

Alternativas biológicas para el manejo de *Hypothenemus hampei* (Ferrari), en *Coffea arabica* L, Jalapa, Nicaragua

Biological alternatives for the management of *Hypothenemus hampei* (Ferrari), in *Coffea arabica* L, Jalapa, Nicaragua

Sailyng Dayana Siu Palma¹, Edgardo Salvado Jiménez-Martínez², Juan Carlos Morán Centeno³



Siembra 10 (2) (2023): e5306

Recibido: 23/08/2023 Revisado: 10/10/2023 / 21/11/2023 Aceptado: 28/11/2023

¹ Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Km 12.5 Carretera panamericana Norte. Managua, Nicaragua.

✉ sdsilupalma87@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-4466-3730>

² Universidad Nacional Agraria. Departamento de Protección Agrícola y Forestal. Facultad de Agronomía. Km 12.5 Carretera panamericana Norte. Managua, Nicaragua.

✉ edgardo.jimenez@ci.una.edu.ni

<https://orcid.org/0000-0003-1086-7380>

³ Universidad Nacional Agraria. Departamento de Producción Vegetal. Facultad de Agronomía. Km 12.5 Carretera panamericana Norte. Managua, Nicaragua.

✉ juan.moran@ci.una.edu.ni

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

*Autor de correspondencia:
sdsilupalma87@hotmail.com

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar alternativas biológicas para el manejo de la broca de café (*Hypothenemus hampei* Ferrari), sobre la población de individuos dentro de frutos brocados, su efecto en el rendimiento total (kg/ha), factibilidad económica de cada tratamiento evaluado a través de un análisis de presupuesto parcial, análisis de dominancia y tasa de retorno marginal en Jalapa, Nicaragua. Se realizó un estudio de tipo cuantitativo, aplicado, con un diseño experimental de Bloques Completos al Azar (BCA), con seis tratamientos y cuatro repeticiones, tres productos biológicos, un químico, una combinación de químico-manejo cultural (trampa) y un testigo absoluto, cuyas variables fueron sometidas a un análisis de varianza y separación de medias mediante la prueba de Tukey (0,05), se determinó que no hubo efecto significativo de los tratamientos en el control de la broca, las afectaciones de la plaga se incrementan a medida que se desarrolla el fruto provocando pérdidas de entre el 20 y 78 % en todo el ciclo. El análisis económico mostró que todos los tratamientos son rentables, al tener una tasa de retorno marginal alta, el tratamiento Curador® es el de mayor beneficio neto, seguido de trampa más Curador® y Bea Blue®, constituyéndose como alternativas de manejo biológico de la broca.

Palabras clave: frutos brocados, disección de frutos, análisis económico, presupuesto parcial, control biológico

Abstract

The objective of this study was to evaluate biological alternatives for the management of coffee berry borer (*Hypothenemus hampei* Ferrari), on individuals inside brocaded fruits, its effect on the total yield (kg ha⁻¹), economic feasibility of each treatment evaluated. through a partial budget analysis, dominance analysis and marginal rate of return in Jalapa, Nicaragua. A quantitative, applied study was carried out, with a Randomized Complete Block experimental design (BCA), with six treatments and four repetitions, three biological products, one chemical, a combination of chemical-cultural management (trap) and an absolute control, whose variables were subjected to an analysis of variance and separation of means by Tukey test (0.05).

SIEMBRA

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

ISSN-e: 2477-8850

ISSN: 1390-8928

Periodicidad: semestral

vol. 10, núm 2, 2023

siembra.fag@uce.edu.ec

DOI: <https://doi.org/10.29166/siembra.v10i2.5306>



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

It was determined that there was no significant effect of the treatments on the borer control, the pest's affectation increases the fruit develops, causing losses between 20 and 78 % throughout the cycle. The economic analysis showed that all treatments are profitable, having a high marginal rate of return, The Curador® treatment is the one with the highest net benefit, followed by trap plus Curador® and Bea Blue®, constituting alternatives for the biological management of the borer.

Keywords: brocade fruits, fruit dissection, economic analysis, partial budget, biological control

1. Introducción

El café (*Coffea arabica* L) es uno de los cultivos agrícolas de mayor importancia en el mundo (Gasperín-García et al. 2023), es cultivado en alrededor de 80 países tropicales y subtropicales, y tiene un alto impacto económico, en especial en países en vías de desarrollo (Villalta-Villalobos y Gatica-Arias, 2019). Este rubro representa una fuente de empleos para 25 millones de personas alrededor del mundo, además es una alternativa para reducir los efectos adversos del cambio climático del sector agrícola (Rodríguez-Del Toro et al., 2023). El café es de gran importancia para Nicaragua, tanto económica como social y ambientalmente. Representa aproximadamente el 25 % de las exportaciones y es uno de los principales generadores de divisas, alcanzando en el 2015 USD 395,73 millones, lo que equivale al 15,6 % del total de exportaciones (Centro de Trámites para las Exportaciones [CETREX], 2015). Las principales zonas productoras de café son Jinotega (35 %), Matagalpa (25 %), Nueva Segovia (13 %), Madriz (8 %) (Instituto Nacional de Información de Desarrollo [INIDE], 2012).

En Nicaragua los sistemas productivos de café cuentan con diversas variedades, siendo Caturra la variedad predominante con el 72 % de la superficie establecida a nivel nacional, el restante porcentaje corresponde a variedades como: Catuaí rojo, amarillo, Arábico, Bourbon, Catimor, Super catuaí, Maragogipe, Malaco, Pacamara y Maracaturra (Ministerio Agropecuario y Forestal [MAGFOR], 2019).

En el país, la producción radica en el uso de tecnologías tradicionales (uso de plaguicidas) para el manejo de plagas insectiles, esto conlleva a que cada año los productores inviertan mayor cantidad de recursos económicos para proteger la producción y los rendimientos son menores (Salazar Hitcher y Jiménez-Martínez, 2022).

La demanda de productos agrícolas inocuos ha obligado a los productores a adoptar diversas estrategias de manejo de plagas (Aristizábal et al., 2016). El control biológico es una técnica de manejo de plagas que está creciendo en la actualidad con la utilización de hongos entomopatógenos, que han demostrado ser efectivos para el control de plagas (Mishra et al., 2014; Rodríguez et al., 2017). Dentro de los factores que afectan de manera significativa la producción está la incidencia de plagas, siendo la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), la de mayor importancia (Lima y Cunha, 2021, Morán Centeno y Jiménez-Martínez, 2023), al vivir dentro del fruto del café, el daño causado es directo a la producción, reduce el rendimiento en cosecha y calidad del grano (Gómez et al., 2015; Infante, 2018; Laiton et al., 2018), las hembras adultas perforan las cerezas por el ombligo hasta llegar a la almendra, donde se alimentan y desarrollan su proceso reproductivo (Jiménez Martínez y Rodríguez, 2014; Rodríguez et al., 2017; Alba-Alejandre et al., 2018).

De acuerdo con Gasperín-García et al. (2023), para el control de la broca se han reportado organismos como *Beauveria bassiana* Bals., que ha mostrado resultados favorables. Campos Mora et al. (2023) mencionan que estas técnicas de control ejercen un efecto positivo en el ambiente. Debido a la importancia del sector cafetalero en Nicaragua es necesario reevaluar las formas de manejo de esta plaga, teniendo en cuenta las actuales investigaciones donde se implementan organismos biológicos. El objetivo de este estudio fue evaluar alternativas biológicas para el manejo de broca de café sobre la población de individuos de broca dentro de los frutos y su efecto en el rendimiento total (kg/ha), así como la factibilidad económica de cada tratamiento evaluado a través de un análisis de presupuesto parcial, análisis de dominancia y tasa de retorno marginal, este estudio servirá para tomar decisiones sobre el uso de alternativas viables en el manejo de este insecto.

2. Materiales y Métodos

2.1. Ubicación del estudio

El estudio se realizó en el periodo octubre 2022 a enero 2023 en la comunidad La Providencia, con coordenadas 588717,56 E y 1540085,11 N en el municipio de Jalapa, departamento de Nueva Segovia, Nicaragua, en

una finca con un área total de 50,35 ha, en lotes de producción de café (*Coffea arabica* L), con manejo químico (químico), variedad Catuaí establecidas a una distancia de planta de 1,25 m y 1,67 m entre líneas de siembra (surcos), con una edad de 18 años y recepado hace tres años.

2.2. Diseño metodológico

La investigación fue de tipo cuantitativa, longitudinal, aplicada, con un diseño experimental de Bloques Completos al Azar (BCA), con seis tratamientos y cuatro repeticiones, donde se realizaron aplicaciones de tres productos biológicos, químicos, combinación de químico y manejo cultural (trampa) y testigo absoluto.

2.3. Tamaño de las parcelas experimentales

Se establecieron parcelas experimentales de 12 m de ancho por 15 m de largo para un total de 180 m² por parcela experimental, separadas por dos metros entre las parcelas, con 105 plantas de café por parcela con un total de 2.520 plantas en las parcelas experimentales. El área de cada bloque fue de 840 m² y el área total de 3.360 m².

2.4. Tamaño de la parcela útil y muestreo de broca

En la parcela útil se seleccionaron cinco puntos al azar, distribuidos en forma de “X” y en cada punto 10 plantas, se seleccionaron 50 plantas por parcela tomando una bandola reproductiva del estrato medio, para un total 1.200 plantas muestrales; la bandola seleccionada se marcó con una cinta de color, para hacer el recuento de variables, realizándose el muestreo semanal.

El Servicio Nacional de Sanidad Agraria [SENASA] (2003) en la Directiva General N° 08–2003–AG–SENASA–DGSV–DPF, Norma para la ejecución y remisión de información de actividades del programa manejo integrado de plagas del cafeto, recomienda que de cada planta se evalúen 10 frutos para el caso de la broca del café a fin de determinar la incidencia de la plaga. Se tomaron 20 cerezas de café por cada tratamiento, 120 cerezas por parcela para un total de 480 cerezas de café para diseccionarlas.

2.5. Tratamientos evaluados

Los tratamientos evaluados, se aplicaron dos veces durante el periodo de evaluación, la primera evaluación en el mes de octubre y la segunda en el mes de noviembre del 2022, con equipo de aspersión (bombas de mochila) con capacidad de 20 litros, los cuales se describen a continuación:

- **Tratamiento 1:** Ecobiol® 300 g, insecticida microbiológico, con una concentración de 5×10^9 hasta $2,5 \times 10^{11}$ conidias por gramo, actúa por contacto, contiene conidias del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*, obtenido de forma natural de diversas cepas nativas (aislado de suelo, insectos colonizados), no modificado genéticamente.
- **Tratamiento 2:** Bea blue®, insecticida biológico de uso agrícola, aislamiento del hongo *Beauveria bassiana* de ocurrencia natural en el suelo, con una concentración de 1×10^9 esporas por gramo del producto.
- **Tratamiento 3:** Átropos® WS, ingrediente activo *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, insecticida microbiológico formulado a base de un consorcio de esporas de cepas seleccionadas de hongos endófitos y agentes de control biológico; contiene 60 gramos de esporas puras de *Metarhizium anisopliae* cepa BT-Ma. 005 y 60 gramos de clamidosporas puras de *Beauveria bassiana* cepa BT-Bb. 003 por kilogramo comercial, ambos tienen un modo de acción por contacto.
- **Tratamiento 4:** Curador® 70WS, (Imidacloprid), (E)-1-(6-chloro-3-pyridylmethyl)-N-nitroimidazolidin-2-ylideneamine, con fórmula molecular $C_9H_{10}ClN_5O_2$, pertenece a la familia química Neonicotinoide, insecticida de acción sistémica, de contacto e ingestión, eficaz para el control de insectos chupadores, trips y algunos ácaros.
- **Tratamiento 5:** Testigo, se aplicó solamente agua
- **Tratamiento 6:** Trampa + insecticida: se colocaron trampas (Brocap®), para broca de café y se realizó una aplicación del insecticida Curador® 70WS.

2.6. Variables evaluadas

Las variables evaluadas fueron:

- **Número de frutos totales y brocados por planta:** se realizó el conteo de los frutos totales por planta y perforados por broca de café en cada una de las bandolas de los árboles seleccionados.
- **Número de adultos, pupas, larvas y huevos de *H. hampei* dentro de frutos:** se diseccionaron los frutos colectados en las parcelas para cada tratamiento evaluado, contando el número de adultos, pupas, larvas y huevos, en las tres primeras fechas de muestreos.
- **Rendimiento (kg ha⁻¹):** para obtener el dato del rendimiento por hectárea, se tomó el peso de los frutos maduros de las plantas seleccionadas como parcela útil muestreada se transformó en kg ha⁻¹.
- **Análisis económico:** Se realizó un análisis económico de presupuesto parcial (se tomaron los datos de rendimiento promedio R_x) por tratamiento y el rendimiento ajustado ($R_{ajust} = 25\%$ de R_x), el beneficio bruto multiplicando el R_{ajust} por el precio de venta de campo. Para la sumatoria de los costos totales que varían, se estimaron los costos de los productos evaluados más el costo de aplicación de insecticidas. Para obtener el beneficio neto, se restaron los costos totales (que varían al beneficio bruto de cada tratamiento), análisis de dominancia y tasa de retorno marginal, siguiendo la metodología propuesta por el Centro Internacional para el Mejoramiento del Maíz y el Trigo (CIMMYT, 1988), la que considera diferentes costos, rendimientos y beneficios.

2.7. Análisis estadísticos de los datos

Los datos se ordenaron por cada una de las variables, los análisis estadísticos se llevaron a cabo con el programa R 4.3.0 (R Core Team, 2023), se realizó análisis de varianza para determinar la significancia entre tratamientos, prueba de Tukey ($p = 0,05$) para realizar la comparación de medias entre los tratamientos.

Para determinar la rentabilidad de los tratamientos se consideró la relación beneficio-costos, análisis de dominancia, tasa de retorno marginal (ecuación [1]), se realizó un análisis económico siguiendo la metodología del CIMMYT (1988).

$$TRM = \frac{\text{Beneficio marginal}}{\text{Costo marginal}} * 100 \quad [1]$$

3. Resultados y Discusión

3.1. Número de frutos totales y brocados por *H. hampei*

Al analizar la cantidad de frutos para cada tratamiento evaluado, contabilizados en la primera fecha de muestreo (04 de noviembre), se determinó que existió una reducción constante en cada muestreo en el rango de 10 al 20 %, al final del período de evaluación (20 de enero 2023) únicamente se contaba con menos del 20 % de la producción inicial, siendo el tratamiento Trampa + Curador® y testigo quienes mostraron el menor porcentaje de frutos a cosechar de 9 y 13 %, respectivamente, (Figura 1). Lima y Cunha (2021) menciona que el uso de alternativas biológicas llega a controlar entre el 15 y 65 % de broca, Gasperín-García et al. 2023 mencionan que el éxito de los sistemas productivos de café se relaciona directamente con el volumen de producción que se pone en venta en el mercado, por lo tanto, las pérdidas ocasionadas por los organismos-plagas afectan directamente la economía del productor y de sus familias y, por ende, la economía de la nación. Asimismo, Santiago-Hernández et al. (2023) reportan que la combinación de atrayentes naturales y trampas artesanales constituyen una alternativa de manejo de la broca del café, de bajo costo y disponibles a nivel local.

El porcentaje de infestación por árbol es alto considerando que por cada 1 % que se incremente el nivel de infestación, aumenta 0,26 % a 0,47 % el número de granos que se caen sin madurar y en infestaciones de 10 % a 15 % se tienen pérdidas de 5,087 kg por cada quintal de café pergamino (46 kg) (Barrera Gaytán, 2017).

En la Figura 2 se puede observar que la afectación de broca ocurrió en la segunda toma de datos en mayor porcentaje en donde la infestación estuvo en el rango del 20 al 78 %, siendo el testigo y Átropos® los más

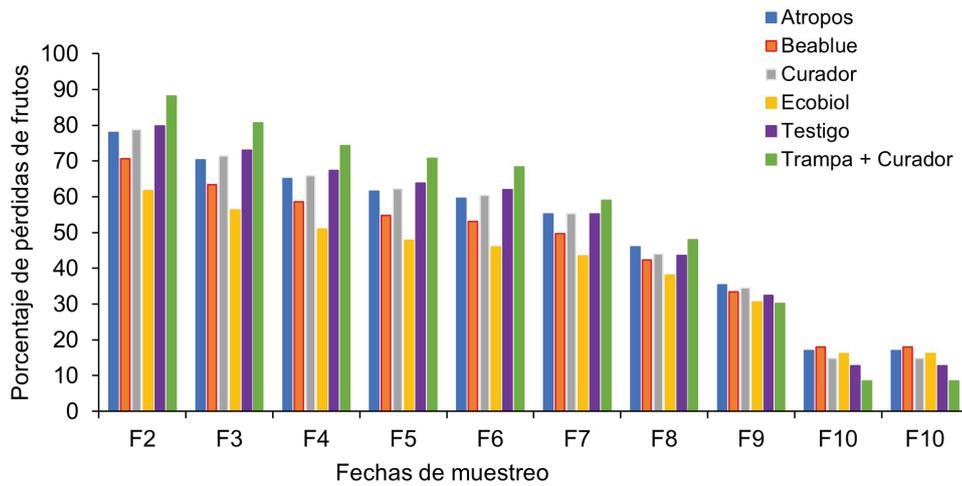


Figura 1. Porcentaje de pérdidas de fruto por afectación de broca en las diferentes fechas de muestreos en los tratamientos bajo estudio.
Figure 1. Percentage of fruit losses due to borer damage on the different sampling dates in the treatments under study.

afectados, siendo considerable el daño provocado por este insecto en todas las fechas de muestreos evaluadas. Los productos biológicos a base de *Beauveria bassiana*, causan mayor mortalidad en el insecto cuando la cepa empleada, la concentración de esporas, la virulencia del patógeno, la eficiencia de la aplicación, el microclima del cafetal y el momento del ataque en que se encuentre la broca son los adecuados (Castillo-Arévalo et al., 2023; León Romero, 2015; Lima y Cunha, 2021). Además, se debe asegurar un buen cubrimiento, verificando que los frutos atacados queden bien rociados, de manera que esto y las prácticas culturales de control podrían incidir en el control eficiente del patógeno. Mendoza-Cervantes et al. (2023) indican que los meses de septiembre a noviembre constituyen las mayores afectaciones por broca encontrándose hasta 100 individuos por conteo, lo que representa el verdadero problema para los caficultores. En un estudio efectuado por Rodríguez-Del Toro et al. (2023), se menciona que la broca del café es un insecto que afecta la producción de café, sin importar la altitud, variedad, en donde el manejo es determinante para mantener las poblaciones bajo control.

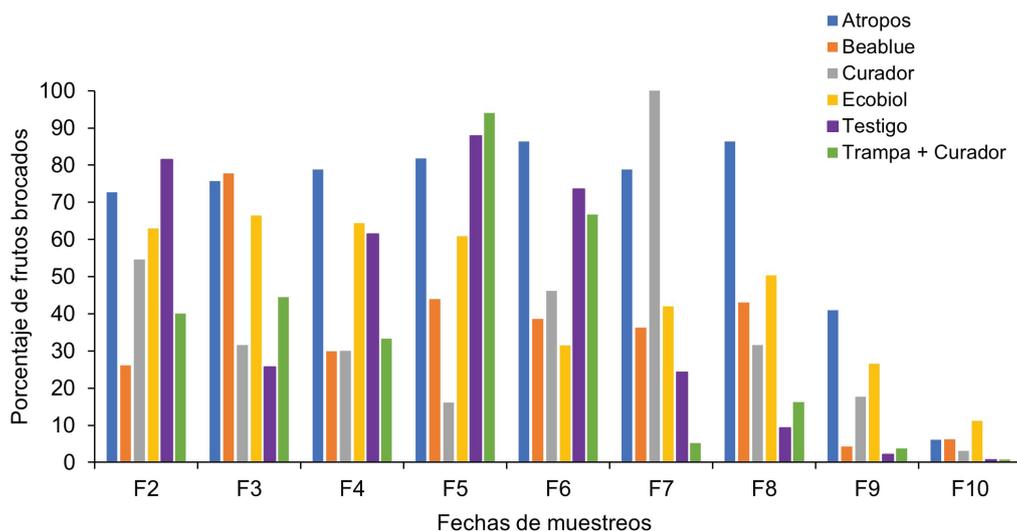


Figura 2. Comportamiento de las afectaciones de broca en las diferentes fechas de muestreos en los tratamientos bajo estudio.
Figure 2. Borer damage behavior on different sampling dates in the treatments under study.

El análisis de varianza para los frutos totales por bandola mostró diferencia significativa para los tratamientos ($p = 0,0001$), observando que el mayor número total de frutos se presentó en el tratamiento Ecobiol®, con un promedio de 1.740,88 frutos; y, el menor número se encontró en el tratamiento trampa + curador®, con un

promedio de 1.455,05. Al analizar la cantidad de frutos brocados el análisis de varianza no demostró diferencias significativas en los tratamientos ($p = 0,3945$) (Tabla 1).

Tabla 1. Promedio de frutos totales y brocados por tratamiento y fecha de muestreo (Tukey α : 0,05), en el cultivo de café en Jalapa Nueva Segovia, período 2022-2023.*

Table 1. Average of total fruits and brocades per treatment and sampling date (Tukey α : 0,05), in the coffee crop in Jalapa Nueva Segovia during the period 2022-2023.*

Tratamientos	Número de frutos totales		Número de frutos brocados	
	$\mu \pm SE$		$\mu \pm SE$	
Átropos®	1.594,70±94,34	bc	16,10± 2,58	A
Bea Blue®	1.660,00±102,38	b	21,03± 3,24	A
Curador®	1.561,65±95,83	c	16,23± 2,86	A
Ecobiol®	1.740,88±120,04	a	18,45± 2,11	A
Testigo	1.524,73±97,23	cd	16,83±3,01	A
Trampa + Curador®	1.455,05±97,26	d	13,90± 2,39	A
N	240		240	
CV	7,69		87,84	
Pr = 0.05	0,0001		0.3945	
Fechas de muestreo				
F1 (04/Nov/2022)	2.811,63±86,73	a	34,21±3,57	a
F2 (11/Nov/2022)	2.109,88±10,59	b	20,46±3,48	b
F3 (25/Nov/2022)	1.915,71±9,25	c	18,46±3,07	b
F4 (02/Dic/2022)	1.762,17±6,20	d	21,38±3,12	ab
F5 (09/Dic/2022)	1.663,13±4,03	de	22,21±2,39	ab
F6 (16/Dic/2022)	1.610,17±3,40	e	19,79±2,79	b
F7 (23/Dic/2022)	1.469,54±12,39	f	16,13±3,93	bc
F8 (06/Ene/2023)	1.216,13±18,37	g	12,25±3,65	bcd
F9 (13/Ene/2023)	918,92±26,99	h	4,38±1,17	cd
F10 (20/Ene/2023)	417,75±27,79	i	1,63±0,74	d
N	240		240	
CV	7,69		87,84	
Pr = 0,05	0,0001		0,0001	

* μ : Promedio, SE: error estándar, Tukey (alfa: 0,05, N: número de datos utilizados en el análisis de datos), CV: coeficiente de variación, Pr: probabilidad según Tukey

* μ : Average, SE: standard error, Tukey (alpha: 0,05, N: number of data used in data analysis), CV: coefficient of variation, Pr: probability according to Tukey.

En un estudio realizado en dos zonas cafetaleras de Nicaragua, Pineda Méndez y Blandón Siles (2009) encontraron que el mayor porcentaje de frutos brocados se presentó en los meses de octubre, noviembre y diciembre. Resultados que coinciden con este estudio en donde se observó el mayor número de frutos brocados en las fechas de muestreo en el mes de noviembre, esto puede atribuirse a que en este mes se presentan las condiciones óptimas para el desarrollo de la plaga, como la intensidad lumínica, temperatura, lluvia, condición del fruto, fisiología del insecto (López-Guillén et al., 2011). Otro aspecto a tomar en cuenta es que en estos meses los frutos han alcanzado el grado óptimo para la colonización, contando con disponibilidad de alimento y refugio para desarrollarse y reproducirse (Bacca et al., 2021).

En ambas variables se constató que las afectaciones por broca varían en consideración del estado de desarrollo de los frutos de café, por lo cual se debe realizar un constante monitoreo de la plaga para reducir las afectaciones en los rendimientos; siendo las primeras fechas en donde el daño fue mayor. Pérez Constantino et al. (2023) mencionan que durante los meses de septiembre a noviembre, ocurren las mayores afectaciones por este insecto en el cultivo de café, coincidiendo con lo encontrado en este estudio.

3.2. Número de adultos, pupas, larvas y huevos de *H. hampei* en frutos brocados

En cuanto a los diferentes estadios de desarrollo de la plaga no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, no obstante, las fechas de muestreo uno y tres mostraron la mayor población promedio de pupas, larvas y huevos (Tabla 2). Esto conlleva a que en los subsiguientes muestreos las poblaciones de adultos sean mayores, ocasionando mayor porcentaje de daño a los frutos en desarrollo.

Tabla 2. Población de adultos, pupas, larvas y huevos en frutos brocados por tratamientos y fechas de muestreo (Tukey α : 0,05), en el cultivo de café en Jalapa Nueva Segovia período 2022-2023.*
Table 2. Population of adults, pupae, larvae and eggs in brocaded fruits per treatments and sampling dates (Tukey α : 0,05), in coffee cultivation in Jalapa Nueva Segovia during the period 2022-2023.*

Tratamientos	Adulto	Pupa	Larva	Huevos	
	$\mu \pm SE$	$\mu \pm SE$	$\mu \pm SE$	$\mu \pm SE$	
Átropos®	0,73±0,08 a	0,74±0,08 a	0,77±0,09 a	0,27±0,07 a	
Bea Blue®	0,66±0,06 a	0,89±0,09 a	0,79±0,10 a	0,25±0,06 a	
Curador®	0,62±0,06 a	0,80±0,08 a	0,61±0,08 a	0,22±0,05 a	
Ecobiol®	0,60±0,06 a	0,90±0,09 a	0,65±0,09 a	0,24±0,05 a	
Testigo®	0,65±0,07 a	0,86±0,09 a	0,73±0,09 a	0,23±0,06 a	
Trampa+Curador®	0,58±0,06 a	0,84±0,09 a	0,70±0,08 a	0,32±0,07 a	
N	480	480	480	480	
CV	158,06	160,96	188,13	354,35	
Pr = 0,05	0,6315	0,8050	0,6828	0,8767	
Fechas de muestreo					
F1	0,75±0,05 b	0,86±0,06 a	0,94±0,07 b	0,66±0,07 b	
F2	0,51±0,04 a	0,79±0,06 a	0,59±0,06 a	0,09±0,02 a	
F3	0,66±0,05 ab	0,86±0,06 a	0,59±0,06 a	0,01±0,01 a	
N	480	480	480	480	
CV	158,06	160,96	188,13	354,35	
Pr = 0,05	0,0011	0,6540	0,0001	0,0001	

* μ : Promedio, SE: error estándar, Tukey (alfa: 0,05, N: número de datos utilizados en el análisis de datos), CV: coeficiente de variación, Pr: probabilidad según Tukey

* μ : Average, SE: standard error, Tukey (alpha: 0,05, N: number of data used in data analysis), CV: coefficient of variation, Pr: probability according to Tukey.

La población de *H. hampei* se registró mediante la disección de los frutos brocados, mostrando variabilidad de los diferentes estadios de la plaga entre los tratamientos y fechas de muestreo (Tabla 2) observándose que el tratamiento Curador® presentó el menor número de estadios biológicos.

3.3. Rendimiento ($kg\ ha^{-1}$)

El mayor rendimiento de café se obtuvo con las aplicaciones de Curador® y el menor rendimiento para el testigo (Figura 3). Esto muestra que la utilización de sustancias químicas reduce las afectaciones de broca, por lo tanto se obtienen mayores rendimientos. En el estudio realizado por Matus Miranda y Jiménez-Martínez (2020) encontraron que el tratamiento Galil a base de imidacloprid seguido de Cormoran y Ecobiol fueron los que obtuvieron los mayores rendimientos en kilogramos por hectárea.

3.4. Análisis económico de los tratamientos evaluados

En el análisis del presupuesto parcial realizado se estableció el valor del jornal en 10,4 dólares americanos (US\$), y el precio de venta en campo de US\$ 4,84 el kg de café. El mayor costo variable lo obtuvo el tratamiento

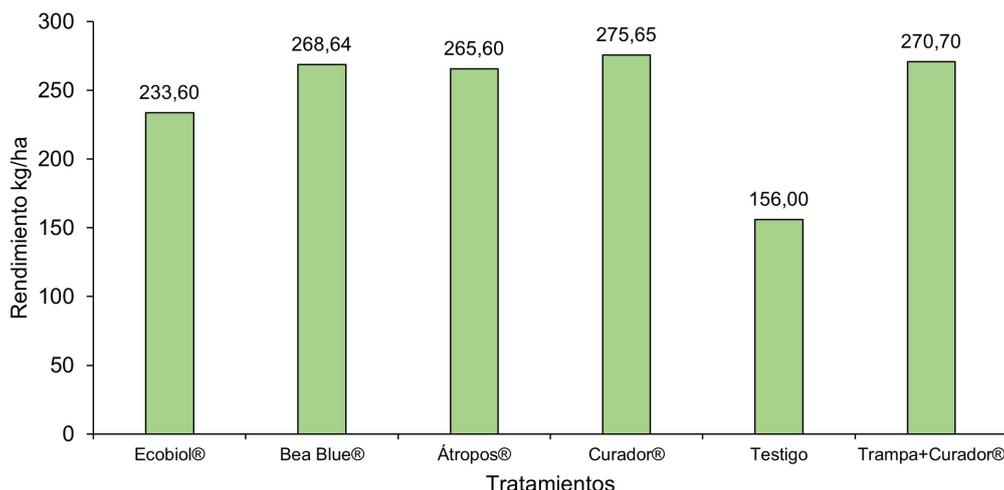


Figura 3. Rendimiento (kg ha⁻¹) por tratamientos evaluados en el cultivo de café en Jalapa, Nueva Segovia periodo 2022-2023.
Figure 3. Yield (kg ha⁻¹) per treatments evaluated in the coffee crop in Jalapa, Nueva Segovia during the period 2022-2023.

trampa más Curador® con 164,4 US\$ ha⁻¹, los de menor costos fueron: Ecobiol® y Testigo con 23,6 y 15,6 US\$ ha⁻¹, respectivamente. El tratamiento que obtuvo el mayor beneficio neto fue Curador® con 956,21 US\$ ha⁻¹, y el menor beneficio neto correspondió al testigo con 550,68 US\$ ha⁻¹ (Tabla 4).

Tabla 4. Presupuesto parcial en dólares (US\$) para los tratamientos evaluados en el cultivo de café en Jalapa, Nueva Segovia periodo 2022-2023.

Table 4. Partial budget in dollars (US\$) for treatments evaluated in the coffee crop in Jalapa, Nueva Segovia during the period 2022-2023.

Tratamientos	Rendimiento ajustado (US\$)*	Beneficio Bruto	Costos Variables	Beneficio Neto
Ecobiol®	175,2	848,00	23,6	824,37
Bea Blue®	201,48	975,20	35,63	939,53
Átropos®	199,2	964,13	39,6	924,53
Curador®	206,73	1000,57	44,4	956,21
Testigo	117,00	566,3	15,6	550,68
Trampa+Curador®	203,02	982,62	164,4	818,24

* Precio oficial del dólar: 36.00 córdobas nicaragüenses.

* Official price of the dollar: 36.00 Nicaraguan córdobas.

Los resultados se sometieron a un análisis de dominancia, donde se tomó en cuenta el análisis de presupuesto parcial. El resultado del análisis de dominancia indica que los tratamientos no son dominados por el testigo. Por lo tanto, todos fueron incluidos en el análisis de la tasa de retorno marginal (Tabla 5).

Tabla 5. Análisis de dominancia para los tratamientos evaluados en el cultivo de café en Jalapa, Nueva Segovia, periodo 2022-2023
Table 5. Dominance analysis for the treatments evaluated in the coffee crop in Jalapa, Nueva Segovia, period 2022-2023

Tratamiento	Costo variable (US\$/ha)	Beneficio neto (US\$/ha)	Observación	
Testigo	15,6	550,68	Testigo	---
Ecobiol®	23,6	824,37	De Testigo a Ecobiol®	ND
Bea Blue®	35,63	939,53	De Ecobiol® a Bea Blue®	ND
Átropos®	39,6	924,53	De Bea Blue® a Átropos®	ND
Curador®	44,4	956,21	De Átropos® a Curador®	ND
Trampa+Curador®	164,4	818,24	De Curador® a Trampa+Curador®	ND

ND= No dominados / ND= Not dominated

3.5. Análisis de la tasa de retorno marginal (TRM)

El análisis de la tasa de retorno marginal refleja que todos los tratamientos son viables, sin embargo, Átropos®, obtuvo la mayor tasa de retorno marginal, seguido de Curador®, Trampa + Curador®, Bea Blue® y Ecobiol® ya que, por cada dólar invertido, el productor obtiene una tasa de retorno marginal alta (Tabla 6).

Tabla 6. Análisis de la tasa de retorno marginal para los tratamientos evaluados en el cultivo de café en Jalapa, Nueva Segovia periodo 2022-2023.

Table 6. Analysis of the marginal rate of return for treatments evaluated in the coffee crop in Jalapa, Nueva Segovia during the period 2022-2023.

Tratamiento	Costo variable (US\$ ha ⁻¹)	Beneficio neto (US\$ ha ⁻¹)	IMBN*	IMCV**	Tasa de retorno marginal %
Curador®	44,4	956,21	16,68	4,80	347,5
Bea Blue®	35,63	939,53	15,00	12,03	124,69
Átropos®	39,6	924,53	100,16	3,97	2.522,92
Ecobiol®	23,6	824,37	6,13	8	76,62
Trampa+Curador®	164,4	818,24	267,56	120	222,97

* 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 del cultivo de café este estudio podría proporcionar una alternativa para el manejo de la broca del café en sistemas productivos en climas tropicales.

4. Conclusiones

Los resultados obtenidos en el estudio determinan que la afectación por broca fue alta en todos los tratamientos y fechas de muestreo, llegando a reducir los rendimientos en un rango del 20 al 78 %. Esto obedece a que a medida que transcurre el tiempo las afectaciones son mayores, siendo las primeras fechas cuando el daño fue significativo. Al analizar las diferentes etapas del ciclo de vida del insecto se determinó que no existieron diferencias significativas en los tratamientos, así como en la variable frutos brocados.

El análisis económico demostró que el tratamiento Curador® obtuvo mayores rendimientos, por lo tanto, mayor beneficio neto, seguido de trampa más Curador® y Bea Blue®. Todos los tratamientos mostraron una tasa de retorno marginal alta, lo que indica que son rentables para el control de la broca del café (*Hypothenemus hampei*).

Agradecimientos

La autora de esta investigación agradece al Sr. Teófilo Narváez Rodríguez, productor de Jalapa Nueva Segovia por facilitar su finca, así también el agradecimiento a M. Sc. Juan Carlos Morán Centeno y Ph.D. Edgardo Salvador Jiménez Martínez por el apoyo brindado, el tiempo dedicado y el intercambio de conocimiento para el desarrollo de la investigación.

Contribuciones de los autores

- Sailyng Dayana Siu Palma: conceptualización, investigación, metodología, recursos, curación de datos, redacción – borrador original.
- Edgardo Salvado Jiménez Martínez: supervisión, redacción – revisión y edición.
- Juan Carlos Morán Centeno: curación de datos, análisis formal, redacción – revisión y edición.

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

- Alba-Alejandre, I., Alba-Tercedor, J., y Vega, F. E. (2018) Observing the devastating coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) inside the coffee berry using micro-computed tomography. *Scientific Reports*, 8, 17033. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-35324-4>
- Aristizábal, L. F., Bustillo, A. E., y Arthurs, S. P. (2016) Integrated pest management of coffee berry borer: strategies from Latin America that could be useful for coffee farmers in Hawaii. *Insects*, 7(1), 6. <https://doi.org/10.3390/insects7010006>
- Bacca, T., Delgado Gualmatan, W. L., Lagos Burbano, T. C., y Gutiérrez, Y. (2021). Efecto de la altitud y del sombrío del café sobre la infestación por *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) en Nariño, Colombia. *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural*, 25(2), 43-58. <https://doi.org/10.17151/bccm.2021.25.2.3>
- Barrera Gaytán, J. F. (2017). *Broca del café Hypothenemus hampei* (Ferrari) Coleóptera: Scolitidae. Ficha técnica 73. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/contenidopublico/Roya%20cafeto/Fichas%20tecnicas/Ficha%20T%C3%A9cnica%20Broca%20del%20cafe.pdf>
- Campos Mora, M., Angulo de Castro, I., y Echavarría Pedraza, M. C. (2022). Evaluación de técnicas para el control biológico en cultivos agrícolas del municipio de Monterrey-Casanare, Colombia. *Revista EIA*, 20(39), 3912. <https://doi.org/10.24050/reia.v20i39.1621>
- Castillo-Arévalo, T., Blandón Díaz, J. U., Romero, S. D., y Castro, I. Z. (2023). Isolation, identification, and morphometric characterization of native isolates of *Beauveria* spp. from banana crops. *Scholars Journal of Agriculture and Veterinary Sciences*, 10(06), 43-56. <https://doi.org/10.36347/sjavs.2023.v10i06.001>
- Centro de Trámites para las Exportaciones [CETREX]. (2015). *Números de la cosecha de café en Nicaragua*. CETREX. https://www.centralamericadata.com/es/article/home/Nmeros_de_la_cosecha_de_caf_en_Nicaragua
- 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>
- Directiva General N° 08–2003–AG–SENASA–DGSV–DPF. Norma para la ejecución y remisión de información de actividades del programa manejo integrado de plagas del cafeto. 11 de marzo de 2023 (Perú). https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/jer/SUB_DIR_CONTEP/1222.pdf
- Gasperín-García, E. M., Platas-Rosado, D. E., Zetina-Córdoba, P., Vilaboa-Arróniz, J., y Dávila, F. M. (2023). Calidad de vida de los cafeticultores en las Altas Montañas de Veracruz, México. *Agronomía Mesoamericana*, 34(1), 50163. <https://doi.org/10.15517/am.v34i1.50163>
- Gómez, J., Chávez, B. Y., Castillo, A., Valle, F. J., y Vega, F. E. (2015) The coffee berry borer (Coleoptera: Curculionidae): How many instars are there?. *Annals of the Entomological Society of America*, 108(3), 311-315. <https://doi.org/10.1093/aesa/sav009>
- Infante, F. (2018) Pest management strategies against the coffee berry borer (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(21), 5275-5280. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b04875>
- Instituto Nacional de Información de Desarrollo [INIDE]. (2012). *Bases de Datos - CENAGRO*. <https://www.inide.gob.ni/Home/dataBasesCENAGRO>
- Jiménez Martínez, E. S., y Rodríguez, O. (2014). *Insectos: Plagas de cultivos en Nicaragua*. Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/2700/>

- Laiton, L. A., Constantino, L. M., y Benavides, P. (2018). Capacidad depredadora de *Cathartus quadricollis* y *Ahasverus advena* (Coleoptera: Silvanidae) sobre *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae) en laboratorio. *Revista Colombiana de Entomología*, 44(2), 200-205. <https://doi.org/10.25100/socolen.v44i2.7319>
- León Romero, C. J. (2015). *Aproximación al reconocimiento de los depredadores y parasitoides benéficos asociados al cultivo de café (Coffea arabica) en Sylvania (Cundinamarca-Colombia): una estrategia para que los caficultores valoren la biodiversidad*. Universidad Pedagógica Nacional. <http://hdl.handle.net/20.500.12209/1884>
- Lima, L. M. P. de, y Cunha, W. V. da. (2021). Controle de *Hypothenemus hampei* com *Bacillus* spp. *Perquirere*, 2(18), 32-40. <https://revistas.unipam.edu.br/index.php/perquirere/article/view/2208>
- López-Guillén, Carrasco, J., Cruz, L., Barrera, J., Malo, E., & Rojas, J. (2011). Morphology and structural changes in flight muscles of *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae) females. *Environmental Entomology*, 40(2), 441–448. <https://doi.org/10.1603/EN10181>
- Matus Miranda, M. N., y Jiménez-Martínez, E. (2020). Evaluación de plaguicidas para el manejo de plagas del café *Coffea arabica* L. en Jinotega, Nicaragua. *La Calera*, 20(34), 20-28. <https://doi.org/10.5377/calera.v20i34.9668>
- Mendoza-Cervantes, G., Guzmán-López, O., y Salinas-Castro, A. (2021). Manejo de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), con atrayentes etanólicos en cultivos de café de Coatepec, Veracruz, México. *Revista chilena de entomología*, 47(2), 265-273. <https://www.biotaxa.org/rce/article/view/69174>
- Ministerio Agropecuario y Forestal de Nicaragua [MAGFOR]. (2019). *Mapa nacional del café*. <https://www.mag.gob.ni/index.php/mapas-interactivos/mapa-nacional-de-cafe>
- Mishra, A., Kumari, M., Pandey, S., Chaudhry, V., Gupta, K. C., y Nautiyal, C. S. (2014). Biocatalytic and antimicrobial activities of gold nanoparticles synthesized by *Trichoderma* sp. *Bioresource technology*, 166, 235-242. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.04.085>
- Morán Centeno, J. C., y Jiménez-Martínez, E. (2023). Caracterización de sistemas productivos de café (*Coffea arabica* L.) en la Reserva Natural Tepec-Xomolth, Madriz, Nicaragua. *Siembra*, 10(1), e4402. <https://doi.org/10.29166/siembra.v10i1.4402>
- Pérez Constantino, A., Ramírez Dávila, J. F., y Figueroa Figueroa, D. K. (2023). Infestación de broca del café, *Hypotenemus hampei* (Coleoptera: Scolitydae) en zonas cafetaleras del Estado de México, México. *Revista Colombiana de Entomología*, 49(1), e12097. <https://doi.org/10.25100/socolen.v49i1.12097>
- Pineda Méndez, E. M., y Blandón Siles, H. J. 2009. *Eficiencia de tres métodos de muestreo para estimar poblaciones de broca del café (Hypothenemus hampei Ferrari Coleoptera: Curculionidae) en el ciclo 2007-2008 en dos zonas cafetaleras de Nicaragua*. Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/2126/>
- R Core Team. (2023). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Rodríguez, D., Cure, J. R., Gutiérrez, A. P., y Cotes, J. M. (2017). A coffee agroecosystem model: III. Parasitoids of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*). *Ecological Modelling*, 363, 96-110. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2017.08.008>
- Rodríguez-Del Toro, A., Sánchez-Ramos, M. A., Vargas-Batis, B., Gutiérrez-Vázquez, M., Pacheco-Jiménez, Z., y Hechavarría-Bandera, C. A. (2023). Indicadores de sitio y medioambiente en plantaciones de *Coffea canephora* en Tercer Frente, Cuba. *Revista UGC*, 1(2), 55-63. <https://universidadugc.edu.mx/ojs/index.php/rugc/article/view/14>
- Salazar Hitcher, R. A., y Jiménez-Martínez, E. S. (2022). Caracterización fitosanitaria de sistemas de producción de café (*Coffea arábica* L.) en Boaco, Nicaragua. *Wani*, 38(77), 25-38. <https://doi.org/10.5377/wani.v38i77.14989>
- Santiago-Hernández, I., Acosta-Ramos, M., Vargas-Hernández, M., López-Lima, D., y Salinas-Castro, A. (2023). Un nuevo sistema de monitoreo para la broca del café *Hypothenemus hampei* Ferrari, 1837 (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) en México. *Revista Chilena de Entomología*, 49(3), 547-555. <https://www.biotaxa.org/rce/article/view/83218>
- Villalta-Villalobos, J., y Gatica-Arias, A. (2019). A look back in time: Genetic improvement of coffee through the application of biotechnology. *Agronomía Mesoamericana*, 30(2), 577–599. <https://doi.org/10.15517/am.v30i2.34173>