



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

DIRECCIÓN DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

Trabajo de Tesis

Alternativas botánicas y biológicas en el manejo
de plagas en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*
L.), San Isidro, Matagalpa, 2024

Autores

Br. Hazell Alejandra Navarrete Medrano

Br. Yeimin José Pérez Méndez

Asesores

Ing. MSc. Juan Carlos Morán Centeno

Ing. MSc. José Manuel Laguna Dávila

Presentado a la consideración del honorable comité
evaluador como requisito final para optar al grado de
Ingeniero Agrónomo

Managua, Nicaragua
Agosto, 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

M.Sc. Freddy Rivera Umanzor
Presidente

M.Sc. Jorge Antonio Gómez
Secretario

Ing. Johnston Erizaet Zeledón Rodríguez
Vocal

Lugar y fecha: Managua, Nicaragua, 08/08/2025

DEDICATORIA

A:

Dios, quien me ha guiado y dado fuerzas para superar cada desafío. Sin Su gracia y sabiduría.

A mis padres, por su amor incondicional, sacrificios y apoyo constante en cada paso de mi vida.

A mis hermanos quienes son mi mayor inspiración y el motor que me impulsa a seguir adelante.

A mis amigos universitarios, por su compañerismo, risas y el aprendizaje compartido durante esta etapa tan significativa.

Y especialmente a Jeyci, por ser un apoyo inquebrantable en todos los sentidos posibles, en formas que solo él y yo comprendemos. Gracias por estar siempre a mi lado, creyendo en mí y dándome fuerzas cuando más lo necesitaba.

Con todo mi cariño y gratitud.

Br. Hazell Alejandra Navarrete Medrano

DEDICATORIA

A:

Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada paso de mi vida. Agradezco infinitamente sus bendiciones, que me han permitido superar los desafíos y llegar hasta este momento con fe y esperanza.

A mis padres, Rutilio Pérez y Yolanda Méndez, por su constante amor, arduo trabajo y ayuda; Su ejemplo me muestra lo importante que es el trabajo arduo y el compromiso; Sin ustedes, este logro no sería posible.

A mi abuela Gregoria Ruiz, siempre me inspira con su amor, sabiduría y enseñanzas; Su determinación y cariño han permanecido conmigo a lo largo de esta experiencia.

Quiero agradecer a mis tías, Adilia, Sonia, Erlinda y Elvia, por creer siempre en mí. Su guía y sus comentarios de apoyo me han dado valor durante los períodos difíciles. Aprecio su presencia constante y su amabilidad.

Quiero decir que este trabajo es todo para ustedes, mi familia, quienes me hicieron sentir orgulloso e inspirado.

Br. Yeimin José Pérez Méndez

AGRADECIMIENTO

A:

Dios, por ser mi fuente de fortaleza y sabiduría, y por brindarme las bendiciones necesarias para alcanzar este logro.

A mis padres, por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser el pilar fundamental en mi vida.

A Jeyci, por ser una persona especial que con su presencia y apoyo hizo este camino más llevadero.

A cada uno de ustedes, mi eterno agradecimiento.

Br. Hazell Alejandra Navarrete Medrano

A:

Dios, quien ha sido mi guía y fuente de fortaleza a lo largo de este camino, permitiéndome alcanzar esta meta. A mis asesores, MSc. Juan Carlos Morán Centeno y MSc. José Manuel Laguna Dávila les extiendo mi más sincera gratitud por su incansable dedicación, paciencia y por compartir su conocimiento, que ha sido fundamental para el desarrollo de esta tesis y mi formación como ingeniero agrónomo, a mi familia, especialmente a mis padres, quienes, con su amor, comprensión y apoyo incondicional, han sido el pilar que me permitió llegar hasta aquí.

Br. Yeimin José Pérez Méndez

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE ANEXOS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.1. Objetivos específicos	3
III. MARCO DE REFERENCIA	4
3.1. Relevancia del cultivo de arroz	4
3.2. Características morfológicas	4
3.2.1. Sistema radicular	4
3.2.2. Tallo	4
3.2.3. Macolla	5
3.2.4. Hojas	5
3.2.5. Flores	5
3.2.6. Semilla	5
3.3. Uso de agroquímicos en el cultivo de arroz	6
3.4. Control biológico como alternativa sostenible	6
3.5. Certeza experimental del uso de entomopatógenos	7
3.6. Control biológico y manejo sostenible de plagas	7
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	8
4.1. Localización del estudio	8
4.2. Enfoque metodológico	9
4.3. Diseño del experimento	9
4.4. Tratamientos evaluados	10
4.5. Manejo del experimento	10
4.6. Monitoreo de plagas	11
4.7. Variables evaluadas	11
4.8. Análisis de los datos	12
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
5.1. Comportamiento de artrópodos plagas	13
5.2. Comportamiento de artrópodos benéficos	18
5.3. Comportamiento de artrópodos por tratamiento y fase de desarrollo del cultivo	20
5.4. Índice de diversidad de los artrópodos	23
5.5. Análisis económico de los tratamientos bajo estudio	24
IV. CONCLUSIONES	27
V. RECOMENDACIONES	28
VI. LITERATURA CITADA	29
VII. ANEXOS	32

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Descripción de los tratamientos a ser evaluados en el manejo de artrópodos en el cultivo de arroz	10
2. Significación estadística para los artrópodos encontrados en el cultivo de arroz, San Isidro - Matagalpa, Nicaragua	20
3. Comparación de <i>T. orizicolus</i> , por tratamiento y etapa fenológica (Tukey= 0.05), en el cultivo de arroz, San Isidro - Matagalpa, Nicaragua	21
4. Comparación de artrópodos plagas por etapa fenológica (Tukey= 0.05), en el cultivo de arroz, San Isidro - Matagalpa, Nicaragua	22
5. Comparación de artrópodos benéficos por etapa fenológica (Tukey= 0.05)	23
6. Comparación de la abundancia de artrópodos en el cultivo de arroz	24
7. Costo de producción para una manzana de arroz (7,026 m ²), empleando los tratamientos evaluados	25
8. Cálculo de la relación beneficio/Costo para una manzana de arroz (7,026 m ²), empleando los tratamientos evaluados	26

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Variación de la humedad relativa y las precipitaciones registradas durante el periodo diciembre 2023 a abril 2024 en el municipio de San Isidro, Matagalpa, (Davis Vantage Pro2™ plus, código: 001D0A00BD6D).	8
2. (a) Comportamiento de Sogata (<i>Tagosodes orizicolus</i>), por tratamientos evaluado y (b) Días después de la siembra.	14
3. (a) Comportamiento de <i>Hydrellia</i> spp por tratamientos evaluados y (b) Días después de la siembra.	15
4. (a) Comportamiento de <i>Spodoptera</i> spp por tratamientos evaluados y (b) Días después de la siembra.	16
5. (a) Comportamiento de <i>Dalbulus</i> spp por tratamientos evaluados y (b) Días después de la siembra.	16
6. (a) Comportamiento de <i>Lissorhoptrus</i> spp por tratamientos evaluados y (b) Días después de la siembra.	17
7. (a) Comportamiento de <i>Conocephalus</i> spp por tratamientos evaluados y (b) Días después de la siembra.	18
8. (a) Comportamiento de <i>Atrichopogon</i> spp por tratamientos evaluados y (b) Días después de la siembra.	19
9. (a) Comportamiento de <i>Tetragnata</i> spp por tratamientos evaluados y (b) Días después de la siembra.	19
10 Rendimiento (kg. ha ⁻¹), obtenido en el cultivo de arroz.	26

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
1. Plano de campo del estudio	32
2. Distribución y aplicación de los tratamientos en el campo.	33
3. Cosecha y aporreo del arroz de manera tradicional en campo.	33
4. Pesado de arroz para cada tratamiento evaluado.	34

RESUMEN

El arroz (*Oryza sativa* L.), representa una fuente de energía de gran importancia en la dieta humana. Esta investigación se propuso evaluar alternativas de manejo de plagas en el cultivo de arroz, en san Isidro, Matagalpa, en la época de riego 2023-2024. Empleando un diseño de Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos (T1= *Beauveria bassiana* + *Allium sativum*, T2= *Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliae* + *Allium sativum*, T3= *Metarhizium anisopliae* + *Purpureocillium lilacinum* + *Azadirachta indica* - *Cinnamomum verum*, T4= *Beauveria bassiana* + *Cinnamomum verum* y T5= Manejo químico), realizando cinco aplicaciones desde los 10 hasta los 96 días después de la siembra; se efectuaron muestreos cada ocho días, eligiendo cinco puntos por parcela experimental y en cada punto se realizaron 20 pases dobles con una red entomológica. Se contabilizó el número de artrópodos capturados, separándose por familias y hábitos alimenticios (Plagas y Benéficos) y análisis de beneficio-costo. Los datos se transformaron (Log 10), para ajustar a la normalidad, empleando modelos lineales, análisis de varianza y separación de medias de Tukey (0.05), la diversidad se analizó mediante índice de Shannon-Weaver y Simpons. El tratamiento que controló mejor a los artrópodos plaga fue el cinco (T5), sobresaliendo la presencia de tres especies de importancia *T. orizicolus*, *Hydrellia* sp y *Spodoptera* sp. Las mayores afectaciones se registraron en la etapa desarrollo y reproductiva. La diversidad benéfica sobresalió en la fase reproductiva, mostrando una relación directa entre depredador y presa en el cultivo de arroz. El análisis de beneficio-costo mostró que todos los tratamientos son rentables, siendo el tratamiento dos, seguido por el cinco en donde se contabilizó la mayor relación.

Palabras clave: Arroz, diversidad, *Tagosodes orizicolus*, plagas, manejo, beneficio-Costo.

ABSTRACT

Rice (*Oryza sativa* L.) represents a very important source of energy in the human diet. This research aimed to evaluate pest management alternatives in rice cultivation, in San Isidro, Matagalpa, in the irrigation season 2023-2024. Using a Randomized Complete Block design with four replications and four treatments (T1 = *Beauveria bassiana* + *Allium sativum*, T2 = *Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliae* + *Allium sativum*, T3 = *Metarhizium anisopliae* + *Purpureocillium lilacinum* + *Azadirachta indica* - *Cinnamomum verum*, T4 = *Beauveria bassiana* + *Cinnamomum verum* and T5 = Chemical management), making five applications from 10 to 96 days after planting; Sampling was carried out every eight days, choosing five points per experimental plot, and at each point, 20 double passes were made with an entomological net. The number of captured arthropods was counted, separated by families and feeding habits (Pests and Beneficials) and benefit-cost analysis was performed. The data were transformed (Log 10), to adjust for normality, using linear models, analysis of variance and Tukey's separation of means (0.05); diversity was analyzed using the Shannon-Weaver and Simpson indices. The treatment that best controlled pest arthropods was five (T5), highlighting the presence of three important species: *T. orizicolus*, *Hydrellia* sp and *Spodoptera* sp. The greatest impacts were recorded in the development and reproductive stages. Beneficial diversity stood out in the reproductive phase, showing a direct relationship between predators and prey in rice crops. The benefit-cost analysis showed that all treatments were cost-effective, with treatment two, followed by treatment five, showing the highest ratio.

Key words: Rice, diversity, *Tagosodes orizicolus*, pests, management, benefit-Cost.

I. INTRODUCCIÓN

Se estima que el arroz es cultivado comercialmente en 110 países, siendo Asia quien produce el 85 % de la producción anual a nivel global, sin embargo, consumen el 80 % del arroz del mundo (Dorairaj y Govender, 2023; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2022a, 2023). Según Vavilov, considera que el arroz cultivado es originario de la India, después paso a la china y finalmente al resto del mundo (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2018).

Este cultivo se adapta a terrenos inundados (Miranda Rodríguez, 2020). El arroz es fundamental en la seguridad alimentaria de los consumidores, ya que constituye el principal aporte calórico, siendo el alimento que mayor predominancia tiene en 34 países de América Latina, África y Asia. En varios países de Asia la población depende del arroz al aportar más del 50 % de la demanda calórica de sus dietas y el 60 % de sus proteínas (Dorairaj y Govender, 2023; Zhu *et al.*, 2024).

En Nicaragua, constituye parte de la canasta básica, al ser parte de la dieta de la población, la producción bajo riego está en manos de grandes productores (Téllez & Rivera, 2015). Según el Instituto Nacional Técnico y tecnológico [INATEC], (2018), se ha demostrado que a nivel nacional en los últimos diez años el consumo per cápita ha pasado de 29.54 kg a 51.82 kg.

De acuerdo con Téllez & Rivera, (2015), se ha incrementado la producción nacional de arroz en un 2.5 %, logrando obtener 6.1 millones de quintales oro. Teniendo en cuenta la importancia económica y el impacto social del cultivo de arroz a nivel global y nacional, se deben buscar alternativas de manejo de plagas para alcanzar rendimientos óptimos y abastecer la demanda nacional. Las pérdidas causadas por plagas son una de las mayores limitantes en cuanto a la productividad de arroz por unidad de área, provocando un aumento significativo de los costos de producción (Vivas & Astudillo, 2009).

En el agroecosistema de arroz, se encuentran relaciones entre organismos con diferentes roles tróficos (depredadores, parasitoides y fitófagos), dentro de estos grupos funcionales sobresalen las arañas (Tetragnathidae y Lycosidae), avispas parasitoides y chinches depredadores que controlan a los artrópodos plagas del cultivo en épocas tempranas y tardías (Obregón-Corredor et al., 2021).

Esta información aporta información relevante sobre la utilización de diversas alternativas para reducir las afectaciones de organismos plagas en el cultivo de arroz, en las condiciones ambientales del municipio de San Isidro, Matagalpa, en la época de riego, 2024.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar alternativas botánicas y biológicas para el control de plagas en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), en las condiciones agroclimáticas del municipio de San Isidro, Matagalpa, 2023-2024.

2.1. Objetivos específicos

- ✓ Determinar la eficacia de diferentes alternativas de control de plagas en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), en San Isidro, Matagalpa.
- ✓ Estimar el momento de mayor incidencia poblacional de artrópodos plagas presentes en el cultivo de arroz.
- ✓ Estimar la alternativa de mayor rentabilidad basadas en el rendimiento para el control de plagas en el cultivo de arroz.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1. Relevancia del cultivo de arroz

De acuerdo con Córdoba (2007), en sánscrito el arroz es denominado como “el sustento de la humanidad”. Actualmente, este cereal constituye un alimento esencial en la dieta diaria de más de la mitad de la población mundial, siendo el continente asiático el principal consumidor con aproximadamente el 80 % de la demanda global. El arroz se cultiva en el 11 % de la superficie agrícola mundial, y Asia alberga el 88 % de las áreas de cultivo, generando más del 90 % de la producción total. El resto se distribuye entre África, América y algunas regiones del sur y sureste de Europa.

3.2. Características morfológicas

Es una planta autógama perteneciente a la familia Poaceae, adaptada principalmente a climas tropicales. Originalmente cultivada en condiciones secas, con el tiempo evolucionó hacia un cultivo semiacuático. Presenta tallos ramificados que pueden alcanzar entre 0.6 y 1.8 metros de altura, culminando en una panícula de 20 a 30 cm que contiene entre 50 y 300 flores, de las cuales se desarrollan los granos.

3.2.1. Sistema radicular

El sistema de raíces del arroz incluye tres tipos: la radícula (primaria), raíces del mesocotilo (entre el coleóptilo y la primera hoja), y raíces nodales o adventicias. Estas se originan en el embrión, el mesocotilo y los nudos del tallo, respectivamente (INATEC, 2018).

3.2.2. Tallo

El tallo es erecto, cilíndrico y presenta varios entrenudos cuya cantidad y longitud dependen de la variedad. Su altura varía entre 0.6 y 1.8 metros (INATEC, 2018).

3.2.3. Macolla

Las macollas son brotes secundarios que emergen de las yemas axilares del tallo principal. Cada una forma una unidad completa con tallo, raíces, hojas, panículas y nuevas macollas. Estas pueden separarse y utilizarse para propagación vegetativa (Becerra & Donoso, 2020).

3.2.4. Hojas

Las hojas se disponen lateralmente a lo largo del tallo y constan de:

Vaina: Parte inferior que envuelve el tallo y protege las hojas jóvenes.

Cuello: Zona de unión entre la vaina y la lámina, donde se encuentran la lígula y la aurícula.

Lámina: Larga, lanceolada, con venación paralela, y superficie que puede ser pubescente o no. Es el principal órgano fotosintético.

3.2.5. Flores

Las flores se agrupan en panículas que emergen del último nudo del tallo. Esta inflorescencia tiene un eje principal dividido en raquis (parte superior) y pedúnculo (parte inferior).

3.2.6. Semilla

El grano está compuesto por dos brácteas (lemma y palea) que envuelven la cariopsis, el fruto del arroz. Estas estructuras regulan el suministro de nutrientes y agua durante el desarrollo del grano. El arroz integral conserva el pericarpio marrón, mientras que el arroz rojo presenta un pericarpio rojizo.

3.3. Uso de agroquímicos en el cultivo de arroz

El manejo de plagas en el arroz, especialmente artrópodos, requiere el uso de tecnologías adecuadas para minimizar el impacto ambiental y mejorar la productividad. Entre estas tecnologías destacan los agroquímicos, sustancias de origen natural, biológico o sintético que, si se aplican correctamente, pueden mejorar el rendimiento, conservar el suelo y mantener la sanidad del cultivo (Rodríguez y Jiménez-Martínez, 2019).

El uso eficiente de estos productos permite suplir las necesidades nutricionales del arroz, siendo su efectividad dependiente de factores como las propiedades del agroquímico, las características del suelo y las condiciones climáticas (Moreira *et al.*, 2021).

3.4. Control biológico como alternativa sostenible

El control químico ha sido la estrategia predominante para el manejo de plagas, utilizando insecticidas sistémicos. Sin embargo, el uso excesivo de estos productos ha generado resistencia en las poblaciones de plagas y ha afectado negativamente a insectos benéficos (Vivas *et al.*, 2009; Morales & Jennings, 2010).

Como alternativa, el control biológico mediante hongos entomopatógenos ha demostrado ser eficaz y ambientalmente seguro. Estos hongos, como *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces lilacinus* y *Verticillium lecanii*, infectan a los insectos hospedadores, provocando su muerte sin afectar el medio ambiente ni la salud humana (González *et al.*, 2012a; Mota-Delgado & Murcia-Ordoñez, 2011). Aunque su acción es más lenta que la de los insecticidas químicos, no generan resistencia y pueden integrarse en programas de manejo integrado de plagas (Castro & Martínez, 2019).

3.5. Certeza experimental del uso de entomopatógenos

En un estudio realizado en Ecuador, se evaluó la eficacia de productos comerciales a base de entomopatógenos sobre ninfas de sogata. El tratamiento más efectivo fue una mezcla de *B. bassiana*, *M. anisopliae* y *V. lecanii*, que logró una mortalidad del 96.25 % a las 72 horas (Moreira *et al.*, 2021). Además, se identificaron insectos benéficos como mariquitas (Coccinellidae), arañas (Tetragnatha sp.) y avispas (Trathala sp.), lo que refuerza la importancia de estrategias integradas que combinen agentes biológicos con prácticas culturales y, en última instancia, químicos selectivos a bajas dosis.

3.6. Control biológico y manejo sostenible de plagas

El control biológico se presenta como una alternativa sostenible frente al uso excesivo de agroquímicos. Se ha demostrado que hongos entomopatógenos y extractos vegetales pueden reducir significativamente la población de ninfas de sogata (Moreira *et al.*, 2021). Además, la presencia de insectos benéficos como coccinélidos, avispas y arañas puede contribuir al control natural de plagas en agroecosistemas productivos (Pérez-Méndez *et al.*, 2020).

Otros organismos de relevancia en el cultivo de arroz, como *Spodoptera* y *Dalbulus*, han sido documentados por Rivera (2024), quien, al evaluar el efecto de productos botánicos, identificó que estos insectos provocan daños significativos durante los primeros 32 días posteriores a la germinación del cultivo. En consonancia con estos hallazgos, Muñoz *et al.* (2017) señalaron que la implementación temprana de estrategias de manejo integrado contribuye a reducir de manera efectiva las afectaciones causadas por estas plagas, resaltando la importancia de una intervención oportuna en las etapas iniciales del desarrollo del arroz

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización del estudio

El estudio se llevó a cabo en la comunidad La Majadita, dentro de la finca Yerba Buena, ubicada en el municipio de San Isidro, departamento de Matagalpa. Esta finca, dedicada a la producción de arroz, se encuentra en las coordenadas 05° 85' 897" de latitud norte y 14° 16' 310" de longitud oeste. Para el cultivo se utilizó la variedad Lazarroz, sembrada de forma manual con una densidad de 140 kg de semilla certificada por hectárea. El manejo del cultivo, tanto agronómico como fitosanitario, siguió las recomendaciones del Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE, 2012).

El clima de la zona es cálido y húmedo, con temperaturas promedio que oscilan entre los 21 y 30 °C, y lluvias anuales que varían entre 800 y 2000 mm, concentradas principalmente entre mayo y octubre (Meza, 2023).

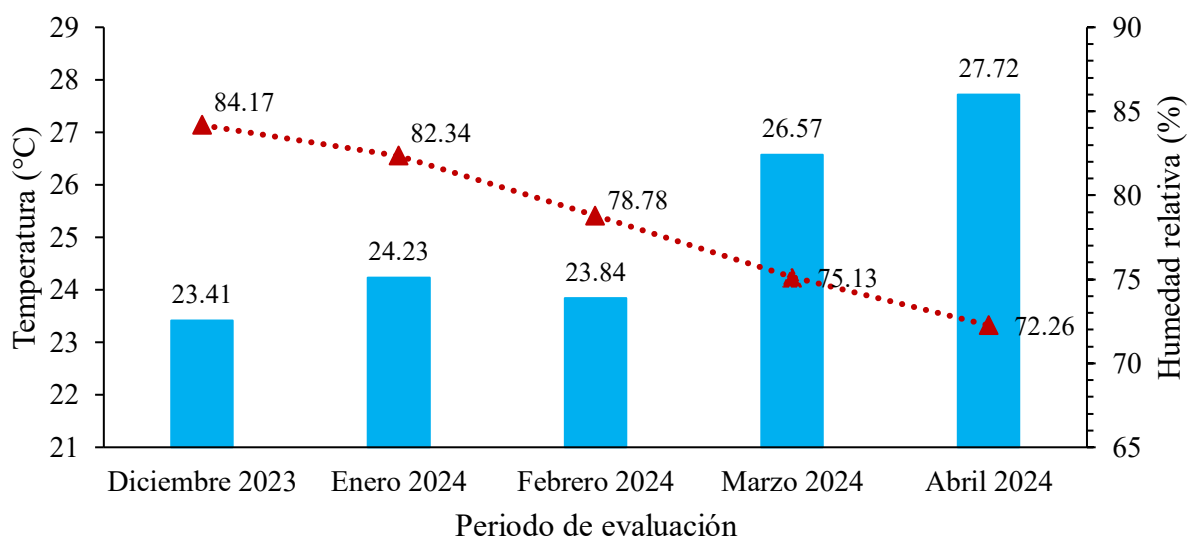


Figura 1. Variación de la humedad relativa y las precipitaciones registradas durante el periodo diciembre 2023 a abril 2024 en el municipio de San Isidro, Matagalpa, (Davis Vantage Pro2™ plus, código: 001D0A00BD6D).

4.2. Enfoque metodológico

Esta investigación fue de carácter experimental, con un enfoque aplicado, prospectivo y longitudinal. Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), en el que se evaluaron cinco tratamientos diferentes basados en productos botánicos, biológicos y químicos con cuatro repeticiones cada uno, con la finalidad de analizar su efectividad en el control de plagas en el cultivo de arroz (Cuadro 1).

4.3. Diseño del experimento

Se estableció una parcela experimental de 1,600 m², dividida en cuatro bloques de 400 m² cada uno. Cada unidad experimental medía 8 x 10 metros (80 m²). El análisis estadístico se basó en un modelo lineal que consideró los efectos de los tratamientos, las etapas de desarrollo del cultivo y los bloques, además del error experimental.

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \alpha_j + \beta_k + \varepsilon_{ijk}$$

$i = 1, 2, 3, \dots, i$. Representa los tratamientos evaluados.

$j = 1, 2, 3, \dots, j$. Representa las etapas fenológicas del cultivo.

$k = 1, 2, 3, \dots, k$. Representa los Bloques evaluados.

Y_{ijk} = Representa la variable aleatoria observable en la evaluación de los tratamientos (n-veces) los diferentes tipos de artrópodos controlados.

μ = Estima la media o promedio general de artrópodos encontrados en el estudio.

τ_i = Estima el efecto del i-ésimo tratamiento evaluado en el control de artrópodos en el cultivo de arroz.

α_j = Estima el efecto del j-ésima etapa fenológica del cultivo en el control de artrópodos en el cultivo de arroz.

β_k = Estima el efecto del k-ésimo bloque evaluado en el control de artrópodos en el cultivo de arroz.

ε_{ijk} = Representa el error experimental o la varianza no controlada en el estudio de evaluación de diferentes tratamientos en el control de artrópodos en el cultivo de arroz.

4.4. Tratamientos evaluados

Se probaron cinco tratamientos: cuatro de ellos combinaban hongos entomopatógenos con extractos botánicos como ajo y canela, y uno consistía en un manejo químico convencional. Todos fueron aplicados en condiciones reales de campo para evaluar su eficacia en el control de plagas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos a ser evaluados en el manejo de artrópodos en el cultivo de arroz

Tratamientos	Descripción del ingrediente activo (a.i)	Dosis	Momento de aplicación
T1	<i>Beauveria bassiana</i> + <i>Allium sativum</i>	1000 (ml)	Durante todo el ciclo
T2	<i>Beauveria bassiana</i> + <i>Metarhizium anisopliae</i> + <i>Allium sativum</i>	1000 (ml)	Durante todo el ciclo
T3	<i>Metarhizium anisopliae</i> + <i>Purpureocillium lilacinum</i> + <i>Azadirachta indica</i> - <i>Cinnamomum verum</i>	1000 (ml)	Durante todo el ciclo
T4	<i>Beauveria bassiana</i> + <i>Cinnamomum verum</i>	1000 (ml)	Durante todo el ciclo
T5	Acetameprid + Enamectin Benzoato	100 g	Fase de desarrollo
	Imidacloprid + Buprofezin	200 ml + 400 ml	Fase de desarrollo
	Imidacloprid + Pyroproxifen	100 g + 333 ml	Fase de desarrollo
	Tiocyclam hidrogenoxalato + Buprofezin	200 ml + 400 ml	Fase Vegetativa y Reproductiva
	Carbofuran + Pyroproxifen	500 ml + 333 ml	Fase Vegetativa y Reproductiva

4.5. Manejo del experimento

El terreno fue preparado con maquinaria agrícola y se aplicaron herbicidas antes de la siembra para reducir la presencia de malezas. Los tratamientos se aplicaron cinco veces, cada ocho días, desde los 10 hasta los 96 días después de la siembra, utilizando mochilas aspersores de 20 litros. Las aplicaciones se realizaron por la tarde, después de las 5:00 p.m., para asegurar una buena cobertura del cultivo.

4.6. Monitoreo de plagas

Para el monitoreo de artrópodos plaga, se siguió una metodología basada en estudios recientes (Montgomery *et al.*, 2021; Obregón-Corredor *et al.*, 2021; Sánchez-Alvarado *et al.*, 2023), efectuándola entre las 6:00 am y 9:00 am. En cada unidad experimental se seleccionaron diez puntos al azar y se recolectaron insectos con una red entomológica. Los especímenes fueron conservados en alcohol al 70 % y luego identificados en laboratorio con ayuda de claves taxonómicas y un estereoscopio Carl Zeiss.

4.7. Variables evaluadas

Se evaluaron las siguientes variables:

Hábitos alimenticios: según el comportamiento de cada especie.

Riqueza y diversidad: número de especies por tratamiento y etapa del cultivo.

Rendimiento de grano: medido en toneladas por hectárea, cosechando un metro cuadrado del centro de cada unidad experimental. La humedad del grano se ajustó del 22 % al 13 % para el cálculo, siguiendo la fórmula de la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI, 2016).

Estimación de parámetros económicos

Al finalizar el ciclo de cultivo, se llevó a cabo la cosecha de cada unidad experimental, registrando el rendimiento del arroz ajustado al 13 % de humedad, expresado en kilogramos por hectárea (kg/ha). Para evaluar la rentabilidad de los tratamientos aplicados, se realizó un análisis económico utilizando presupuestos parciales, tomando como referencia el precio de venta del arroz directamente en campo. En el cálculo de los costos variables totales, se consideraron todos los gastos asociados a cada tratamiento, incluyendo los costos de aplicación. A partir de estos datos, se determinaron los beneficios netos restando los costos totales del ingreso generado por cada tratamiento.

Además, se aplicó un análisis de dominancia y se calculó la tasa de retorno marginal, siguiendo la metodología propuesta por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) en 1988. Este enfoque permitió identificar los tratamientos más eficientes desde el punto de vista económico.

4.8. Análisis de los datos

Los datos recolectados se organizaron en Excel y se transformaron a escala logarítmica para cumplir con los supuestos de normalidad. Se realizaron análisis descriptivos y modelos lineales, seleccionando el modelo con menor valor de AIC. Se aplicaron pruebas estadísticas como Bartlett para normalidad, Kolmogorov-Smirnov para homogeneidad de varianza, ANOVA y prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para comparar promedios. Además, se llevó a cabo un análisis de beneficio-costos utilizando el software R (versión 4.2.3).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presente investigación describe el comportamiento de los principales artrópodos plagas y benéficos encontrados en sistemas productivos de arroz, así como su comportamiento en los diferentes tratamientos evaluados y fases de desarrollo del cultivo.

5.1. Comportamiento de artrópodos plagas

La Sogata cuenta con un hábito alimenticio fitófago, esta causa daños directos e indirectos a la producción de arroz, al alimentarse de la savia de la planta y llega a transmitir el virus de la hoja blanca (VHBA), el cual es destructivo para la producción, llegando a causar pérdidas mayores al 50 %. Las mayores cantidades de insectos se registraron en el tratamiento 3 (*Metarhizium anisopliae* + *Purpureocillium lilacinum* + *Azadirachta indica*-*Cinnamomum verum*), seguido del tratamiento 2 (*Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliae* + *Allium sativum*), siendo el tratamiento químico (Tratamiento 5), en donde se contabilizó la menor cantidad de sogata, así mismo, se encontró que esta plaga está presente en todas las fases del cultivo, sin embargo, las mayores poblaciones se registraron después de los 55 días finalizando la fase de desarrollo, iniciando la etapa reproductiva de la planta de arroz (Figura 2).

Esta plaga es reportada por García (2021), la cual la cataloga como el principal agente de daño en el cultivo del arroz, sin embargo, Brunner-Mendoza *et al.* (2019); Castillo-Carrillo *et al.* (2021); McGuire & Northfield, (2020), mencionan que los esfuerzos por controlar este insecto mediante alternativas biológicas y botánicas es cada vez mayor en la producción de arroz.

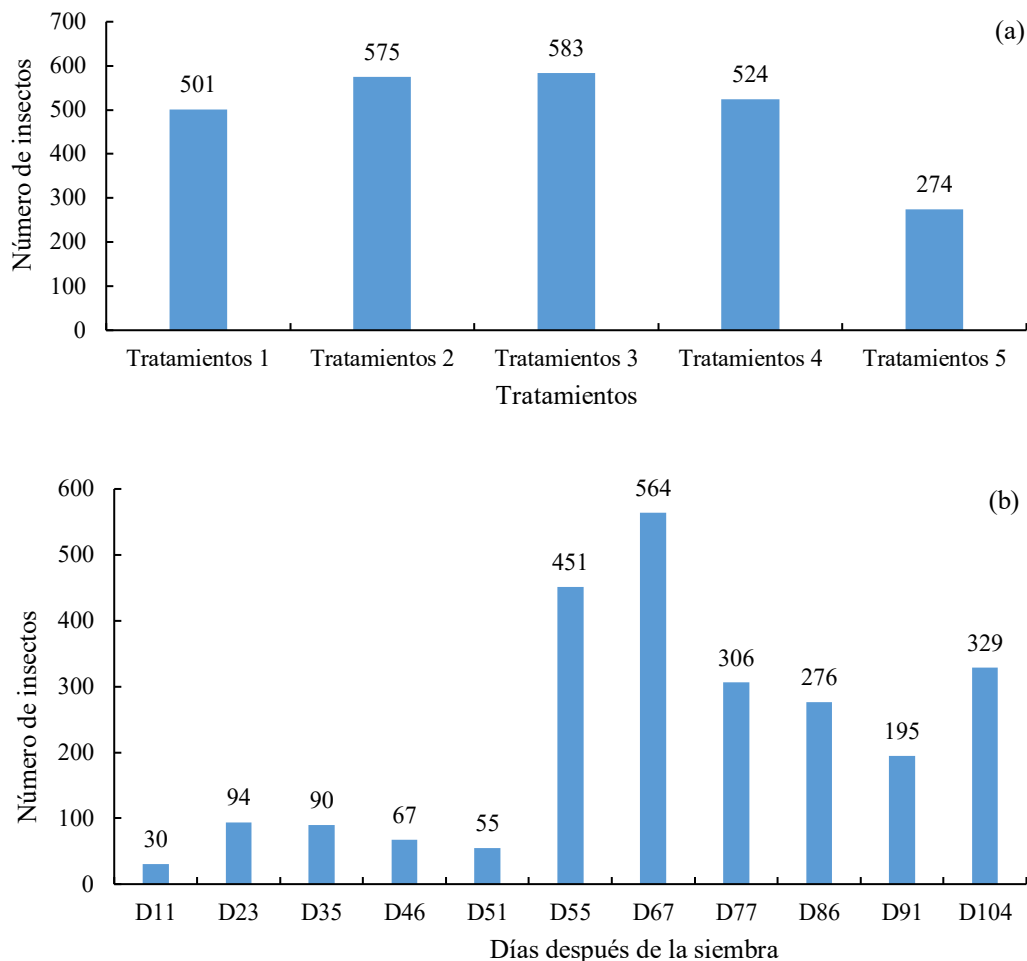


Figura 2. (a) Comportamiento de *Sogata (Tagosodes orizicolus)*, por tratamientos evaluado y (b) Días después de la siembra.

Otro insecto de importancia es la mosca del fango (*Hydrellia* sp), la cual, afecta el tejido foliar en sus primeros estadios de desarrollo al minar la lámina foliar de la planta de arroz, su comportamiento fue similar en los diferentes tratamientos, siendo el tratamiento 5 (Químico) y tratamiento 1 donde se encontraron mayores poblaciones. El muestreo efectuado a los 35 días registró la mayor cantidad de *Hydrellia* sp en el cultivo (Figura 3). Este comportamiento se asocia a que este insecto afecta las hojas tiernas, asociándose con el estado de desarrollo de la planta (Albertini, 2022).

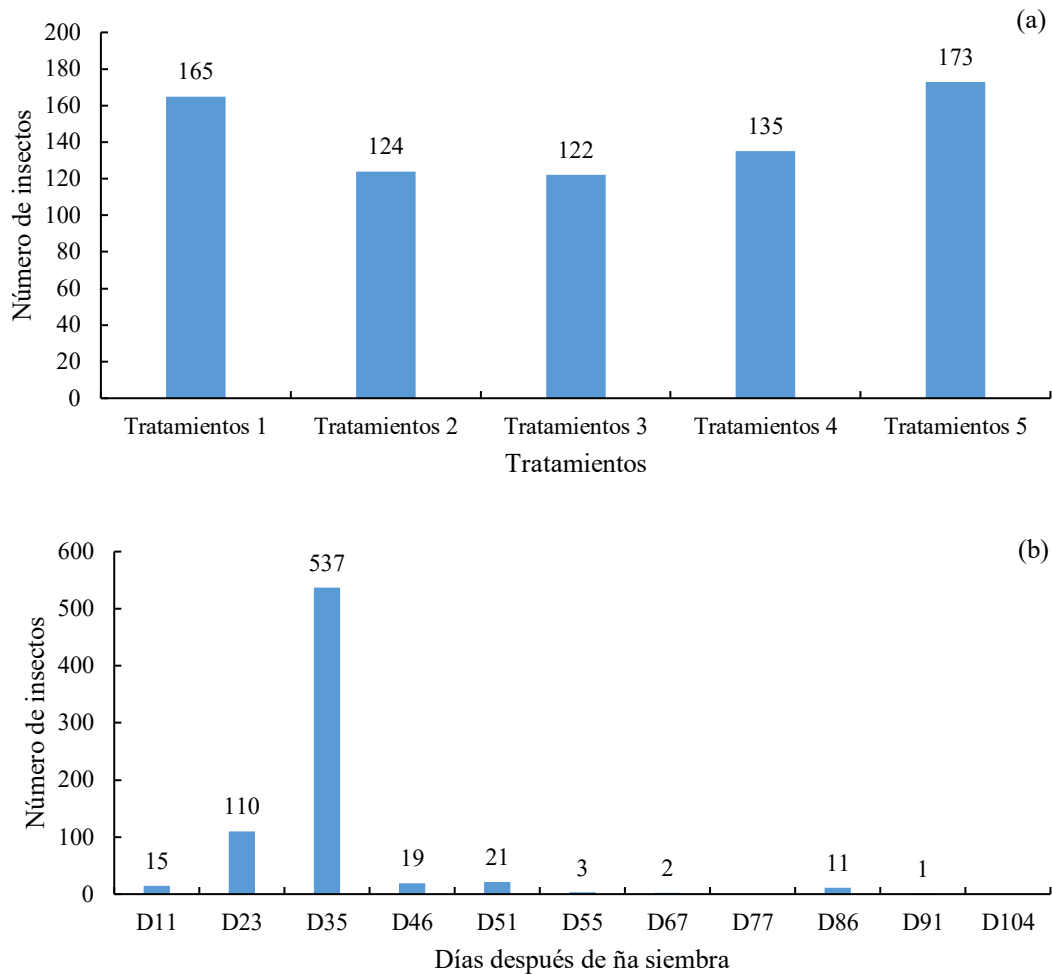


Figura 3. (a) Comportamiento de *Hydrellia* spp por tratamientos evaluados y (b) Días después de la siembra.

Este comportamiento de *Spodoptera* spp, fue similar en los tratamientos, en donde la mayor cantidad de larvas se contabilizaron en los primeros 35 días, siendo el tratamiento uno (*Beauveria bassiana* + *Allium sativum*) en donde se registró la mayor presencia (Figura 4). Este insecto afecta a otros cultivos de la familia Poaceae, llegando a causar pérdidas importantes en su producción (Muñoz *et al.*, 2017). La presencia de *Dalbulus* spp, fue mayor después de los 35 días de germinada la planta de arroz, con comportamiento constante durante todo el ciclo del cultivo, siendo el tratamiento uno en donde se registró la mayor cantidad del insecto (Figura 5).

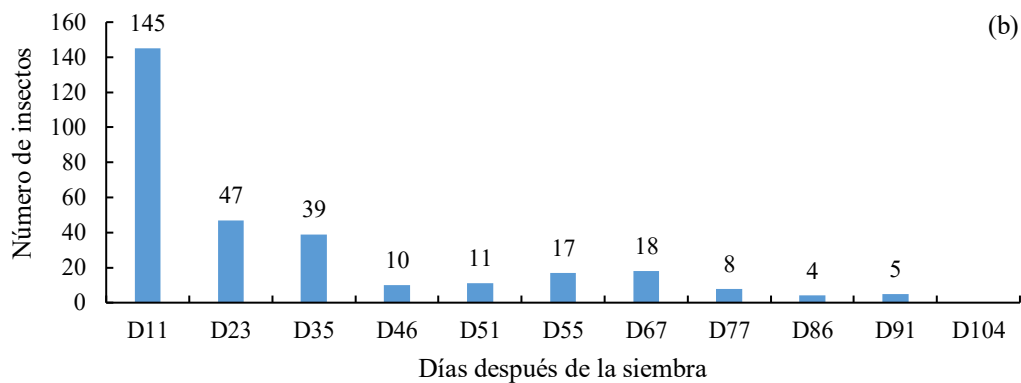
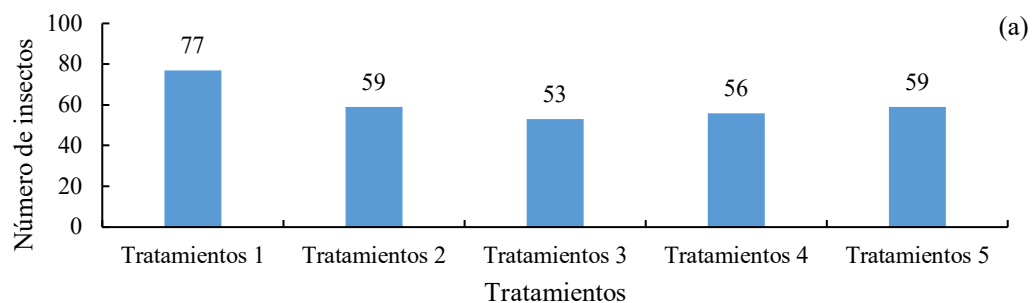


Figura 4. (a) Comportamiento de *Spodoptera* spp por tratamientos evaluados y (b) Días después de la siembra.

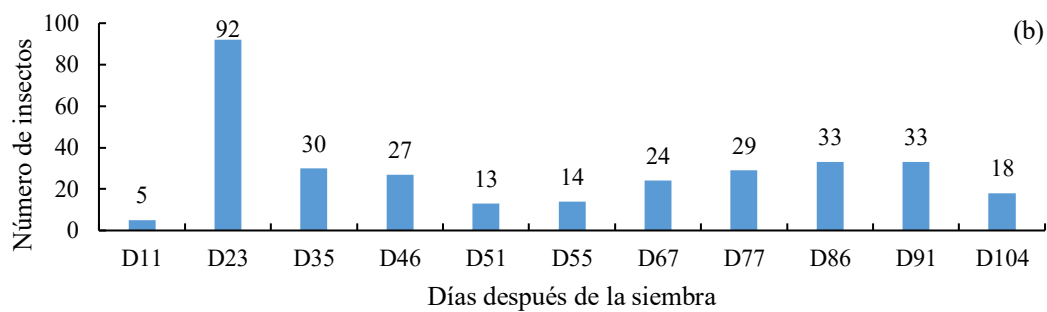
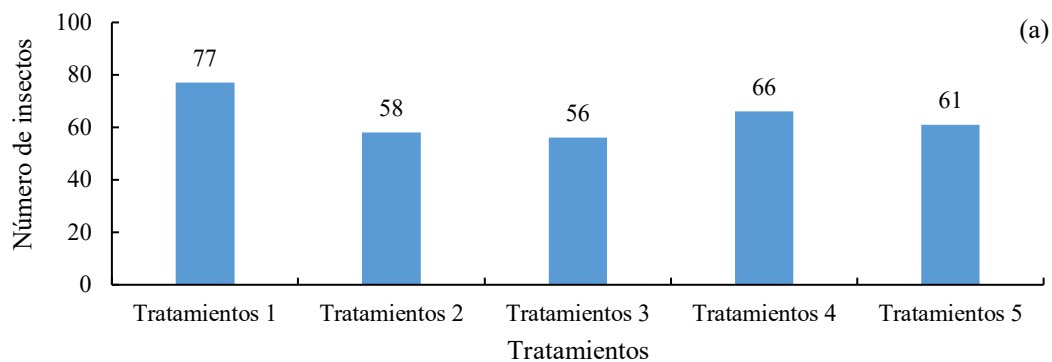


Figura 5. (a) Comportamiento de *Dalbulus* spp por tratamientos evaluados y (b) Días después de la siembra.

Esta plaga es de mucha importancia durante las primeras etapas de desarrollo de la planta, al alimentarse de las raíces recién formadas de la planta de arroz, el tratamiento químico fue donde se registró las menores cantidades de insecto, después de los 35 días de germinada la planta no se presentó nuevamente este insecto (Figura 6). En la figura 7 se muestra el comportamiento obtenido de *Lissorhoptrus* spp, siendo el tratamiento tres (*Metarhizium anisopliae* + *Purpureocillium lilacinum* + *Azadirachta indica* - *Cinnamomum verum*), tratamiento cuatro (*Beauveria bassiana* + *Cinnamomum verum*), las mayores densidades de este insecto se encontraron en la fase reproductiva. Estudio efectuado por Laguna *et al.* (2024), hacen referencia que la presencia de estos artrópodos depende del manejo que el productor efectúa durante el ciclo agrícola del cultivo de arroz.

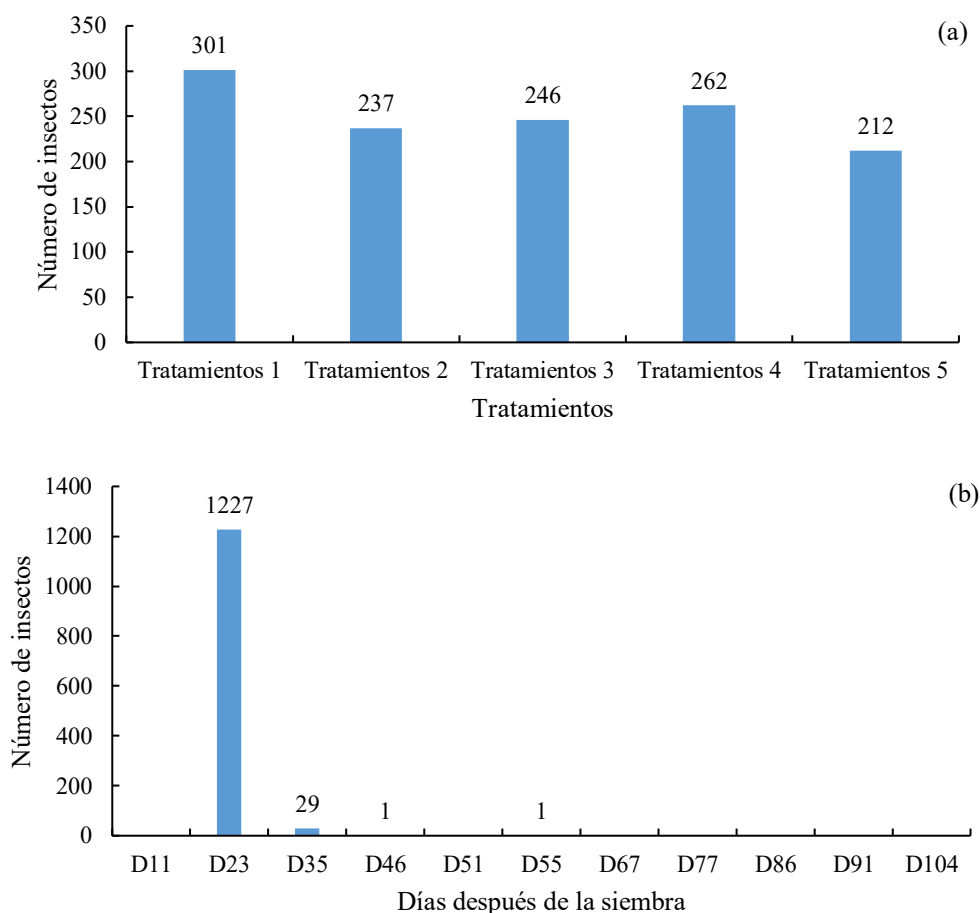


Figura 6. (a) Comportamiento de *Lissorhoptrus* spp por tratamientos evaluados y (b) Días después de la siembra.

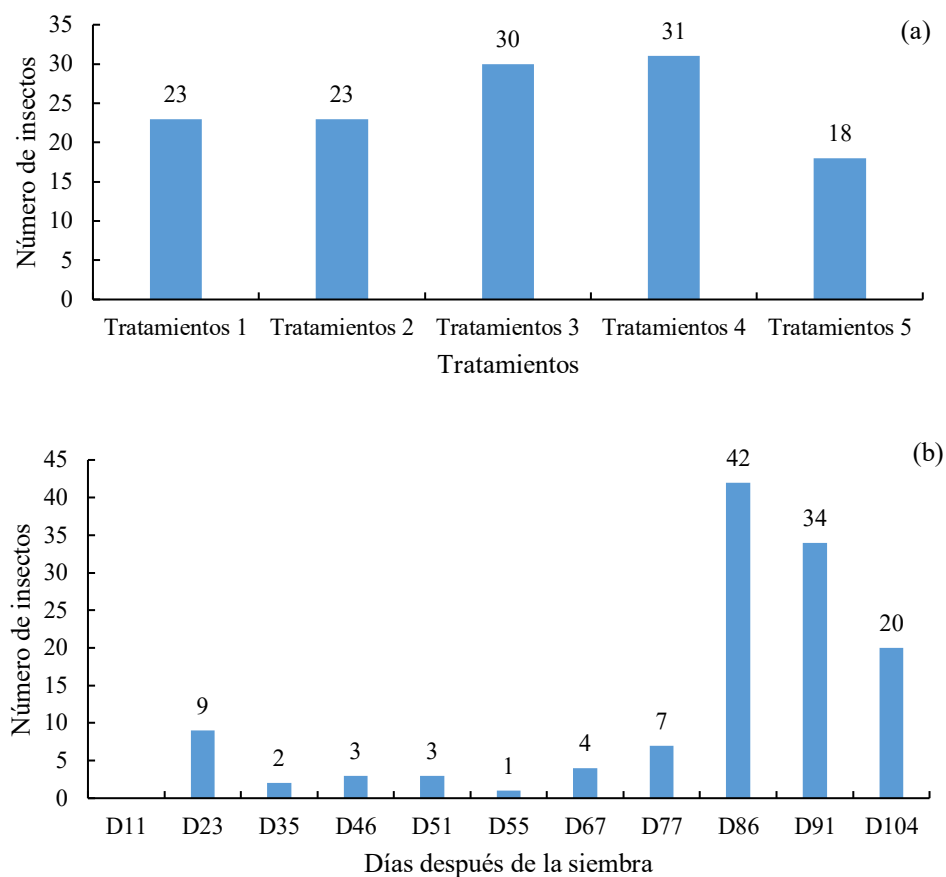


Figura 7. (a) Comportamiento de *Conocephalus* spp por tratamientos evaluados y (b) Días después de la siembra.

5.2. Comportamiento de artrópodos benéficos

Los artrópodos considerados benéficos en el sistema de producción de arroz, se destacaron *Atrichopogon* spp y *Tetragnata* spp, siendo la fase reproductiva en donde los depredadores sobresalieron, siendo el tratamiento dos (*Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliae* + *Allium sativum*), en donde se registraron mayores poblaciones (Figura 8 y 9), esto posiblemente obedece a la presencia de mayor cantidad de presas, en el cultivo y el desarrollo de la planta que le facilita refugio y hábitat adecuada para llevar a cabo sus actividades tróficas. Resultados similares fueron reportados por Laguna *et al.* (2024), destacando la presencia de estos artrópodos que realizan control biológico en el cultivo de arroz.

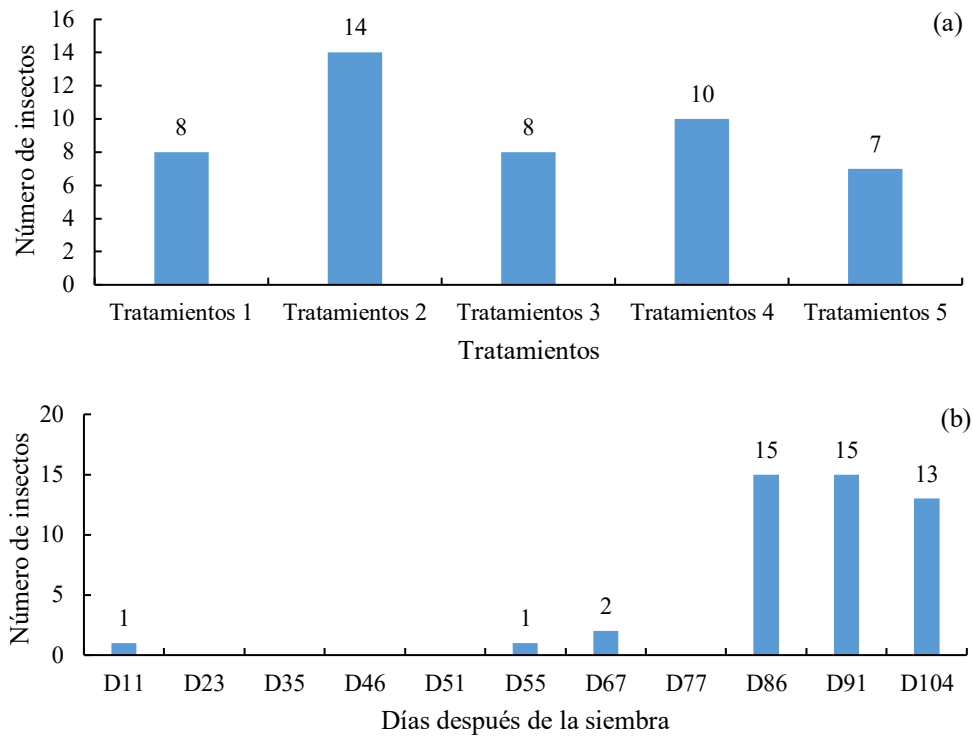


Figura 8. (a) Comportamiento de *Atrichopogum* spp por tratamientos evaluados y (b) Días después de la siembra.

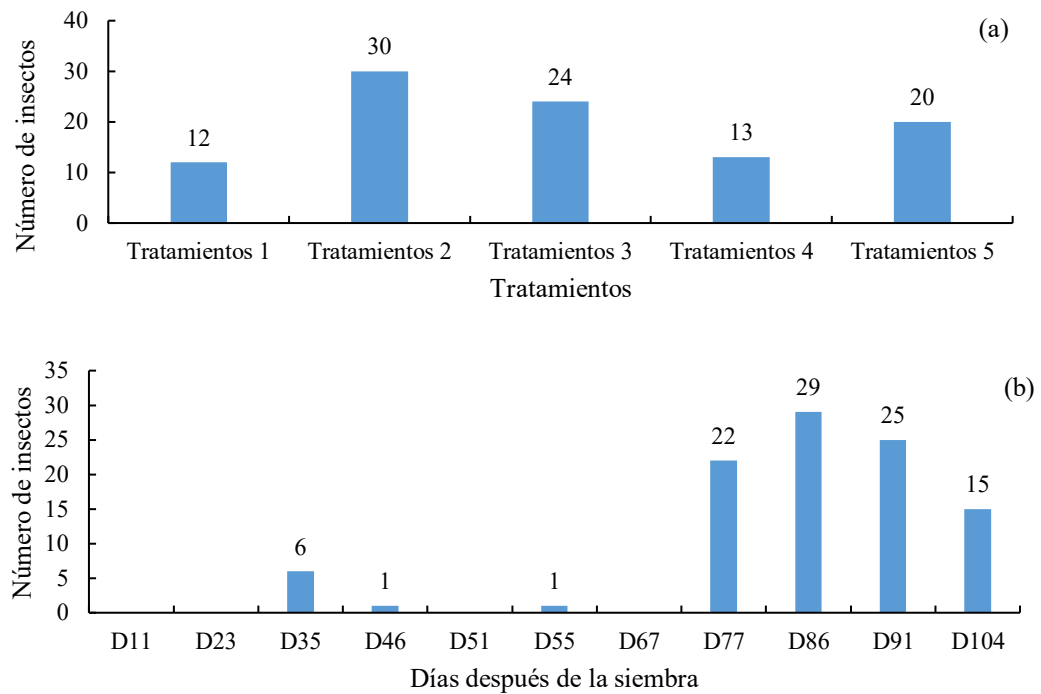


Figura 9. (a) Comportamiento de *Tetragnata* spp por tratamientos evaluados y (b) Días después de la siembra.

5.3. Comportamiento de artrópodos por tratamiento y fase de desarrollo del cultivo

El análisis de varianza realizado registró diferencias significativas, para los diferentes artrópodos en las fases de desarrollo del cultivo, esto demuestra que a medida que el cultivo cambia de etapa de crecimiento, aparecen tanto artrópodos plagas como benéficos, en el caso de *T. orizicolus* su comportamiento fue diferente en los tratamientos evaluados. El Bloqueo no contribuye a mejorar los resultados del estudio, lo cual indica los artrópodos presentaron un comportamiento móvil en su alimentación (Cuadro 2).

En cuanto a la cantidad de sogata, las menores densidades se cuantificaron en el tratamiento cinco, demostrando que la combinación de químicos aplicados al cultivo de arroz mantiene sus poblaciones bajas, sin embargo, las alternativas biológicas (Tratamiento 1 y 4), mantuvieron bajas las poblaciones. En lo referente a las etapas de desarrollo de la planta d arroz, esta especie de insecto se reportaron grandes poblaciones en la etapa reproductiva y maduración (Cuadro 3).

El comportamiento de los artrópodos plagas, obedece a la presencia de tejido vegetal disponible, hábitos alimenticios, distribución en el campo y manejo del productor, como fue reportado por García (2021); Castillo-Carrillo (2021), destacando que la presencia de abundante número de artrópodos de una misma especie se debe al manejo implementado.

Cuadro 2. Significación estadística para los artrópodos encontrados en el cultivo de arroz, San Isidro - Matagalpa, Nicaragua

Artrópodos	Tratamientos	Días después de la germinación (DDG)	Bloques	R ²	AIC
Plagas					
<i>Togosodes orizicolus</i>	0.0273*	0.0001**	0.0632 ^{NS}	0.73	167.49
<i>Hydrellia spp</i>	0.6368 ^{NS}	0.0001**	0.7342 ^{NS}	0.68	236.66
<i>Spodoptera spp</i>	0.3404 ^{NS}	0.0001**	0.1385 ^{NS}	0.84	3.74
<i>Hortensia spp</i>	0.6960 ^{NS}	0.0056**	0.7391 ^{NS}	0.61	83.12
<i>Dalbulus spp</i>	0.5141 ^{NS}	0.7134 ^{NS}	0.0636 ^{NS}	0.85	70.00
<i>Lissorhoptrus sp</i>	0.3964 ^{NS}	0.0001**	0.6606 ^{NS}	0.83	77.04
Benéficos					
<i>Tetragnata spp</i>	0.8450 ^{NS}	0.0001**	0.3129 ^{NS}	0.79	76.05
<i>Conocephalus spp</i>	0.8078 ^{NS}	0.0001**	0.5216 ^{NS}	0.71	24.98
<i>Atrichopogon spp</i>	0.7207 ^{NS}	0.0001**	0.9004 ^{NS}	0.86	76.06

R²= Coeficiente de determinación, CV= Coeficiente de variación, AIC= Índice de Akaike. NS= No Significativo, *Significativo (0.05), **Altamente Significativo (0.01).

Cuadro 3. Comparación de *T. orizicolus*, por tratamiento y etapa fenológica (Tukey= 0.05), en el cultivo de arroz, San Isidro - Matagalpa, Nicaragua

Tratamientos		<i>Togodes orizicolus</i>	
Tratamiento 1		11.38	ab
Tratamiento 2		13.06	a
Tratamiento 3		13.25	a
Tratamiento 4		11.90	ab
Tratamiento 5		6.22	b
Días después de germinado			
11	Fase vegetativa	1.50	e
23		4.70	cde
35		4.50	cd
46	Fase reproductiva	3.35	de
51		2.75	de
55		22.55	ab
67		28.20	a
77		15.30	ab
86	Fase de maduración	13.80	ab
91		9.75	bc
104		16.45	ab

*Letras diferentes en la misma columna después del valor indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

El tamaño de la planta de arroz se relaciona con la fase de su ciclo agrícola, existen artrópodos que se relacionan con las diferentes etapas de desarrollo del cultivo, la mosca del fango (*Hydrellia* sp), mostró un comportamiento en los primeros días de crecimiento de la planta (35 días), esto debido a la presencia de tejido vegetal abundante y suave. El mismo comportamiento fue registrado para *Spodoptera* sp (11 días), *Lissorhoptrus* sp, a los 23 y 35 días se cuantificaron las mayores cantidades de artrópodo, en el caso de *Hortensia* sp, presento tres picos de abundancia a los 23, 46 y 55 días después de la siembra (Cuadro 4). Estos resultados coinciden con los publicados por Benites-Ronquillo (2019), reflejando que la abundancia organismos se relaciona directamente con la fase del cultivo.

Cuadro 4. Comparación de artrópodos plagas por etapa fenológica (Tukey= 0.05), en el cultivo de arroz, San Isidro - Matagalpa, Nicaragua

		Artrópodos Plagas							
		<i>Hydrellia sp</i>		<i>Spodoptera sp</i>		<i>Hortensia sp</i>		<i>Lissorhoptrus sp</i>	
<i>Días después de germinado</i>									
11	Fase	0.75	bc	7.25	a	0.05	b	0.00	b
23	vegetativa	5.50	b	2.35	b	0.40	a	61.35	a
35		26.85	a	1.95	bc	0.00	b	1.45	ab
46	Fase	0.95	bc	0.50	d	0.10	ab	0.05	b
51	reproductiva	1.05	bc	0.55	cd	0.00	b	0.05	b
55		0.15	bc	0.85	bcd	0.15	ab	0.00	b
67		0.10	bc	0.90	bcd	0.00	b	0.00	b
77		0.00	c	0.40	d	0.00	b	0.00	b
86	Fase de	0.55	bc	0.20	d	0.00	b	0.00	b
91	maduración	0.05	bc	0.25	d	0.05	b	0.00	b
104		0.00	c	0.01	d	0.00	b	0.00	b

*Letras diferentes en la misma columna después del valor indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

Los artrópodos benéficos como arañas, parasitoides y depredadores, sus poblaciones se relacionan con la etapa del cultivo y la presencia de presas, siendo la etapa reproductiva y maduración donde se determinó que la presencia de organismos benéficos es abundante, lo que indica que la presencia de presas es mayor (Cuadro 5). Estudios publicados por Mirhosseini *et al.* (2017); Obregón-Corredor *et al.* (2021), indican que dentro de los sistemas productivos la presencia de artrópodos depende del estado de desarrollo de la planta principalmente para aquellos benéficos al proporcionarle refugio y alimento. Siendo las arañas depredadoras generalistas que contribuyen a reducir las poblaciones de organismos plagas a niveles adecuados, se debe fomentar su conservación en el agroecosistema (Castillo-Carrillo *et al.*, 2021a; 2021b; Pérez-Méndez *et al.*, 2020; Obregón-Corredor *et al.*, 2021).

Cuadro 5. Comparación de artrópodos benéficos por etapa fenológica (Tukey= 0.05)

<i>Días después de germinado</i>		Artrópodos Benéficos					
		<i>Tetragnata sp</i>		<i>Conocephalus sp</i>		<i>Atrichopogon sp</i>	
11	Fase vegetativa	0.00	d	0.00	d	0.05	b
23		0.00	d	0.45	bcd	0.00	b
35		0.30	bcd	0.10	d	0.00	b
46	Fase reproductiva	0.05	cd	0.15	cd	0.00	b
51		0.00	d	0.15	cd	0.00	b
55		0.05	cd	0.05	d	0.05	b
67		0.00	d	0.20	cd	0.10	b
77		1.10	ab	0.35	cd	0.00	b
86	Fase de maduración	1.45	a	2.10	ab	0.75	a
91		1.25	a	1.70	a	0.75	a
104		0.75	abc	1.00	abc	0.65	a

*Letras diferentes en la misma columna después del valor indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

5.4. Índice de diversidad de los artrópodos

La diversidad de organismos presentes en el cultivo mostró que la presencia de individuos es abundante, no obstante, esta cantidad de organismos pertenecieron a pocas especies, lo que se traduce en una baja diversidad lo que se constató mediante el índice de Shannon-Weaver e índice de Simpson tanto en los tratamientos como en las etapas de desarrollo del cultivo (Cuadro 6). Esto podría estar asociado a la aplicación de productos químicos de alta persistencia y toxicidad como parte del manejo del monocultivo, aquellos organismos presentes han adquirido resistencias a estas moléculas. La presencia de baja diversidad de organismos esta influenciada por las fases del cultivo, condiciones ambientales, época del año y manejo del productor (Vivas-Carmona *et al.*, 2017; Obregón-Corredor *et al.*, 2021; Mirhosseini *et al.*, 2017).

En esta investigación de resalta la importancia de los organismos asociados al cultivo en sus diferentes etapas fenológicas, y la importancia del uso de alternativas no tóxicas para manejar aquellas especies que causan pérdidas en el rubro, por lo que se debe cambiar el paradigma de producción, enfocado en mantener la biodiversidad y protección del ambiente y la salud de los seres humanos inmersos en el sistema productivo.

Cuadro 6. Comparación de la abundancia de artrópodos en el cultivo de arroz

Componentes	Índice de diversidad	
Tratamientos	Shannon-Weaver	Simpson
Tratamiento 1	1.51	0.71
Tratamiento 2	1.46	0.67
Tratamiento 3	1.43	0.66
Tratamiento 4	1.48	0.69
Tratamiento 5	1.66	0.77
<i>Días después de germinado</i>		
11	0.99	0.47
23	0.91	0.40
35	1.09	0.49
46	1.54	0.74
51	1.47	0.73
55	0.66	0.30
67	0.66	0.49
77	1.02	0.64
86	1.41	0.63
91	1.46	0.68
104	1.05	0.51
Índice general	1.48	0.75

5.5. Análisis económico de los tratamientos bajo estudio

En el caso de los costos de producción incurridos para producir una hectárea de arroz, se contabilizó en cada una de las etapas del ciclo agrícola, siendo la etapa de desarrollo y reproducción en donde el productor invierte mayores recursos para proteger la cosecha de las afectaciones de artrópodos plagas, teniendo un valor de 3,647.91 dólares americanos el costo total, es importante mencionar que entre los tratamientos evaluados el tratamiento cuatro seguido por el cinco y el uno son los que tuvieron mayor costo (Cuadro 7).

Cuadro 7. Costo de producción para una manzana de arroz (7,026 m²), empleando los tratamientos evaluados

Concepto	Etapas del cultivo	Actividad	Cantidad	Unidad de medida	Costo C\$
Fangueo del suelo	Presiembra	Pase de roturador 1	1	Pase	2,000
		Pase de roturador 2	1	Pase	2,000
		Banqueo	1	Pase	1,800
		Eliminación de material orgánico	1	Días hombre	600
		Eliminación de exceso de agua	1	Días hombre	200
		Costo de energía	120	Días	12,200
Sub Total					18,800
Siembra	Siembra del cultivo				
		Compra de semilla	90.9	kg	2,930.4
		Funguicida para la semilla (Mancozeb)	160	g	80.24
Desarrollo	plántula	Mano de obra	1	Días hombre	223.81
		Aplicación de herbicida (Sello 1, aplicado cuatro días después de la siembra)	3	litros	3,878.38
		Aplicación de herbicida (Sello 2, aplicado 12 días después de la siembra)	100	gramos	488.28
		Fertilización Completa (18-46-0), Sulfato de amonio, MAP y Urea	613.58	kg	16,802.54
		Mano de obra	5	Días hombre	1,080
Sub Total					25,483.65
Desarrollo y reproducción	Primordio floral, Pansoneo, Floración, llenado del grano	Aplicación de tratamientos evaluados			
		Tratamiento 1	6	Costo total	17,163.36
		Tratamiento 2	6	Costo total	8,285.76
		Tratamiento 3	6	Costo total	12,724.56
		Tratamiento 4	6	Costo total	20,122.56
		Tratamiento 5	6	Costo total	18,186.13
	Maduración del grano	Cosecha	1	Maquinaria	5,494.5
		Transporte, secado y limpieza	1		7,326
Sub Total					89,302.87
Total, de costo (C\$)					133,586.52
Total, de costo (USD)					3,647.91

*Tasa de cambio del dólar Americano 36.62

Mediante el análisis de beneficio-costo, se determinó que todos los tratamientos son rentables, en donde el tratamiento dos, seguido por el cinco es donde se obtienen mayor ganancia por parte del productor al controlar artrópodos en el cultivo de arroz (Cuadro 8 y Figura 10). Dentro de los parámetros económicos autores como Avalos-Cerdas y Villalobos-Monge (2018), el análisis de beneficio costos determina la factibilidad económica de la tecnología que se está introduciendo en el sistema productivo, en donde el uso de alternativas biológicas representa una oportunidad para controlar o manejar plagas al combinarse con extractos botánicos, para ir cambiando el modelo productivo referido al uso de plaguicidas tóxicos (Siu-Palma *et al.*, 2023).

Cuadro 8. Cálculo de la relación beneficio/Costo para una manzana de arroz (7,026 m²), empleando los tratamientos evaluados

Tratamientos	Rendimiento ajustado kg/ha	Beneficio Bruto C\$/ha	Costo total C\$/ha	Beneficio Neto C\$/ha	RB/C
T1	8,863	179,404	74,267.51	105,136.49	2.42
T2	9,601	194,344	65,389.91	128,954.09	2.97
T3	8,817	178,474	69,828.71	108,645.29	2.56
T4	10,317	208,840	77,226.71	131,613.29	2.70
T5	10,772	218,045	75,290.28	142,754.72	2.90

*precio de venta 920 córdobas por saco de 100 libras (45.45 kg)

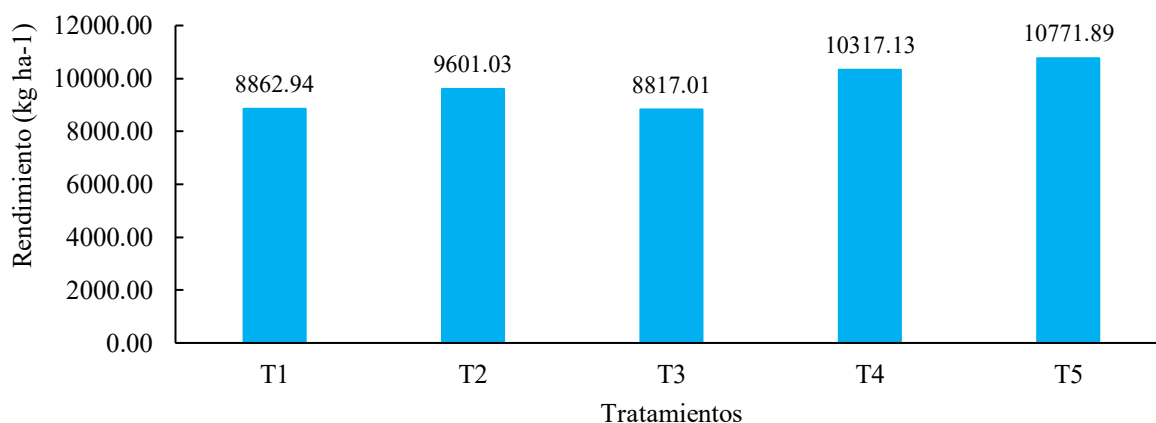


Figura 10. Rendimiento (kg. ha⁻¹), obtenido en el cultivo de arroz.

Los resultados de este estudio resaltan la importancia de buscar nuevas estrategias de manejo de artrópodos plagas en el cultivo de arroz para disminuir el uso de sustancias químicas, en donde se destaque la conservación de la diversidad benéfica en pro de la conservación ambiental.

IV. CONCLUSIONES

Se determinó que el uso de sustancias químicas (Tratamiento cinco), controló la mayor cantidad plagas, destacando tres especies de importancia *T. orizicolus*, *Hydrellia* sp y *Spodoptera* sp.

El momento de mayor afectación por artrópodos plagas en el cultivo de arroz fue en la etapa desarrollo y reproductiva. Siendo *T. orizicolus* y *Hydrellia* sp las de mayor importancia.

Las variables económicas indicaron que todos los tratamientos son rentables, siendo el tratamiento dos, seguido por el cinco en donde se contabilizo la mayor relación beneficio – costo.

V. RECOMENDACIONES

Contribuir al fortalecimiento de la diversidad benéfica, basadas en el uso de bioplaguicidas en la producción de arroz.

Fortalecer y monitorear durante las fases reproductivas y de desarrollo para evitar las afectaciones por artrópodos plagas en el cultivo de arroz.

Continuar con las investigaciones en donde se incorporen otras estrategias o métodos de manejo de plagas y de esta manera disminuir el uso de sustancias tóxicas para la salud del ser humano y ambiental.

VI. LITERATURA CITADA

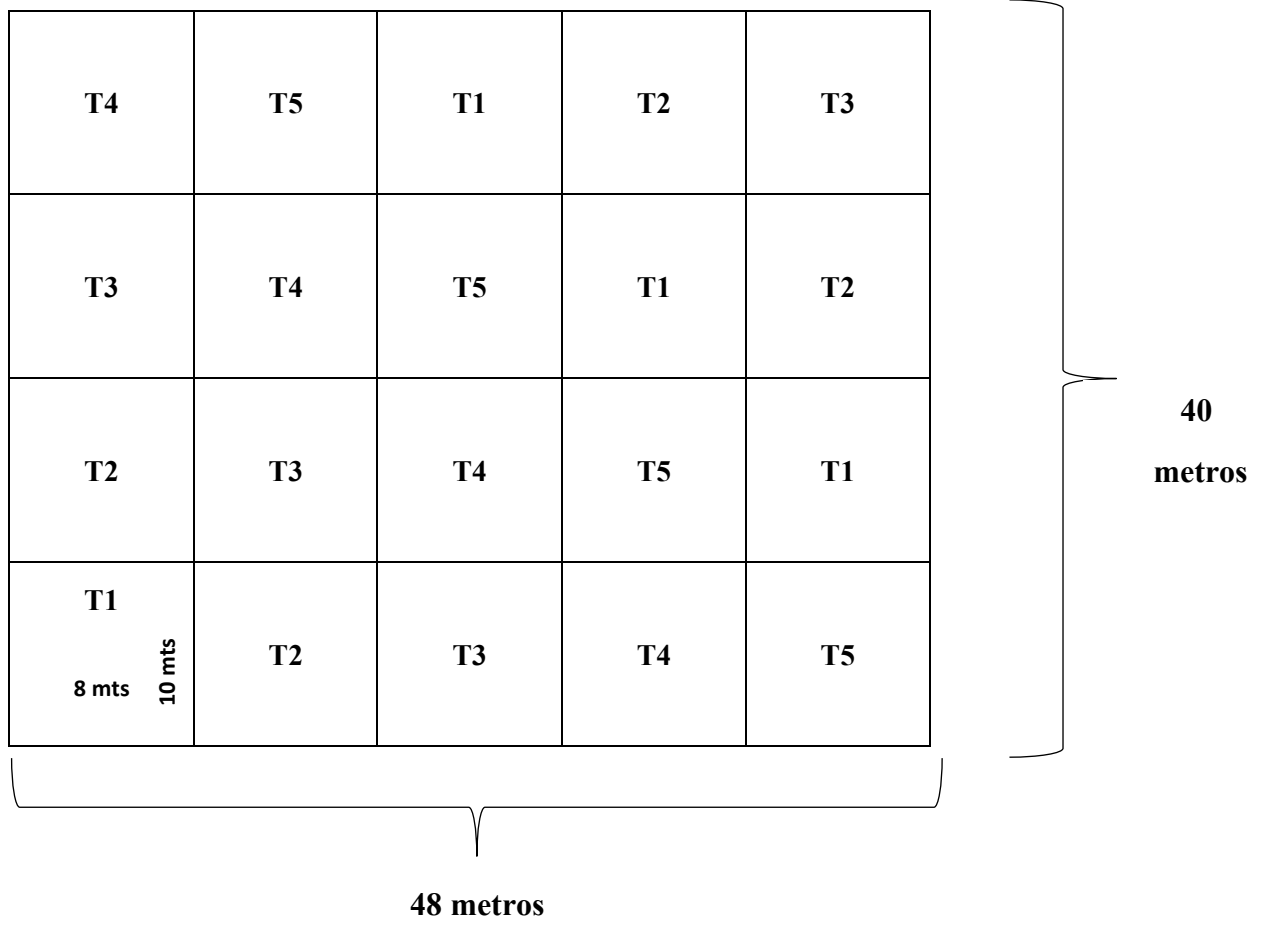
- Asociación Nacional de Empresarios de Colombia [ANDI]. (2016). Cámara proclutivos de la asociación Nacional de Empresarios de Colombia. Manual para elaboración de protocolos para ensayos de eficacia con PQUA. 110 p.
- Albertini, S. M. (2022). *Diversidad de ortópteros (insecta: orthoptera) asociados a arroceras del nordeste de Argentina*. Universidad Nacional del Nordeste. <http://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/51210>
- Becerra, V., & Donoso, G. (2020). *Morfología y estados de crecimiento y desarrollo de la planta de arroz*. Obtenido de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/68052/Capitulo%2014.pdf?sequence=3#:~:text=Las%20macollas%20son%20tallos%20secundarios,cada%20base%20de%20la%20hoja>
- Benites Ronquillo, D. A. (2019). *Identificación de insectos plaga en el cultivo de arroz Oryza sativa L. en la zona de Daule*. Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/45327>
- Brunner-Mendoza, C., Reyes-Montes, M. del R., Moonjely, S., Bidochka, M. J., y Toriello, C. (2019). A review on the genus *Metarhizium* as an entomopathogenic microbial biocontrol agent with emphasis on its use and utility in Mexico. *Biocontrol Science and Technology*, 29(1), 83-102. <https://doi.org/10.1080/09583157.2018.1531111>
- Cordoba. (2007). *La producción y el comercio internacional de arroz*. Obtenido de cenida.una.edu.ni: <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/REE71I56p.pdf>
- Castillo-Carrillo, P. S., Nole-Vargas, I., Calle-Ulfe, P. G., & Silva-Álvarez, J. C. (2021a). Parasitoides de la cigarrita marrón *Tagosodes orizicolus* Muir (Hemiptera: Delphacidae), insecto plaga del cultivo de arroz. *Manglar*, 18(2), 149-155. <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2021.020>
- Castro López, M. A., & Martínez Osorio, J. W. (2019). Compatibilidad de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* con *Chrysoperla externa* depredador de *Trialeurodes vaporariorum*. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 35(1), 38-48. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0719-38902019000100038&script=sci_arttext&lng=pt
- Centro Internacional para el Mejoramiento del Maíz y el Trigo [CIMMYT]. (1998). La formulación de recomendaciones a partir de datos económicos. Un manual metodológico de evolución económica. CIMMYT. <http://hdl.handle.net/10883/1063>
- Dorairaj, D and Govender N.T. (2023). Rice and paddy industry in Malaysia: governance and policies, adoption and resilience. *Frontiers in Sustainable Food System*. 22 p.
- García, A. L. V. (2021). Biocontrol de sogata (*Tagosodes orizicolus* Muir) mediante el uso de hongos entomopatógenos en arroz bajo condiciones de laboratorio. *Biotechnología y Sustentabilidad*, 6(2), 85-101. <https://doi.org/10.57737/biotechnologiaysust.v6i2.1263>
- Instituto Nacional Tecnico y tecnologico [INATEC]. (2018). *Manual del protagonista (Granos basicos)*. Obtenido de https://www.tecnacional.edu.ni/media/Granos_Basicos.pdf
- Instituto Nacional de Información de Desarrollo [INIDE]. (2012). Bases de Datos - CENAGRO. <https://www.inide.gob.ni/Home/dataBasesCENAGRO/>
- Laguna Dávila, José Manuel, Morán Centeno, Juan Carlos, & Jiménez-Martínez, Edgardo. (2024). Diversidad de artrópodos asociados al cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), Sébaco, Nicaragua. *Siembra*, 11(1), 5788. <https://doi.org/10.29166/siembra.v11i1.5788>

- McGuire, A. v., y Northfield, T. D. (2020). Tropical occurrence and agricultural importance of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 6. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00006>
- Muñoz Conforme, X. C., Comboza Quijano, W. F., Lara Obando, E. J., Mendoza García, M. V., Mejía Zambrano, N. N., López Mendoza, J. C., & Moran Sánchez, N. L. (2017). Insecticidas biológicos para el control de *Spodoptera frugiperda* Smith, su incidencia en el rendimiento. *Centro Agrícola*, 44(3), 20-27.
- Mirhosseini, M. A., Fathipour, Y., y Reddy, G. V. P. (2017). Arthropod development's response to temperature: a review and new software for modeling. *Annals of the Entomological Society of America*, 110(6), 507-520. <https://doi.org/10.1093/aesa/sax071>
- Miranda Rodríguez, J. A. (2020). Fertilización con motobomba en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L) Empresa Agrícola Miramontes S.A: San Lorenzo, Boaco 2019. [Trabajo de pasantía]. Universidad Nacional Agraria.
- Meza, C. B. (2023). Estrategias de vida y reciprocidad: en la laguna de Moyuá 2020-2022. Raíces: *Revista Nicaragüense de Antropología*, 113-134. <https://doi.org/10.5377/raices.v6i12.15583/>
- Montgomery, G. A., Belitz, M. W., Guralnick, R. P., y Tingley, M. W. (2021). Standards and best practices for monitoring and benchmarking insects. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8, 579193. <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.579193>
- Morales, F. J., & Jennings, P. R. (2010). Rice hoja blanca: a complex plant-virus-vector pathosystem. *CABI Reviews*, (2010), 1-16. <https://doi.org/10.1079/PAVSNNR20105043>
- Motta-Delgado, P. A., & Murcia-Ordoñez, B. (2011). Hongos entomopatógenos como alternativa para el control biológico de plagas. *Ambiente & Agua-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 6(2), 77-90.
- Moreira, V., Morán, N., & Vegas, A. (2021). Biocontrol de sogata (*Tagosodes orizicolus* Muir) mediante el uso de entomopatógenos en arroz bajo condiciones de laboratorio. *Obtenido de https://revistas. uaz. edu. mx/index. php/biotecnologiaysust/article/view/1263/1*, 87.
- Morán-Centeno, J. C., & Rivera, A. R. V. (2024). Alternativas biológicas y botánicas para el manejo de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *La Calera*, 24(43). <https://lcalera.una.edu.ni/index.php/CALERA/article/view/583/1140>
- Obregón-Corredor, D., Hernández-Guzmán, F. J., & Rios-Moyano, D. K. (2021). Efecto de los factores climáticos, variedades y densidades de siembra en la dinámica de artrópodos en cultivos de arroz en Yopal-Casanare, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 47(1). <https://doi.org/10.25100/socolen.v47i1.9364>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]. (2018). Seguimiento del mercado del arroz de la FAO (Abril). <http://www.fao.org/economic/est/publicaciones/publicaciones-sobre-el-arroz/seguimiento-del-mercado-del-arroz-sma/es/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2022a). FAOSTAT: Crops and livestock products: Rice. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2023). Food Outlook - Biannual Report on Global Food Markets – November 2023. Roma, <https://doi.org/10.4060/cc8589en>
- Pérez-Méndez, N., Pla, E., Tomás, N., Bartomeu, A., Ferré, O., & Catala-Forner, M. (2020). Márgenes verdes como estrategia para favorecer la diversidad de enemigos naturales de

- plagas en el cultivo del arroz. *Ecología Austral*. 30:465-471. <https://doi.org/10.25260/EA.20.30.3.0.1122>
- Rodríguez Flores, O., y Jiménez Martínez, E. (2019). Órdenes de insectos de importancia agrícola en Nicaragua: identificación y diagnóstico. Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/4035>
- R Core Team. (2023). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Sánchez-Alvarado, E., Herrera-Reyes, S., Suárez Arellano, C., Gavilánez Luna, F., Valarezo-Rivera, N., y España Valencia, P. (2023). Monitoreo de insectos plaga mediante SIG aplicados al cultivo de *Oryza sativa* L. en Naranjal, Ecuador. *Manglar*, 20(1), 59-67. <https://doi.org/10.57188/manglar.2023.007>
- Siu Palma, S. D., Jiménez-Martínez, E. S., & Morán Centeno, J. C. (2023). Alternativas biológicas para el manejo de *Hypothenemus hampei* (Ferrari), en *Coffea arábica* L., Jalapa, Nicaragua. *Siembra*, 10(2), e5306. <https://doi.org/10.29166/siembra.v10i2.5306>
- Tellez, G., & Rivera, C. (2015). *La produccion de arroz*. Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/3894/1/7991.pdf>
- Vivas, L., & Astudillo, D. (2009). *SciELO*. Obtenido de Monitoreo de *Tagosodes orizicolus* M. e incidencia del virus de la hoja blanca "VHB" en el cultivo de arroz en calabozo, estado guárico, Venezuela: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2009000400010
- Vivas, L. E., Astudillo, D., & Campos, L. (2009). Evaluación del insecticida thiamethoxam 25% para el manejo del insecto sogata en el cultivo de arroz en calabozo, estado Guárico, Venezuela. *Agronomía Tropical*, 59(1), 89-98. https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0002-192X2009000100009&script=sci_arttext
- Vivas-Carmona, L. E., Astudillo-García, D. H., y Monasterio-Piñero, P. P. (2017a). Fluctuación poblacional del insecto sogata, *Tagosodes orizicolus* empleando una trampa de luz y su relación con variables climáticas en Calabozo Estado Guárico, Venezuela. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 5(2), 70-79. <http://ucbconocimiento.cba.ucb.edu.bo/index.php/JSAB/article/view/122>
- Zhu, J., Wang, X., Li, A.O., Wang, R., Ni, X., Hu, j., Wei, H., Zhang, H and Xiong, Q. (2024). The main nutritional components in colored rice grains. *Journal Elsevier. Food Science and Technology* (191). 13 p.

VII. ANEXOS

Anexo 1. Plano de campo del estudio



Anexo 2. Distribución y aplicación de los tratamientos en el campo



Anexo 3. Cosecha y aporreo del arroz de manera tradicional en campo



Anexo 4. Pesado de arroz para cada tratamiento evaluado

