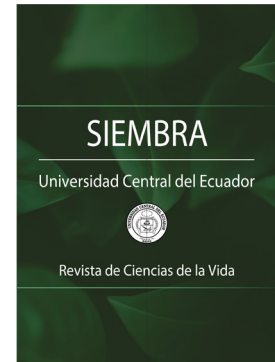


Alternativas de manejo de artrópodos en arroz (*Oryza sativa* L.), en Sébaco, Matagalpa, Nicaragua

Alternative management of arthropods in rice (*Oryza sativa* L.) in Sébaco, Matagalpa, Nicaragua

José Manuel Laguna Dávila¹, Juan Carlos Morán Centeno²



Siembra 12 (2) (2025): e7037

Recibido: 08/08/2024 / Revisado: 07/10/2024 / 08/05/2025 / Aceptado: 16/06/2025

¹ Universidad Nacional Agraria. Dirección de Ciencias Agrícolas. Km 12.5 Carretera panamericana Norte. Managua, Nicaragua.

✉ jomaj84@yahoo.es

<https://orcid.org/0009-0002-8790-6640>

² Universidad Nacional Agraria. Dirección de Ciencias Agrícolas. Km 12.5 Carretera panamericana Norte. Managua, Nicaragua.

✉ juan.moran@ci.una.edu.ni

<https://orcid.org/0000-0001-6135-7271>

* Autor de correspondencia: jomaj84@yahoo.es

Resumen

El cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) es el cuarto cereal de importancia en el mundo, cultivándose en 111 países, por su alto valor nutritivo. En Nicaragua es el tercer cultivo de importancia económica, generando 190.7 millones de dólares anuales. La búsqueda de alternativas de manejo para reducir las pérdidas causada por artrópodos plagas es constante por parte de los productores para incrementar sus rendimientos, producto de la constante demanda nacional. Esta investigación se efectuó con el objetivo de evaluar las alternativas de control de artrópodos, en el cultivo de arroz, en el municipio de San Isidro, Nicaragua. Para su efecto, durante los meses de diciembre 2023 hasta abril 2024, se evaluaron seis tratamientos en cuatro bloques, cada parcela experimental fue de 80 m², considerando una superficie total de 1.920 m² del ensayo. Se realizaron cinco aplicaciones desde los 10 hasta los 96 días, se contabilizó el número de artrópodos encontrados en cada tratamiento, se estimó el rendimiento y realizó el análisis económico. Los datos se transformaron (log 10) para ajustar la normalidad, se empleó análisis de varianza y prueba de Tukey (0,05). El mejor control de artrópodos plagas se obtuvo en los T5 (tratamiento químico), seguido del T4 (*Beauveria bassiana* + *Cinnamomum verum*), donde las mayores poblaciones de artrópodos se presentaron durante la fase de desarrollo y reproductiva del cultivo. El mayor rendimiento se registró en los tratamientos antes mencionados, el tratamiento químico logró mayor beneficio.

Palabras clave: Hongos entomopatógenos, bioplaguicidas, análisis económico, plagas.

Abstract

Rice (*Oryza sativa* L.) is the world's fourth most important cereal crop, cultivated in 111 countries thanks to its high nutritional value. In Nicaragua, it is the third most economically important crop, generating \$190.7 million annually. Producers are constantly seeking management alternatives to reduce losses caused by arthropod pests and increase their yields in response to constant national demand. This study aimed to evaluate arthropod control alternatives in rice cultivation in the municipality of San Isidro, Nicaragua. Between December 2023 and April 2024, six

SIEMBRA

<https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA>

ISSN-e: 2477-8850

Periodicidad: semestral

vol. 12, núm 2, 2025

siembra.fag@uce.edu.ec

DOI: <https://doi.org/10.29166/siembra.v12i2.7037>



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

treatments were assessed across four plots. Each experimental plot covered 80 m², encompassing a total trial area of 1,920 m². Five applications were made between days 10 and 96, and the number of arthropods found in each treatment was then counted. We estimated the yield for each treatment and conducted an economic analysis. The data were log-transformed to adjust for normality, and analysis of variance and Tukey's test ($p < 0.05$) were then applied. The most effective arthropod pest control was achieved in T5 (chemical treatment), followed by T4 (*Beauveria bassiana* + *Cinnamomum verum*), in which the greatest arthropod population occurred during the crop's developmental and reproductive phases. The highest yield was recorded in the aforementioned treatments, with chemical treatment providing the greatest benefit.

Keywords: Entomopathogenic fungi, biopesticides, economic analysis, pests.

1. Introducción

El arroz (*Oryza sativa* L.) se cultiva comercialmente en 110 países, el 85% de la producción mundial proviene de Asia, ocupando el 12% de la superficie cultivada. El 50% de la demanda calórica en la dieta de la población en diversos países de Asia depende de este rubro, con la generación de 2.000 millones de empleos directos e indirectos (Dorairaj y Govender, 2023; Pérez-Méndez et al., 2020). Este cultivo contiene un alto valor nutritivo (proteínas, carbohidratos, lípidos, aminoácidos y vitaminas), los lípidos proporcionan al grano mayor nutrición y calidad con mayores beneficios para la salud (Verma et al., 2018; Zhu et al., 2024). En Nicaragua existen diversas zonas geográficas aptas para cultivar arroz, siendo el Valle de Sébaco (Matagalpa) y Malacatoya (Granada) donde se registran las mayores superficies cultivadas con 85.000 hectáreas registradas (Instituto nacional de Información de Desarrollo [INIDE], 2012; Laguna Dávila et al., 2024).

Este cultivo es de gran importancia para el sector agrícola ya que constituye una parte esencial de la dieta de los nicaragüenses, cultivándose bajo tres sistemas: secano tecnificado, secano no tecnificado y siembra bajo riego por inundación (época seca). En este contexto, la producción nacional es impulsada por pequeños y medianos agricultores, mientras que, el cultivo bajo riego se concentra mayoritariamente en manos de agricultores de mayor escala, incrementándose 2,5% en el año 2023 (Laguna Dávila et al., 2024; Téllez Gaitán y Rivera Alonzo, 2015). De acuerdo con cifras del Instituto Nacional Tecnológico [INATEC] (2018), el consumo per cápita de arroz en Nicaragua ha mostrado un incremento significativo, de 29,54 kg a 51,82 kg, en el periodo 2015 al 2018.

Este cultivo es afectado por diferentes tipos de artrópodos plagas, donde muchos de ellos pueden ocasionar daños directos o indirectos (transmisión de virus) desmejorando la calidad del grano y la cantidad, razón por la cual, se deben desarrollar estrategias de manejo que minimicen el impacto negativo al ambiente y a la salud de las personas, sin poner en riesgo los rendimientos del cultivo (Laguna Dávila et al., 2024; Ruíz Sáenz, 2020). Una de estas alternativas amigables con el ambiente es el empleo de microorganismos entomopatógenos, los cuales tienen como función infectar al hospedero para biorregular su población (Ramos et al., 2020).

El presente estudio tuvo por objetivo evaluar diferentes alternativas de control de artrópodos plagas en el cultivo del arroz en el valle de Sébaco del departamento de Matagalpa, Nicaragua, fortaleciendo el conocimiento del comportamiento de los artrópodos y las prácticas de manejo integrado adaptadas a las condiciones agroecológicas locales.

2. Materiales y Métodos

2.1. Ubicación del estudio

La investigación fue desarrollada en la finca Yerba Buena del municipio de San Isidro, correspondiente al departamento de Matagalpa, que se localiza a los 05° 85' 897" de latitud norte y 14° 16' 310' de longitud oeste, a una altitud de 471 m s.n.m. Respecto a las condiciones climáticas presentadas durante los meses de diciembre 2023 a abril 2024, correspondiente a la época seca, fueron: temperatura media de 21 - 30 °C, precipitación de 800 a 2.000 mm y humedad relativa del 70 - 84%, la estación lluviosa comprende los meses de mayo - octubre (Benavidez Meza, 2023). La información meteorológica fue obtenida en la estación meteorológica Davis Vantage Pro2™ plus, 001D0A00BD6D, propiedad de Formuladora Nicaragüense Hanon Talavera [FORMUNICA], (Figura 1).

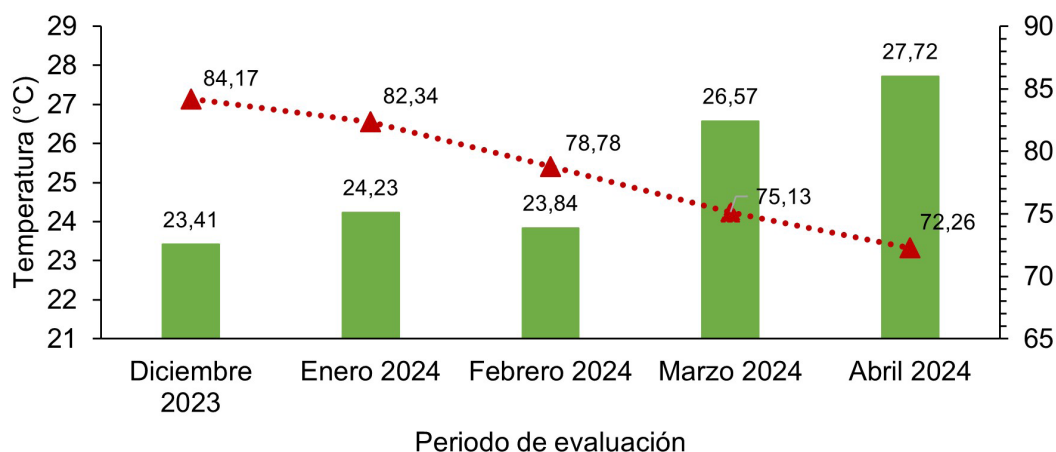


Figura 1. Comportamiento de la humedad relativa y precipitaciones en el municipio de San Isidro, Matagalpa durante el periodo de estudio (Diciembre 2023 - Abril 2024) (Davis Vantage Pro2™ plus, 001D0A00BD6D).

Figure 1. Changes in relative humidity and precipitation in the municipality of San Isidro, Matagalpa during the study period (December 2023 - April 2024) (Davis Vantage Pro2™ plus, 001D0A00BD6D).

2.2. Diseño metodológico

El estudio fue experimental, de corte longitudinal, comprendió un arreglo en Bloques Completos Aleatorios [BCA], con cuatro bloques, seis tratamientos (cinco a base de hongos entomopatógenos (*Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*), y su combinación con extractos botánicos a base de canela (*Cinnamomum verum*) y ajo (*Allium sativum*)), comparado con un manejo químico (Testigo o manejo de finca) (Tabla 1). Se establecieron 24 parcelas experimentales de 80 m² en las que el área de cada bloque fue de 480 m² y el área total fue de 1.920 m². Se realizaron cinco aplicaciones desde los 10 a los 96 días de germinada la planta de arroz, con frecuencia de 15 días (Tabla 1). Los muestreos se realizaron cada semana, seleccionando tres puntos por parcela útil. Empleando una red entomológica para la captura de los macro artrópodos en cada punto se efectuaron diez pases dobles, iniciando el primer muestreo a los 11 días hasta los 104 días, y se limitó a la descripción del comportamiento de los artrópodos presentes durante las diferentes etapas fenológicas del cultivo de arroz y tratamientos evaluados.

Para la identificación de los artrópodos presentes en el cultivo de arroz, los especímenes colectados fueron conservados en alcohol al 70% en cada tratamiento y etapa fenológica del cultivo, se empleó la metodología propuesta por Montgomery et al. (2021), Obregon-Corredor et al. (2021) y Sanchez-Alvarado et al. (2023). Los especímenes se preservaron en alcohol al 70 % y se almacenaron en tubos Eppendorf, para su posterior identificación en el laboratorio de entomología de la Universidad Nacional Agraria, empleando claves taxonómicas dicotómicas para su identificación (Jiménez-Martínez, 2020).

2.3. Variables evaluadas

La información obtenida por cada muestreo fue cuantificada y ordenada por orden, familia, género y especie. También se dividieron los artrópodos en plagas y benéficos, y se determinó la abundancia total por tratamiento en las diferentes etapas de desarrollo del cultivo, observando los cambios fisiológicos en la planta de arroz (Laguna Dávila et al., 2024). Al final de ciclo, se realizó la cosecha de cada unidad experimental y se registró el rendimiento al 13% de humedad en kg ha⁻¹. La rentabilidad de los tratamientos se consideró mediante un análisis económico, mediante presupuestos parciales, considerando el precio de venta en campo del arroz. Para la sumatoria de los costos totales que varían se obtuvieron los costos de cada tratamiento evaluado, incluyendo los costos de aplicación. Los beneficios netos se restaron los costos totales, así mismo, se aplicó un análisis de dominancia y tasa de retorno marginal, siguiendo la metodología del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo [CIMMYT], (1988).

Tabla 1. Descripción de los tratamientos evaluados para el manejo de artrópodos plagas en el cultivo de arroz.
Table 1. Description of the treatments evaluated for arthropod management in rice cultivation.

Tratamientos	Descripción del ingrediente activo [a.i]	Dosis	Momento de aplicación
T1	<i>Beauveria bassiana</i> + <i>Allium sativum</i>	1.000 ml	Todo el ciclo del cultivo
T2	<i>Beauveria bassiana</i> + <i>Metarhizium anisopliae</i> + <i>Allium sativum</i>	1.000 ml	Todo el ciclo del cultivo
T3	<i>Metarhizium anisopliae</i> + <i>Purpureocillium lilacinum</i> + <i>Azadirachta indica</i> - <i>Cinnamomum verum</i>	1.000 ml	Todo el ciclo del cultivo
T4	<i>Beauveria bassiana</i> + <i>Cinnamomum verum</i>	1.000 ml	Todo el ciclo del cultivo
T5	Acetamiprid + Emamectin Benzoato	100 g	Fase de desarrollo (Aplicado de los 11 a los 23 días)
	Imidacloprid + Buprofezin	200 ml + 400 ml	Fase de desarrollo (Aplicado de los 23 a los 35 días)
	Imidacloprid + Piriproxifen	100 g + 333 ml	Fase de desarrollo (Aplicado de los 23 a los 51 días)
	Thiocyclam hidrogenoxalato + Buprofezin	200 ml + 400 ml	Fase Reproductiva (Aplicado de los 55 a los 67 días)
	Carbosulfan + Piriproxifen	500 ml + 333 ml	Fase Reproductiva (Aplicado de los 77 a los 91 días)
T6	<i>Beauveria bassiana</i> + <i>Metarhizium anisopliae</i>	1.000 g	Todo el ciclo del cultivo

2.4. Análisis de la información

Los datos fueron ordenados en una matriz de acuerdo con cada variable de estudio. Posteriormente, fueron procesados por medio del programa estadístico R (R Core Team, 2023; versión 4.2.3), donde se ejecutó la transformación de datos a escala logarítmica (log10) para ajustar a la normalidad. Luego se efectuó el análisis de varianza [ANDEVA] y se constató la homogeneidad de varianza (Prueba de Levene). Finalmente se realizó la prueba de comparaciones múltiples de media de Tukey (0,05) para verificar los grupos con diferencias.

3. Resultados y Discusión

3.1. Comportamiento de los artrópodos

El análisis de varianza efectuado a los diferentes tratamientos mostró diferencias significativas ($p < 0,0001$), los artrópodos de mayor frecuencia capturados en los tratamientos fueron: *Tagosodes orizicolus* y *Sitobion avenae*, las poblaciones de otros artrópodos fueron bajas. Estos resultados podrían estar asociados a la efectividad de los productos químicos. Caso contrario se encontró al evaluar las diferentes etapas fenológicas del cultivo, que indica que las poblaciones de artrópodos varía en dependencia del desarrollo de la planta de arroz (Tabla 2). Los hallazgos encontrados por Albertini (2022) y Benites Ronquillo (2019), sustentan que la dinámica de las poblaciones de artrópodos tiene un comportamiento asociado a las bases de desarrollo del cultivo. La menor abundancia de *Tagosodes orizicolus* y *Sitobion avenae* se registró en los tratamientos T5, T1, T4 y T6, siendo el final del período vegetativo e inicio del reproductivo, cuando hubo una mayor afectación en la planta. Este comportamiento obedece a los hábitos alimenticios de ambos artrópodos (Tabla 3). Moreira et al. (2021) mencionan que *Tagosodes orizicolus* constituye la principal plaga en el cultivo de arroz y su control ha sido principalmente por el uso de sustancias químicas (plaguicidas). Sin embargo, el control biológico regula las poblaciones de este insecto y otros organismos plagas, al infectar y alimentarse del mismo, esto debido a su amplia distribución y diversidad de hospederos (Brunner-Mendoza et al., 2019; Castillo-Carrillo et al., 2021; McGuire y Northfield, 2020; Pérez Iglesias y Rodríguez Delgado, 2019, Vivas-Carmona et al., 2017).

Tabla 2. Análisis de varianza para los artrópodos encontrados en los tratamientos y etapas fenológicas en el cultivo de arroz.*Table 2. Analysis of Variance for arthropod abundance found in the treatments and phenological stages in rice cultivation.*

Artrópodos	Tratamientos	DDG	AIC
Plagas			
<i>Tagosodes orizicolus</i> M.	0,0001**	0,0001**	26,53
<i>Hydrellia</i> spp K.	0,3190 ^{NS}	0,0001**	14,01
<i>Spodoptera</i> spp S.	0,8790 ^{NS}	0,0002**	5,41
<i>Hortensia</i> spp. W.	0,5700 ^{NS}	0,0200*	56,52
<i>Conocephalus</i> spp	0,6180 ^{NS}	0,0005**	26,07
<i>Sitobion avenae</i>	0,0001**	0,0001**	61,05
Benéficos			
<i>Tetragnatha</i> spp W.	0,4300 ^{NS}	0,0007**	26,27
<i>Sympetrum danae</i> S.	0,0992 ^{NS}	0,0003**	68,71
<i>Atrichopogon</i> spp K.	0,2601 ^{NS}	0,0004**	22,33
<i>Cycloneda sanguinea</i> L.	0,8715 ^{NS}	0,0029**	11,32
<i>Zelus pedestris</i> F.	0,9217 ^{NS}	0,0005**	17,74

** Altamente Significativo (0,01), *Significativo (0,05), NS= No Significativo, AIC= Índice de Akaike, DDG= Días después de la germinación /

** Highly Significant (0.01), * Significant (0.05), NS = Not Significant, AIC = Akaike Index, DDG = Days after germination.

Tabla 3. Abundancia total de artrópodos plagas en el cultivo de arroz, en los diferentes tratamientos y etapas fenológicas del cultivo.*Table 3. Total abundance of pest arthropods in rice crops, in the different treatments and phenological stages of the crop.*

Tratamientos		Artrópodos	
		<i>T. orizicolus</i>	<i>S. avenae</i>
T1		45,54 ab	1,20 ab
T2		52,27 a	1,70 a
T3		53,00 a	1,13 a
T4		47,63 ab	0,54 ab
T5		24,90 b	0,13 b
T6		40,27 ab	0,86 ab
DDG			
11		6,33 d	0,00 b
23	Fase de desarrollo	18,50 d	0,00 b
35		18,16 d	0,00 b
46		14,17 d	0,00 b
51	Fase Vegetativa	11,67 d	0,00 b
55		86,67 ab	0,00 b
67		107,83 a	0,58 b
77		60,33 bc	0,00 b
86	Fase Reproductiva	56,67 bc	4,00 a
91		39,83 cd	5,66 a
104		63,16 bc	0,00 b

* Letras diferentes en la misma columna después del valor indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) según la prueba de Tukey /* Different letters in the same column after the value indicate statistically significant differences ($p < 0.05$) according to the Tukey test.

Considerando que el cultivo de arroz es afectado por diversos artrópodos de importancia, se determinó que en el caso de *Hydrellia* spp. y *Spodoptera* spp., sus mayores afectaciones fueron al inicio de la fase de desarrollo de la planta (Tabla 4). Esta investigación concuerda con el estudio de Muñoz Conforme et al. (2017), quienes reportaron que *Spodoptera* spp. afecta las plantas de la familia Poaceae desde las primeras fases de crecimiento hasta las etapas reproductivas. La afectación causada por estos organismos se relaciona directamente con las estrategias empleadas por el productor, siendo el manejo químico la estrategia usada con mayor frecuencia. Así mismo, *Hortensia* spp. presentaron una mayor abundancia en la fase de desarrollo de la planta al contener mayor cantidad de savia que la planta de arroz. Por otro lado, las poblaciones de *Conocephalus* spp. fueron abundantes en la fase reproductiva, al existir abundante alimento disponible (Tabla 4). El uso de alternativas químicas y biológicas son empleadas por los productores en el manejo integrado del cultivo, la combinación de insecticidas con hongos entomopatógenos reduce de manera significativamente las afectaciones por plagas (Castro López y Martínez Osorio, 2019; Rampoldi, 2017). Así como, la conservación del hábitat en los campos de cultivos proporciona un refugio para los organismos benéficos, los cuales reducen los costos de producción al regular las poblaciones de plagas (Fernandez Herrera et al., 2018).

Tabla 4. Abundancia de artrópodos en las diferentes etapas fenológicas del cultivo de arroz.
Table 4. Arthropod abundance, in the different phenological stages of rice cultivation.

DDG		<i>Hydrellia</i> spp.	<i>Spodoptera</i> spp.	<i>Hortensia</i> spp.	<i>Conocephalus</i> spp.
11	Fase de desarrollo	2,50 <i>b</i>	32,33 <i>a</i>	0,17 <i>bc</i>	0,00 <i>e</i>
23		18,50 <i>a</i>	10,00 <i>b</i>	1,33 <i>a</i>	1,83 <i>bc</i>
35		121,83 <i>a</i>	8,83 <i>b</i>	0,00 <i>c</i>	0,33 <i>cde</i>
46	Fase Vegetativa	3,50 <i>b</i>	2,17 <i>cd</i>	0,33 <i>bc</i>	0,66 <i>cde</i>
51		4,33 <i>b</i>	2,00 <i>cd</i>	0,00 <i>c</i>	0,50 <i>cde</i>
55		0,50 <i>b</i>	3,33 <i>c</i>	0,83 <i>ab</i>	0,17 <i>de</i>
67		0,33 <i>b</i>	3,33 <i>c</i>	0,00 <i>c</i>	0,67 <i>cde</i>
77	Fase Reproductiva	0,00 <i>b</i>	2,00 <i>cd</i>	0,00 <i>c</i>	1,50 <i>bcd</i>
86		1,83 <i>b</i>	0,83 <i>de</i>	0,00 <i>c</i>	8,17 <i>a</i>
91		0,16 <i>b</i>	1,00 <i>de</i>	0,17 <i>bc</i>	6,67 <i>a</i>
104		0,00 <i>b</i>	0,00 <i>e</i>	0,00 <i>c</i>	3,33 <i>b</i>

* Letras diferentes en la misma columna después del valor indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) según la prueba de Tukey /
* Different letters in the same column after the value indicate statistically significant differences ($p < 0.05$) according to the Tukey test.

3.2. Análisis económico de los tratamientos

La afectación del tejido foliar por las plagas repercute directamente en el rendimiento. Se determinó que no existe diferencias significativas en el rendimiento entre los tratamientos evaluados (Figura 2). La estimación de parámetros económicos permite evaluar la factibilidad de las tecnologías empleadas en el manejo del cultivo, lo que permitirá tomar decisiones acertadas (Ávalos-Cerdas y Villalobos-Monge, 2018). El análisis de presupuesto parcial indicó que los mayores costos y beneficios correspondieron al tratamiento T4 y T5 (Tabla 5). Al comparar alternativas en términos de eficiencia económica, el análisis de dominancia (Tabla 6) indicó que los tratamientos T1, T3, T4, T5, T6 son considerados como no dominados, y sometidos al análisis de retorno marginal, sin embargo, el T2 fue dominado por el resto de los tratamientos en estudio.

La tasa de retorno marginal determinó que el T4 (575,34%), seguido de T3 (444,31%), mostraron las mayores tasas de retorno, esto demuestra que por cada dólar invertido se espera obtener US\$ 5,75 para el T4 y US\$ 4,44 para el T3 (Tabla 7). En este estudio se demostró que los tratamientos biológicos alternados o combinados con productos botánicos mantienen las poblaciones de artrópodos plagas dentro de los umbrales permisibles, Siu Palma et al. (2023) constataron que las estrategias de manejo en donde se emplean productos botánicos y biológicos reducen las afectaciones de plagas, así como, los costos de producción.

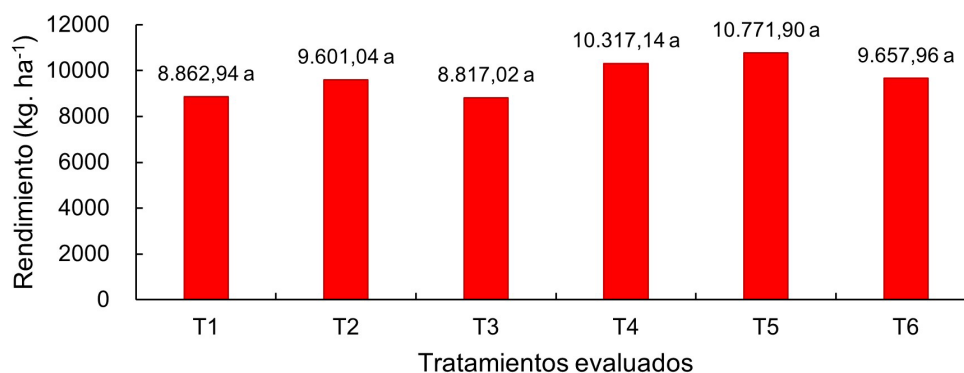


Figura 2. Rendimiento (kg ha⁻¹) obtenido en el cultivo de arroz, en los diferentes tratamientos evaluados (Tukey = 0,05).

Figure 2. Yield (kg. ha), obtained in rice cultivation for the different treatments evaluated (Tukey=0.05).

Tabla 5. Presupuesto parcial en dólares (US\$*) para los tratamientos evaluados en el cultivo de arroz.

Table 5. Partial budget in dollars (US\$*) for the treatments evaluated in rice cultivation.

Tratamientos	Rendimiento ajustado	Beneficio Bruto	Costos variables	Beneficio Neto
	kg ha ⁻¹	US\$ ha ⁻¹	US\$ ha ⁻¹	US\$ ha ⁻¹
T1	8.862,94	4.899,06	2.201,968	2.697,092
T2	9.601,03	5.307,05	1.959,543	3.347,507
T3	8.817,01	4.873,68	2.080,756	2.792,924
T4	10.317,13	5.702,88	2.282,776	3.420,104
T5	10.771,89	5.954,25	2.229,898	3.724,352
T6	9.657,96	5.338,52	2.166,160	3.172,360

* Un dólar estadounidense equivale a 36,62 córdobas / One US dollar is equivalent to 36.62 córdobas.

Tabla 6. Análisis de dominancia para los tratamientos evaluados en el cultivo de arroz.

Table 6. Dominance analysis for the treatments evaluated in rice cultivation.

Tratamientos	Costos variables	Beneficio neto	Observaciones*	
	US\$ ha ⁻¹	US\$ ha ⁻¹		
T2	1.959,543	3.347,507	T2	D
T3	2.080,756	2.792,924	T2 a T3	ND
T6	2.166,160	3.172,360	T3 a T6	ND
T1	2.201,968	2.697,092	T6 a T1	ND
T5	2.229,898	3.724,352	T1 a T5	ND
T4	2.282,776	3.420,104	T5 a T4	ND

* ND: No Dominado, D: Dominado / ND: Not Dominated, D: Dominated.

Tabla 7. Análisis de tasa de retorno marginal para los tratamientos evaluados en el cultivo de arroz.

Table 7. Marginal rate of return analysis for the treatments evaluated in rice cultivation.

Tratamientos	Costos variables	Beneficio neto	IMBN*	IMCV**	Tasa de retorno marginal
	US\$ ha ⁻¹	US\$ ha ⁻¹			%
T5	2.229,898	3.724,352			
T4	2.282,776	3.420,104	304,24	52,88	575,34
T6	2.166,160	3.172,360	175,15	206,61	84,77
T3	2.080,756	2.792,924	379,44	85,40	444,31
T1	2.201,968	2.697,092	95,83	121,21	79,06

*IMBN = Diferencia del beneficio neto de los tratamientos; **IMCV = Diferencia en los costos variables de los tratamientos / *IMBN = Difference in the net benefit of the treatments; **IMCV = Difference in the variable costs of the treatments.

Considerando la importancia económica que tiene el cultivo del arroz en Nicaragua, y en muchos países del mundo, este estudio podría proporcionar una alternativa para el manejo de artrópodos plagas en sistemas productivos tradicionales.

4. Conclusiones

Los tratamientos T6, T5, T4 y T1 lograron controlar los artrópodos plagas en el cultivo de arroz, al reducir sus poblaciones en las diferentes etapas de desarrollo de la planta de arroz. Las principales plagas registradas fueron *Tagosodes orizicolus*, *Hydrellia* sp, y *Spodoptera* sp, siendo las fases de desarrollo y reproductiva donde se encontraron las mayores poblaciones. En el análisis económico se determinó que el T5 obtuvo los mayores rendimientos, beneficio neto y tasa de retorno marginal. Todos los tratamientos, a excepción del T2, son rentables y podrían ser empleados como estrategias de manejo de plagas en el cultivo de arroz.

Agradecimientos

De manera muy especial al Programa de Doctorado en Sanidad Vegetal de la Universidad Nacional Agraria de Nicaragua.

Contribuciones de los autores

- José Manuel Laguna Dávila: conceptualización, investigación, metodología, recursos, curación de datos, análisis formal, redacción – borrador original.
- Juan Carlos Morán Centeno: conceptualización, curación de datos, análisis formal, redacción – borrador original.

Implicaciones éticas

Los autores declaran que no existen implicaciones éticas.

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de interés financieros o no financieros que podrían haber influido en el trabajo presentado en este artículo.

Referencias

- 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>
- Ávalos-Cerdas, J. M., y Villalobos-Monge, A. (2018). Análisis económico: un estudio de caso en *Jatropha curcas* L. mediante la metodología de presupuestos parciales. *Agronomía Mesoamericana*, 29(1), 95-104. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i1.27901>
- Benavidez Meza, C. (2023). Estrategias de vida y reciprocidad. *Raíces: Revista Nicaragüense de Antropología*, 6(12), 113-134. <https://doi.org/10.5377/raices.v6i12.15583>
- 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/10.1080/09583>

157.2018.1531111

- Castillo-Carrillo, P. S., Nole-Vargas, I., Calle-Ulfe, P. G., y Silva-Alvarez, J. C. (2021). Parasitoides de la cigarrita marrón *Tagosodes orizicolus* Muir (Hemiptera: Delphacidae), insecto plaga del cultivo de arroz. *Manglar*, 18(2), 149-155. <https://doi.org/10.17268/manglar.2021.020>
- Castro López, M. A., y 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://doi.org/10.4067/S0719-38902019005000104>
- Centro Internacional de Mejoramiento de 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., y Govender, N. T. (2023). Rice and paddy industry in Malaysia: governance and policies, research trends, technology adoption and resilience. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7, 1093605. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1093605>
- Fernandez Herrera, C. R., Pérez García, K. D., y Bedoya Cano, A. (2018). Diversidad de la entomofauna asociada a vegetación alemana a cultivos de arroz, maíz y algodón. *Temas Agrarios*, 23(2), 107-120. <https://doi.org/10.21897/rta.v23i2.1295>
- Instituto Nacional de Información de Desarrollo [INIDE]. (2012). *Bases de Datos - CENAGRO*. <https://www.inide.gob.ni/Home/dataBasesCENAGRO>
- Instituto Nacional Tecnológico [INATEC]. (2018). *Manual del protagonista. Granos básicos*. INATEC. https://www.tecnacional.edu.ni/media/Granos_Basicos.pdf
- Jiménez-Martínez, E. (2020). *Familia de insectos de Nicaragua*. Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/4172>
- Laguna Dávila, J. M., Morán Centeno, J. C., y Jiménez-Martínez, E. (2024). Diversidad de artrópodos asociados al cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), Sébaco, Nicaragua. *Siembra*, 11(1), e5788. <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>
- 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>
- Moreira, V., Morán, N., y Vegas García, A. L. (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>
- Muñoz Conforme, X. C., Comboza Quijano, W. F., Lara Obando, E. J., Mendoza García, M. V., Mejía Zambraño, N. N., López Mendoza, J. C., y Morán Sánchez, N. L. (2017). Insecticidas biológicos para el control de *Spodoptera frugiperda* Smith, su incidencia en el rendimiento. *Centro agrícola*, 44(3), 20-27. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852017000300003&lng=es&tln=es
- Obregon-Corredor, D., Hernández-Guzmán, F. J., y Ríos-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), e9364. <https://doi.org/10.25100/socolen.v47i1.9364>
- Pérez Iglesias, H. I., y Rodríguez Delgado, I. (2019). Manejo integrado de los principales insectos-plaga que afectan el cultivo de arroz en Ecuador. *IOSR Journal of Engineering*, 9(5), 53-61. http://iosrjen.org/Papers/vol9_issue5/Series-1/H0905015361.pdf
- Pérez-Méndez, N., Pla, E., Tomás, N., Bartomeu, A., Ferré, O., y 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(3), 465-471. <https://doi.org/10.25260/EA.20.30.3.0.1122>
- R Core Team. (2023). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, <https://www.R-project.org/>
- Ramos, Y., Taibo, A. D., Jiménez, J. A., y Portal, O. (2020). Endophytic establishment of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in maize plants and its effect against *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30(1), 20. <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00223-2>

- Rampoldi, A. (2017). Control microbiano de la chinche de la panoja del arroz: *Oebalus poecilus* (Dallas, 1851), mediante el empleo de hongos entomopatógenos Universidad de Buenos Aires. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/5883>
- Ruíz Sáenz, J. F. (2020). *Técnicas para el manejo del cultivo de arroz (Oryza sativa L.) ciclo de postrera en diferentes comunidades de Río San Juan, año 2017*. Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/4214>
- Sanchez-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., y Morán Centeno, J. C. (2023). Alternativas biológicas para el manejo de *Hypothenemus hampei* (Ferrari), en *Coffea arabica* L, Jalapa, Nicaragua. *Siembra*, 10(2), e5306. <https://doi.org/10.29166/siembra.v10i2.5306>
- Téllez Gaitán, G. C., y Rivera Alonzo, C. N. (2015) *Producción Agrícola: La cadena productiva del arroz en Nicaragua y su enfoque en la seguridad alimentaria en el ciclo 2012-2013*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. <https://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/3894/>
- Verma, D. K., Srivastav, P. P., y Mohan, M. (2018). Nutritional quality evaluation of different rice cultivars. En D. K. Verma, P. P. Srivastav, y A. B. Nadaf (eds.), *Agronomic rice practices and postharvest processing* (pp. 331-394). Apple Academic Press. <https://doi.org/10.1201/9780429488580>
- Vivas-Carmona, L. E., Astudillo-García, D. H., y Monasterio-Piñero, P. P. (2017). 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://ucb-conocimiento.cba.ucb.edu.bo/index.php/JSAB/article/view/122>
- Zhu, J., Wang, X., Li, A., Wang, R., Ni, X., Hu, J., Wei, H., Zhang, H., y Xiong, Q. (2024). The main nutritional components in colored rice grains. *LWT*, 191, 115663. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115663>