

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación
Evaluación de insecticidas botánicos sobre trips
(*Chaetanaphotrips signipennis*) en el cultivo de banano, en la finca
“Julia María”, parroquia Isla del Bejucal, cantón Baba, provincia Los
Ríos, Ecuador

Estudiante

Wilson Andrés Polo Gutiérrez

Asesores

Julio López, M.Sc.

Juan Ruano, Ph.D.

Honduras, noviembre 2021

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA MARGARITA MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

CELIA TREJO

Directora Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros	5
Índice de Anexos	6
Resumen	7
Abstract	8
Introducción	9
Metodología	13
Ubicación Del Estudio	13
Cultivar	13
Tratamientos	13
Manejo De La Plantación	14
Manejo Del Ensayo	14
VARIABLES EVALUADAS	15
Peso De Fruta Aprovechable	16
Ratio	16
Análisis Económico	16
Diseño Experimental	16
Análisis Estadístico	17
Resultados y Discusión	18
Incidencia De Daño	18

	4
Severidad De Daño.....	19
Peso De Fruta Aprovechable.....	20
Ratio	21
Análisis Económico.....	22
Conclusiones	25
Recomendaciones.....	26
Referencias.....	27
Anexos.....	30

Índice de Cuadros

Cuadro 1	Tratamientos evaluados en la producción del cultivo de banano en la finca “Julia María”	13
Cuadro 2	Escala de severidad del daño ocasionado por <i>Chaetanaphotrips signipennis</i>	16
Cuadro 3	Promedios de incidencia de “la mancha roja” ocasionada por trips (<i>Chaetanaphotrips signipennis</i>) en el cultivo de banano en la finca “Julia María”	18
Cuadro 4	Promedios de severidad de “la mancha roja” ocasionada por trips (<i>Chaetanaphotrips signipennis</i>) en el cultivo de banano en la finca “Julia María”	19
Cuadro 5	Promedios de fruta aprovechable en el cultivo de banano en la finca “Julia María”	20
Cuadro 6	Promedios de la relación fruta aprovechable/peso de caja en el cultivo de banano en la finca “Julia María”	21
Cuadro 7	Análisis de rendimiento y relación costo beneficio de los tratamientos evaluados en el cultivo de banano en la finca “Julia María”	23

Índice de Anexos

Anexo A Escala de severidad de daño.....	30
Anexo B Distribución de tratamientos.....	31

Resumen

El cultivo de banano tiene gran importancia económica, siendo en el Ecuador el principal cultivo de exportación. El trips (*Chaetanaphotrips signipennis*) que causa la mancha roja, es una de las principales plagas para los productores. En la presente investigación se determinó el efecto de los extractos de: árbol de alcanfor, menta negra, jengibre, mejorana, árbol de molle, palo santo y un testigo referente, para examinar; si los extractos aplicados representan una alternativa para el manejo de trips, ante la reducción de los Límites Máximos de Residuos del insecticida clorpirifos. Se evaluó la incidencia y severidad del daño por trips a cosecha, el peso de fruto aprovechable y el ratio. El tratamiento que presentó mejor control para trips fue la combinación de los insecticidas químicos bifentrina más piriproxyfen, observándose una incidencia de daño de 1.06%, y una severidad de daño de 2.40%. El tratamiento convencional se puede visualizar como el mejor desde el punto de vista económico. El extracto del árbol de alcanfor presentó efectividad intermedia en la supresión de la incidencia y severidad de daño. Por otro lado, no se presentaron diferencias significativas entre el tratamiento árbol de alcanfor y el testigo referente en cuanto a la relación costo beneficio. Se concluye que el extracto del árbol de alcanfor es una buena alternativa para el control de trips, y podría sustituir el uso de bifentrina con piriproxyfen. Se recomienda evaluar distintas dosis y/o frecuencias del insecticida, evaluar diferentes presentaciones que ofrezcan una mayor residualidad, como la liberación controlada mediante encapsulamiento.

Palabras clave: Extractos, beneficio, control, incidencia, severidad, plaga.

Abstract

Banana cultivation is of great economic importance, being in Ecuador the main export crop. The thrips (*Chaetanaphotrips signipennis*), which causes the red spot, is one of the main pests for growers. In the present investigation the effect of the extracts of: camphor tree, black mint, ginger, marjoram, molle tree, palo santo and a reference witness was determined, to examine; If the extracts applied represent an alternative for the management of thrips, given the reduction of the Maximum Residue Limits of the insecticide chlorpyrifos. The incidence and severity of damage by thrips at harvest, the weight of usable fruit and the ratio were evaluated. The treatment that presented the best control for thrips was the combination of the chemical insecticides bifenthrin plus piriproxyfen, observing an incidence of damage of 1.06%, and a severity of damage of 2.40%. Conventional treatment can be viewed as the best from an economic point of view. The extract of the camphor tree presented intermediate effectiveness in suppressing the incidence and severity of damage. On the other hand, there were no significant differences between the camphor tree treatment and the reference control in terms of the cost-benefit ratio. It is concluded that the extract of the camphor tree is a good alternative for the control of thrips, and could replace the use of bifenthrin with pyriproxyfen. It is recommended to evaluate different doses and / or frequencies of the insecticide, evaluate different presentations that offer greater residuality, such as controlled release through encapsulation.

Keywords: Extracts, benefit, control, incidence, severity, plague.

Introducción

Gran parte de los países en desarrollo del continente americano tienen como importante generador de divisas a la agricultura, siendo la exportación de productos agrícolas una actividad importante no solo para el desarrollo económico sino también para la subsistencia de las familias en estos países (Directorio Fruta 2019). Latinoamérica es un importante proveedor de cereales, semillas oleaginosas, café, azúcar y bananos; siendo estos productos los que lideran las exportaciones. Entre los exportadores agrícolas más dinámicos de la región se encuentran Brasil, Paraguay, Costa Rica, Guatemala, Argentina, Belice y Ecuador (OCDE y FAO 2019; IICA 2021).

Ecuador es el mayor exportador de banano del mundo, siendo esta fruta uno de los cultivos de mayor importancia para el país (Agro Bayer Ecuador 2020). Es considerado como un negocio en crecimiento por su aprobación a nivel mundial, teniendo una representación en el PIB agrícola nacional de aproximadamente el 35% (El Productor 2020). Debido a condiciones climáticas favorables y al incremento en la productividad del cultivo, en el año 2018 la producción de la fruta a nivel nacional alcanzó las 6.51 millones de toneladas, destinando 6.4 millones de estas al mercado internacional (MAG 2018).

El banano, al igual que cualquier otro cultivo, se ve afectado por plagas que perjudican todos los órganos que lo conforman, generando efectos adversos de gran importancia económica sobre el anclaje de la planta, la absorción y transformación de agua y elementos nutritivos, la actividad fotosintética, los rendimientos y la calidad de la producción (SIBA 2020). Uno de los principales problemas es la enfermedad que se conoce como “Mancha Roja” provocada por trips (*Chaetanaphotrips signipennis*), la cual se distingue por manchas ovaladas de color café rojizo en la cascara de la fruta, llegando a agrietarse en casos muy severos (Rojas 2013). Estas manchas o lesiones, aunque solo afectan la calidad visual, no tienen ninguna tolerancia en los mercados de destino, provocando que la fruta sea rechazada en las empacadoras, ocasionando bajas entre el 35 al 60 % de las cosechas (INIAP 2016).

El daño producido por la plaga se ubica entre las tres primeras causas del rechazo del fruto, repercutiendo en la calidad así como en el aprovechamiento del racimo, produciendo la mínima cantidad de frutos de banano, evidenciándose en el número de cajas de exportación, generando efectos negativos sobre las ganancias de los productores a causa de las altas poblaciones presentes de la plaga (Cubillo y Laprade 2001). Normalmente las poblaciones altas son provocadas por alteración de la relación entre la plaga y su enemigo natural, asociados generalmente a desequilibrios ecológicos por cambios climáticos o a una mala práctica de manejo, como el uso indiscriminado de plaguicidas que además de tener efectos sobre la salud y el medio ambiente, afectan negativamente a sus controladores biológicos (Ruiz et al. 2009).

La presión social ha incentivado a mercados importantes como la Unión Europea a reforzar las regulaciones sobre el uso de agroquímicos, a tal punto que muchos productos de exportación deben adecuarse a las condiciones de cultivo orgánico. Compuestos químicos como clorpirifos y clorpirifos-metilo, cuya aplicación en el cultivo de banano está dirigida al control de plagas consistente en colocar corbatines en cada racimo junto a la utilización de fundas protectoras para la fruta esenciales para garantizar la ausencia de plagas y la calidad de los alimentos, se han ido eliminando debido a modificaciones sobre sus límites máximos de residuos (LMR) (Central America Data 2020).

Esto ha generado preocupaciones comerciales para el sector bananero latinoamericano, el cual ha comunicado en reiteradas oportunidades que no existen en el medio regional, alternativas probadas igual de efectivas que el clorpirifos para uso inmediato. Es importante resaltar que al no contar con una alternativa inmediata que supla el uso de esta molécula sumado a la emergencia sanitaria mundial causada por el COVID-19, representará para los agricultores, un desperdicio de la fruta a causa de los daños provocados por insectos, perdiendo su valor comercial. Además, se sumará el incremento en el costo de producción junto a una baja en el nivel de productividad, incrementando el riesgo a la producción bananera, por pérdidas económicas directas e incluso tener un efecto social negativo (Organización Mundial del Comercio 2021).

Con el fin de aumentar los rendimientos y fortalecer la calidad de la fruta, se recomienda implementar prácticas alternativas para el control de plagas y enfermedades orientadas a la sostenibilidad de la producción y minimización del impacto ambiental. Manejo Integrado de Plagas (MIP), técnicas de pronóstico, sistemas de alerta temprana, prácticas culturales e incorporación de bioinsumos son parte de las directrices para una adecuada protección de cultivos (FAO 2017). Los insecticidas botánicos se han convertido en una herramienta útil para los agricultores, contribuyendo en la disminución de los costos de producción debido a que son productos no persistentes, además confieren la más baja posibilidad de resistencia a las plagas por ser específicos.

El uso de estos insecticidas no solo ayuda a controlar la incidencia de la plaga, sino que, también son amigables con el medio ambiente, es decir, son mucho menos contaminantes que los que se usan en la actualidad (Jiménez y Manzanares 2020). La utilización de un insecticida botánico presenta varias ventajas para el ambiente, entre ellas que es un material renovable y biodegradable, por lo que puede ser asimilado y descompuesto por los microorganismos presentes en el ambiente gracias a su naturaleza química, mientras que los insecticidas sintéticos debido a su composición no pueden ser degradados por los microorganismos presentes en el medio afectando la productividad del suelo (Aguirre 2009).

Las plantas medicinales y en particular sus metabolitos secundarios, son una buena opción efectiva como repelente contra los insectos. Entre los principales principios activos de las plantas se destacan los aceites esenciales, desempeñando la función de defensas naturales en las plantas contra el ataque de insectos y herbívoros; algunos poseen propiedades antisépticas muy eficaces y pueden ser peligrosos debido a su acción sobre el sistema nervioso central (Domínguez 2016).

Por lo expuesto anteriormente, esta investigación tuvo como objetivos determinar qué tratamiento de extractos botánicos presenta menor incidencia y severidad de daño provocado por trips (*Chaetanaphothrips signipennis*) en los racimos en el cultivo de banano; determinar el efecto de

los tratamientos en el rendimiento aplicados a la fruta exportable; realizar un análisis económico de los tratamientos mediante la relación costo/beneficio.

Materiales y Métodos

Ubicación del Estudio

El estudio fue realizado de marzo a agosto de 2021, en la finca “Julia María”, propiedad del Ing. Geovanny Gutiérrez Ochoa, ubicada en la parroquia Isla del Bejucal del cantón Baba, provincia Los Ríos, Ecuador, con las coordenadas geográficas X: -1.623306; Y: -79.638333. La zona se encuentra ubicada a una altura de 17 msnm bajo un clima tropical húmedo, con una temperatura media anual de 25.4°C y una precipitación media anual de 1262mm, la humedad relativa es del 75%.

Cultivar

El cultivar de banano en estudio fue del grupo AAA ‘Cavendish’, Variedad Williams.

Tratamientos

Se estudiaron seis tratamientos de extractos botánicos al 0.1% (emulsión al 10% de concentración) junto con un tratamiento convencional al 0.5% de concentración, para un total de siete tratamientos (Cuadro 1). El material experimental utilizado fue extracto del árbol de alcanfor, extracto de menta negra, extracto de jengibre, extracto de mejorana, extracto del árbol de molle, extracto de palo santo y un testigo referente compuesto por la combinación de un insecticida piretroide de contacto y un insecticida derivado de la piridina con actividad por contacto (Bifentrina + Piriproxyfen) impregnados en la funda de protección del racimo, usado convencionalmente por el productor. Los tratamientos botánicos fueron aplicados sobre la inflorescencia o bellota recién emergida mediante un atomizador a una dosis única de 10 mL por planta. El tratamiento convencional fue aplicado a dosis de una funda por bellota.

Cuadro 1

Tratamientos evaluados en la producción del cultivo de banano en la finca “Julia María”.

Tratamiento	Dosis
T1 0.1% Extracto de Árbol del alcanfor (I.A. Alcanfor)	10 mL/bellota
T2 0.1% Extracto de Menta negra (I.A. Mentol)	10 mL/bellota
T3 0.1% Extracto de Jengibre (I.A. Gingerol)	10 mL/bellota
T4 0.1% Extracto de Mejorana (I.A. Sabineno)	10 mL/bellota

Tratamiento	Dosis
T5 0.1% Extracto de Árbol de molle (I.A. Ácido acético)	10 mL/bellota
T6 0.1% Extracto de Palo santo (I.A. Viridiflorol)	10 mL/bellota
T7 0.5% Convencional (Bifentrina 0.1% + Piriproxyfen 0.4%)	1 funda/bellota

Nota. T: tratamiento. %: concentración del ingrediente activo. I.A.: ingrediente activo.

Manejo de la Plantación

El manejo de la plantación fue el que convencionalmente realiza el productor (Santiago Miguel Ulloa 2015), exceptuando el enfundado, a fin de no interferir con sus labores de deshoje, poda, deshije, control de malezas, fertilización, riego, control de plagas, control de enfermedades y manejo poscosecha. Para el enfunde se utilizaron fundas naturales (sin insecticidas) y se realizó luego de la aplicación de los tratamientos.

Manejo del Ensayo

Se marcaron aquellas plantas que tuvieran la inflorescencia recién emergida y con sus brácteas cerradas; al tratarse de un cultivo cuya producción es destinada al mercado internacional, a fin de no repercutir en daños sobre la calidad de la fruta, se realizó una sola aplicación de los productos botánicos al 0.1% de concentración debido a que no existen documentos que indiquen el número de aplicaciones; se disolvieron 10 mL de cada extracto en 1 litro de agua y se determinó la dosis mediante un aforo volumétrico utilizando una probeta, precisando un volumen de 10 mL de la solución para los insecticidas vegetales; finalmente se colocaron fundas de protección sobre la bellota. El tratamiento químico se aplicó mediante fundas impregnadas al 0.5% acorde a la planificación del productor a dosis de una funda por racimo.

En Ecuador se ha ido evidenciando la disponibilidad de estos productos. (Evinco 2018) menciona: "Conocemos a profundidad las necesidades del agro ecuatoriano y, basado en ello, ofrecemos tecnologías disruptivas que garanticen la sostenibilidad del medio ambiente y permitan mejorar la calidad de vida de nuestros agricultores. Además, que con una eficaz transferencia de tecnología y con un trabajo honesto, proactivo y responsable, lograremos crear sinergias importantes

que generen cambios positivos en la agricultura del Ecuador.” Siendo también proveedor representativo de nuevas tecnologías. Para la aplicación de los insecticidas botánicos (FAO 2010) menciona que, en líneas generales, debemos tener en cuenta que las infusiones y caldos se deben utilizar lo más pronto posible a su elaboración, preferentemente dentro de las 24 horas de elaborados. Los macerados y decocciones dentro de los 3 meses, mientras que los purines conservan sus propiedades hasta 6 meses.

Variables Evaluadas

Para determinar los efectos de los tratamientos se evaluaron las siguientes variables:

Incidencia de Daño

Se obtuvo de la división del número de frutos (dedos) con “mancha roja” de cada racimo entre el número total de frutos (dedos) de cada racimo, multiplicándolo por cien acorde con la metodología presentada por Barea (2006), como se describe en la ecuación [1] y se obtuvo el promedio.

$$\%I = \frac{\text{Total de dedos infectados}}{\text{Total de dedos evaluados}} \times 100 \quad [1]$$

Severidad de Daño

Se determinó en concordancia con la metodología de (Barea 2006), de la sumatoria del porcentaje de afección de cada racimo entre el número de racimos evaluados, aplicando la ecuación [2] y se obtuvo el promedio.

$$\%S = \frac{\sum(\text{Porcentaje de afección de cada racimo})}{\text{Total de racimos evaluados}} \quad [2]$$

El porcentaje de afección se evaluó de forma visual en la cosecha de acuerdo a la escala propuesta por Arias et al. (2011), presentada en el anexo A. Los niveles de afección junto con los porcentajes de daño en relación con las características visuales se resumen en el Cuadro 2.

Cuadro 2

Escala de severidad del daño ocasionado por trips (Chaetanaphotrips signipennis).

Nivel	Porcentaje de daño	Características
1	0%	Sin daño
2	10%	Lesiones con halo inicial
3	25%	Halo con lesiones rojizas
4	50%	Halo grande rojizo
5	75%	Halo grande rojizo con grieta

Peso de Fruta Aprovechable

Se registró de cada uno de los racimos cosechados y se obtuvo el promedio de peso de fruta aprovechable por racimo de cada tratamiento.

Ratio

Se obtuvo de acuerdo a la metodología planteada por Mira y Sánchez (2012), tomando el peso de la fruta aprovechable para exportación proveniente de un racimo y dividiéndola entre el peso de una caja de banano, como se describe en la ecuación [3]. Para este ensayo se tomó un valor de 19 kilogramos para el peso de caja (Incarpalm 2019).

$$\text{Ratio} = \frac{\text{Peso de fruta aprovechable por racimo}}{\text{Peso caja de banano}} [3].$$

Análisis Económico

Se realizó un análisis costo beneficio mediante la relación gasto y productividad de los tratamientos. Para los costos de producción se tomó como referencia a Bálcazar et al. (2018), siendo un total de \$9,568.96 por hectárea, dentro del cual \$296 son destinados al control químico de plagas. También se tomó como referencia a Aguilar (2019) para los costos de insecticidas botánicos, determinando un valor por hectárea de \$36 para el control de plagas.

Diseño Experimental

Se usó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con siete tratamientos y tres repeticiones, lo que originó un total de 21 unidades experimentales (UE), las cuales se distribuyeron

en un área total de doce hectáreas, como se puede apreciar en el anexo B. El área de cada unidad experimental fue de 100m × 50m, siendo 5000 m² y contó con 25 plantas.

Análisis Estadístico

Los datos se sometieron a un análisis de varianza (ANDEVA) por medio del programa Statistical Analysis System (SAS®). Se realizó una comparación múltiple de medias, para lo cual se efectuó la prueba Duncan $P > 0.05$ a las variables evaluadas para determinar cuál de los tratamientos es el mejor.

Resultados y Discusión

Incidencia de Daño

Los tratamientos de extractos botánicos aplicados a la inflorescencia en el manejo de “la mancha roja” ocasionada por trips (*Chaetanaphotrips signipennis*) en el cultivo de banano evidenciaron diferencias significativas para los promedios en porcentaje de incidencia de daño, como se aprecia en el Cuadro 3.

Cuadro 3

Promedios de incidencia de “la mancha roja” ocasionada por trips (*Chaetanaphotrips signipennis*) en el cultivo de banano en la finca “Julia María”.

Tratamiento	Daño (%)
T1 0.1% Extracto de Árbol del alcanfor	19.77 b
T2 0.1% Extracto de Menta negra	33.62 c
T3 0.1% Extracto de Jengibre	22.14 b
T4 0.1% Extracto de Mejorana	17.69 b
T5 0.1% Extracto de Árbol de molle	29.80 c
T6 0.1% Extracto de Palo santo	18.76 b
T7 0.5% (Convencional)	5.62 a
Media	21.05
Significancia	**
R ²	0.87
Coeficiente de variación (%)	19.76

Nota. Datos transformados mediante función arcoseno. T: tratamiento. % (Tratamiento): concentración del ingrediente activo. ns: no significativo > 0.05. *: significativo ≤ 0.05 a 0.0001 **: altamente significativo < 0.0001.

Para resolver el problema del no cumplimiento de normalidad, los datos fueron transformados usando la función del arcoseno. El promedio más alto en cuanto a incidencia de daño lo tuvo el T2 (Extracto de Menta negra (*Mentha piperita*)) con 33.62%, mientras que el promedio más bajo lo obtuvo el T7 (Convencional) con 5.62% de incidencia de daño y seguido por el T4 (Extracto de mejorana (*Origanum majorana*)) con 17.69%. En relación al extracto de mejorana, los resultados concuerdan con los de (Koschier y Sedy 2001), en los que se demostró que la actividad antialimentaria sobre *Thrips tabaco*, obtuvo los mejores resultados al aplicar tratamientos de aceite esencial de *Origanum majorana* a concentraciones de 1% y 0.1%, evidenciando una disminución de la tasa de oviposición de hasta el 50% y concluyendo que las hembras prefieren no depositar sus huevos en

tejidos tratados con extracto de mejorana. De igual forma y en un estudio similar, en relación a dedos de banano afectados por mancha roja, (INIAP 2015) reportó que los tratamientos extracto de neem y convencional (bifentrina), al no tener diferencias estadísticas, lograron la mayor protección de los racimos de banano. Los datos reportados por el autor demuestran que ciertos extractos botánicos tienen la misma capacidad de control que los compuestos químicos sobre los daños de mancha roja ocasionados por *Chaetanaphotrips signipennis*.

Severidad de Daño

Esta variable está sujeta a la objetividad del ser humano por lo que los datos fueron tomados en su totalidad por la misma persona o sea el investigador, para reducir el margen de error. Los tratamientos de extractos botánicos aplicados a la inflorescencia en el manejo de “la mancha roja” ocasionada por trips (*Chaetanaphotrips signipennis*) en el cultivo de banano evidenciaron diferencias significativas para los promedios en porcentaje de severidad de daño como se refleja en el Cuadro 4.

Cuadro 4

Promedios de severidad de “la mancha roja” ocasionada por trips (Chaetanaphotrips signipennis) en el cultivo de banano en la finca “Julia María”.

Tratamiento	Daño (%)
T1 0.1% Extracto de Árbol del alcanfor	20.18 b
T2 0.1% Extracto de Menta negra	30.15 c
T3 0.1% Extracto de Jengibre	19.26 b
T4 0.1% Extracto de Mejorana	18.52 b
T5 0.1% Extracto de Árbol de molle	22.84 b
T6 0.1% Extracto de Palo santo	16.44 b
T7 0.5% (Convencional)	8.13 a
Media	19.36
Significancia	**
R ²	0.84
Coefficiente de variación (%)	18.17

Nota. Datos transformados mediante función arcoseno. T: tratamiento. % (Tratamiento): concentración del ingrediente activo. ns: no significativo > 0.05. *: significativo ≤ 0.05 a 0.0001 **: altamente significativo < 0.0001.

De la misma forma, los datos fueron transformados haciendo uso de la función arcoseno para resolver el problema del no cumplimiento de normalidad. Se pudo observar que el tratamiento con mayor promedio de severidad de daño fue el T2 (Extracto de Menta negra (*Mentha piperita*)) con

30.15%, en tanto que el menor promedio lo obtuvo el T7 (Convencional) con 8.13%; seguido por el T6 (Extracto de Palo santo (*Bursera graveolens*)) con 16.44% de severidad de daño. En relación al extracto de palo santo, esto concuerda con la investigación de (Fernández-Ruiz et al. 2018), donde se evidenció la actividad repelente del aceite esencial de *Bursera graveolens* frente a *Tribolium castaneum*, la cual, aunque disminuye a concentraciones menores y al aumentar el tiempo de exposición, se mantiene por un periodo de tiempo prolongado. Los mismos autores concluyen que el extracto tiene la misma capacidad repelente que los insecticidas comerciales ampliamente utilizados. En relación a los promedios de severidad de daño, Robalino (2020) destacó el desempeño de los extractos botánicos sobre el manejo de mancha roja en banano, reportando que el extracto de neem fue el tratamiento con el promedio más bajo de severidad con 6.25%.

Peso de Fruta Aprovechable

Los datos de fruta aprovechable se obtuvieron luego de haber desechado el producto de cada racimo cosechado que no cumplió con las normas de calidad demandadas en el extranjero, registrando la media del peso de fruta apta para su exportación por racimo de cada tratamiento. Los tratamientos de extractos botánicos aplicados a la inflorescencia en el manejo de “la mancha roja” ocasionada por trips (*Chaetanaphotrips signipennis*) en el cultivo de banano evidenciaron diferencias significativas en el peso de fruta aprovechable, como se observa en el Cuadro 5.

Cuadro 5

Promedios de fruta aprovechable en el cultivo de banano en la finca “Julia María”.

Tratamiento	Peso (kg)
T1 0.1% Extracto de Árbol del alcanfor	22.65 ab
T2 0.1% Extracto de Menta negra	18.00 bc
T3 0.1% Extracto de Jengibre	18.48 bc
T4 0.1% Extracto de Mejorana	17.33 c
T5 0.1% Extracto de Árbol de molle	15.17 c
T6 0.1% Extracto de Palo santo	20.00 ab
T7 0.5% (Convencional)	23.76 a
Media	19.34
Significancia	*
R ²	0.68
Coeficiente de variación (%)	13.10

Nota. T: tratamiento. % (Tratamiento): concentración del ingrediente activo. ns: no significativo > 0.05. *: significativo ≤ 0.05 a 0.0001 **: altamente significativo < 0.0001.

Se pudo observar que el mayor peso de fruta aprovechable se obtuvo con el tratamiento T7 (convencional) con 23.76 kg y estadísticamente igual con el T1 (Extracto de Árbol del alcanfor (*Cinnamomum camphora*)) con 22.65 kg y el T6 (Extracto de Palo santo (*Bursera graveolens*)) con 20.00 kg. El tratamiento que registró el menor peso fue el T5 (Extracto de Árbol de molle (*Schinus molle*)) con 15.17 kg. Estos valores concuerdan con lo expuesto por Villada y Tobon (2016) quienes obtuvieron pesos de fruta aprovechable en un rango de 22.19 kg – 16.43 kg.

Ratio

En la producción bananera se busca optimizar el número de cajas obtenidas por unidad de producción (cajas/racimo). La relación entre la fruta aprovechada para exportación proveniente de un racimo y el peso de una caja de banano se denomina ratio. El ratio es un indicador del peso de fruta exportada y su función está dada por el peso y calidad de la fruta. Los tratamientos de extractos botánicos aplicados a la inflorescencia en el manejo de “la mancha roja” ocasionada por trips (*Chaetanaphotrips signipennis*) en el cultivo de banano evidenciaron diferencias significativas para la variable ratio, como se aprecia en el Cuadro 6.

Cuadro 6

Promedios de la relación fruta aprovechable/peso de caja en el cultivo de banano en la finca “Julia María”.

Tratamiento	Ratio (cajas/racimo)
T1 0.1% Extracto de Árbol del alcanfor	1.15 ab
T2 0.1% Extracto de Menta negra	0.92 bc
T3 0.1% Extracto de Jengibre	0.94 bc
T4 0.1% Extracto de Mejorana	0.88 c
T5 0.1% Extracto de Árbol de molle	0.77 c
T6 0.1% Extracto de Palo santo	1.02 abc
T7 0.5% (Convencional)	1.21 a
Media	0.98
Significancia	*
R ²	0.68
Coeficiente de variación (%)	13.15

Nota. T: tratamiento. % (Tratamiento): concentración del ingrediente activo. ns: no significativo > 0.05. *: significativo ≤ 0.05 a 0.0001 **: altamente significativo < 0.0001.

Se pudo observar que el mayor promedio de ratio se obtuvo con el tratamiento T7 (Convencional) con 1.21 y estadísticamente igual con el T1 (Extracto de Árbol del alcanfor (*Cinnamomum camphora*)) con 1.15 y el T6 (Extracto de Palo santo (*Bursera graveolens*)) con 1.02, lo que significa que sus frutos son de igual calidad. El tratamiento que registró el menor promedio de ratio fue el T5 (Extracto de Árbol de molle (*Schinus molle*)) con 0.77. Esto no concuerda con la investigación de León (2018), quien obtuvo valores superiores a 1.49 para la variable ratio. Ante la mayor exigencia en calidad, apariencia y presentación de la fruta, el análisis de esta variable permite a los productores del cultivo de banano, tomar las mejores decisiones con respecto al manejo de los componentes de rendimiento. A mayor ratio (cajas/racimo), aumenta la productividad (cajas/racimo/hectárea) y disminuye la merma, teniendo como resultado un incremento en las utilidades.

Análisis Económico

Para la obtención del rendimiento por hectárea, es necesario mencionar que el ciclo del cultivo de banano tiene una duración de 34 semanas aproximadamente. Teniendo en cuenta que cada unidad experimental produjo 25 racimos en una extensión de media hectárea para la semana de cosecha, los datos para cada tratamiento se obtuvieron multiplicando su media registrada para la variable peso de fruta aprovechable por el número de racimos equivalentes en una hectárea (50 racimos) por el número de semanas equivalentes al tiempo en semanas para el desarrollo del cultivo desde la siembra hasta cuando el banano está listo para empacarse y distribuirse (34 semanas). Los porcentajes obtenidos al evaluar la relación beneficio/costo de los tratamientos en estudio son evidenciados en el Cuadro 7.

Cuadro 7

Análisis de rendimiento y relación costo beneficio de los tratamientos evaluados en el cultivo de banano en la finca "Julia María".

Tratamiento	Rendimiento (Kg/Ha)	Ingresos (\$)	Costos (\$)	Beneficio (%)
T1 0.1% Extracto de Árbol del alcanfor	38,505	12,129.07	9,308.96	30.29
T2 0.1% Extracto de Menta negra	30,600	9,639	9,308.96	3.54
T3 0.1% Extracto de Jengibre	31,416	9,896.04	9,308.96	6.30
T4 0.1% Extracto de Mejorana	29,461	9,280.21	9,308.96	-0.30
T5 0.1% Extracto de Árbol de molle	25,789	8,123.53	9,308.96	-12.73
T6 0.1% Extracto de Palo santo	34,000	10,710	9,308.96	15.05
T7 0.5% (Convencional)	40,392	12,723.48	9,568.96	32.96

Nota. T: tratamiento. % (Tratamiento): concentración del ingrediente activo.

El tratamiento que presentó un mayor porcentaje en la relación costo/beneficio fue el T7 (convencional) con 32.96%; seguido por el T1 (Extracto del Árbol de alcanfor (*Cinnamomum camphora*)) con 30.29%, el T6 (Extracto de Palo santo (*Bursera graveolens*)) con 15.05%, T3 (Extracto de Jengibre (*Zingiber officinale*)) con 6.30%, T2 (Extracto de Menta negra (*Mentha piperita*)) con 3.54%; los tratamientos con los porcentajes más bajos fueron el T4 (Extracto de Mejorana (*Origanum majorana*)) con -0.30% y el T5 (Extracto del Árbol de molle (*Schinus molle*)) con -12.73%. En relación al tratamiento T7 (convencional), esto concuerda con Villalva (2017), donde se obtuvo una relación costo/beneficio promedio del 33.5% para los tratamientos con insecticidas químicos. Cuando el costo de los fondos propios es superior al resultado contable, se tiene lo que se conoce como un "beneficio económico negativo". Un beneficio negativo significa básicamente que no ganas, lo cual es posible. Comprender el beneficio económico negativo requiere la consideración de los costos y de los ingresos implícitos, así como de los ingresos y los costos explícitos. Los valores de la relación costo/beneficio de cada uno de los tratamientos dan una clara idea del beneficio económico que se obtiene mediante el uso de cada uno de los tratamientos antes mencionados. Con base en el análisis económico, el tratamiento T7 (convencional) se visualiza como el mejor económicamente hablando.

A pesar de que el tratamiento químico presentó el mejor manejo para el problema fitosanitario comparado con tratamientos botánicos, debe tomarse en cuenta su impacto sobre insectos benéficos, así como su poder residual en los frutos. Vale la pena mencionar que el tratamiento T1 (Extracto del Árbol de alcanfor (*Cinnamomum camphora*)), aunque presentó efectividad intermedia en los porcentajes de incidencia y severidad de daño, podría considerarse como una buena opción para el manejo de daños, debido a que sus valores de rendimiento y beneficio económico estuvieron en un rango similar al del control convencional. También debe mencionarse que al ser un producto orgánico no es tóxico para mamíferos y polinizadores, y es rápidamente degradado por el ambiente. Pronutiva (2020) y Sazo et al. (2016) señalan para bifentrina y piriproxyfen respectivamente, un largo efecto residual, alta persistencia y gran impacto sobre una amplia gama de insectos, llegando a ser tóxico para abejas.

Conclusiones

En evaluaciones en campo, los insecticidas botánicos no superaron a las parcelas tratadas convencionalmente en el manejo del problema fitosanitario de la mancha roja provocada por trips en el cultivo de banano en la finca "Julia María". Los extractos botánicos que presentaron menor incidencia y severidad de daño fueron los de mejorana y palo santo respectivamente.

El extracto del árbol de alcanfor presentó efectos alelopáticos para las variables de incidencia y severidad de daño. El rendimiento de fruta exportable y el beneficio económico de su aplicación se encuentran en un rango semejante al del control convencional con insecticidas químicos. El uso del extracto del árbol de alcanfor podría representar una buena alternativa en el manejo de esta plaga.

Los beneficios estimados son sólo una fracción del total de los beneficios del uso de insecticidas botánicos para el control del trips causante de la mancha roja. Los beneficios económicos adicionales al presentar ventajas para el ambiente (asimilables y descompuestos por los microorganismos presentes en el ambiente) y evitar contrariedades (intoxicación de la población, contaminación de los lagos y agua subterránea, muerte de organismos polinizadores, resistencia a plaguicidas y fitotoxicidad) no fueron calculados, pero son seguramente de magnitud considerable.

Recomendaciones

Realizar investigaciones con el fin de lograr determinar con precisión la técnica adecuada para el manejo del cultivo. De igual forma se recomienda realizar investigaciones de la misma índole para obtener información con el propósito de generar alternativas sustentables para una buena protección del cultivo sobre plagas que afecten la calidad de la fruta.

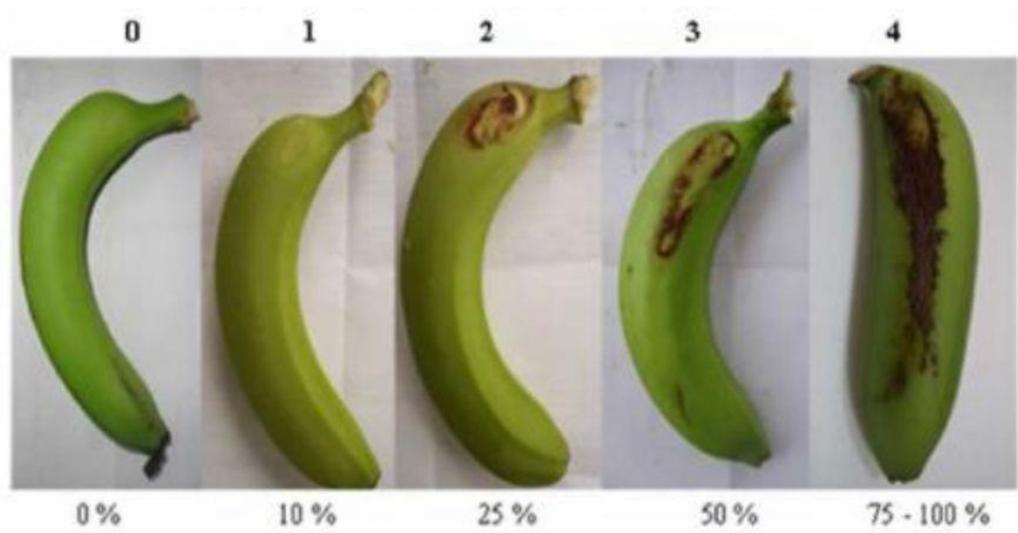
Evaluar distintas presentaciones que permitan una mayor residualidad de los extractos botánicos en los racimos como la liberación controlada por medio de hidrogeles. Así como evaluar dosis más altas del insecticida de extracto del árbol de alcanfor, así también evaluar diferentes frecuencias de aplicación y/o presentaciones, con el objetivo de determinar su efectividad en el manejo del problema fitosanitario y su posible vínculo con el incremento de la producción bananera.

Referencias

- Agro Bayer Ecuador. 2020. Cultivos-Banano. Ecuador: [sin editorial]. <https://agro.bayer.ec/cultivos/banano>.
- Aguilar K. 2019. Evaluación productiva y económica del banano orgánico Cavendish bajo distintas dosis de fertilización con nitrógeno y potasio en Machala, Ecuador. [Tesis] Honduras: Escuela Agrícola Panamericana. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6594/1/AGN-2019-T001.pdf>.
- Aguirre A. 2009. Producción y eficiencia de un insecticida botánico a partir de semillas de naranja en el Parque Metropolitano Güangüiltagua. [Tesis] Quito-Ecuador.: Universidad Internacional SEK. spa. <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/409>.
- Arias M, Corozo R, Jines A. 2011. Manejo integrado de los trips de la mancha roja en plantaciones bananeras de las Provincias del Guayas, El Oro y Azuay. Ecuador: [sin editorial]. <https://www.fontagro.org/wp-content/uploads/2017/04/Thrips-INVESTIGACIONES-y-AVANCES-2017-Arias.pdf>.
- Bálcazar M, Eras R, Burgos J. 2018. Costos de producción: estimación y proyección de ingresos. Machala, Ecuador: UTMACH. ISBN: 978-9942-24-105-4. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14417/1/Cap.4%20Estimaci%C3%B3n%20de%20los%20costos%20de%20producci%C3%B3n%20del%20banano.pdf>.
- Barea G. 2006. Patometria incidencia y severidad. [sin lugar]: [sin editorial]; [actualizado el 5 de oct. de 2021; consultado el 5 de oct. de 2021]. <https://www.slideshare.net/jesusamani961/patometria-incidencia-y-severidad>.
- Central America Data. 2020. Banano: Alerta por regulaciones en Europa. [sin lugar]: [sin editorial]; [actualizado el 5 de oct. de 2021; consultado el 5 de oct. de 2021]. https://www.centralamericadata.com/es/article/home/Banano_Alerta_por_regulaciones_en_Europa.
- Cubillo D, Laprade S. 2001. Manual Técnico para el manejo integrado de insectos plaga en el cultivo de banano. [sin lugar]: CORBANA.
- Directorio Fruta. 7 de dic. de 2019. Latinoamérica la mayor región exportadora de alimentos. Directorio Fruta; [consultado el 12 de sep. de 2021]. <https://www.directoriofruta.cl/latinoamerica-la-mayor-region-exportadora-de-alimentos/>.
- Domínguez A. 2016. Etnobotánica aplicada: extractos naturales utilizados en agricultura ecológica. [sin lugar]: [sin editorial]. https://www.alcoi.org/export/sites/default/es/areas/medi_ambient/cimal/descargas/ETNOBOTANICA-APLICADA.pdf.
- El Productor. 2020. Ecuador: El 22% de exportaciones de banano van al mercado ruso | Noticias Agropecuarias. Ecuador: [sin editorial]; [actualizado el 5 de oct. de 2021; consultado el 5 de oct. de 2021]. <https://elproductor.com/2020/01/ecuador-el-22-de-exportaciones-de-banano-van-al-mercado-ruso/>.
- Evinco. 2018. Nuestra Empresa. Guayaquil, Ecuador: [sin editorial]. <http://www.evinco.com.ec/quienes-somos/>.

- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2010. Biopreparados para el manejo sostenible de plagas y enfermedades en la agricultura urbana y periurbana. [sin lugar]: [sin editorial]. <https://www.fao.org/3/as435s/as435s.pdf>.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2017. Buenas prácticas agrícolas para bananos. Roma, Italia: [sin editorial]; [actualizado el 3 de sep. de 2021; consultado el 3 de sep. de 2021]. es. <http://www.fao.org/publications/card/es/c/bafa77e8-3eb9-4dcd-9aca-a67e5abed745/>.
- Fernández-Ruiz M, Yepes-Fuentes L, Tirado-Ballestas I, Orozco M. 2018. Repellent Activity of the essential oil of *Bursera graveolens* Jacq. ex L., against *Tribolium castaneum* Herbst, 1797 (Coleoptera: Tenebrionidae). *An Biol.* (40):87–93. doi:10.6018/analesbio.40.10.
- [IICA] Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 2021. ¿Cuáles países de América Latina y el Caribe marcan la pauta del comercio agrícola mundial durante la pandemia del COVID-19? [sin lugar]: [sin editorial]; [actualizado el 12 de sep. de 2021; consultado el 12 de sep. de 2021]. <https://blog.iica.int/blog/cuales-paises-america-latina-caribe-marcan-pauta-del-comercio-agricola-mundial-durante>.
- Incarpalm. 2019. Cajas de cartón para exportación del banano. [sin lugar]: [sin editorial]; [actualizado el 14 de feb. de 2020; consultado el 13 de oct. de 2021]. <http://incarpalm.com.ec/incarpalm/cajas-de-carton-para-exportacion-de-banano/>.
- [INIAP] Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador. 2015. El trips de la mancha roja en banano orgánico. Avances de investigaciones para el manejo integrado en Ecuador, Perú y República Dominicana. Ecuador: [sin editorial]. <https://www.fontagro.org/wp-content/uploads/2017/04/Thrips-INVESTIGACIONES-y-AVANCES-2017-Arias.pdf>.
- [INIAP] Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador. 2016. Fortalecimiento de pequeños productores de banano orgánico; integración de actores, manejo sostenible de plagas y estrategias de salud de suelos. Ecuador: INIAP. <https://www.iniap.gob.ec/pruebav3/wp-content/uploads/2018/05/Proyecto%20Banano%20Org%C3%A1nico.pdf>.
- Jiménez E, Manzanares R. 2020. Insecticidas botánicos registrados y no registrados en Nicaragua. *Rev. Univ. Caribe.* 25(02):131–141. doi:10.5377/ruc.v25i02.10483.
- Koschier E, Sedy K. 2001. Effects of plant volatiles on the feeding and oviposition of *Thrips tabaci*. Vienna, Austria: [sin editorial]. <https://www.ento.csiro.au/thysanoptera/Symposium/Section6/27-Koschier-Sedy.pdf>.
- León J. 2018. Evaluación de la funda protectora impregnada con Bifentrina sobre el daño de la "mancha roja" causado por *Chaetanaphotrips signipennis* en banano. Ecuador.: [sin editorial]. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/5023/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000106.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [MAG] Ministerio de Agricultura y Ganadería. 2018. Boletín Situacional - Banano 2018. Ecuador.: [sin editorial]; [actualizado el 24 de mar. de 2020; consultado el 12 de sep. de 2021]. <https://online.fliphtml5.com/ijia/cnwq/>.
- Mira J, Sánchez J. 2012. Rendimiento en banano y determinación de sus componentes. [sin lugar]: Augura Augura; Bogotá (Colombia). spa. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/19662>.

- Organización Mundial del Comercio. 2021. Preocupaciones comerciales específicas - Sistema de Gestión de la Información Sanitaria y Fitosanitaria. [sin lugar]: [sin editorial]; [actualizado el 6 de oct. de 2021; consultado el 6 de oct. de 2021]. <http://spsims.wto.org/es/SpecificTradeConcerns/View?lmsId=474>.
- Pronutiva. 2020. Programa exclusivo de UPL, que integra biosoluciones naturales (bioprotección + bioestimulantes + bionutrición), con productos convencionales de protección de cultivos para satisfacer o superar las necesidades del mundo real de la agricultura de hoy. Chile: [sin editorial]. https://cl.uplonline.com/download_links/BE0bbwsGL1QZx0P3tkqLZ4ekqhgg4aFOXKoE0zxp.pdf.
- Robalino E. 2020. Manejo de trips (*Chaetanaphothrips signipennis*) en el cultivo de banano mediante la aplicación de insecticidas botánicos, pasaje –el oro. Guayaquil, Ecuador: [sin editorial]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ROBALINO%20BERMEO%20ESTEFANNY%20FERNANDA.pdf>.
- Rojas J. 2013. Manejo integrado de plagas y enfermedades en banano orgánico y convencional. Piura, Peru.: [sin editorial]. <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/009-d-banano.pdf>.
- Ruiz E, Aguilar O, Alejo J, Tún J, Latournerie L, Pérez A. 2009. Comparación de la efectividad de un insecticida botánico y dos químicos convencionales en el control del picudo (*Anthonomus eugeniicola*) (Coleoptera: Curculionidae) en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Cuba: [sin editorial]. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1562-30092009000200007.
- Santiago Miguel Ulloa. 2015. Manual para el cultivo de plátano de exportación. Ecuador: Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE.
- Sazo L, Sanhueza V, Sepulveda H, Prieto M. 2016. Eficacia de acetamiprid, fosmet, clorpirifós y pyriproxyfen sobre ninfas de *Diaspidiotus perniciosus* (Hemiptera: Diaspididae) en manzanas. Revista de la Sociedad Entomológica; [consultado el 13 de sept. de 2021]. 75(1-2):37-43. <https://www.redalyc.org/pdf/3220/322046181003.pdf>.
- [SIBA] Sistema de Información Bananera. 2020. Plagas y Enfermedades. República Dominicana: [sin editorial]; [actualizado el 12 de sep. de 2021; consultado el 13 de sept. de 2021]. <https://siba.org.do/enfermedades/>.
- Villada K, Tobon J. 2016. Determinación del desarrollo del cultivo de banano variedad cavendish bajo 2 tratamientos de aireación de suelo y aporte de materia orgánica en la finca bonito amanecer del municipio de chigorodó. Colombia: [sin editorial]. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/6458/1040355478.pdf?sequence=4&isAllowed=y>.
- Villalva J. 2017. Utilización de fundas impregnadas con neem x, para el manejo del trips en orito en el recinto Argentina del cantón Cumandá. [Tesis]. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24869/1/tesis%20017%20Ingenier%C3%ADa%20Agropecuaria%20-%20Villalva%20Flores%20Jos%C3%A9%20Fidel%20-%20cd%20017.pdf>.

Anexos**Anexo A***Escala de severidad de daño*

Anexo B*Distribución de tratamientos*

2	8	5	3	1	4	7
6	7	2	4	8	1	3
3	2	1	5	4	7	6