



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

DIRECCIÓN DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

Trabajo de Tesis

Virus de la poliedrosis nuclear para el manejo sostenible de *Spodoptera frugiperda* L en arroz (*Oryza sativa* L.) en Sébaco-Matagalpa

Autores

Br. Daryese Francela Tercero Centeno
Br. José Carlos Ríos Araica

Asesor

Ing. MSc. Victor Ramón Monzón Ruiz

Presentado a la consideración del Honorable Comité Evaluador como requisito final para optar al grado de Ingeniero Agrónomo

Managua, Nicaragua
Noviembre, 2025

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el Honorable Comité Evaluador designado por la Dirección de Ciencias Agrícolas como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

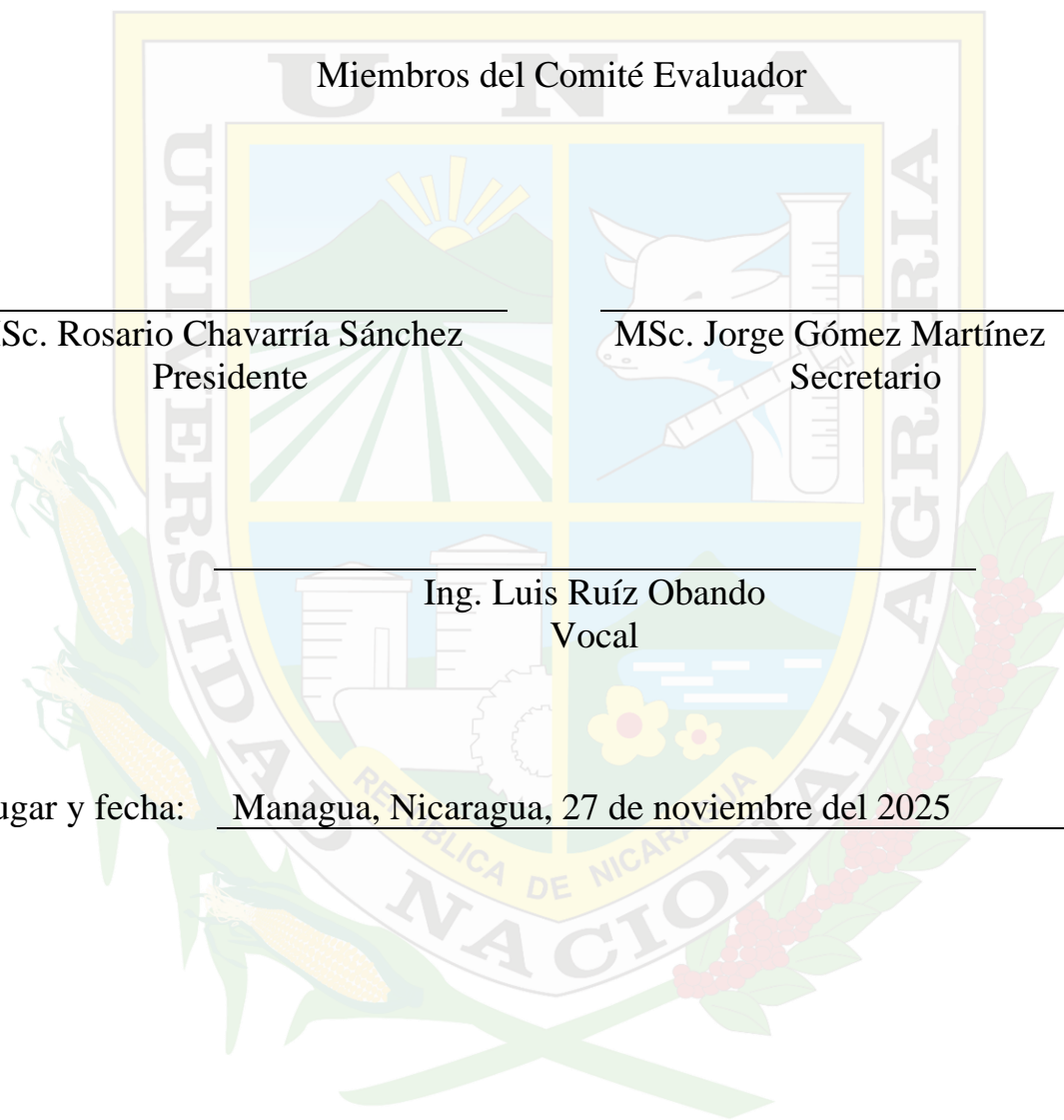
Miembros del Comité Evaluador

MSc. Rosario Chavarría Sánchez
Presidente

MSc. Jorge Gómez Martínez
Secretario

Ing. Luis Ruíz Obando
Vocal

Lugar y fecha: Managua, Nicaragua, 27 de noviembre del 2025



DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, quien me concedió la sabiduría, la fortaleza y la perseverancia necesarias para culminar este proyecto. Su guía fue luz en los momentos de incertidumbre y sostén en los desafíos que enfrenté durante el camino.

De manera especial, expreso mi más profundo agradecimiento a mis padres, pilares fundamentales de mi vida, quienes con amor, sacrificio y apoyo incondicional me brindaron la motivación y la confianza para alcanzar esta meta académica. A ellos debo no solo la oportunidad de formarme, sino también los valores de disciplina y esfuerzo que hoy me permiten celebrar este logro.

Asimismo, me lo dedico a mí misma, por no rendirme, por mantener la fe en cada paso y por demostrarme que los sueños, cuando se trabajan con corazón, pueden hacerse realidad. Este logro marca el cierre de una etapa, pero también el comienzo de un nuevo camino.

Finalmente, dedico este logro a mis compañeros, con quienes compartí aprendizajes, desafíos y momentos de satisfacción, recordándome que las metas se alcanzan mejor cuando se camina en unidad.

Br. Daryese Francela Tercero Centeno

DEDICATORIA

Dedico este logro, ante todo, a Dios, por ser mi guía constante, mi refugio en los momentos de dificultad y la fuerza que me impulsó a continuar cuando el cansancio y las dudas intentaban detenerme. Gracias por darme la sabiduría, la fe y la luz necesarias para llegar hasta aquí.

A mi madre, Ruth Jamillett Araica Rodríguez, y a mi padre, Carlos José Ríos Barquero, quienes, con amor infinito, paciencia y sacrificio me enseñaron que los sueños se alcanzan con esfuerzo, disciplina y humildad. Este triunfo también les pertenece, porque sin su apoyo incondicional y sus palabras de aliento, este camino habría sido imposible.

A mi abuela, Miriam Rodríguez, por ser mi ejemplo de bondad y fortaleza. Tus oraciones y tu amor fueron abrigo en los momentos más duros. Gracias por creer siempre en mí, incluso cuando yo mismo dudaba.

Dedico este trabajo a toda mi familia, por su cariño, comprensión y apoyo silencioso; a mis amigos, que compartieron largas jornadas de estudio, desvelos, risas y motivación; y a todas las personas que, de una u otra forma, me ayudaron a llegar hasta el final de este camino.

Finalmente, me lo dedico a mí mismo, por no rendirme, por mantener la fe en cada paso y por demostrarme que los sueños, cuando se trabajan con corazón, pueden hacerse realidad. Este logro marca el cierre de una etapa, pero también el comienzo de un nuevo camino lleno de esperanza y compromiso con mi profesión y con mi país.

Br. José Carlos Ríos Araica

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a Dios por concederme la sabiduría, el entendimiento, la inteligencia y la fortaleza necesarias para seguir adelante y hacer posible la culminación de este trabajo. Deseo expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a mis padres Mayleng Yesenia Centeno González y Darwin José Tercero Arroliga, quienes con su esfuerzo incansable, sacrificio constante y amor incondicional hicieron posible la culminación de mis estudios. Este logro es también suyo, pues han sido el pilar fundamental en mi formación personal y académica, inspirándome siempre a perseverar con dedicación y disciplina.

Extiendo igualmente mi gratitud a mi tía Isamar Junith González, por acompañarme con afecto y respaldo en este proceso, siendo parte esencial de este camino académico. Con especial cariño agradezco a mis queridas abuelas Julia María Arróliga y Migdonia Esperanza González, cuyo ejemplo de fortaleza, sus oraciones y palabras de aliento me brindaron la energía y la serenidad necesarias para superar cada desafío. Asimismo, manifiesto mi reconocimiento a mi tía María Auxiliadora Membreño, quien con generosidad y nobleza me ofreció refugio en su hogar.

Hago un agradecimiento especial a Don Medardo González, cuyo apoyo invaluable y confianza en mí fueron decisivos para la culminación de esta tesis. Su ayuda no solo facilitó este logro académico, sino que también dejó una huella de gratitud imborrable en mi corazón.

Agradezco a mi asesor Víctor Ramón Monzón Ruiz, por su guía, enseñanza y apoyo constante en el desarrollo de este trabajo.

Finalmente, Con un amor infinito y un recuerdo imborrable, quiero dedicar un agradecimiento muy especial a mi querido abuelito Mario José Tercero Coronado, quien ahora descansa en el cielo. Su ejemplo de bondad, esfuerzo y sabiduría permanece vivo en mi corazón y fue una inspiración constante para no rendirme en los momentos difíciles. Aunque no esté físicamente presente, sé que su espíritu me acompañó en cada paso de este camino y que hoy comparte conmigo la alegría de este logro.

Br. Daryese Francela Tercero Centeno

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco profundamente a Dios, fuente de sabiduría, fortaleza y esperanza. A Él encomiendo cada paso de mi vida y de este proceso académico. Su guía iluminó mi camino en los momentos de dificultad y me brindó la fuerza necesaria para culminar este proyecto con perseverancia y fe.

De manera especial, expreso mi sincero agradecimiento a mi madre Ruth Jamillett Araica Rodríguez, a mi padre Carlos José Ríos Barquero y a mi abuela Miriam Rodríguez, quienes con amor, paciencia y sacrificio me brindaron un apoyo incondicional. Su confianza y ejemplo de esfuerzo han sido el motor que me impulsó a alcanzar esta meta tan significativa en mi formación personal y profesional.

Asimismo, agradezco profundamente al maestro Víctor Ramón Monzón Ruiz, por su orientación, enseñanza y constante acompañamiento durante el desarrollo de este trabajo. Extiendo también mi gratitud a todas aquellas personas que, de una u otra manera, contribuyeron con su apoyo, consejos y palabras de aliento, pues este logro es reflejo del respaldo y la confianza que recibí en cada etapa de este camino académico.

Br. José Carlos Ríos Araica

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXO	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
III. MARCO DE REFERENCIA	4
3.1 Generalidades de <i>Spodoptera frugiperda</i>	4
3.2 Estudios de los virus	4
3.3 Los virus entomopatógenos	4
3.4 Sintomatología del virus de la poliedrosis nuclear (VPN)	5
3.5 Dispersión del virus de la poliedrosis nuclear (VPN)	6
3.6 Persistencia del virus de la poliedrosis nuclear (VPN)	6
3.7 Producto sintético de Benzoato de emamectina	6
3.8 Modo de acción de Benzoato de emamectina	6
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	8
4.1 Ubicación del estudio en laboratorio	8
4.2 Ubicación del estudio en campo	8
4.3 Diseño metodológico	9
4.4 Diseño experimental en laboratorio	9

4.4.1	Manejo del ensayo en laboratorio	9
4.4.2	Variables evaluadas en laboratorio	10
4.5	Diseño experimental en campo	11
4.5.1	Manejo del ensayo en campo	11
4.5.2	Variables evaluadas en campo	11
4.6	Manejo agronómico	12
4.7	Análisis de datos	13
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
5.2	Porcentaje de mortalidad para <i>S. frugiperda</i> en laboratorio	14
5.2	Promedio de la variable altura en arroz	16
5.3	Promedio del grosor de tallo en relación con los tratamientos aplicados	17
5.4	Promedio del número de hoja en relación con los tratamientos aplicados	19
5.5	Promedio del daño por metro cuadrado en el cultivo de arroz	20
5.7	Promedio de larvas infectadas por metro cuadrado <i>S. frugiperda</i> en el cultivo de arroz	23
VI.	CONCLUSIONES	26
VII.	RECOMENDACIONES	27
VIII.	LITERATURA CITADA	28
IX.	ANEXOS	34

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1.	Dosis de los tratamientos evaluados en el cultivo de arroz en laboratorio Biología Molecular.	9
2.	Dosis de los tratamientos evaluados en el cultivo de arroz en campo	11
3.	Promedio de larvas infectadas en <i>Oryza sativa</i> L. en diferentes DDS	24

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1.	Ubicación del ensayo en laboratorio en la UNA-Managua (A) y establecimiento del ensayo en campo en Rio Nuevo-Matagalpa (B)	8
2.	Porcentaje de mortalidad de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> evaluada en laboratorio	15
3.	Promedio de altura de planta días después de la siembra	16
4.	Promedio del grosor de tallo por planta después de la siembra	18
5.	Promedio del número de hoja por planta días después de la siembra	20
6.	Promedio del daño en el cultivo de arroz por metro cuadrado en diferentes días después de la siembra	21
7.	Promedio de larvas vivas en <i>Oryza sativa</i> L. en diferentes DDS	23

ÍNDICE DE ANEXOS

CUADRO		PÁGINA
1.	Hojas de muestreo utilizada para la recolección de datos	35
2.	Toma de dato del ensayo en laboratorio	36
3.	Tratamientos utilizados en laboratorio y campo	37
4.	Descripción de larva de <i>Spodoptera frugiperda</i>	37
5.	Establecimiento del ensayo en campo	38
6.	Aplicación de los productos (VPN y Benzoato de emamectina)	38
7.	Levantamiento de datos (A). Medición del grosor de tallo en arroz (B). C) Muestreo en campo por metro cuadrado. D) Medición de la altura de la planta	39
8.	Plano de laboratorio (A) y campo (B)	40
9.	Análisis de varianza de altura de la planta	41
10.	Separación de medias de altura de la planta	41
11.	Análisis de varianza de número de hoja	42
12.	Separación de medias de número de hoja	42
13.	Análisis de varianza de grosor del tallo	42
14.	Análisis de varianza de daño por m ²	42
15.	Separación de medias de daño por m ²	42
16.	Análisis de varianza de larvas encontradas m ²	43
17.	Análisis de varianza de larvas infectadas m ²	43
18.	Análisis de varianza de % de mortalidad	43

RESUMEN

El arroz (*Oryza sativa* L.) es un cultivo de importancia económica a nivel mundial y constituye un alimento básico para gran parte de la población, especialmente en países en desarrollo. En Nicaragua, representa un componente esencial en la seguridad alimentaria y en la economía agrícola, debido a su amplio consumo y valor comercial. La producción de arroz enfrenta diversas limitaciones fitosanitarias por la infestación del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), una plaga polífaga que causa daños significativos al follaje y reduce el rendimiento del cultivo. Ante esta problemática, el manejo integrado de plagas es fundamental, combinando métodos biológicos y químicos que garanticen eficacia y sostenibilidad ambiental. El presente estudio evaluó la eficacia del virus de la poliedrosis nuclear (VPN) y del benzoato de emamectina en el manejo del gusano cogollero en arroz. La investigación combinó dos ensayos uno de laboratorio en la universidad nacional agraria bajo un diseño de bloques completamente al azar (DCA) y el segundo en campo bajo un diseño completos al azar (BCA) en Sébaco-Matagalpa en el año 2025, respectivamente, con el fin de comparar la eficacia de ambos productos sobre variables entomológicas y agronómicas. En laboratorio, las larvas de *S. frugiperda* (estadios L2–L3) tratadas con benzoato de emamectina alcanzaron mortalidades del 90–100 %, mientras que las dosis del VPN (5 μ L y 10 μ L) mostraron incrementos graduales, estabilizándose en torno al 60 % al quinto día, confirmando su acción más lenta pero efectiva. En campo, las variables de crecimiento no mostraron diferencias estadísticas entre tratamientos, indicando que los productos no afectan el crecimiento de la planta, pero sí influyen en la incidencia de la plaga. El benzoato de emamectina (T4) resultó el tratamiento más eficaz, reduciendo el daño por m² y la población larvaria, mientras que el VPN, especialmente en la dosis de 0.4 ml/m², mostró resultados favorables al disminuir el número de larvas e incrementar la sanidad del cultivo. Los resultados confirman que el VPN constituye una alternativa biológica viable y sostenible, mientras que el benzoato de emamectina fue el tratamiento más rápido y eficaz para el manejo de *S. frugiperda* en arroz.

Palabras clave: Bioinsecticidas, control biológico, manejo integrado de plagas, sostenibilidad agrícola.

ABSTRACT

Rice (*Oryza sativa* L.) is a crop of global economic importance and is a staple food for a large part of the population, especially in developing countries. In Nicaragua, it represents an essential component in food security and the agricultural economy, due to its wide consumption and commercial value. Rice production faces various phytosanitary limitations due to the infestation of the pumbe worm (*Spodoptera frugiperda*), a polyphagous pest that causes significant damage to the foliage and reduces crop yield. Faced with this problem, integrated pest management is essential, combining biological and chemical methods that guarantee effectiveness and environmental sustainability. The present study evaluated the effectiveness of nuclear polyhedrosis virus (NPV) and emamectin benzoate in the management of the cogello worm in rice. The research combined two laboratory trials, one at the National Agricultural University under a completely random block design (DCA) and the second in the field under a complete random design (BCA) in Sébaco-Matagalpa in 2025, respectively, in order to compare the effectiveness of both products on entomological and agronomic variables. In the laboratory, the larvae of *S. frugiperda* (Stages L2–L3) treated with emamectin benzoate reached mortality of 90–100%, while the doses of the VPN (5 μ L and 10 μ L) showed gradual increases, stabilizing around 60% on the fifth day, confirming its slower but more effective action. In the field, the growth variables did not show statistical differences between treatments, indicating that the products do not affect the growth of the plant, but they do influence the incidence of the plague. Emamectin benzoate (T4) was the most effective treatment, reducing damage per m² and the larval population, while the VPN, especially in the dose of 0.4 ml/m², showed favorable results by decreasing the number of larvae and increasing the health of the crop. The results confirm that VPN is a viable and sustainable biological alternative, while emamectin benzoate was the fastest and most effective treatment for the management of *S. frugiperda* in rice.

Keywords: Bioinsecticides, biological control, integrated pest management, agricultural sustainability.

I. INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.) constituye uno de los cultivos básicos más importantes del mundo, con más de 7 000 años de domesticación y consumo humano. Actualmente constituye la base de la dieta de más de la mitad de la población mundial, siendo fundamental para la seguridad alimentaria global, especialmente en países en vías de desarrollo (Mendoza et al., 2019; Ministerio de Agricultura, 2017).

En Nicaragua la producción de arroz solo cubre el 80% del consumo nacional. El uso de variedades con potencial de rendimiento bajo, calidad industrial baja, uso de semilla no certificada, baja tecnología, falta de agua y suelos con problemas nutricionales son entre otros la causa por la cual no se cubre la demanda (Aguilar et al. 2017).

La producción se encuentra en diversas regiones que, de acuerdo a sus características climáticas, de suelo y acceso de agua, deciden el tipo de sistema de cultivo utilizado: De riego y de Secano. Las áreas más productivas de riego, que se caracterizan por un alto grado de tecnología y mejores rendimientos, están situadas en el departamento de Matagalpa (Especialmente en el valle de Sébaco), Granada (Malacatoya), Boaco y León. En estas zonas se dispone de sistemas de irrigación permanente o semipermanentes, permitiendo lograr rendimientos de 120 a 180qq por manzana, dependiendo de la variedad utilizada, el manejo agrícola y las condiciones climáticas durante el ciclo de la producción. El arroz seco, las áreas representativas son, Chinandega, Rivas, Rio San Juan, Nueva Segovia y la costa caribe norte RAAN. En estos los rendimientos tienden a ser cambiantes, con promedios de 35 a 60qq por manzana, directamente por la irregularidad de las lluvias (Bolsagro. s.f.).

Este cultivo es afectado por numerosos y diferentes enemigos naturales, encontrándose entre éstos un extenso grupo de agentes infecciosos que causan distintas enfermedades, las cuales en determinadas condiciones ambiental constituyen uno de los factores limitantes de mayor importancia en la explotación de este grano. La magnitud de las pérdidas económicas se encuentra determinada por los niveles de susceptibilidad de las variedades sembradas y por el tipo de manejo agronómico dado (Rodríguez y Nass, 1991).

El insecto *Spodoptera frugiperda* tiene un impacto económico en el cultivo del arroz, durante las primeras infestaciones, las larvas pueden actuar como cortadoras, causando la destrucción

completa de las plántulas y disminuyendo la densidad de la población del cultivo. Su principal tipo de daño es la defoliación, aunque también pueden afectar las panículas en fases posteriores. Esta disminuye la capacidad fotosintética de las plantas, lo que puede resaltar en una reducción del rendimiento. Sin embargo, el cultivo muestra cierta tolerancia a la pérdida de hojas, lo que no necesariamente conlleva a una disminución significativa en la producción (Cuevas y Pérez 2018).

En Nicaragua, el manejo de plagas en las zonas arroceras se complementa con trampas de feromonas, uso de bioinsecticida y estudios sobre extractos botánicos, buscando reducir la dependencia de insecticida sintéticos y conservar la fauna benéfica (Batista et al., 2006).

El control de *Spodoptera* se basa en el uso de plaguicidas. sin embargo, muchos de los productores desconocen el umbral de acción del gusano cogollero de tratamiento que ocasiona que apliquen exceso de producto sintético contaminando el suelo (COFEPRIS 2020).

Las alternativas biológicas basadas en virus han demostrado ser una herramienta eficaz y segura para el manejo de plagas agrícolas. Entre los casos más destacados se encuentra el proyecto en Brasil con el virus de la poliedrosis nuclear de *Anticarsia gemmatalis*, que protege millones de hectáreas de soya cada año. En Guatemala, la empresa Agrícola el sol produce VPN Ultra, un insecticida que combina diferentes *baculovirus* para controlar especies del género *Spodoptera*. Estos ejemplos reflejan cómo se han convertido en una alternativa sostenible frente a los insecticidas químicos. Además, su seguridad ha sido reconocida desde la década de 1970 por la FAO y la OMS (Ayala et al, 2017).

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Determinar la mejor alternativa sostenible para el manejo de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) Sébaco, Matagalpa 2025.

2.2 Objetivos específicos

Determinar el porcentaje de mortalidad de la larva *S. frugiperda* (estadios L2-L3) en condiciones del laboratorio de biología molecular en la Universidad Nacional Agraria

Estimar el daño del cultivo de arroz causado por larvas vivas e infectadas por m² en diferentes etapas fenológicas

Evaluar el efecto de dos dosis del virus de la poliedrosis nuclear para el manejo de *S. frugiperda* en arroz

Comparar las variables de crecimiento en diferentes etapas fenológicas según tratamiento en el cultivo de arroz

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1 Generalidades de *Spodoptera frugiperda*

El gusano soldado (*Spodoptera frugiperda*) es de la familia Noctuidae, ubicada dentro del orden Lepidóptera, abarca un total de 20.000 especies y se caracterizan porque sus adultos vuelan de noche y son de colores grisáceos u oscuros. Las especies de esta familia tienen unas características que influyen en su importancia económica en los cultivos (Belda et al., 1994)

S. frugiperda es proveniente del sudeste de Asia y es considerado de importancia en muchas zonas agrícolas del mundo. Su primera aparición en América fue en los Estados Unidos en el estado de Oregón en 1876, desde donde se desplazó hacia México y el Caribe (Adamczyk et al., 2003)

3.2 Estudios de los virus

Los estudios sobre virus que atacan a los artrópodos son muy importantes porque existen más de 700 virus que tienen la capacidad para infectar especies de insectos de varios órdenes (Lecuona 1995). Muchas de estas enfermedades ocurren naturalmente en insectos de importancia agrícola. Por tanto, los virus son agentes promisorios para ser utilizados como insecticidas biológicos en programas de control (Evans y Entwistle 1987).

3.3 Los virus entomopatógenos

Los virus entomopatógenos son microorganismos que producen enfermedades infecciosas que se multiplican en los tejidos de los insectos hasta, eventualmente, ocasionar su muerte. Son parásitos intracelulares obligados, pues no pueden reproducirse fuera de la célula huésped, ya que necesitan un organismo vivo para su multiplicación y diseminación (Álvarez, 1986).

Leucona (1995) Señala que el principal mecanismo de ingreso del virus al hospedador ocurre a través del tracto alimenticio, especialmente durante la alimentación de larvas y adultos. Una vez ingerido, el alimento transporta el virus hacia el intestino, donde las condiciones alcalinas (pH > 7.5) disuelven la proteína del poliedro, liberando la partícula viral o virión. Este virión se fusiona con la membrana de las células intestinales, permitiendo que los nucleocápsides penetren en su interior. Posteriormente, estas estructuras se transportan al núcleo celular, donde se libera el ADN viral, que sirve como plantilla para la replicación del genoma del virus.

A partir de este punto, el virus toma control de los mecanismos celulares del hospedador para sintetizar macromoléculas necesarias en la formación de nuevas partículas virales. Estas partículas se liberan en el hemocelo y se diseminan de una célula a otra, transformando al insecto en un "saco de virus". Finalmente, el insecto muere como resultado de la infección, acompañado de la ruptura de su integumento. Este evento permite la liberación masiva del virus al ambiente, favoreciendo su dispersión y perpetuación en nuevas poblaciones de hospedadores. Estos mismos autores señalan que los principales tejidos atacados son tejido adiposo, epidérmico, matriz traqueal, glándulas salivares, tubos de Malphigy y células sanguíneas.

3.4 Sintomatología del virus de la poliedrosis nuclear (VPN)

Una vez en el intestino medio de la larva, el ambiente alcalino favorece la disolución de la matriz proteica, liberando los viriones ocluidos. Posteriormente, estos atraviesan la membrana peritrófica y penetran en las células epiteliales del intestino, donde liberan las nucleocápsides hacia el núcleo celular. En esta etapa se inicia la replicación del ADN viral y la síntesis de proteínas estructurales que darán lugar a nuevos viriones (Barrett et al., 1998; Moscardi, 1999).

El ciclo viral produce dos formas fenotípicas: los viriones gemados y los viriones derivados de los cuerpos de oclusión. Los primeros son responsables de diseminar la infección dentro del insecto a través de la hemolinfa, mientras que los segundos se forman en etapas avanzadas de la infección y aseguran la transmisión horizontal entre hospederos tras la muerte de la larva. La degradación progresiva de los tejidos culmina con la desintegración del cuerpo del insecto, liberando nuevamente grandes cantidades de cuerpos de oclusión al medio ambiente (Williams et al., 2022; Maracajá et al., 2014).

Finalmente, se ha comprobado que la eficacia del virus depende de factores como la dosis ingerida, la edad larval, las condiciones ambientales y la susceptibilidad de la especie plaga. Estos elementos influyen tanto en el tiempo letal medio como en la mortalidad final alcanzada, lo que resalta la necesidad de adaptar su uso a cada agroecosistema específico (Maracajá et al., 2014; Moscardi, 1999).

3.5 Dispersión del virus de la poliedrosis nuclear (VPN)

Los cadáveres de las larvas muertas representan una fuente de inóculo para otras larvas susceptibles presentes en un cultivo. También al avanzar el ciclo de cultivo, tanto el agua de lluvia, como las larvas caídas al suelo, transportan las partículas virales hasta el suelo, donde permanecen y serán el inóculo inicial para futuras infecciones.

La dispersión del inóculo ocurre por medio de factores abióticos y bióticos. Los factores abióticos más importantes son el viento, lluvia riego, laboreo, entre otros y los factores bióticos como parásitos, depredadores, adultos del hospedante, detritívoros y aves (Alves 1986).

3.6 Persistencia del virus de la poliedrosis nuclear (VPN)

La radiación solar y el fotoperíodo son muy importantes para preservar la actividad biológica de los virus, porque la luz ultravioleta mata las partículas virales (ADN).

En algunos casos, la temperatura del suelo es importante para la sobrevivencia del virus. La persistencia del virus en el ambiente se da por medio del follaje de las plantas y del suelo. También pueden persistir en el mismo hospedante (Enwistle y Evans 1985).

3.7 Producto sintético de Benzoato de emamectina

Benzoato de emamectina 50 g/ kg: formulación gránulos solubles en agua-SG, su mezcla que contiene 90% de emamectina B1A y 10% de emamectina B1B, un insecticida contra Lepidópteros, moderadamente peligroso, franja amarilla (Departamento Técnico Rotam Albaugh ,2024).

3.8 Modo de acción de Benzoato de emamectina

Es un insecticida derivado de las avermectinas que pertenece al Grupo 6 de la clasificación de IRAC, conocido como moduladores de los canales de cloruro activados por glutamato (GluCl). Su modo de acción se basa en la activación persistente de estos canales iónicos, lo que genera una entrada continua de iones cloruro hacia el interior de las neuronas, provocando la hiperpolarización de la membrana, inhibición de la transmisión sináptica, parálisis irreversible y finalmente la muerte del insecto (IRAC, 2019; FAO/WHO JMPR, 2014).

Diversas investigaciones han demostrado que la reducción en la expresión del gen GluCl en lepidópteros como *Spodoptera frugiperda* disminuye significativamente la susceptibilidad a emamectina, confirmando que este canal es el principal blanco molecular del compuesto (Sheng et al., 2022; Wang et al., 2023). Esto evidencia la relación directa entre la acción insecticida y la integridad funcional de los receptores de cloruro activados por glutamato.

En condiciones de campo, el benzoato de emamectina actúa principalmente por ingestión, aunque también presenta cierta acción por contacto. Tras la aplicación, las larvas detienen su alimentación en pocas horas, Sin embargo, la mortalidad total suele producirse entre dos y cuatro días posteriores a la exposición (Syngenta, s. f.; Villa Crop Protección, 2025).

A nivel de la planta, presenta movilidad translaminar, lo que le permite proteger tejidos no directamente expuestos a la pulverización, aumentando así su eficacia en el control de plagas minadoras y masticadoras (FAO/WHO JMPR, 2011).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación del estudio en laboratorio

Esta fase del estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Biología Molecular de la Universidad Nacional Agraria, donde se desarrollaron las actividades experimentales durante el mes de septiembre del año 2025. Este espacio proporcionó las condiciones técnicas y científicas necesarias para la ejecución de los análisis y procedimientos, garantizando un ambiente adecuado para el desarrollo de la investigación. (Figura 1)

4.2 Ubicación del estudio en campo

El estudio se realizó en el año 2025 entre los meses de mayo a agosto en la Finca 9 de febrero, localizada en el municipio de Sébaco, departamento de Matagalpa. Corresponde a una zona que se considera como bosque seco tropical, se ubica entre las coordenadas geográficas 12°50'30.65" de Latitud Norte y 86°07'22.66" de Longitud Oeste. Se encuentra a una altitud de aproximadamente 475 metros sobre el nivel del mar (msnm), con una temperatura promedio anual de 25 °C, y una precipitación promedio anual de 941 milímetros (mm), con mayor concentración en los meses de mayo a octubre. La humedad relativa promedio ronda el 80 % y el viento presenta una velocidad media de tres a cuatro metros por segundo (m/s) (INETER 2023). (Figura 1)

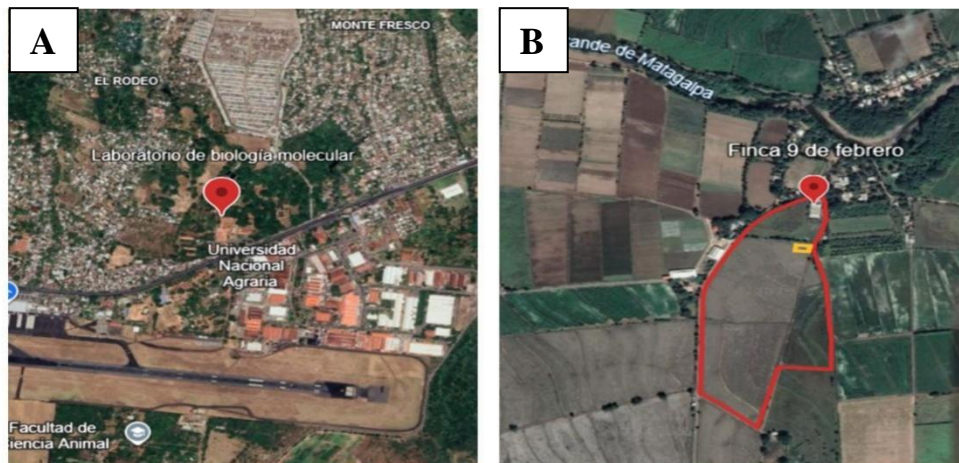


Figura 1. Ubicación del ensayo en laboratorio en la UNA-Managua (A) y establecimiento del ensayo en campo en Rio Nuevo-Matagalpa (B).

4.3 Diseño metodológico

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo de carácter experimental, ya que se evaluaron datos numéricos para identificar relaciones y patrones entre las variables de estudio y se estableció un experimento de laboratorio y campo para determinar el efecto del producto biológico y sintético sobre *S. frugiperda* en el cultivo de arroz.

4.4 Diseño experimental en laboratorio

El experimento en laboratorio se estructuró bajo diseño completo al azar (DCA) con tres tratamientos y 10 repeticiones, cada tratamiento tenía su testigo independiente para un total de 60 unidades experimentales, con el objetivo de evaluar la eficacia de los productos para el control de *Spodoptera frugiperda*: el producto biológico, virus de la poliedrosis nuclear, y el químico, benzoato de emamectina. Los tratamientos consistieron en: (1) aplicación de cinco μL de VPN sobre 10 larvas, con el testigo sin aplicación; (2) aplicación de 10 μL de virus en 10 larvas, con el testigo sin aplicación; y (3) aplicación de cinco μL del benzoato de emamectina, diluido previamente a razón de un g del producto en 500 ml de agua para asegurar la dosis correcta, con el testigo sin aplicación, garantizando condiciones controladas y estandarizadas para todos los tratamientos.

Cuadro 1. Dosis de los tratamientos evaluados en el cultivo de arroz en el laboratorio Biología Molecular.

Tratamiento	Dosis/tratamiento	Concentraciones
T1- Testigo absoluto	Sin aplicación	0
T2- VPN	5 μL	$1 \cdot 10^{10}$
T3- Segunda dosis del VPN	10 μL	$1 \cdot 10^{10}$
T4- Benzoato de Emamectina	5 $\mu\text{L}/500 \text{ ml}$	2.12%

4.4.1 Manejo del ensayo en laboratorio

Se estableció el ensayo bajo condiciones controladas, empleando platos Petri de vidrio esterilizados ($60 \times 20 \text{ mm}$), para la inoculación se utilizó una micropipeta (Finnpipette) graduada de 100 μL con el fin de evitar contaminaciones externas que pudieran alterar los resultados. Cada unidad experimental se conformó con 10 larvas de *Spodoptera frugiperda* en

(estadios L2–L3), las cuales fueron alimentadas con dieta artificial elaborada a base de harina de soya (Baca y Zuniga 2023). Para asegurar un ambiente húmedo y estable durante el ensayo, a cada plato Petri se le colocó en su interior un trozo de papel toalla humedecido con agua destilada, lo que permitió conservar la frescura de la dieta y favorecer la sobrevivencia inicial de las larvas antes de la aplicación de los tratamientos.

La inoculación de los productos se llevó a cabo dentro de una cámara de bioseguridad, garantizando condiciones asépticas y un manejo seguro de los agentes biológicos. Los tratamientos aplicados fueron: virus de la poliedrosis nuclear en dosis de cinco μL y 10 μL , benzoato de emamectina diluido (cinco $\mu\text{L}/500$ ml de agua), y sus respectivos testigos sin aplicación. Los productos se administraron directamente sobre la dieta consumida por las larvas, de manera precisa y uniforme.

Posteriormente, las unidades experimentales fueron mantenidas bajo condiciones controladas de luz (8 h), temperatura (22 °C) y humedad (80-85%), realizándose observaciones diarias durante cinco días para registrar mortalidad.

4.4.2 Variables evaluadas en laboratorio

% de Mortalidad

El primer muestreo se inició en el día uno terminando el último muestreo a los cinco días. Evaluando el porcentaje de mortalidad se calculó de acuerdo a la fórmula propuesta por (Amaro, et al. 2017) que se describe a continuación:

$$\%M=L_v/P_0*100$$

%M: Porcentaje de mortalidad larval

P0: Población inicial

Lv: larvas muertas por el tratamiento

4.5 Diseño experimental en campo

El experimento consistió en un diseño de bloques completos al azar (BCA) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron: T1 (Testigo absoluto) sin aplicación, T2 (Virus de la poliedrosis nuclear) con la dosis de 0.2 ml/1.6 L, T3 (Segunda dosis del VPN) con 0.4 ml/1.6 L, y T4 (benzoato de emamectina) un gramo/1.6 L.

Cuadro 2. Dosis de los tratamientos evaluados en el cultivo de arroz en campo

Tratamiento	Dosis/tratamiento	Concentraciones	Dosis/ha recomendadas
T1- Testigo absoluto	Sin aplicación	0	Sin aplicación
T2- VPN	0.2 ml/1.6 L	$1 \cdot 10^{10}$	150 ml
T3- Segunda dosis del VPN	0.4 ml/1.6 L	$1 \cdot 10^{10}$	250 ml
T4- Benzoato de emamectina	1 g/1.6 L	2.12%	150 g

El modelo aditivo lineal del experimento fue el siguiente: $Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$

Dónde:

Y_{ij} : Representa la j-ésima observación de la variable en el i-tercer tratamiento

μ : Representa el promedio general.

α_i : Refleja el efecto asociado al i-tercer nivel.

ϵ_{ij} : Estima la variación experimental o el error generado en el transcurso del experimento.

4.5.1 Manejo del ensayo en campo

En el ensayo de campo se seleccionaron 10 plantas al azar para evaluar las variables antes mencionadas con 16 unidades experimentales y cuatro repeticiones. La aplicación de los productos se realizó de la siguiente manera, primero se calculó la dosis a utilizar por unidad experimental, haciendo uso de una regla de tres tomando de referencia que para una hectárea se

necesitan 200 litros de agua con la siguiente formula., Dosis a utilizar= volúmenes utilizados en una hectárea por el área a aplicar entre el área de referencia (hectárea). Los productos se aplicaron a los 15 días después de la siembra, manteniendo la misma frecuencia de aplicación hasta los 90 días de la etapa fenológica del cultivo muestreándose de manera sistemática. En un área de 23 m de largo por 14 m de ancho con un total de 322 m², se trabajó con cuatro bloques, cada uno compuesto por cuatro unidades experimentales, cada unidad experimental tuvo cinco metros de largo y cuatro metros de ancho para 16 unidades experimentales.

4.5.2 Variables evaluadas en campo

Promedio de altura, número de hojas y grosor del tallo: Para las variables la altura se midió con una cinta métrica desde la base del tallo hasta el punto de inserción de la primera vaina floral, el número de hojas se contabilizo de manera directa en cada planta, y el grosor del tallo se midió con la cinta métrica registrando estas tres variables en cm, seleccionando 10 plantas dentro de un área delimitada de un m² en cada fecha de levantamiento.

Promedio de daño, número de larvas y larvas infectadas por metro cuadrado: Estas variables se registraron por m² muestreándose tres puntos y en cada punto se tomaban tres m². Estas mediciones se realizaron con una frecuencia de 15 días y los datos fueron registrado de manera sistemática en una hoja de muestreo.

4.6 Manejo agronómico

En la preparación del terreno se llevó a cabo con el uso de implementos mecánicos, destacando el uso de la "romplona", que pasó dos veces por el campo para asegurar una buena homogenización y nivelación del suelo antes de la siembra. La selección de la variedad de arroz (Laza arroz) fue acorde a las condiciones edafoclimáticas de la región y las características deseadas del ensayo, optando por una variedad resistente a plagas y enfermedades comunes. utilizando maquinaria especializada y el método de siembra "chorrillo", con una distancia de surco de 15 cm y una profundidad de siembra entre dos y cuatro cm, garantizando una distribución uniforme de las semillas.

En cuanto al riego, se mantuvo una lámina de agua de 5 a 7 cm durante todo el ciclo del cultivo, asegurando el suministro adecuado de agua para las necesidades hídricas del arroz. La fertilización se llevó a cabo en dos momentos críticos del ciclo del cultivo, aplicando los

fertilizantes mediante una "voleadora" para garantizar una distribución homogénea de los nutrientes.

El control de maleza se realizó mediante aplicaciones mecánicas con maquinaria especializada, con un primer tratamiento inmediatamente después de la siembra y un seguimiento cada mes y medio, utilizando herbicidas apropiados. Para el control de plagas, se realizó aplicaciones preventivas con bomba de mochila, especialmente en los primeros días tras la siembra, a fin de evitar la proliferación de insectos y enfermedades.

4.7 Análisis de datos

En laboratorio: Los datos del % de mortalidad no se ajustaban a la normalidad al aplicar la prueba de Kolmogórov-Smirnov, Por lo tanto, se transformaron a través de raíz cuadrada de $x + 0.5$ una vez transformados se ajustaron a la normalidad y luego fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANDEVA). Al existir diferencia significativa ($p < 0.05$), entre los tratamientos. Se procedió a desarrollar una prueba de separación de medias con un 95% de confiabilidad, toda la información fue procesada utilizando el programa estadístico Infostat versión 2020.

En campo: Las variables (altura de la planta, número de hoja, grosor del tallo en cm) fueron analizadas mediante un análisis de varianza (ANDEVA). Al existir diferencia significativa ($p > 0.05$), se procedió a desarrollar una prueba de separación de medias con un 95% de confiabilidad, toda la información fue procesada utilizando el programa estadístico Infostat versión 2020.

Al realizar una exploración de los datos de las variables (daño, larvas encontradas y larvas infectadas por m^2) no se ajustaba a la normalidad al aplicar la prueba de Kolmogórov-Smirnov, por lo tanto, se recorrió a la transformación que fue a través de la raíz cuadrada de $x + 0.5$. Una vez transformado los datos se ajustaron a la normalidad y se aplicó el análisis de varianza, dado a que el análisis mostró diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos 1- Testigo, 2- VPN 3- Segunda dosis del VPN 4- benzoato de emamectina. Por el motivo, se efectuó la comparación de medias utilizando la prueba de Tukey con un 95% de confiabilidad, lo que permitió identificar los resultados estadísticamente diferentes.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.2 Porcentaje de mortalidad para *S. frugiperda* en laboratorio

El análisis de varianza refleja el promedio de la mortalidad larval a lo largo de los cinco días de evaluación demostrando que existe diferencia significativa en los tratamientos ($p = <0.0001$) y en los días ($p = <0.0001$) indicando la eficacia de las dosis. Las dos dosis del virus de la poliedrosis nuclear y el producto químico benzoato emamectina aplicadas en *Spodoptera frugiperda* obtuvieron un % de mortalidad de un 100% en comparación al testigo que obtuvo un 90% este incremento se atribuye a causas naturales, como el estrés, la manipulación o factores ambientales del laboratorio.

En la Figura 2 se muestra desde el primer día de evaluación que, los tratamientos comenzaron a evidenciar efecto sobre la mortalidad larval. En contraste, las dosis de VPN de cinco μL mostraron un aumento progresivo en la mortalidad con un 50% al día uno, luego a los dos días aumentó con un 70 % alcanzando un 80 % en el tercer y cuarto día. Las dosis de 10 μL del virus alcanzaron valores de 30 % en dos días y un 85 % en el tercer y cuarto día, dando como resultado en el quinto día con un 100% respectivamente, en comparación el benzoato de emamectina se registró una mortalidad inicial del 90 % en un día. A partir del segundo día, mostró una mortalidad del 100% a los dos días, con respecto al tratamiento testigo se mantuvo entre cero % donde las larvas estuvieron en su estado normal y al día uno y 30 % de mortalidad de los dos días, alcanzaron un máximo de 90 % a los cinco días del ensayo.

La mortalidad de larvas de *S. frugiperda* (estadios L2–L3) evaluadas durante cinco días osciló entre 30 y 100 %, con diferencias significativas entre los tratamientos aplicados y sus respectivos testigos. El benzoato de emamectina fue el tratamiento que alcanzó la mayor eficacia, con mortalidades al 100 %, mientras que los testigos y las dosis más bajas del virus de la poliedrosis nuclear registraron los valores más reducidos, alrededor del 50% (Anexo 21 y 22).

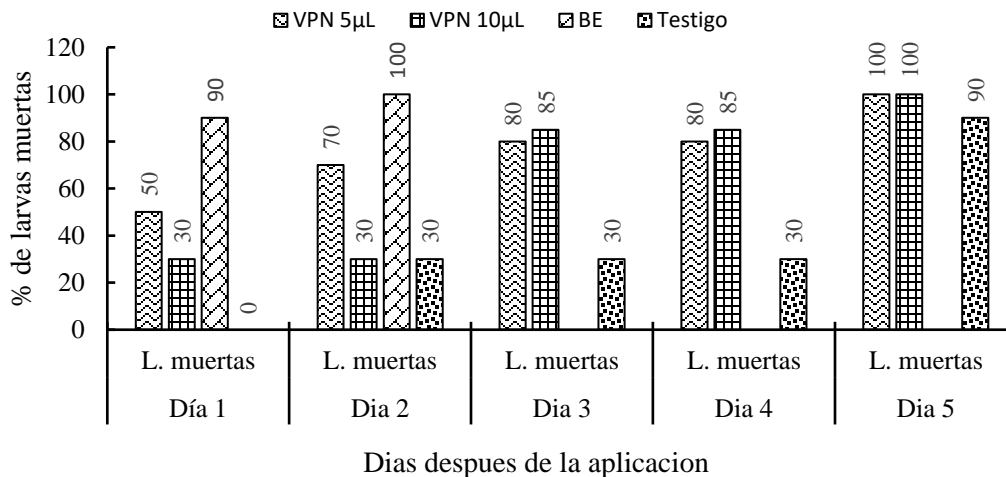


Figura 2. Porcentaje de mortalidad de larvas de *S. frugiperda* evaluada en laboratorio

De acuerdo con Ríos-Velasco et al., (2012), el tratamiento con MNPV (Múltiple Nucleopolyhedrovirus) produjo mortalidades larvarias de 60,17 % cuando se aplicó solo sobre hojas de maíz en invernadero, incrementándose hasta 71,68 - 96,46 % al formular el virus con adyuvantes minerales, lo que evidencia el papel de la formulación en la eficacia del biocontrol.

Geisler et al., (2023) Indica que, con estos resultados, registros del aislado comercial 6NR reportan > 93 % de mortalidad, justificando su uso operativo en bioinsecticidas registrados en Brasil. Además, con el bioplaguicida Cartugen™, a la dosis recomendada no se observaron sobrevivientes a 10 días (≈100 % de mortalidad por tiempo), mientras que al 50–25 % de la dosis la mortalidad descendió a 21,12 - 46,55 %, confirmando una marcada relación dosis–respuesta bajo condiciones controladas y corroborada en evaluaciones de campo.

Por otra parte, Singh y Kumar (2024) informaron reducciones poblacionales superiores al 70 % con el uso de benzoato de emamectina, resultados que confirman la eficacia del producto. En comparación, el presente ensayo resalta un impacto larvicida más marcado, con diferencias claras entre tratamientos y controles, lo que evidencia la efectividad de los productos bajo las condiciones experimentales locales.

5.2 Promedio de altura de planta en arroz

El análisis de varianza demostró que existen diferencias significativas para el factor tratamiento ($p= 0.0275$) tanto como para el factor fecha ($p= 0.0022$), esto indica que la variable estuvo determinada por la combinación de ambos factores.

Se corroboró que el menor promedio de altura a los 15 días después de la siembra correspondió al tratamiento testigo absoluto (T1), mientras que el tratamiento con virus de la poliedrosis nuclear (T2) en dosis de 0.2 ml registró un promedio de 3.9 cm. Este mismo tratamiento alcanzó el valor más alto a los 90 días con 36.4 cm. Durante las evaluaciones a los 30 y 75 días se observó un incremento progresivo en la altura de las plantas en todos los tratamientos.

El virus en dosis de 0.4 ml presentó una altura inicial de 4.7 cm a los 15 días, aumentando a 13 cm a los 30 días y alcanzando promedios de 17 cm entre los 45 y 60 días, hasta lograr 36 cm a los 90 días. Por su parte, el benzoato de emamectina (BE) alcanzó un promedio de 36.3 cm a los 90 días, siendo el segundo tratamiento con mejor desempeño. En comparación, el testigo registró los valores más bajos en todas las fechas evaluadas, con promedios que oscilaron de 3.9 cm a 36.3 cm. En general, los tratamientos con el virus de la poliedrosis nuclear en dosis de 0.4 ml con 36.4 y con benzoato de emamectina con 36.3 estos favorecieron el crecimiento del cultivo, demostrando su efecto positivo en el desarrollo vegetativo del arroz (Anexo 9 y 10).

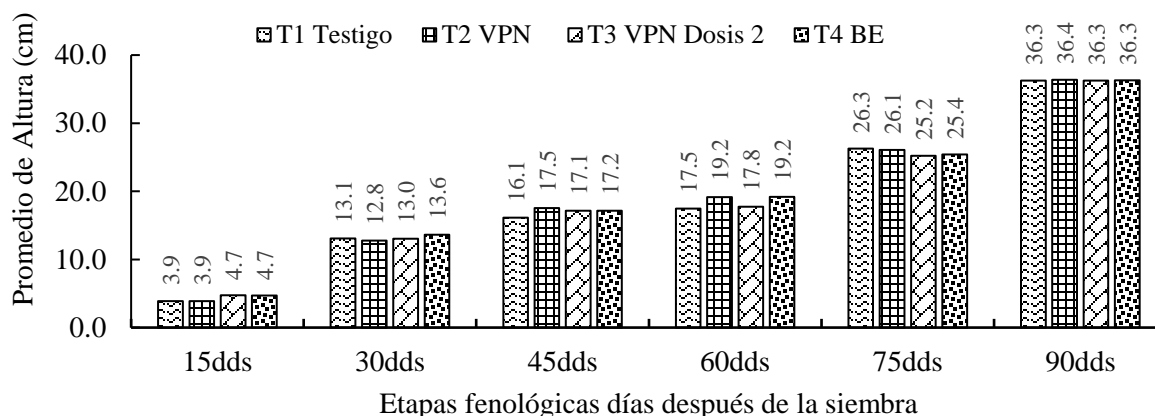


Figura 3. Promedio de altura de planta días después de la siembra

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Katel et al. (2023), quienes en arroz de primavera registraron alturas promedio entre 94.53 y 95.67 cm, sin diferencias notables entre

insecticidas químicos modernos, evidenciando que la altura depende más de la genética varietal y del manejo agronómico que de los productos fitosanitarios aplicados. De forma semejante, observaron alturas entre 95.3 y 96.4 cm al aplicar bioplaguicidas como *Beauveria bassiana* y azadiractina, confirmando que este rasgo morfológico no es un buen indicador de la eficacia de los tratamientos.

Por su parte, Anil Kumar et al. (2022) demostraron que el benzoato de emamectina y otros insecticidas modernos lograron altos niveles de control del barrenador de la hoja de arroz, superando el 80 de eficacia, aunque sin registrar efectos significativos sobre la altura de las plantas a su vez señalaron que el benzoato de emamectina se degrada rápidamente en el ambiente del arroz, lo que limita su acumulación en tejidos y explica la ausencia de impactos fisiológicos directos sobre la altura.

La altura de la planta del cultivo puede mantenerse o incluso incrementarse cuando se reduce eficazmente la defoliación causada por *Spodoptera frugiperda*, dado que un follaje mayor preservado asegura una mayor capacidad fotosintética y un mejor vigor vegetativo. Por ejemplo, en un estudio de campo con *S. frugiperda* multiple nucleopolyhedrovirus combinado con herbicidas y adyuvantes, los autores encontraron que los puntajes de defoliación fueron significativamente menores en los tratamientos virales respecto al testigo, lo que sugiere que una menor pérdida de hojas podría traducirse en una mayor altura de planta (Maciel et al., 2024).

Asimismo, en un estudio de laboratorio/campo con aislados rápido se observó que las larvas inoculadas eran significativamente más pequeñas al morir en comparación con otros aislados, lo cual indica una severidad de estrés fisiológico del insecto que puede disminuir la presión de herbívora sobre la planta hospedera (Behle et al., 2012).

5.3 Promedio del grosor de tallo por planta en relación con los tratamientos aplicados

El análisis de varianza realizado para la variable grosor del tallo no presentó diferencias significativas en los tratamientos ($p= 0.1401$). Lo cual no ejercieron un efecto diferencial sobre el comportamiento del cultivo. Pero se evidenció diferencias significativas entre fechas ($p= <0.0001$), indicando que las variaciones se deben principalmente al avance del ciclo fenológico del cultivo, más que a la aplicación de los tratamientos.

De acuerdo con la prueba de Tukey al 95 % de confianza, aunque no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos en la variable grosor del tallo, se observaron variaciones notables a lo largo de las fechas evaluadas. En la fecha 30 DDS, el menor promedio correspondió al tratamiento (T3) con la dosis de 0.4 ml del virus de la poliedrosis nuclear (0.57 cm), mientras que el benzoato de emamectina con dosis de un gramo alcanzó un grosor de 0.62 cm. En la fecha 45 DDS, los valores oscilaron entre 1.15 y 1.37 cm, destacándose nuevamente el BE como el tratamiento más eficiente en ambas fechas. A los 60 DDS, el testigo presentó el menor grosor del tallo con 1.65 cm, superado por el virus de la poliedrosis nuclear con dosis de 0.2 ml con 1.97 cm. En la evaluación de los 75 DDS, el mayor promedio correspondió al tratamiento con benzoato de emamectina (T4) con 1.84 cm.

Finalmente, a los 90 DDS se registraron valores entre 2.64 cm para el virus de la poliedrosis nuclear en dosis de 0.2 ml y 2.71 cm para el testigo, este último mostrando el mayor grosor en la última fecha. Este incremento en el tratamiento testigo podría atribuirse a la recuperación fisiológica de las plantas, que, tras una reducción del crecimiento vegetativo en las etapas iniciales, compensaron su desarrollo estructural (Anexo 13 y 14).

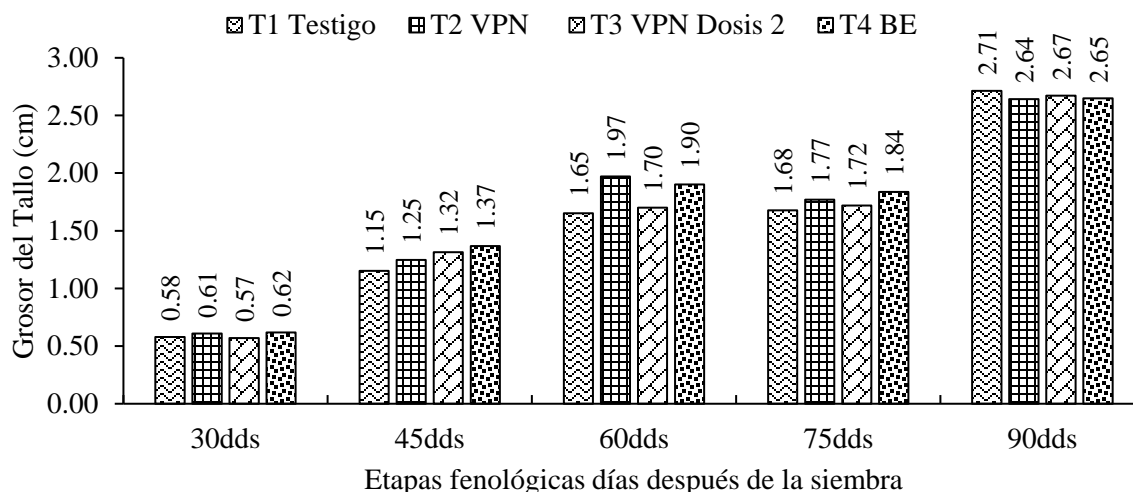


Figura 4. Promedio del grosor de tallo por planta días después de la siembra

En este estudio, el grosor del tallo del arroz, medido desde la base hasta la vaina floral, presentó un aumento de 0.58 cm en el testigo a los 15 DDS hasta 2.71 cm en la misma unidad a los 90 DDS, reflejando un crecimiento natural ligado al avance fenológico del cultivo.

Liu et al., (2022), indica que las Investigaciones sobre la resistencia del culmo en arroz confirman que el engrosamiento del tallo responde al desarrollo estructural y la lignificación de los tejidos conforme progresa el ciclo, más que a la acción de los productos aplicados. Asimismo, estudios que emplearon benzoato de emamectina o bioinsecticidas reportan control eficaz de plagas sin alterar parámetros morfológicos, ya que estos productos actúan de forma fitosanitaria sin afectar el crecimiento.

El grosor refleja asignación de biomasa y salud del dosel: con menos defoliación, más fotoasimilados pueden destinarse a tejido estructural. La defoliación experimental redujo crecimiento y calidad forrajera, evidenciando una merma en vigor estructural frente al control. Si el virus acorta el período de alimentación larvaria (menor LT50) y baja la tasa de consumo, se espera mayor robustez del tallo en comparaciones virus vs testigo (Behle & Popham, 2012; Figueroa et al., 2015).

5.4 Promedio del número de hoja por planta en relación con los tratamientos aplicados

El análisis de varianza evidenció diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0.0073$), aunque no entre las fechas de evaluación ($p = 0.0670$), lo que indica que la emisión foliar estuvo más influenciada por el tipo de producto aplicado que por el tiempo transcurrido. En la evaluación a los 15 DDS, el tratamiento testigo presentó el menor número de hojas con un promedio de 3.1, mientras que el valor más alto fue de 3.3 hojas. A los 30 DDS, el virus de la poliedrosis nuclear (VPN) en dosis de 0.4 ml alcanzó un promedio de 3.5 hojas, y el testigo registró 3.9.

En la fecha 45 DDS, el mayor número de hojas correspondió al tratamiento con VPN en dosis de 0.2 ml con 5.3, seguido del benzoato de emamectina (BE) con 5.1 y del VPN en dosis de 0.4 ml con 5.1, siendo el testigo el de menor valor con 4.8 hojas. En las evaluaciones posteriores (60, 75 y 90 DDS), los tratamientos mantuvieron una tendencia similar, destacando el VPN en dosis de 0.4 ml con el promedio más alto (7.7 hojas) y el testigo con el más bajo (7.6 hojas). Estos resultados demuestran que tanto los tratamientos biológicos como el químico promovieron una mayor emisión y desarrollo foliar en comparación con el testigo, evidenciando su eficacia en el crecimiento vegetativo del arroz (Anexo 11 y 12).

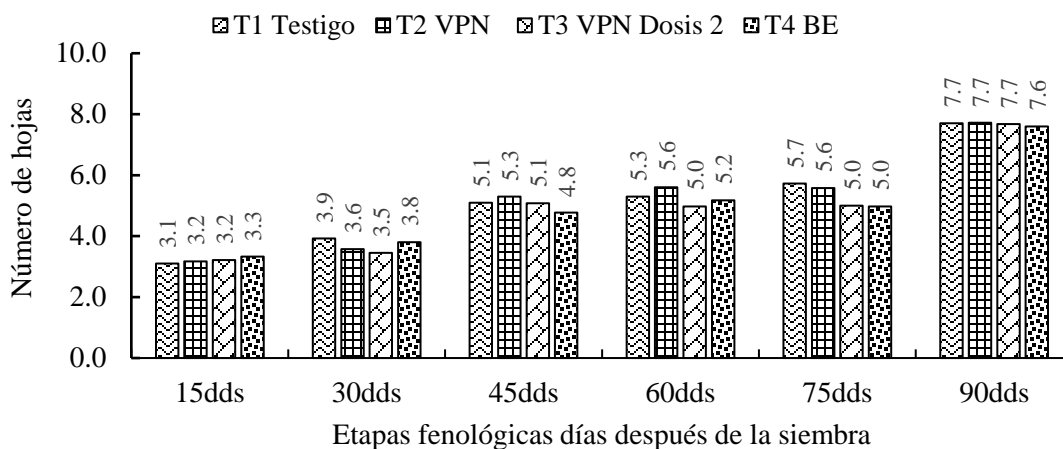


Figura 5. Promedio del número de hoja por planta días después de la siembra

Estos resultados coinciden con los reportados por Bhandari et al. (2025) en maíz, donde el número de hojas por planta en tratamientos insecticidas, incluyendo emamectina benzoato, osciló entre 9.20 y 10.93 hojas/planta (promedio = 10.27). Dichos autores indicaron que los productos con acción translaminar reducen la defoliación y permiten conservar un mayor número de hojas funcionales durante el ciclo vegetativo. De forma complementaria, Nayak et al. (2022) en arroz registraron un 1.3 de daño foliar tras la primera evaluación y $\approx 10-11$ después de la segunda aplicación con BE 5 SG, mientras que otros tratamientos superaron el 15 de daño. Estos valores, basados en la proporción de hojas dañadas respecto al total de hojas por planta, evidencian un efecto directo del BE en la preservación del dosel foliar.

Hussain et al., (2021). Asimismo, en arroz (*Oryza sativa* L.), las fases de 2-3 hojas y de macollamiento representan etapas críticas para el impacto de la defoliación por *S. frugiperda* (Liu et al., 2024). Por tanto, contar el número de hojas sanas tras la aplicación de NPV puede utilizarse como un indicador indirecto de eficacia del tratamiento, al reflejar la preservación del área foliar funcional y por ende del potencial productivo del cultivo.

5.5 Promedio del daño de *S. frugiperda* por metro cuadrado en el cultivo de arroz

El análisis de varianza realizado para la variable daño por m² se observó que en los tratamientos se presentó diferencia significativa ($p= 0.001$) lo que evidencia el impacto de los mismo sobre el cultivo.

A los 15dds no se presentó daño visible en ninguno de los tratamientos, debido a que las plantas se encontraban en una fase temprana de desarrollo. A los 30dds el testigo (T1) registró el valor más alto con 7.5, seguido del VPN 0.2 ml (T2) con 6.0, el VPN 0.4 ml (T3) con 5.3, y el BE (T4) con 4.5. A los 45dds, el daño aumentó en todos los tratamientos. El testigo bajó a 1.7, el VPN 0.2 ml a 0.5, el VPN 0.4 ml y el BE con un 0.4. A los 60 días, el daño alcanzó su punto máximo: el testigo llegó a 16.7, mientras que el VPN 0.2 ml y el VPN 0.4 ml registraron 5.8 respectivamente; el BE con dosis de un gramo mantuvo el nivel como en la fecha 30dds con 6.7. Los valores registrados más bajo en el daño a los 45dds se debe a la efectividad combinada del benzoato, ya que la acción neurotóxica genera mortalidad rápida y el virus cuyo efecto se manifiesta de manera progresiva, incrementando la superficie foliar contribuyendo a diluir el porcentaje del daño visible. A los 60dds se debe a la emergencia de una segunda regeneración de larvas (Anexo 15 y 16).

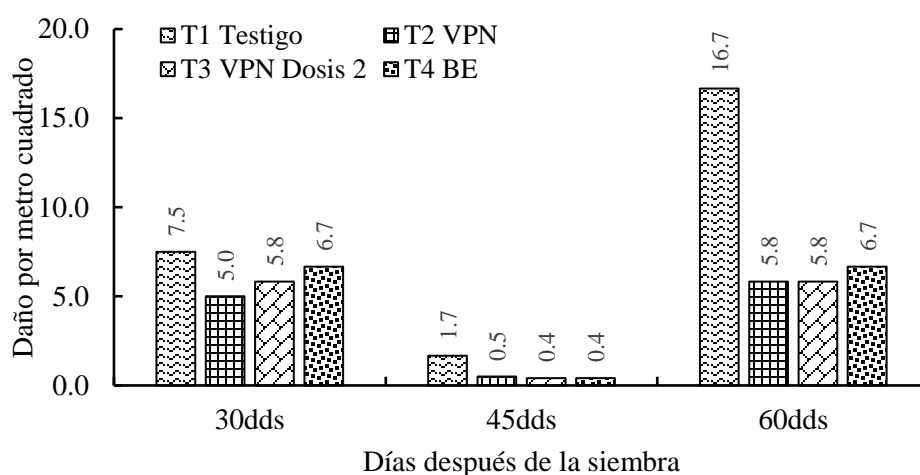


Figura 6. Promedio del daño de *S. frugiperda* en el cultivo de arroz por metro cuadrado en diferentes días después de la siembra

Resultados similares fueron reportados por Valdez et al. (2023) en Filipinas, donde se registró un 16.7 de daño foliar en plántulas de 20–25 días y una reducción significativa en etapas más avanzadas. Demostrando que las larvas presentan menor supervivencia al alimentarse de hojas maduras de arroz, lo que explica la baja incidencia en fases tardías del ciclo.

El uso del virus de la poliedrosis nuclear múltiple de *S. frugiperda* contribuye a mantener la integridad foliar del cultivo al reducir la defoliación causada por la plaga. Su acción entomopatógena disminuye la alimentación de las larvas antes de la mortalidad, lo que reduce significativamente el daño foliar y permite conservar un mayor número de hojas activas.

Maciel et al. (2024) demostraron que la aplicación de Nucleopolyhedrovirus, tanto solo como combinado con adyuvantes, redujo el nivel de defoliación en plantas de maíz, evidenciando que el control viral prolonga la permanencia de hojas sanas y, por ende, mejora la capacidad fotosintética del cultivo.

5.6 Promedio de larvas vivas por metro cuadrado *S. frugiperda* en el cultivo de arroz

En el análisis de varianza se observó que en la fecha no presentó diferencia significativa ($p=0.0518$) y en la interacción fecha/ tratamiento no existió diferencia significativa ($p= 0.4046$), Durante la evaluación del promedio de larvas por metro cuadrado, a los 15dds no se registró presencia de *Spodoptera frugiperda* en ninguno de los tratamientos. A los 30dds, el tratamiento testigo (T1) presentó la mayor densidad larvaria con 0.8 larvas/m², seguido del VPN a dosis de 0.2 ml (T2) con 0.5, el VPN a 0.4 ml (T3) y el benzoato de emamectina (T4) con 0.7 larvas/m². A los 45dds, se observó un incremento en la población del testigo con 1.7 larvas/m², mientras que el VPN en dosis de 0.2 ml se mantuvo con 0.5 ml y el de la dosis 0.4 ml bajo junto al benzoato con un 0.4. Posteriormente, a los 60dds la densidad larvaria disminuyó en todos los tratamientos: el testigo alcanzó 1.4 larvas/m², el VPN 0.2 ml 1.0, el VPN 0.4 ml 0.7, y el BE 0.8 larvas/m². A los 45dds presento el mayor incremento poblacional, ofreciendo un mayor alimento y refugio. (Anexo 17 y 18).

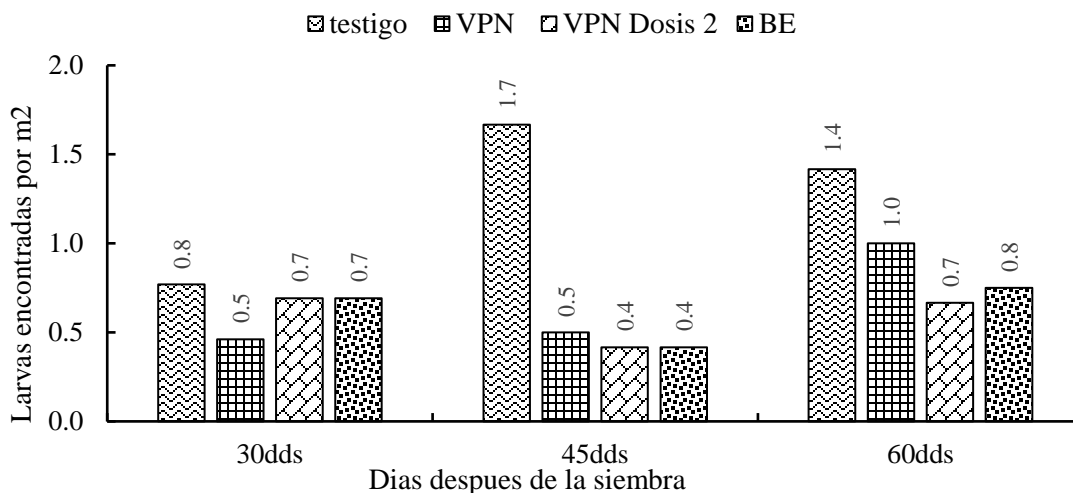


Figura 9. Promedio de larvas vivas en *Oryza sativa* L. DDS

De acuerdo con Bhandari et al. (2024), las poblaciones larvarias en parcelas sin control pueden alcanzar hasta 79.6 de infestación, mientras que el uso de emamectina benzoato reduce significativamente la densidad larvaria en condiciones de campo. De forma complementaria, el estudio reportó reducciones de hasta 90 en la población de larvas con insecticidas modernos, lo que demuestra la efectividad de los productos utilizados en la mitigación del daño.

Spodoptera frugiperda el VPN ha demostrado alta eficacia en la reducción de poblaciones larvarias. García-Banderas et al. (2020) reportaron una disminución notable en la densidad de larvas en maíz tratado con 3×10^{12} ha, alcanzando promedios de 0 a 2.8 larvas por planta, en comparación con el testigo. Estos resultados confirman la capacidad del virus para controlar de manera efectiva a *S. frugiperda* bajo condiciones de campo, reduciendo el daño foliar y la presión poblacional sobre el cultivo.

5.7 Promedio de larvas infectadas por metro cuadrado *S. frugiperda* en el cultivo de arroz

En el análisis de varianza demostró que existe diferencia significativa para el factor tratamiento ($p = <0.0001$) pero para la interacción fecha/ tratamiento no presentó diferencia significativa (0.4046) lo que indica que solo está relacionado con el uso de los productos aplicados.

En la variable correspondiente, a los 30dds se observó la primera aparición de larvas infectadas, donde el (T2) virus de la poliedrosis nuclear con dosis de 0.2 ml presentó los valores más bajos con un 0.3, a los 45dds con 0.4 y a los 60dds obtuvo un mejor valor con 0.6, el (T3) VPN con 0.4 ml obtuvo promedios medios con 0.6 a los 30dds, con un 0.4 a los 45dds, evidenciándose un ligero repunte a los 60dds con un 1.1 valor.

El (T4) benzoato de emamectina obtuvo el valor más alto a los 30dds con un promedio de 5.0, a los 45dds se mantuvo en las tres fechas con el mismo valor 0.4, aumentándose con un 0.8 a los 60dds, el aumento del VPN a los 60 días y la disminución del BE se deben a la persistencia biológica del virus frente a la degradación química del insecticida, mostrando la naturaleza prolongada del control viral frente a la acción temporal del benzoato de emamectina. En comparación al testigo absoluto no se observaron larvas infectadas en ninguno de los tratamientos, indicando una disminución total de la incidencia hacia las etapas finales del cultivo (Anexo 19 y 20).

Cuadro 3. Promedio de larvas infectadas en *Oryza sativa* L. en diferentes DDS

Tratamientos	30dds	45dds	60dds
Testigo absoluto	0.0	0.0	0.0
VPN	0.3	0.4	0.6
VPN Segunda dosis	0.6	0.4	1.1
Benzoato de emamectina	5.0	0.4	0.8

Este comportamiento coincide con lo descrito por Rashid et al. (2024), quienes reportaron prevalencias naturales del virus entre 0.78 y 6.07 en *S. frugiperda* bajo condiciones de campo, mostrando que la infección tiende a manifestarse en etapas intermedias del cultivo.

De igual manera, Pandi et al. (2024) encontraron incidencias de 1.03 a 4.36 de infección natural por NPV (Nucleopolyhedrovirus) en distintas regiones, atribuyendo las variaciones a la edad del cultivo y las condiciones ambientales. Asimismo, Geisler et al. (2024) demostraron que el bioplaguicida logra una alta mortalidad larvaria y una reducción del daño en los primeros días tras su aplicación, confirmando la eficacia del virus como agente de control biológico.

El benzoato ha demostrado alta eficacia en el control de *S. frugiperda*, reduciendo de forma rápida la infestación larvaria y el daño foliar. En bioensayos realizados por Liu et al. (2022), se determinó una mortalidad media (LC_{50}) de 0.1062 mg/L en larvas de tercer instar a las 24 horas después de la exposición, evidenciando su efecto neurotóxico inmediato sobre el sistema nervioso de los insectos. Los autores concluyeron que el BE actúa incluso en concentraciones subletales, disminuyendo la alimentación y la movilidad larvaria, lo que reduce la severidad del daño en el cultivo. Estos resultados respaldan su eficacia como un insecticida de acción rápida y de amplio uso en programas de manejo integrado de plagas.

VI. CONCLUSIONES

En condiciones de laboratorio, el tratamiento benzoato de emamectina presentó la mayor eficacia alcanzando un 100 % de mortalidad al día dos de aplicación.

En campo, los productos VPN segunda dosis (250 ml/ha) y Benzoato de emamectina presentaron resultados similares en la reducción del daño por larvas de *S. frugiperda* en comparación al testigo.

El mejor efecto del virus de la poliedrosis nuclear se obtuvo en la dosis dos (250 ml/ha), evidenciando una mayor eficacia biológica en comparación con la dosis inferior (150 ml/ha).

Las variables (altura, número de hoja y grosor de tallo) tiene una relación directa de acuerdo con las etapas fenológicas del cultivo desde los 15 hasta los 90 días después de la siembra.

VII. RECOMENDACIONES

Realizar la aplicación del virus de la poliedrosis nuclear a dosis de 250 ml/ha a partir de los 15 días después de la siembra en el cultivo del arroz.

Ejecutar futuras investigaciones con benzoato de emamectina para el manejo de *S. frugiperda* en diferentes zonas y otros cultivos.

VIII. LITERATURA CITADA

- Alves, SB. (1986). *Controle microbiano de insetos*. Sao Paulo, Brasil, Editora Monole. 407 p. Agronomic evaluation of nine advanced rice lines (*Oriza sativa* L.) and two commercial varieties under flood irrigation conditions, Sébaco, Matagalpa, Vol. 17. No. 29, p. 51-56 /.
<https://lacialera.una.edu.ni/index.php/CALERA/article/view/303/335>
<https://lacialera.una.edu.ni/index.php/CALERA/article/view/303/335>
- Amaro, Parraguirre, Romero, Rivera, Sánchez, (2017) *Evaluación de mortalidad de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* L.) con el uso de *Metarhizium anisopliae* in vitro*. [pdf].[https://www.google.com/search?q=mortalidad+de+gusano+cogollero+\(spodoptera+frugiperda\)+%25m%3Dnmf%2Fvni*100+%25m%3A+porcentaje+de+mortalidad+del+tratamiento.+nmf%3A+numero+de+individuos+muertos+al+final+del+estudio.+nvi%3A+numero+de+individuos+vivos+al+inicio+del+estudio+de+quien+es+esta&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=mortalidad+de+gusano+cogollero+(spodoptera+frugiperda)+%25m%3Dnmf%2Fvni*100+%25m%3A+porcentaje+de+mortalidad+del+tratamiento.+nmf%3A+numero+de+individuos+muertos+al+final+del+estudio.+nvi%3A+numero+de+individuos+vivos+al+inicio+del+estudio+de+quien+es+esta&sourceid=chrome&ie=UTF-8)
- Anil Kumar, S. T., Kiran Kumar, G. N., Chandrakumara, K., Moulya, M. R., Srinivas, K., & Meena, R. S. (2022). *Assessing the effectiveness of newer insecticides against rice leaf folder, *Cnaphalocrocis medinalis* (Crambidae: Lepidoptera)*. *Biological Forum – An International Journal*, 14(4), 552–555. Recuperado de https://www.researchtrend.net/bfij/pdf/97%20Assessing%20the%20Effectiveness%20of%20Newer%20Insecticides%20against%20Rice%20Leaf%20Folder%2C%20Cnaphalocrocis%20medinalis%20_Crambidae%20Lepidoptera_%20K%20Chandra%20Kumar%20Nayak.pdf
- Ayala Sifontes, Jorge Luis, & Henderson, Deborah. (2017). *Potencial de los Baculovirus para el manejo de plagas agrícolas en Cuba*. *Centro Agrícola*, 44(3), 80-87. Recuperado en 21 de agosto de 2025, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852017000300011&lng=es&tlng=es.
- Baca y Zuniga 2023 *El cruce periódico de la población de laboratorio con la población natural mejoraría la aptitud física en *Spodoptera* (*Lepidoptera: Noctuidae*)*
<https://f1000research.com/articles/12-30>
- Barrett, J. W., Brownwright, A. J., Primavera, M. J., & Palli, S. R. (1998). *Studies of the nucleopolyhedrovirus infection process in insects by using the green fluorescence protein as a reporter*. *Journal of Virology*, 72(4), 3377-3382. Disponible en PDF en PubMed Central: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC109823/pdf/>
- Barrientos-Gutiérrez, J. E., Huerta-de La Peña, A., Escobedo-Garrido, J. S., & López- Olguín, J. F. (2018a). *Manejo convencional de *Spodoptera exigua* en cultivos del municipio de Los Reyes de Juárez, Puebla*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(8), 1197-1208. <https://doi.org/10.29312/remexca.v4i8.1133>

- Bautista MN, Morales GO. (2016). *El gusano cogollero (Spodoptera frugiperda)*. Una plaga de importancia. Agrosíntesis. <http://agrosintesis.com/una-plaga-de-granimportancia/>
- Belda J, Justicia L, Pascual F, Cabello T. 1994. *Distribución espacial de*
- Bhandari, G. S., et al. (2024). *Efficacy of insecticides against Fall Armyworm, Spodoptera frugiperda (J.E. Smith), in maize under natural field conditions during winter seasons of 2020 and 2021. Journal of Nepal Agricultural Research Council*, 12(1), 45–52. <https://www.nepjol.info/index.php/JNARC/article/download/73266/56045/212878>
- Blanco, C. A., Chiaravalle, W., Dalla-Rizza, M., Farias, J. R., García-Degano, M. F., Gastaminza, G., Mota-Sánchez, D., Murúa, M. G., Omoto, C., Pieralisi, B. K., Rodríguez, J., Rodríguez-Maciel, J. C., Terán-Santofimio, H., Terán-Vargas, A. P. Valencia, S. J., & Willink, E. (2016). Current situation of pests targeted by Bt crops in Latin America. *Current Opinion in Insect Science*, 15, 131–138. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2016.04.012>
- Bohnenblust E, Tooker J. (2012). Fall armyworm as a pest of field corn. *Spodoptera frugiperda* (Smith). Entomological notes. Department of entomology. Pennsylvania State University. En línea. <https://extension.psu.edu/fall-armyworm-as-a-pest-of-field-corn>
- Bolsagro. (s.f.). *Mapa revela qué produce cada departamento de Nicaragua*. Recuperado de Bolsagro: Mapa revela qué produce cada departamento de Nicaragua. Bolsagro
- Casmuz, A., Juárez, M. L., Socías, M. G., Murúa, M. G., Prieto, S., Medina, S., Willink, E., & Gastaminza, G. (2010). *Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz, Spodoptera frugiperda (Lepidóptera: Noctuidae)*. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 69(3-4), 209–231. <https://www.biotaxa.org/RSEA/article/view/28610>
- COFEPRIS (Comisión Federal para la protección contra riegos sanitarios). 2020. *Consulta de Registro Sanitarios de plaguicidas, Nutrientes Vegetales y LMR*. <http://siipris03.cofepris.gob.mx/Resoluciones/Consultas/conWebRegPlaguicida.asp> Fecha de consulta: diciembre de 2020.
- Cuevas y Pérez. (2018). *Manejo integrado de Spodoptera frugiperda en el cultivo de arroz [Entrada en Engormix]*. Engormix.com. https://www.engormix.com/agricultura/cultivo-arroz/manejo-integrado-spodoptera-frugiperda_a44199/
- De Oliveira, H., & Holtz, A. M. (2002). *Revisado da biología, ocorrência y controle de Spodoptera frugiperda (Lepidoptera, Noctuidae) em milho no Brasil*. *Bioscience Journal (Brazil)*, 18(2), 41–48. [biosciencejournal/article/view/6418](https://www.biosciencejournal.com.br/article/view/6418)
- Deng, L., Liu, Z., He, J., Zhang, J., Lin, T., & Chen, Z. (2020). *Dissipation of emamectin benzoate residues in rice and paddy field environmental samples*. *PLoS ONE*, 15(2), e0229397. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229397>
- Deng, L., Yang, Y., Chen, Y., Ma, J., Zhao, X., Chen, J., & Wang, F. (2020). *Dissipation of emamectin benzoate residues in rice and rice-growing environments*. *Molecules*, 25(20), 4704. <https://doi.org/10.3390/molecules25204704>

Departamento Técnico Rotam Albaugh. Actualizado mayo (2024).

- Elidio, C. D., et al. (2022). *Different developments of rice leaf and their response to nitrogen. Tropical Plants*, 1(1), 1–9. <https://www.maxapress.com/article/doi/10.48130/TIA-2022-0002>
en invernadero. Boletín de Sanidad Vegetal de Plagas. 20:287-301
- Entwistle, PF; Evans, HF. (1985). *Viral Control. In Comprehensive Insect Fisiology. Biochemistry and farmacology*. Gilbert, LI; Kerkut Ed. Oxford, Pergamon Press. vol 12. p. 347.
- FAO. 2003. guía para identificar las limitaciones de campo en la producción de arroz.
- FAO/WHO JMPR. (2011). *Emamectin benzoate (247) toxicological and residue evaluation. Food and Agriculture Organization/World Health Organization*.
- FAO/WHO JMPR. (2014). *Emamectin benzoate—Evaluation and appraisal. Food and Agriculture Organization/World Health Organization*.
- Geisler, F. C. S., Martins, L. N., Machado, I. E. F., Matoso, L. F., Lucena, W. F., Soares, V. N., ... Bernardi, D. (2024). *The biological activity of an SfMNPV-based biopesticide on a resistant strain of Spodoptera frugiperda developing on transgenic corn expressing CryIA.105 + Cry2Ab2 + CryIF insecticidal protein. Agronomy*, 14(8), 1632. <https://doi.org/10.3390/agronomy14081632>
<https://bit.ly/3JbOTkV>
<https://doi.org/10.1590/S0100-83582010000100013>
<https://seer.ufu.br/index.php/file:///C:/Users/JULIO/Downloads/efikass-50-sg-technical-bulletin.pdf>
- IJPAB. (2017). *A better index of culm strength in rice: Basal internode diameter. International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 5(1), 733–739. <https://doi.org/10.18782/2320-7051.2728>
- Insectos benéficos asociados al control del gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) en el cultivo de maíz (Zea mays L.). Agro Productividad*, 11(1), 9–14.
- INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria). (2000). *Investigación y producción de arroz en ambientes húmedos*, Nicaragua. 5 p.
- IRAC. (2019). Mode of Action Classification Scheme (v9.1). *Insecticide Resistance Action Committee*.
- Katel, P., Neupane, A., & Poudel, R. (2023). *Efficacy of different insecticides against the yellow stem borer (Scirpophaga incertulas Walker) in spring rice cultivation. Cogent Food & Agriculture*, 9(1), 2218254. <https://doi.org/10.1080/23311932.2023.2218254>
- Katel, R., Tripathi, M. K., & Sahu, R. (2023). *Bioefficacy of insecticides against yellow stem borer in rice. Indian Journal of Entomology*, 85(3), 452–457. <https://doi.org/10.55446/IJE.2023.529>
- La eficacia de algunos insecticidas contra la oruga militar de otoño (Spodoptera frugiperda)*. (2024). *Revista Internacional de Investigación en Entomología*. PDF recuperado de <https://www.entomologyjournals.com/assets/archives/2024/vol9issue8/9215.pdf>

- Lima, M. S., Silva, P. S. L., Oliveira, O. F., Silva, K. M. B. & Freitas, F. C. L. (2010). *Corn yield response to weed and fall armyworm controls*. *Planta Daninha*, 28(1), 103–111.
- Liu, P., Zhang, L., Pu, X., Sun, D., Shen, H., Yang, Q., & Zhang, J. (2024). *The Fall Armyworm *Spodoptera frugiperda* found on rice *Oryza sativa* L. in China: their host strain, oviposition preference and survival rate on rice and maize*. *Agronomy*, 14(10), 2344. <https://doi.org/10.3390/agronomy14102344>
- Liu, Q., Yin, C., Li, X., He, C., Ding, Z., & Du, X. (2022). *Resistencia al hospedaje de las plantas de arroz estudiada desde la perspectiva de las propiedades mecánicas del tallo, el marco de carbono, el volumen libre y la composición química*. *Informes Científicos*, 12(1), Artículo 20026. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-247>
- Liu, X., Zhao, H., & Wang, Y. (2022). *Sublethal effects of emamectin benzoate on fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Smith)*. *Agriculture*, 12(7), 959. <https://doi.org/10.3390/agriculture12070959>
- Maciel, R. M. A., Luski, P. G. G., (2024). *El uso del baculovirus *Spodoptera frugiperda* multiple nucleopolyhedrovirus (SfMNPV) solo y combinado con herbicidas y adyuvantes para el control de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)*. *Control Biológico*, 188, 105408. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2023.105408>
- Maracajá, P. B., Maracajá, J. P., Queiroz, J. D., & Lima, E. A. (2014). *Actividad biológica de biopreparados del virus de la poliedrosis nuclear de *Spodoptera littoralis* en diferentes hospederos*. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*, 20(2), 495–499. https://www.mapama.gob.es/app/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_plagas%2FB SVP-20-02-495-499.pdf
- Mendoza Avilés, H. E., Loo Bruno, A. C., & Vilema Escudero, S. F. (2019). *El arroz y su importancia en los emprendimientos rurales de la agroindustria como mecanismo de desarrollo local de Samborondón*. *Universidad y Sociedad*, 11(1), 324-330. Recuperado de <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>
- Moscardi, F. (1999). *Assessment of the application of baculoviruses for control of lepidoptera*. *Annual Review of Entomology*, 44(1), 257–289. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.44.1.257>
- Pandi, R. K., Regupathy, A., Anbalagan, S., & Muralidharan, N. (2024). *Characterization and bioassay of indigenous isolates of the nucleopolyhedrovirus infecting fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*)*. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 34, 100. <https://doi.org/10.1186/s41938-024-00779-3>

Panel de información del arroz (2017) [https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/cultivos-herbaceos/arroz/#:~:text=El%20arroz%20\(Oryza%20sativa%20y,o%20en%20v%C3%ADas%20de%20desarrollo](https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/cultivos-herbaceos/arroz/#:~:text=El%20arroz%20(Oryza%20sativa%20y,o%20en%20v%C3%ADas%20de%20desarrollo) ORTIZ, A. et al, (2002). *Caracterización de fases y*

- población de Arroz secano y Variedades de Arroz (En línea). *Agronomía Tropical* 52(1): 23-44.
- Pérez. C. (2019). *Manejo integrado de spodoptera frugiperda en el cultivo de arroz en Colombia*. Engormix. Recuperado de https://www.engormix.com/agricultura/cultivo-arroz/manejo-integrado-spodoptera-frugiperda_a44199/
- Rashid, S., Gupta, R. K., Bandral, R. S., Bali, K., Singh, S. K., Sharma, S., & Sood, K. K. (2024). *Natural occurrence of nucleopolyhedrovirus infecting fall armyworm (Spodoptera frugiperda) in Jammu & Kashmir, India. Ecology, Environment and Conservation*, 30(Suppl.), S328–S332. <https://www.envirobiotechjournals.com/issues/EEC/Vol30JulySupplIssue2024/EEC-56.pdf>
- Roy, T. K., et al. (2025). *Management of Rice Leaf Folder*. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, 100567. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2773078625000421>
- Sah, S., & Sharma, R. (2023). *Efficacy of eco-friendly insecticides against yellow stem borer under spring rice crop ecosystem of Saptari district, Nepal. Archives of Agriculture and Environmental Science*, 8(2), 112-115. <https://doi.org/10.26832/24566632.2023.080203>
- Spodoptera exigua (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) en cultivo de pimiento*
- Syngenta. (s. f.). Proclaim®/Denim® insecticide (emamectin benzoate): product information and label. Syngenta Crop Protection.
- Tripathy, M. K., Dash, A. N., & Senapati, B. (2016). *Efficacy of emamectin benzoate against major insect pests of rice. Journal of Applied Zoological Research*, 27(2), 193–197.
- Valdez, E. M., Rillon, G. S., Joshi, R. C., De la Cruz, K. B., Donayre, D. K. M., Martin, E. C., Sandoval, F. R., Quilang, E. J. P., Aquino, M. F., Mariano, J., Pascual, M. K., Faheem, M., & Annamalai, S. (2023). *Fall armyworm, Spodoptera frugiperda (J.E. Smith) damage on rice in the Philippines. Asia Pacific Journal of Sustainable Agriculture, Food and Energy*, 11(2), 37–46. PDF recuperado de <https://ojs.bakrie.ac.id/index.php/APJSAFE/article/download/233/131>
- Víctor Aguilar Bustamante, Carlos Méndez, Esteban Treminio Artola, Lesli Loáisiga Vallecillo. 2017. *Evaluación agronómica de nueve líneas avanzadas de arroz (Oriza sativa L.) y dos testigos comerciales bajo condiciones de riego por inundación, Sébaco, Matagalpa*
- Villa Crop Protection. (2025). *CONFLICT 19.2 EC (emamectin benzoate) label. Villa Crop Protection. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación (2017)*.
- Vishal, M. K., et al. (2022). *Leaf Count Aided Novel Framework for Rice (Oryza sativa L.). Frontiers in Plant Science*, 13, 9614605. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9614605/>
- Wang, X.-Z., Chen, J.-S., Wang, W., Niu, D.-B., Wu, H.-Z., Palli, S. R., Cao, H.-Q., & Sheng, C.-W. (2023). *Knockdown of the glutamate-gated chloride channel gene decreases emamectin benzoate susceptibility in the fall armyworm, Spodoptera frugiperda*.

- Pesticide Biochemistry and Physiology, 196, Article 105636.
<https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2023.105636>
- Williams, T., Caballero, P., & Muñoz, D. (2022). *Nucleopolyhedrovirus cocclusion technology: Principles and potential for pest control*. *Frontiers in Microbiology*, 12, 810026. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.810026>
- Yanqui Diaz, & Bravo Choque, Nicanor. (2022). *Umbral de tratamiento del gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) en el cultivo de maíz amiláceo (Zea mays L. ssp amiláceo)*. *Manglar*, 19(3), 291-297. Epub 28 de octubre de (2022). <https://dx.doi.org/10.17268/manglar.2022.037>
- Yañez López, R., Vázquez Ortega, A., Arreguín Centeno, J. A., Soria Ruíz, J., & Quijano Carranza, J A. (2019). *Sistema de alerta contra el gusano cogollero Spodoptera frugiperda (J. E. Smith) (Insecta: Lepidoptera: Noctuidae)*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(2), 405–416. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i2.803>

T1 (Testigo absoluto)							T2 (VPN)						
N Planta	Altura de planta	Numero de hoja	Grosor del tallo	Daño por m2	Larvas encontradas m2	Larvas infectadas por m2	N Planta	Altura de planta	Numero de hoja	Grosor del tallo	Daño por m2	Larvas encontradas m2	Larvas infectadas por m2
1							1						
2							2						
3							3						
4							4						
5							5						
6							6						
7							7						
8							8						
9							9						
10							10						

IX. ANEXOS

Anexo 1. Hojas de muestreo utilizada para la recolección de datos

T3 (Segunda dosis del VPN)								T4 (Benzoato de emamectina)						
Fecha de muestreo	N Planta	Altura de planta	Numero de hoja	Grosor del tallo	Daño por m2	Larvas encontradas m2	Larvas infectadas por m2	N Planta	Altura de planta	Numero de hoja	Grosor del tallo	Daño por m2	Larvas encontradas m2	Larvas infectadas por m2
	1							1						
	2							2						
	3							3						
	4							4						
	5							5						
	6							6						
	7							7						
	8							8						
	9							9						
	10							10						

Anexo 2. Toma de dato del ensayo en laboratorio

A) Colocación de larvas en los envases experimentales. B) Corte del alimento para cada envase larval. C) Condiciones iniciales de las larvas en recipientes alimentados. D) Organización en recipientes individuales con numeración asignada.

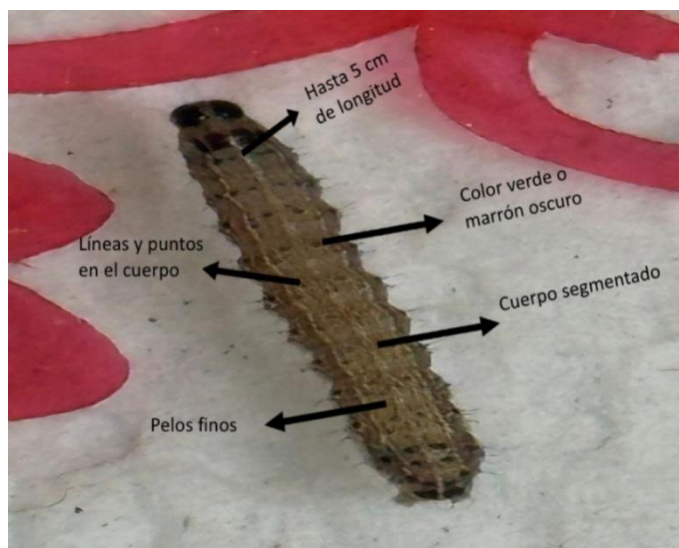


Anexo 3. Tratamientos utilizados en laboratorio y campo

A) Virus de la poliedrosis nuclear B) Benzoato de emamectina.



Anexo 4. Descripción de larva de *Spodoptera frugiperda*



Fuente: (Russ Ottens/Bugwood.org)

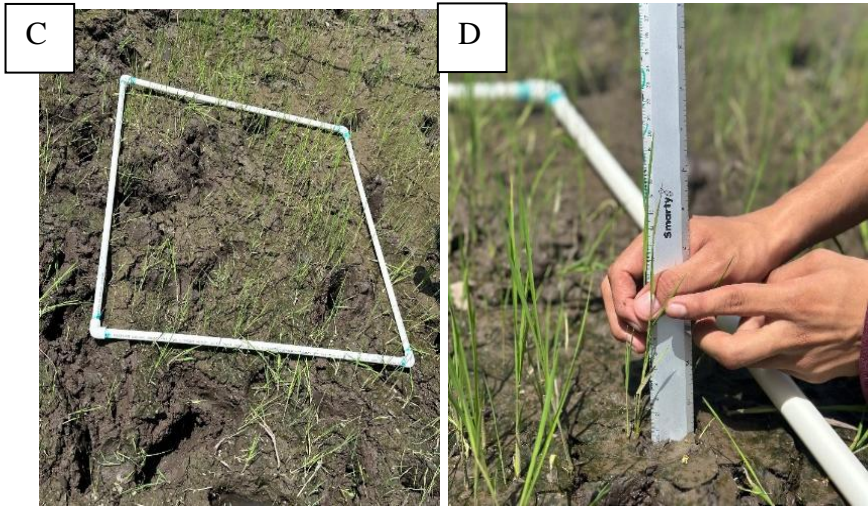
Anexo 5. Establecimiento del ensayo en campo



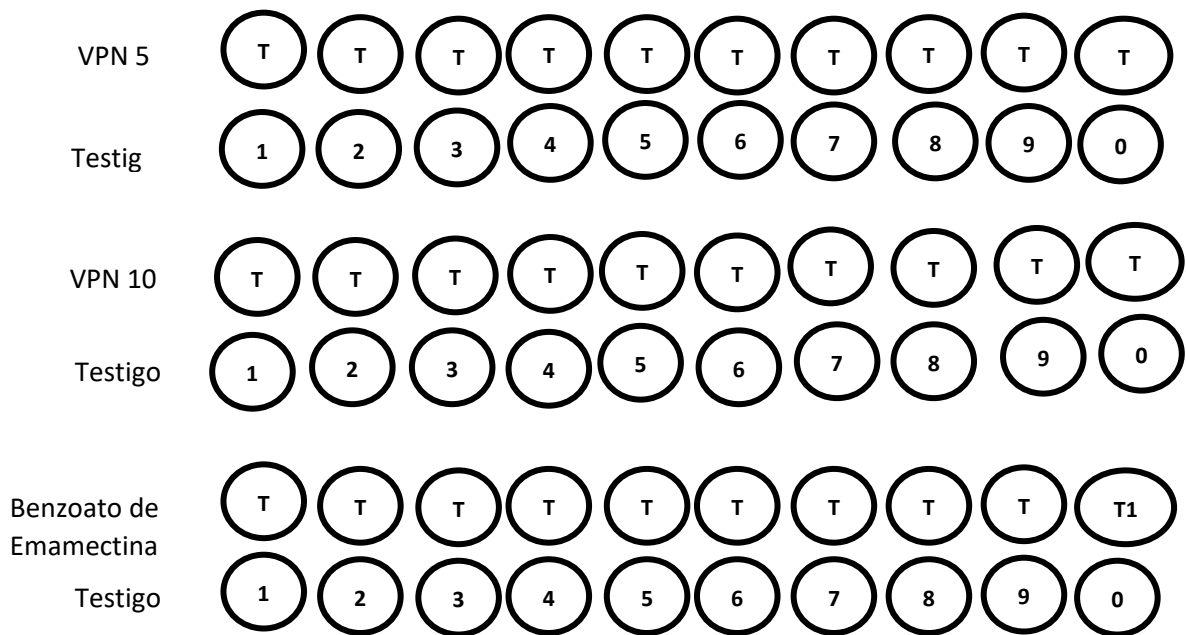
Anexo 6. Aplicación de los productos (VPN y Benzoato de emamectina)



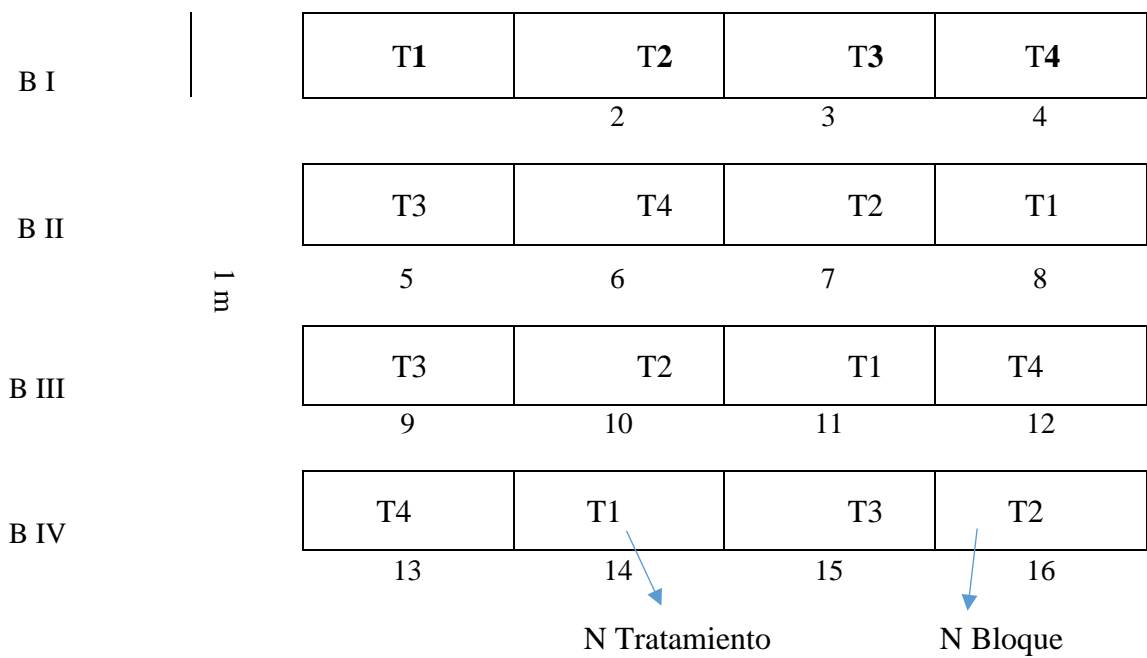
Anexo 7. Levantamiento de datos (A). Medición del grosor de tallo en arroz (B). C) Muestreo en campo por metro cuadrado. D) Medición de la altura de la planta



Anexo 8. Plano de laboratorio (A)



Plano de campo (B)



Anexo 9. Análisis de varianza de altura de la planta

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	96158.21	26	3698.39	761.40	<0.0001
Fechas	95868.63	5	19173.73	3947.37	<0.0001
Bloque	71.49	3	23.83	4.91	0.0022
Trat	44.58	3	14.86	3.06	0.0275
Fechas*trat	173.50	15	11.57	2.38	0.0022
Error	4531.90	933	4.86		
Total	100690.11	959			

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

Variable	R ²	CV
Altura	0.95	11.52

Anexo 10. Separación de medias de altura de la planta

TRAT	Medias	n	E.E.
4- B emamectina	19.39	240	0.14 A
2- VPN 0.2 ml	19.30	240	0.14 A B
3- VPN 0.4 ml	19.02	240	0.14 A B
1- Testigo absoluto	18.85	240	0.14 B

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

Anexo 11. Análisis de varianza de número de hoja

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2005.62	26	77.14	71.79	<0.0001
Fechas	1963.86	5	392.77	365.56	<0.0001
Bloque	2.95	3	0.98	0.92	0.4325
Trat	12.98	3	4.33	4.03	0.0073
Fechas*trat	25.82	15	1.72	1.60	0.0670
Error	1002.47	933	1.07		
Total	3008.82	959			

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

R ²	CV
0.67	20.59

Anexo 12. Separación de medias de número de hoja

TRAT	Medias	n	E.E.
2- VPN 0.2 ml	5.16	240	0.07 A
1- Testigo absoluto	5.14	240	0.07 A
4- B emamectina	4.94	240	0.07 A B
3- VPN 0.4 ml	4.90	240	0.07 B

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

Anexo 13. Análisis de varianza de grosor del tallo

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	705.49	26	27.13	145.75	<0.0001
Fechas	681.56	5	136.31	732.19	<0.0001
Bloque	4.05	3	1.35	7.25	0.0001
Trat	1.02	3	0.34	1.83	0.1401
Fechas*trat	18.86	15	1.26	6.75	<0.0001
Error	173.70	933	0.19		
Total	879.19	959			

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

R ²	CV
0.80	31.29

Anexo 14. Análisis de varianza de daño por m²

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	64.72	14	4.62	2.81	0.0011
Fechas	5.73	2	2.86	1.74	0.1796
Bloque	8.84	3	2.95	1.79	0.1521
Trat	36.88	3	12.29	7.47	0.0001
Fechas*trat	13.28	6	2.21	1.35	0.2418
Error	212.20	129	1.64		
Total	276.92	143			

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

R ²	CV
0.80	52.33

Anexo 15. Separación de medias de daño por m²

TRAT	Medias	n	E.E.
1- Testigo absoluto	3.32	36	0.21 A
4- B emamectina	2.26	36	0.21 B
2- VPN 0.2 ml	2.18	36	0.21 B
3- VPN 0.4 ml	2.05	36	0.21 B

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

Anexo 16. Análisis de varianza de larvas encontradas m²

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3.92	14	0.28	3.08	0.0004
Fechas	0.32	2	0.16	1.79	0.1714
Bloque	0.26	3	0.09	0.95	0.4210
Trat	2.26	3	0.75	8.31	<0.0001
Fechas*trat	1.07	6	0.18	1.97	0.0747
Error	11.72	129	0.09		
Total	15.64	143			

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

R ²	CV
0.78	27.32

Anexo 17. Análisis de varianza de larvas infectadas m²

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.96	14	0.21	2.86	0.0009
Fechas	0.45	2	0.22	3.03	0.0518
Bloque	0.20	3	0.07	0.91	0.4366
Trat	1.85	3	0.62	8.32	<0.0001
Fechas*trat	0.46	6	0.08	1.04	0.4046
Error	9.55	129	0.07		
Total	12.51	143			

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

R ²	CV
0.75	30.12

Anexo 18. Análisis de varianza de % de mortalidad

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	10.99	29	0.38	10.80	<0.0001
Trat	5.90	5	1.18	33.65	<0.0001
Dia	2.93	4	0.73	20.89	<0.0001
Trat*dia	2.16	20	0.11	3.08	<0.0001
Error	11.23	320	0.04		
Total	22.22	349			

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

R ²	CV
0.85	18.27