; Niño, A; Morales, L; Juárez, F; Valencia, E; & V. Moreno (2014). Aromatizante y repelente Air freshener and repellent. *Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias*, 5(10), 48-57.
- Fe, S; Bouzo, C; Larsen, N; & J. Favaro (2010). Especies del género *Euxesta* (Diptera: Ulidiidae = Otitidae) plagas de maíces dulces Bt en la provincia de. *Rev. Soc. Entomol. Argent*, 69(2), 123-126.
- Felipe, M; & H. Palacio (2019). *Análisis de la Diversidad Microbiana Asociada al Tracto Intestinal de Poblaciones Silvestres de Spodoptera frugiperda (Lepidoptera\_Noctuidae) en Antioquia – Colombia.*
- Figueroa, A; Castro, E; Castro, H; Figueroa, A; Castro, E; & H. Castro (2019). Efecto bioplaguicida de extractos vegetales para el control de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz (*Zea mays*). *Acta Biológica Colombiana*, 24(1), 58-66. <https://doi.org/10.15446/abc.v24n1.69333>
- Gaibor, R; Rodríguez, S; Guevara, C; Reyes, J; & P. Plaza (2023a). variation over time of bioinsecticides effect on *Spodoptera frugiperda* incidence in corn (*Zea mays*) in dry season in mocache, los ríos, Ecuador. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 26(1). <https://doi.org/10.56369/TSAES.3958>

- García, C; González, M; & A. González (2013). Natural parasitism of Braconidae and Ichneumonidae (Hymenoptera) on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 39(2), 211-215. <https://doi.org/10.25100/socolen.v39i2.8237>
- González, A; Díaz, C; Andrés, M; Fraga, B; Bolaños, P; Cabrera, R; & C. Giménez (2014). *Productos biocidas y su uso para el control de fitopatógenos y organismos plaga que afectan a plantas*.
- González, M; Gurrola, J; & I. Chaírez (2015). Productos biológicos para el control de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 41(2), 200-204.
- González, M; Hernández, D; & E. Ruíz (2018). Parasitoides (Diptera: Tachinidae) del “gusano cogollero” *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)<sup>1</sup> en Maíz en Durango, México. <https://doi.org/10.3958/059.043.0110>, 43(1), 183-187. <https://doi.org/10.3958/059.043.0110>
- Guerrero, E. (2018). *Evaluación del Daño y Manejo del “gusano cogollero” (Spodoptera frugiperda) en el cultivo de maíz suave (Zea mays L.) en el sector Las Parcelas, cantón Mira*.
- Gupta, B; & K. Mueen (2018). Research on *Azadirachta indica*: A scientometric assessment of global publications output during 1997–2016. *International Journal of Pharmaceutical Investigation*, 8(4), 164. [https://doi.org/10.4103/jphi.JPHI\\_8\\_19](https://doi.org/10.4103/jphi.JPHI_8_19)
- Hernandez, A; Rodríguez, R; Sáenz, A; López, C; Flores, A; Ascacio, J; Estrada, B; & E. Osorio (2021). Insecticidal capacity of polyphenolic seed compounds from “neem” (*Azadirachta indica*) on *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) larvae. *Journal of Environmental Science and Health - Part B Pesticides*,

- Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 56(12), 1023-1030.  
<https://doi.org/10.1080/03601234.2021.2004853>
- Houndété, C; Assongba, F; & J. Djego (2023). Characterization of Control Methods for Fall Armyworm (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith) in the Maize (*Zea mays* L.) Cropping Systems in Central Benin. *Journal of Agricultural Science*, 15(5), 93. <https://doi.org/10.5539/jas.v15n5p93>
- Indira, C; Calderón, M; & D. Glender (2012). *Efecto del Virus de la Poliedrosis Nuclear y de "neem" (Azadirachta indica) en el consumo de hojas de maíz (Zea mays) y la mortalidad en larvas de diferentes instar de Spodoptera frugiperda, en condiciones de laboratorio. Campus Agropecuario UNAN-LEON. 2011.*
- Khan, Z; Pittchar, J; Midega, C; & J. Pickett (2018). Push-pull farming system controls Fall armyworm: Lessons from Africa. *Outlooks on Pest Management*, 29(5), 220-224. [https://doi.org/10.1564/V29\\_OCT\\_09](https://doi.org/10.1564/V29_OCT_09)
- Kumar, V; & V. Navaratnam (2013). "neem" (*Azadirachta indica*): Prehistory to contemporary medicinal uses to humankind. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 3(7), 505-514. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(13\)60105-7](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(13)60105-7)
- Juárez, M; Socías, M; Murúa, M; Prieto, S; Medina, S; Willink, E; Gastaminza, G; Zoología Agrícola, S; & A. Privado (2010). Revisión de los hospederos del "gusano cogollero" del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Rev. Soc. Entomol. Argent*, 69(4), 209-231.
- Leal, K; Alba, D; Cunha, M; Marcon, H; Oliveira, F; Wagner, R; Silva, A; Lopes, T; De Jesus, L; Schetinger, M; Zotti, C; Kessler, J; Vedovatto, M; & A. Silva (2021). Effects of biocholine powder supplementation in ewe lambs: Growth,

- rumen fermentation, antioxidant status, and metabolism. *Biotechnology Reports*, 29, e00580. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2020.e00580>
- Leal, L; García, C; Lagunez, L; Cortez, E; Medina, S; & J. Sainz (2024). Insecticidal and Antifeedant Effect of Plant Extracts Against *Spodoptera frugiperda*1. *Southwestern Entomologist*, 49(2), 673-679. <https://doi.org/10.3958/059.049.0211>
- Loja, P. (2021). *Efecto de un insecticida formulado a base de “neem” (Azadirachta indica) sobre el desarrollo larval de Spodoptera frugiperda (J. E. Smith) en maíz (Zea mays L.) bajo condiciones de laboratorio*. BABAHOYO: UTB, 2021.
- Robles, M; & C. Urbina (2016). Efecto de tres formas de fertilización orgánica en la incidencia de *spodoptera frugiperda* l. J.e.smith en *zea mays* l. Híbrido dekalb 7088 en Iaredo—La Libertad. En *Universidad Nacional de Trujillo*. Universidad Nacional de Trujillo.
- Malpartida, J; Narrea, M;& W. Dale (2013). Patogenicidad de *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill., sobre el gusano defoliador del maracuyá *Dione juno* (Cramer) (Lepidoptera: Nymphalidae) en laboratorio. *Ecología Aplicada*, 12(2), 75-81.
- Mamani, J. (2015). Preparados de plantas biocidas en el manejo de «“gusano cogollero”» (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) en cultivo de maíz (*Zea mays* L.) cv. “Confite”. Arequipa, 2013. En *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Martínez, C; & S. Gomez (2007). Riesgo genotóxico por exposición a plaguicidas en trabajadores agrícolas. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 23(4), 185-200.

- Masiel, C; Calderón, M; & D. Jesús (2012). *Efecto del Virus de la Poliedrosis Nuclear y de "neem" (Azadirachta indica) en el consumo de hojas de maíz (Zea mays) y la mortalidad en larvas de diferentes instar de Spodoptera frugiperda, en condiciones de laboratorio. Campus Agropecuario UNAN-LEON. 2011. 65.*
- Mendez, G (2019). *Evaluación de extractos vegetales con potencial para el control de malezas en agricultura orgánica.*
- Montero, O; De P; & 2017, undefined. (s. f.). Actividad insecticida de seis extractos vegetales sobre Aphis gossypii Glover (Hemiptera: Aphididae). *scielo.sld.cu.*
- Murúa, M; Vera, M; Michel, A; Casmuz, A; Faretto, J; & G. Gastaminza (2019). Performance of Field-Collected *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Strains Exposed to Different Transgenic and Refuge Maize Hybrids in Argentina. *Journal of Insect Science*, 19(6). <https://doi.org/10.1093/JISESA/IEZ110>
- Murua, M; & E. Virla (2015). Presencia Invernal de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el Área Maicera de la Provincia de Tucumán, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, 105(2), 46-52.
- Ojeda, R. (2018). *Insecticidas para el control de Spodoptera frugiperda (J.E.Smith) en maíz (Zea mays L.) en La Molina.*
- Oyarzabal, E; Alquicira, J; Zúñiga, B; Arreola, J; Guevara, P; Lara, C; & E. Escamilla (2021a). Effect of *Azadirachta indica* A. Juss (Meliaceae) on the serotonin rhythm of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Chronobiology International*, 38(2), 201-211. <https://doi.org/10.1080/07420528.2020.1858849>

- Paramita, H; Puspasari, L; Hidayat, Y; Meliansyah, R;Dono, D; Maharani, R; & U. Supratman (2018). Bioactivity Formulation Of Leaf Extract Of *Kalanchoe pinnata* And Seed Of *Azadirachta indica* Against *Spodoptera litura*. *CROPSAVER - Journal of Plant Protection*, 1(1), 20-26. <https://doi.org/10.24198/cs.v1i1.16995>
- Parra, C; & D. Antonio (2012). *Evaluación del potencial forrajero del “pasto maralfalfa” Pennisetum violaceum con diferentes niveles de fertilización de nitrógeno y fósforo con una base estándar de potasio.*
- Phambala, K; Tembo, Y; Kasambala, T; Kabambe, V; Stevenson, P; & S. Belmain (2020). Bioactivity of common pesticidal plants on fall Armyworm Larvae (*Spodoptera frugiperda*). *Plants*, 9(1). <https://doi.org/10.3390/PLANTS9010112>
- Ramos, N (2025). *Extractos botánicos como medida de control para el “gusano cogollero” del maíz (Spodoptera frugiperda)* [bachelorThesis, BABAHOYO: UTB, 2025]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/18055>
- Romanelli, G; Virla, E; Duchowicz, P; Gaddi, A; Ruiz, D; Bennardi, D; Del Valle, E; & J. Autino (2010). Sustainable synthesis of flavonoid derivatives, QSAR study and insecticidal activity against the fall armyworm, *spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(10), 6290-6295. [https://doi.org/10.1021/JF100073J/SUPPL\\_FILE/JF100073J\\_SI\\_001.PDF](https://doi.org/10.1021/JF100073J/SUPPL_FILE/JF100073J_SI_001.PDF)
- Ruiz, P; Restrepo, L; Sánchez, R; Rodríguez, F; Tafur, J; & F. Sánchez (2008). Determinación de la dl50 y tl50 de extractos etanólicos de suspensiones celulares de *Azadirachta indica* sobre *Spodoptera frugiperda*. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 61(2), 4564-4575.

- Sangeetha, S; & s. Uma (2023). Computational Studies of Potential Insecticidal Limonoids from “neem” Against *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). *International Journal of Zoological Investigations*, 9(2), 566A - 574. <https://doi.org/10.33745/ijzi.2023.v09i02.065>
- Senthilkumar, M; Pazhanisamy, M; & V. Sathyaseelan (2020). Antifeedent activity of ecofriendly phyto-insecticides against *Spodoptera litura*. *Journal of Entomological Research*, 44(1), 99-102.
- Shahid, N; Becker, J; Krauss, M; Brack, W; & M. Liess (2018). Adaptation of *Gammarus pulex* to agricultural insecticide contamination in streams. *Science of The Total Environment*, 621, 479-485. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2017.11.220>
- Shu, B; Zhang, J; Cui, G; Sun, R; Yi, X; & G. Zhong (2018). Azadirachtin Affects the Growth of *Spodoptera litura* Fabricius by Inducing Apoptosis in Larval Midgut. *Frontiers in Physiology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00137>
- Singh, A; Warke, R; Khadke, K; & P. Waykole (2020). Evaluation of “neem” Oil in Combination with Wetting Agent as Larvicide against *Spodoptera frugiperda* (Noctuidae: Lepidoptera). *SSR Institute of International Journal of Life Sciences*, 6(1), 2462-2468. <https://doi.org/10.21276/SSR-IJLS.2020.6.1.3>
- Sujarwo, W; Keim, A. P; Caneva, G; Toniolo, C; & M. Nicoletti (2016). Usos etnobotánicos de las hojas de “neem” (*Azadirachta indica* A. Juss.; Meliaceae) en Bali (Indonesia) y el subcontinente indio en relación con los antecedentes históricos y. *Journal of...*, 189, 186-193. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.05.014>
- Toma, R; Roel, A., & R. Miranda (2018). First record of *Peckia* (*Sarcodexia*) *lambens* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Sarcophagidae) parasitizing

- Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. *Arquivos do Instituto Biológico*, 84(0). <https://doi.org/10.1590/1808-1657000302016>
- Trujillo, P; Zapata, L; Hoyos, R; Yepes, F; Capataz, J; & F. Orozco (2008). DETERMINACIÓN DE LA DL50 y TL50 DE EXTRACTOS ETANÓLICOS DE SUSPENSIONES CELULARES DE *Azadirachta indica* SOBRE *Spodoptera frugiperda*. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 61(2), 4564-4575. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0304-28472008000200010&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0304-28472008000200010&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
- Velásquez, O; Méndez, D; Mori, D; & Uceda Duclos, S. (2013). “Efecto de las diferentes concentraciones de Extracto de “neem” y Caldo Sulfocalcico sobre *Beauveria bassiana* en condiciones de laboratorio”. *Universidad Nacional de Trujillo*.
- Villamil, D; Naranjo, N; & Van, M; (2012). Efecto insecticida del extracto de semillas de “neem” (*Azadirachta indica*) sobre *Collaria scenica*, Stal (Hemiptera: Miridae). *EntomoBrasilis*, 5(2), 125-129. <https://doi.org/10.12741/EBRASILIS.V5I2.224>
- Vimos, C; Diaz, H; & V. Trujillo (2020). Productive yield of *pennisetum sp.* With several levels of humic substances plus a rooting base. *Archivos de Zootecnia*, 69(266), 226-232. <https://doi.org/10.21071/az.v69i266.5118>
- Winsou, J; Tapa, G; Thunes, K; Meadow, R; Tamò, M; & M. Sæthre (2022). Seasonal Variations of *Spodoptera frugiperda* Host Plant Diversity and Parasitoid Complex in Southern and Central Benin. *Insects*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/INSECTS13060491>

Yaranga, W. (2014). *Evaluación de tres extractos vegetales para el control natural del “gusano cogollero” (spodoptera frugiperda je. Smith) en el cultivo de maíz amiláceo (zea maíz l.) en condiciones de Acobamba—Huancavelica.* Universidad Nacional de Huancavelica.

Yasem, M. & E. Romero (2013). *Reduction of leaf consumption by Spodoptera frugiperda (Lep.: Noctuidae) infected with VPNSf isolated in Leales (Tucumán, Argentina).* <https://doi.org/10.3/JQUERY-UI.JS>

Zelaya, L; Chávez, I; De los Santos, S; Cruz, C; Ruíz, S; Rojas, E; (2022). Control biológico de plagas en la agricultura mexicana. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(SPE27), 69-79. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i27.3251>