

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



Proyecto Especial de Graduación

Evaluación de la efectividad biológica del aceite orgánico de Neem
(*Azadirachta indica* A. Juss.) y Tiametoxam para el control de cochinilla
harinosa (*Pseudococcus elisae* Borchsenius) en banano (*Musa ×*
***paradisiaca* L.)**

Estudiantes

Mathew Said Torres Guevara

Víctor Emilio Minuche Moreno

Asesores

Rogelio Trabanino, M.Sc.

Raul Espinal, Ph.D.

Miguel Cocom, Ing.

Honduras, octubre 2024

Autoridades

SERGIO ANDRÉS RODRÍGUEZ ROYO

Rector

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

CELIA O. TREJO RAMOS

Directora Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

JULIO NAVARRO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	4
Índice de Anexos.....	6
Resumen	7
Abstract.....	8
Introducción.....	9
Ubicación	14
Tratamientos y Aplicaciones	14
VARIABLES MEDIDAS.....	15
Población de <i>P. elisae</i> Borchsenius	15
Densidad Poblacional de <i>P. elisae</i> Borchsenius en Racimos de Banano (<i>Musa × paradisiaca</i> L.) ..	15
Diseño Experimental	16
Análisis Estadístico	16
Resultados y Discusión.....	18
Población de Ninfas y Adultos de <i>P. elisae</i> Borchsenius en Planta de Banano (<i>Musa × paradisiaca</i> L.)	18
Porcentaje de reducción de población de <i>P. elisae</i> Borchsenius con respecto al testigo durante la evaluación.....	20
Densidad Poblacional de <i>P. elisae</i> Borchsenius por Racimo en Cosecha	23
Conclusiones	25
Recomendaciones.....	26
Referencias.....	27
Anexos.....	29

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Tratamientos evaluados en el estudio para el control de <i>P. elisae</i> Borchsenius en banano (<i>Musa × paradisiaca</i> L.)	15
Cuadro 2 Población promedio de ninfas y adultos de <i>P. elisae</i> Borchsenius presentes por pseudo tallo de planta de banano (<i>Musa × paradisiaca</i> L.) muestreado después de la aplicación de los tratamientos, durante diciembre 2023 hasta enero 2024 en la finca Franz-Mathew, Ecuador.	19
Cuadro 3 <i>Densidad Poblacional de ninfas y adultos de P. elisae Borchsenius por racimo de banano (Musa × paradisiaca L.) en el mes de enero 2024, a los 28 días de estudio en la zona de postcosecha de la finca Franz-Mathew, Ecuador.</i>	24

Índice de Figuras

Figura 1 Porcentaje de reducción de población de <i>P. elisae</i> Borchsenius en pseudo tallo de la planta de banano (<i>Musa × paradisiaca</i> L.), por medio de la medición de individuos controlados con respecto al testigo en los meses de diciembre 2023 a enero 2024, realizado en la finca Franz-Mathew, Ecuador.	22
---	----

Índice de Anexos

Anexo A Cronograma de actividades	29
Anexo B Monitoreo y registro de la población de cochinilla harinosa (<i>Pseudococcus elisae</i> Borchsenius).....	30
Anexo C Aplicación de los tratamientos con mochila CP3.....	31
Anexo D Aplicación de los tratamientos con mochila CP3	32
Anexo E Presupuesto del estudio	33
Anexo F Posición de ninfas y huevos de <i>Pseudococcus elisae</i> Borchsenius en el pseudo tallo de la planta de banano.	34
Anexo G <i>P. elisae</i> Borchsenius adultas y ninfas en el pseudo tallo de la planta de banano.	35
Anexo H Población de cochinilla harinosa en racimo de banano.	36
Anexo I Distribución de las plantas de banano para el estudio	37
Anexo J Distanciamiento entre surcos de las unidades experimentales.	38
Anexo K Daño estético de la fruta por fumagina (<i>Capnodium mangiferae</i> Cooke & Broome)	39
Anexo L Presencia de <i>P. elisae</i> Borchsenius en pseudo tallo, cerca del racimo de banano.	40
Anexo M Aceite orgánico de Neem, a base de Azadirachtina.	41
Anexo N Tratamiento químico Thala, a base de Tiametoxam	42

Resumen

La implementación de pesticidas naturales se presenta como una opción sostenible para el manejo de plagas en la producción de banano (*Musa × paradisiaca* L.). En este experimento, se evaluó el efecto del aceite de Neem para combatir (*Pseudococcus elisae* Borchsenius). El objetivo de este estudio fue determinar la efectividad biológica de las aplicaciones de Neem a 6.00 L/ha y 2.00 L/ha y compararlo con el insecticida químico Thala (Tiametoxam) a 0.10 L/ha para el control de ninfas y adultos de cochinilla en banano (*Musa × paradisiaca* L.). El experimento se realizó en la provincia de Guayas, Ecuador, con un total de 16 unidades experimentales, 4 tratamientos y 4 repeticiones, donde se realizó 1 aplicación cada 7 días en un lapso de 21 días con una bomba manual, seguido de un monitoreo por conteo visual de ninfas y adultos de *P. elisae* Borchsenius presentes en el pseudo tallo. A los 28 días del estudio se realizó un monitoreo en el área postcosecha a racimos para determinar la población de *P. elisae* Borchsenius. Los resultados mostraron que los tres tratamientos lograron una reducción significativa en la población de cochinillas en comparación con el tratamiento testigo. La mayor reducción se observó con Neem a 6.00 L/ha y Tiametoxam a 0.10 L/ha, alcanzando reducciones de hasta el 76.91% y 67.60% respectivamente a los 14 y 21 días de la aplicación. Estos resultados sugieren que el aceite de Neem puede ser una alternativa orgánica efectiva a los productos químicos para el manejo de *P. elisae* Borchsenius en banano (*Musa × paradisiaca* L.).

Palabras claves: adultos, botánico, insecticida, ninfas, pseudo tallo.

Abstract

The implementation of natural pesticides is presented as a sustainable option for pest management in banana (*Musa × paradisiaca* L.) production. In this experiment, the effect of Neem oil to combat (*Pseudococcus elisae* Borchsenius) was evaluated. The objective of this study was to determine the biological effectiveness of Neem applications at 6.00 L/ha and 2.00 L/ha and compare it with the chemical insecticide Thala (Thiametoxam) at 0.10 L/ha for the control of nymphs and adults of mealybug in banana (*Musa × paradisiaca* L.). The experiment was carried out in the province of Guayas, Ecuador, with a total of 16 experimental units, 4 treatments and 4 repetitions, where 1 application was made every 7 days over a period of 21 days with a manual pump, followed by monitoring by visual counting of nymphs and adults of *P. elisae* Borchsenius present in the pseudo stem. After 28 days of the study, monitoring was carried out in the post-harvest area in bunches to determine the population of *P. elisae* Borchsenius. The results showed that the three treatments achieved a significant reduction in the population of mealybugs compared to the control treatment. The greatest reduction was observed with Neem at 6.00 L/ha and Thiamethoxam at 0.10 L/ha, reaching reductions of up to 76.91% and 67.60% respectively at 14 and 21 days after application. These results suggest that Neem oil may be an effective organic alternative to chemicals for the management of *P. elisae* Borchsenius in banana (*Musa × paradisiaca* L.).

Keywords: adults, botanical, insecticide, nymphs, pseudo stems

Introducción

El banano (*Musa × paradisiaca* L.) es una fruta que se cultiva en regiones tropicales de todo el mundo y desempeña un papel fundamental en el crecimiento económico y el desarrollo social de muchas naciones en vía de desarrollo. A nivel global, el banano es una parte crucial de la dieta y se considera uno de los cultivos alimentarios más importantes, lo que lo convierte en un producto destacado en las exportaciones (Galarza Suárez, 2019).

Este cultivo es atacado por múltiples plagas durante su ciclo de vida tales como el picudo negro (*Cosmopolites sordidus*), la mancha roja del banano (*Chaetanaphothrips signipennis*), la cochinilla harinosa (*Pseudococcus elisae* Borchsenius), el mal de panamá (*Fusarium oxysporum* f.sp.), la enfermedad de la pudrición acuosa del banano (*Erwinia carotova*), la sigatoka negra (*Pseudocercospora fijiensis*), sumado a el virus del rayado del banano (Banana streak virus) perteneciente al genero Badnavirus, el cual se transmite de forma mecánica y a través de insectos como áfidos, cochinillas y trips, por último el virus del mosaico del banano (Cucumber mosaic virus) perteneciente al genero Cucumovirus y transmitido por distintas especies de pulgones (Rojas, 2013).

Pseudococcus elisae Borchsenius causa un daño económico significativo en las fincas de banano, con una pérdida del 15 % de la producción total para exportación debido al daño estético en la fruta. Su principal daño radica en la succión de savia de la planta el cual puede producir debilitamiento y, por ende, la producción de frutos en cuanto a tamaño y calidad es menor. Así mismo, la cochinilla harinosa (*P. elisae* Borchsenius) excreta miel de rocío o melaza como subproducto de su alimentación, este es un líquido azucarado que provoca la reproducción esporangio de fumagina generando un daño en la calidad del banano, por lo tanto su rechazo para exportación (Kondo et al., 2014), además de esto, si la infestación es severa esta plaga puede llegar al fruto causando deformaciones en la piel del fruto de la planta de banano y manchas las cuales hacen la fruta menos atractiva comercialmente.

P. elisae Borchsenius puede infectar un amplio número de malezas, las cuales hacen la función de hospederos alternos, tales como: *Emilia sonchifolia*, *Sida acuta*, *Blechum pyramidatum*, *Amaranthus dubius*, *Bidens pilosa*, *Digitaria sanguinalis*, *Erigeron bonariensis*, *Sida rhombifolia*, *Galinsoga ciliata*, *Blechum brownei*, y *Cyperus ferax*. (Gil, 2020)

El periodo de desarrollo de *Pseudococcus elisae* Borchsenius está estrechamente ligado a la temperatura ambiente, el insecto puede completar un ciclo generacional en un rango de 40 a 112 días, con temperaturas fluctuantes entre 17.5 °C y 30°C. Se han documentado entre 3 y 9 generaciones anuales, variando significativamente según las condiciones ambientales predominantes (Varikou et al., 2010).

Los machos adultos tienen un aparato bucal atrofiado, por ende, únicamente las hembras se nutren de los tejidos blandos, principalmente del pseudotallo, sin embargo, también atacan las hojas, flores y frutos. Absorben la savia y al hacerlo, introducen una saliva tóxica. Esta saliva provoca deformidades en las hojas y una infección en las yemas finales de la planta, lo que detiene su crecimiento y puede llegar a causar su muerte (Méndez Calderón, 2021). Además, funciona como portador del virus de la raya del plátano (BSV) (Cevallos Vera, 2022).

P. elisae Borchsenius enfrenta múltiples enemigos naturales, destacándose entre ellos las avispas parasitoides como *Aphytis melinus*, su uso ha aumentado notablemente en muchas plantaciones de banano del Caribe de Costa Rica, alcanzando tasas de parasitismo superiores al 35% en algunas fincas. Además de estos parasitoides, se han observado otros insectos como los escarabajos *Pentilia* y *Delphastus*, así como las larvas de las crisopas del género *Ceraeochrysa*. (Guillén y Laprade, 2013)

Es muy importante destacar la conservación y el incremento de coberturas vegetales que promuevan el crecimiento y reproducción de enemigos naturales, tales como la oreja de ratón

(*Geophila macropoda*), alacrán (*Cyathula prostrata*), flor amarilla o chavelita (*Wedelia sp.*) y la pata de gallina (*Eleusine indica*) (Guillén y Laprade, 2013).

El uso de insecticidas en plantaciones de banano en Ecuador es el método que se utiliza tradicionalmente para el control de plagas. El tiametoxam, ingrediente activo del agroquímico Thala, es un insecticida de amplio espectro utilizado en numerosos cultivos. Pertenece a la clase de los neonicotinoides de segunda generación, a la subclase de los tianicotinilos. Este insecticida ofrece varias ventajas: alta tolerancia por parte de los cultivos, eficacia insecticida significativa a dosis bajas, efecto insecticida prolongado, amplia cobertura contra diversos tipos de insectos tales y protección de los nuevos crecimientos. El mecanismo de acción de este neonicotinoide es sistémico y consiste en interferir con el receptor nicotínico de acetilcolina en el sistema nervioso del insecto. Una vez que el insecto ingiere los fluidos de la planta tratada con tiametoxam o entra en contacto con el mismo, se interrumpe su alimentación y deja de causar daño a la planta. (Martínez et al., 2009).

En Ecuador el Tiametoxam es utilizado principalmente para el control de pulgón y cochinilla. En cultivos de banano (*Musa × paradisiaca* L.) se aplica en el pseudotallo y en las raíces, mediante fumigación con bomba debido a que las plagas que busca controlar se encuentran en estos sitios, además al ser sistémico necesita ser absorbido por las raíces. Un mal manejo de la concentración de este producto puede causar toxicidad directa a la planta con efectos como la inhibición del crecimiento, daño en el sistema radicular, clorosis y necrosis.

Los plaguicidas botánicos son sustancias derivadas de partes o componentes activos de plantas. Recientemente, se ha prestado mucha atención a la utilización de productos derivados de plantas como alternativas efectivas a los pesticidas sintéticos. Estos productos vegetales son altamente eficaces, más económicos, se descomponen fácilmente en el medio ambiente y se consideran más seguros que sus contrapartes sintéticas. Los insecticidas químicos tienden a persistir

en el medio ambiente, causando enfermedades que a menudo no se identifican hasta que se acumulan en los organismos (Martínez et al., 2009).

En un estudio realizado por Morales (2024) se evaluaron varios extractos botánicos para el control de cohinilla, entre ellos: Extracto de Ajo (*Allium sativum*), extracto de aji (*Capsicum frutescens*) y aceite de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss.). Entre estos, el aceite de Neem tuvo una mayor eficiencia con respecto a los demás, debido a que la Azadirachtina actúa mediante la inhibición de la síntesis de quitina en el exoesqueleto del insecto, lo cual resulta en la interrupción de su proceso de muda y crecimiento.

El Neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) es un miembro de la familia Meliaceae, una planta perenne tropical de rápido crecimiento cuyo producto principal es el aceite de neem. Este es extraído de semillas y frutos, y se ha demostrado su eficacia contra plagas de insectos y enfermedades de importancia económica. (Adhikari et al., 2020). La azadirachtina es un compuesto químico de tetranortriterpenoides y tiene un modo de acción sistémico y de contacto, es decir que, para que actúe necesita que el insecto entre en contacto directo con el compuesto o que lo ingiera al alimentarse de las partes de la planta tratadas con neem. Este ingrediente actúa como regulador del crecimiento de insectos al interferir con la actividad de la ecdisona, la hormona de los insectos que controla el proceso de muda, lo que provoca modificaciones en la metamorfosis larval. También cuenta con un efecto repelente de insectos adultos, el cual disminuye la puesta de huevos y por ende la proliferación de los mismos (Fernandes et al., 2019).

El Jabón Pótasico es un producto usado como insecticida, altamente biodegradable con baja residualidad, su mecanismo de acción es por contacto, produciendo daños en las membranas celulares, al degradar la cutícula y facilitar la penetración hacia el sistema respiratorio para bloquear el intercambio de gases (O_2) de insectos como pulgones, ácaros, cochinillas, mosca blanca y trips (Glacoxan, 2019).

El objetivo de este estudio fue determinar la efectividad biológica de las aplicaciones de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) y el insecticida químico Thala (*Tiametoxam*) en los estadios de ninfa y adulto de *P. elisae* Borchsenius.

Materiales y Métodos

Ubicación

La presente investigación se llevó a cabo en la Hacienda “Franz-Mathew”, ubicada en el sector “San Carlos” del cantón Balao, provincia del Guayas. El predio está situado entre las coordenadas 2°54'10.7"S, 79°42'23.8"W, a 10 metros sobre el nivel del mar. El estudio se realizó a partir del 14 de diciembre del 2023 al 11 de enero del 2024. La precipitación promedio teórica en estos meses fue de 145.6 mm y la temperatura promedio teórica fue de 28°C (Weather Spark, 2024).

Tratamientos y Aplicaciones

Las aplicaciones y monitoreos de los tratamientos se realizaron cada 7 días, realizando un total de 4 aplicaciones en un período de 28 días. En el día 0 antes de la aplicación (ADA), se registraron los datos de la población inicial de la plaga. A partir de este punto, se monitoreó y registró la población de *P. elisae* Borchsenius a lo largo de 4 semanas, bajo los diferentes tratamientos aplicados.

Se evaluaron dos concentraciones de Neem (2.00 L/ha y 6.00 L/ha), Tiametoxam (0.10 L/ha), y un testigo sin aplicación (Cuadro 1). La aplicación de los tratamientos se realizó cada 7 días, realizándose un total de 4 aplicaciones durante un período de 28 días. En el testigo, no se realizó ninguna aplicación durante todo el estudio. Las aplicaciones y monitoreos se llevaron a cabo entre las 8:00 am y las 10:00 am para minimizar los efectos de deriva por el viento y evitar la degradación de los tratamientos por la lluvia.

La fumigación se calibró con una mochila bomba CP 3 de 20 L, basado en un volumen de aplicación de 200 L/ha. Las aplicaciones se realizaron utilizando bombas de espalda marca Cooper Pegler CP 3 Classic, con boquilla No. 12 de abanico plano de 1,5 mm, una tasa de flujo de 800 mL/min y una capacidad de 20 litros. Una mochila fue destinada para la aplicación de los tratamientos con Neem (2.00 L/ha y 6.00 L/ha) y otra mochila al tratamiento químico (Tiametoxam). Las plantas de

banano (*Musa × paradisiaca* L.) seleccionadas se encontraban en fase reproductiva, siendo más específico 30 semanas de edad (4 semanas antes de la cosecha), donde los racimos ya se encontraban protegidos por la funda junto a las diapas. Para evitar que la plaga se movilizara hacia el racimo de banano, se aplicó directamente sobre el pseudo tallo de las plantas con seis movimientos de arriba hacia abajo.

Cuadro 1

Tratamientos evaluados en el estudio para el control de P. elisae Borchsenius en banano (Musa × paradisiaca L.).

Tratamiento	Producto	Dosis/ha	Concentración mL/L de agua
Neem	Organic Insecticida Duo	2.00 L	10.0
Neem	Organic Insecticida Duo	6.00 L	30.0
Tiametoxam	Thala	0.10 L	00.5
Testigo	-	-	-

Variables Medidas

Población de P. elisae Borchsenius

La población de ninfas y adultos de *P. elisae* Borchsenius se determinó mediante el conteo de individuos presentes desde el cormo hasta 2 metros de altura del pseudo tallo.

Densidad Poblacional de P. elisae Borchsenius en Racimos de Banano (Musa × paradisiaca L.)

A los 28 días del estudio, se registraron los datos de la población de cochinilla harinosa (*P. elisae* Borchsenius) por racimo. El monitoreo se realizó de forma visual en la zona de postcosecha mediante conteo a los 10 racimos de cada unidad experimental, se evaluó la presencia de cochinillas en el raquis, las manos, y los frutos, para determinar qué tratamiento tuvo un mayor efecto en la reducción de la población de *P. elisae* Borchsenius. La cosecha de los racimos de cada unidad experimental se realizó el mismo día, con la ayuda de un operario en cada lote, trasladando el racimo al riel de transporte, se identificaron los racimos de cada tratamiento con una pegatina, colocado en

el raquis de la fruta. Al momento de la cosecha, los racimos de cada tratamiento se encontraban protegidos por una funda junto a las diapas sin incluir algún tipo de plaguicida.

Diseño Experimental

Se evaluaron tres tratamientos y un testigo utilizando un Diseño de Bloques Completamente al Azar (BCA), dos concentraciones de Neem, Tiametoxam y un testigo, repartidos aleatoriamente en cuatro bloques para un total de 16 unidades experimentales.

El experimento se llevó a cabo en campo abierto, en un área de 40,000 m², el área seleccionada para la evaluación tenía un cultivo sembrado a un distanciamiento de 2.6 m x 2.2 m entre plantas y 1 m entre surcos. Cada unidad experimental abarcó 2,500 m². En las cuales se seleccionaron plantas de banano de la misma edad fisiológica, seleccionando 40 plantas por tratamiento.

Análisis Estadístico

Los resultados fueron analizados con el Modelo Lineal General (GLM), con el programa Statistical Analysis System Online (SAS®). Se realizó una separación de medias con la prueba Duncan a una significancia de ($P \leq 0.05$) para realizar comparaciones múltiples de medias de las variables de población de *P. elisae* Borchsenius, porcentajes de reducción poblacional con respecto al testigo y densidad poblacional en racimo.

Se utilizó el método de porcentaje de reducción, el cual nos permitió observar y cuantificar la efectividad de los tratamientos en la reducción de la población de *P. elisae* Borchsenius a lo largo del tiempo en comparación con la población inicial y al ritmo cambio de la población testigo. Se realizaron monitoreos durante los 7, 14 y 21 días del estudio, registrando las variaciones en la población de *P. elisae* Borchsenius. Para calcular esta variable se tomó como referencia la ecuación 1 del estudio realizado por Farghaly y Kazem, (2009):

$$\% \text{ de Reducción} = \left(1 - \frac{Ca}{Cb} \times \frac{Tb}{Ta}\right) \times 100 \quad [1]$$

Donde:

C_b = Número promedio de plagas vivas/hoja en el tratamiento sin tratar antes del tratamiento

C_a = Número promedio de plagas vivas/hoja en el tratamiento sin tratar después del
tratamiento

T_a = Número promedio de plagas vivas/hoja en el tratamiento antes del tratamiento

T_b = Número promedio de plagas vivas/hoja en el tratamiento después del tratamiento

Resultados y Discusión

Población de Ninfas y Adultos de *P. elisae* Borchsenius en Planta de Banano (*Musa × paradisiaca* L.)

La densidad inicial (0 ADA) de la población de ninfas y adultos de *P. elisae* Borchsenius en las plantas tratadas fue en promedio 24.64 por pseudo tallo. En el primer muestreo correspondiente a los 7 días después de la primera aplicación (7 DD1A), no se encontró diferencia en la población de adultos y ninfas entre los cuatro tratamientos evaluados. Sin embargo, la población de adultos y ninfas 14 DD1A se redujo notablemente en el tratamiento Neem 6.00 L/ha, el cual alcanzó una población de 4.11 individuos, significativamente más baja que los otros tratamientos.

Además, los tratamientos de Neem 2.00 L/ha y Tiametoxam 0.10 L/ha presentaron poblaciones similares, 12 y 15.23 individuos respectivamente, donde se presentó una reducción de la población significativa con respecto al tratamiento testigo, aun así, las poblaciones fueron estadísticamente superiores a las del tratamiento de Neem 6.00 L/ha. A los 21 DD1A los tratamientos Neem 6.00 L/ha y Tiametoxam 0.10 L/ha fueron los más eficaces en cuanto a la reducción de la población de adultos y ninfas, alcanzando valores de 1,69 y 4.63 respectivamente, cantidades significativamente inferiores a las de los otros tratamientos Neem 2.00 L/ha y testigo. Por otro lado, el tratamiento Neem 2.00 L/ha presentó una reducción marcada con respecto al testigo, aun así, tuvo mayor densidad poblacional por pseudo tallo que los tratamientos Neem 6.00 L/ha y Tiametoxam 0.10 L/ha (Cuadro 2).

El tratamiento de Neem 6.00 L/ha presentó la mayor reducción poblacional de *P. elisae* Borchsenius en los muestreos posteriores a los 8 DD1A (después de la primera aplicación). Es destacable que la reducción poblacional de las plantas tratadas con Neem no fue gradual, entre los 7 y 14 días de haber aplicado el tratamiento se observó una caída drástica de los niveles poblacionales.

Este comportamiento de control en el tiempo difiere del obtenido por (Formentini et al., 2016) donde encontraron índices de mortalidad del 38% en psyllidos 48 horas después de la aplicación con aceite de Neem en solución con agua al 5%. Por otro lado, (Weathersbee y McKenzie, 2005) observaron que los psyllidos y cochinillas que son asperjadas con aceite de Neem a 10 ppm presentan una muerte gradual hasta 4 días después del tratamiento, la cual, es una muerte asociada a la inhibición de ecdisona y, por ende, del proceso de muda. Es probable que el retraso en la muerte de los individuos de *P. elisae* Borchsenius esté asociado a la cubierta cerosa que estos poseen, la cual actúa como una barrera física para la incursión del aceite de Neem en el interior del insecto, por ende, el ingreso del producto se da a través de la alimentación, generando un efecto tardío.

Cuadro 2

Población promedio de ninfas y adultos de P. elisae Borchsenius presentes por pseudo tallo de planta de banano (Musa × paradisiaca L.) muestreado después de la aplicación de los tratamientos, durante diciembre 2023 hasta enero 2024 en la finca Franz-Mathew, Ecuador.

Tratamiento	Dosis/ha	0 ADA	7 DD1A	14 DD1A	21 DD1A
		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Neem	2.00 L	31.96	27.84	12b	10.81b
Neem	6.00 L	22.10	24.70	4.11c	1.69c
Tiametoxam	0.10 L	25.82	19.17	15.23b	4.63c
Testigo	-	18.69	25.65	24.5a	22.97a
Probabilidad	-	0.059	0.53	0.0019	0.0003
R ²	-	0.72	0.41	0.86	0.90
C.V	-	17.95	29.98	28.76	34.99

Nota. Medias dentro de la misma columna con diferente letra son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

Las aplicaciones se realizaron a una frecuencia de 7 días.

DDA: Días después de aplicación

ADA: Antes de aplicación

CV: Coeficiente de variación

R²: Coeficiente de determinación

Por el contrario, el tratamiento con Tiametoxam presentó una reducción inmediata de la población presente después de la primera aplicación, sin embargo, en la segunda aplicación la

reducción no fue marcada, esto se cree que está asociado a que en la primera aplicación hubo un control de la primera generación de *P. elisae* Borchsenius, lo que generó al momento de la segunda aplicación que no existiera presencia abundante de individuos en los pseudo tallos, esto se debe a un comportamiento que está asociado a la inducción de la muerte paulatina por la inactivación de los receptores nicotínicos de acetilcolina. Aun así, el bajo control en los 14 DD1A (después de la primera aplicación) no representa cambios en el control poblacional total, ya que no se presentó una diferencia estadística ($P > 0.05$) con el tratamiento Neem 6.00 L/ha al final del proceso de muestreo, es decir a los 21 DD1A (después de la 1 aplicación), lo que permite considerar el aceite de Neem como una alternativa orgánica para el control de cochinilla polvosa en el cultivo de banano en cuanto al número de individuos por pseudo tallo en un lapso de 21 días posteriores a la aplicación. Finalmente, en el tratamiento Neem 2.00 L/ha se observó una reducción poblacional menor que en los dos tratamientos anteriores, esto puede estar asociado a la concentración del ingrediente activo, siendo tres veces menor al tratamiento de Neem 6.00 L/ha.

Porcentaje de reducción de población de *P. elisae* Borchsenius con respecto al testigo durante la evaluación.

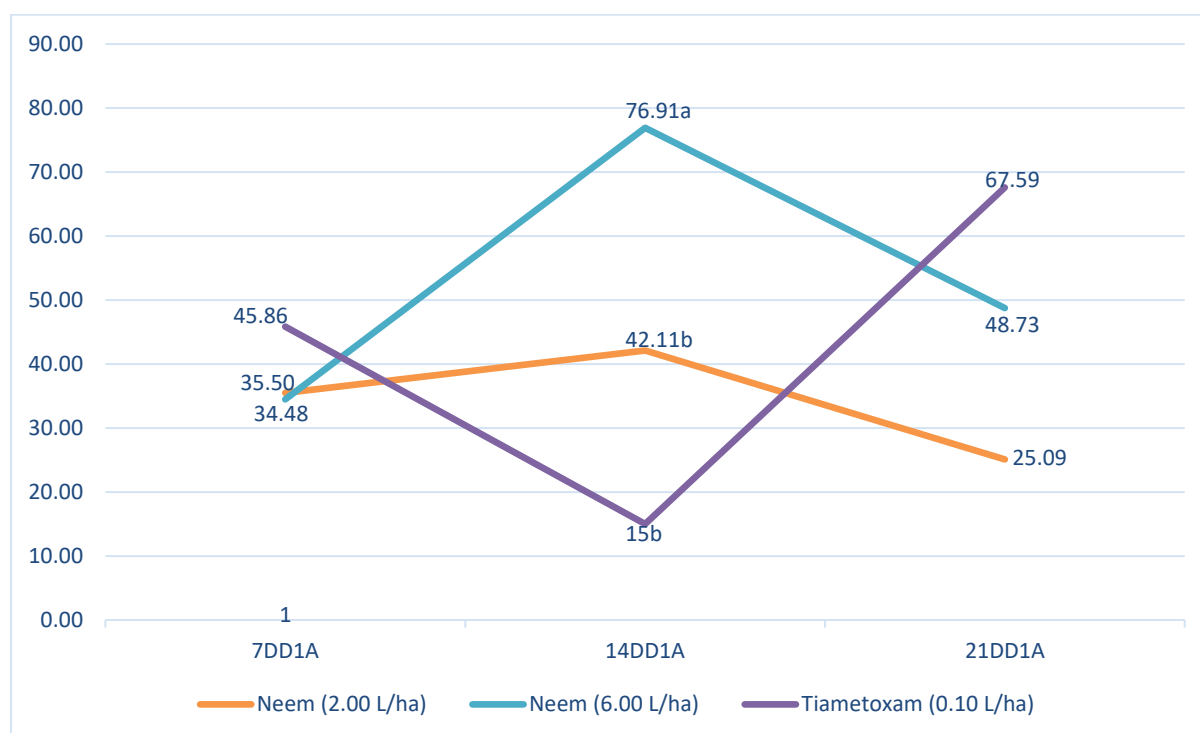
Las poblaciones de *P. elisae* Borchsenius de los tratamientos Neem 2.00 L/ha y Neem 6.00 L/ha fueron similares en cuanto a la distribución de la reducción poblacional en el tiempo después de la primera aplicación, como se puede apreciar en la Figura 1, la tendencia de control fue igual, solo cambian las proporciones de esta, las cuales disminuyeron en el tratamiento de Neem 2.00 L/ha lo que probablemente este asociado por la diferencia en concentración del ingrediente activo.

En un experimento realizado por (Zanuncio et al., 2016), donde se evalúan los efectos de diferentes concentraciones de aceite de Neem sobre *Podisus nigrispinus* (Hemiptera: Pentatomidae), se observa que los índices de reducción poblacional y porcentajes de mortalidad dependen del estadio del insecto, sin embargo, entre el cuarto, quinto estadio y etapa adulta, alcanzan porcentajes de

reducción entre 40-60% con concentraciones de entre 33-50% de aceite de Neem con respecto a la mezcla total. Teniendo en cuenta lo anterior, y sabiendo que no se determinaron los estadios de cada individuo que se observó, los cambios en el porcentaje de reducción entre los tratamientos Neem 2.00 L/ha y Neem 6.00 L/ha puede estar asociado a las variantes entre estadios que estaban presentes en campo y a la concentración de aceite de Neem que fue aplicado.

Figura 1

Porcentaje de reducción de población de *P. elisae* Borchsenius en pseudo tallo de la planta de banano (*Musa × paradisiaca* L.), por medio de la medición de individuos controlados con respecto al testigo en los meses de diciembre 2023 a enero 2024, realizado en la finca Franz-Mathew, Ecuador.



El porcentaje de control del tratamiento con Tiametoxam fue del 15% a los 14 DD1A, una disminución respecto al 45.86% obtenido después de la primera aplicación. Sin embargo, tras la tercera aplicación, el control aumentó al 67.59%. Esta variación puede deberse a fallos en la uniformidad de la segunda aplicación, lo que redujo su eficacia, o a factores ambientales como lluvia o viento, que podrían haber reducido la efectividad del químico. También, la reducción a los 14 DD1A puede estar asociada a la necesidad de que los insectos ingirieran partes de la planta que estuvieron en contacto con el químico para que el ingrediente activo actúe en el interior del insecto, esto debido

a que el efecto de contacto directo con el insecto se reduce, por la barrera de cera que actúa como protección para la cochinilla harinosa.

Como se explicó anteriormente, el comportamiento de los tratamientos en cuanto a la reducción de la población tuvo variación en el tiempo del experimento, donde existió cambios en los porcentajes de reducción a lo largo de las cuatro semanas, sin embargo, al final del periodo experimental, los tres tratamientos presentaron porcentajes de reducción iguales bajo una ($P < 0.05$) con base en la población inicial y el cambio del testigo para cada tratamiento respectivamente. Aun sin existir diferencia entre los porcentajes de reducción al final del experimento, si hubo diferencias en las poblaciones finales de individuos en los tratamientos como se puede observar en el Cuadro 2.

En la Figura 1 se puede observar que el tratamiento de Neem 6.00 L/ha tuvo el mayor porcentaje de reducción de población con relación al testigo en el día 14 DD1A, así mismo, no hubo diferencia en los porcentajes de reducción en las otras fechas de muestreo y aplicación a lo largo del periodo experimental. Sin embargo, al día 21 DD1A existió una reducción de Tiametoxam de 67% y 48% con el tratamiento de Neem 6.00 L/ha.

Densidad Poblacional de *P. elisae* Borchsenius por Racimo en Cosecha

Al evaluar el efecto de los tratamientos sobre la población de *P. elisae* Borchsenius en los racimos pudimos determinar que a los 28 días después de la primera aplicación, los tratamientos Neem 2.00 L/ha, Neem 6.00 L/ha y Tiametoxam 0.10 L/ha presentan poblaciones similares estadísticamente, sin embargo, estos difieren significativamente con poblaciones menores con respecto a la población del tratamiento testigo, el cual presento una población promedio en racimo de 17.78 individuos.

No es posible comparar las poblaciones en racimo de los tratamientos al final del muestreo con respecto a la situación inicial, ya que, dentro de las prácticas culturales rutinarias de las producciones comerciales de banano, se cubre el racimo con bolsas para evitar el daño de la fruta

durante el llenado. Sin embargo, las poblaciones en racimo al día 28 fueron inferiores numéricamente que las poblaciones encontradas en el pseudo tallo como se describe en el Cuadro 2, a excepción del tratamiento de Neem 6.00 L/ha en el cual se observó una población por racimo de 5.60 individuos, muy superior, en comparación con el pseudo tallo donde se observaron 1.69 individuos por cada pseudo tallo.

En general, es probable que las poblaciones en racimo sean menores por la barrera física que representa la bolsa con la que se protegen los mismos, además, de acuerdo con (Smitha et al., 2007), las cochinillas polvosas suelen habitar en la región del pseudo tallo de la planta de banano, sin embargo, pueden desplazarse a las hojas, raíces y frutos. Teniendo en cuenta lo anterior, el trayecto desde el pseudo tallo hasta los frutos representa un gasto energético superior y la alimentación continua de savia con altos contenidos de químicos controladores aplicados en el transcurso de los 21 días generan una reducción en los individuos sobrevivientes en los racimos. Los tres tratamientos resultan ser opciones viables para el control parcial de las poblaciones de cochinilla polvosa en racimos, sin encontrar diferencias remarcables entre ellos.

Cuadro 3

Densidad Poblacional de ninfas y adultos de P. elisae Borchsenius por racimo de banano (Musa × paradisiaca L.) en el mes de enero 2024, a los 28 días de estudio en la zona de postcosecha de la finca Franz-Mathew, Ecuador.

Tratamiento	Densidad poblacional <i>P. elisae</i> Borchsenius /planta
Neem (2.00 L/ha)	7.31b
Neem (6.00 L/ha)	5.60b
Tiametoxam (0.10 L/ha)	3.61b
Testigo	17.78a
Probabilidad	0.009
R ²	0.80
C.V	44.27

Nota. CV: Coeficiente de variación R² : Coeficiente de determinación

Conclusiones

Se determinó que los tratamientos Neem (6.00 L/ha) y Tiametoxam (0.10 L/ha) evaluados bajo condiciones de campo contribuyeron a la reducción parcial de ninfas y adultos de *P. elisae* Borchsenius presentes en el pseudo tallo de la planta de banano.

El tratamiento con Neem a una concentración de 6.00 L/ha es una opción viable como alternativa orgánica para el control de *P. elisae* Borchsenius en el cultivo de banano.

Los tres tratamientos Neem (2.00 L/ha), Neem (6.00 L/ha) y Tiametoxam (0.10 L/ha) controlaron eficientemente la población de *P. elisae* Borchsenius en el racimo de banano.

Recomendaciones

Realizar futuras evaluaciones durante un tiempo más prolongado con el fin de observar el efecto residual de los insecticidas en el fruto de la planta de banano.

Evaluar la fitotoxicidad para determinar si alguna dosis podría ocasionar algún daño al cultivo.

Realizar estudios adicionales para evaluar los efectos del uso de Neem y Tiametoxam en la salud del suelo, la biodiversidad y la resistencia de las plagas.

Evaluar los costos de producción de los tratamientos utilizados para conocer la rentabilidad en la transición de la finca convencional a orgánico.

Referencias

- Adhikari, K., Bhandari, S., Niraula, D. y Shrestha, J. (2020). Uso de neem (*Azadirachta indica* A. Juss) como biopesticida en la agricultura: una revisión. *Revista De Agricultura Y Biología Aplicada*.
- Cevallos Vera, D. D. (2022). *Evaluación de diferentes dosis de un producto orgánico frente a un biodegradable para el control de cochinilla en bananeras* [Tesis]. Universidad Agraria del Ecuador, El Triunfo, Ecuador. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CEVALLOS%20VERA%20DALEMBER%20DARIO.pdf>
- Farghaly, S. y Kazem, M. (2009). The role of mixing different plant extracts to boiled linseed oil for the control of whitefly *bemisia tabaci*. *American-Euroasian Journal of Agriculture & Environment Science*, 5.
- Fernandes, S. R., Barreiros, L., Oliveira, R. F., Cruz, A., Prudêncio, C., Oliveira, A. I., Pinho, C., Santos, N. y Morgado, J. (2019). Chemistry, bioactivities, extraction and analysis of azadirachtin: State-of-the-art. *Fitoterapia*, 134, 141–150. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2019.02.006>
- Formentini, M. A., Alves, L. F. A. y Schapovaloff, M. E. (2016). Insecticidal activity of neem oil against *Gyropsylla spegazziniana* (Hemiptera: Psyllidae) nymphs on Paraguay tea seedlings. *Brazilian Journal of Biology = Revista Brasileira De Biologia*, 76(4), 951–954. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.04915>
- Galarza Suárez, L. (2019). Tierra, trabajo y tóxicos: Sobre la producción de un territorio bananero en la costa sur del Ecuador. *Estudios Atacameños*, 341–364. <https://doi.org/10.22199/issn.0718-1043-2019-0034>
- Gil, Z. N. (2020). *Las cochinillas de la raíz Manténgalas: Manténgalas controladas en su cafetal*. Federación nacional de cafeteros en Colombia. https://www.cenicafe.org/es/documents/PR_Cochinillas.pdf
- Glacoxan. (2019). *Ficha técnica jabón potásico* [Ficha técnica]. https://www.glacoxan.com/wp-content/uploads/2021/09/Ficha_tecnica_JABON-POTASICO.pdf
- Guillén, C. y Laprade, S. (2013). Biología y control de las escamas del banano. *Corbana*, 4. <https://www.corbana.co.cr/wp-content/uploads/HD-n.%C2%B0-4-2013-Biolog%C3%ADa-y-control-escamas.pdf>
- Kondo, T., Becerra, C. G., Quintero, E. M. y Manrique, M. B. (2014). Distribución y niveles de infestación de *Crypticeria multicatrides* Kondo y Unruh (Hemiptera: Monophlebidae) en la isla de San Andrés. *Corporación Colombiana De Investigación Agropecuaria - Corpoica*, 15(1). https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-10432019000300341
- Martínez, M., Plaza, F., Pericón, J. R., San Frutos, F., Sanz, E. y Cantus, J. M. (2009). Tiametoxam, nuevos horizontes en la protección y expresión del potencial de las semillas. *Phytohemeroteca*, 212.
- Méndez Calderón, D. J. (2021). *Evaluación de alternativas orgánicas en el control de la cochinilla (Pseudococcus sp.) del banano (Musa spp.)*, Naranjal - Guayas [Tesis]. Universidad Agraria del Ecuador, El Triunfo - Ecuador. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/M%C3%89NDEZ%20CALDER%C3%93N%20DAYS%20JULIETA.pdf>

- Morales, D. (2024). *Insecticidas orgánicos en el control de la cochinilla harinosa *Dysmicoccus brevipes* Cockerell 1893, en el cultivo de piña (*Ananas comosus* L.)* [Tesis]. Universidad Técnica de Babahoyo, Babahoyo, Los Rios, Ecuador.
- Rojas, J. C. (2013). Manejo integrado de plagas y enfermedades en banano orgánico y convencional. *Agrobanco*, 4–5. <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/009-d-banano.pdf>
- Smitha, S., Shajesh, P., Mukundan, P., Nair, T. D. R. y Warriar, K. G. K. (2007). Synthesis of biocompatible hydrophobic silica-gelatin nano-hybrid by sol-gel process. *Colloids and Surfaces. B, Biointerfaces*, 55(1), 38–43. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2006.11.008>
- Varikou, K., Birouraki, A., Bagis, N. y Kontodimas, D. C. (2010). Effect of Temperature on the Development and Longevity of *Planococcus ficus* (Hemiptera: Pseudococcidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 103(6), 943–948. <https://doi.org/10.1603/AN10043>
- Weather Spark. (2024). *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Baláo*. <https://es.weatherspark.com/y/19350/Clima-promedio-en-Bal%C3%A1o-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o#:~:text=En%20Bal%C3%A1o%2C%20la%20temporada%20de,m%C3%A1s%20de%2032%20%C2%B0C>.
- Weathersbee, A. A. y McKenzie, C. L. (2005). EFFECT OF A NEEM BIOPESTICIDE ON REPELLENCY, MORTALITY, OVIPOSITION, AND DEVELOPMENT OF DIAPHORINA CITRI (HOMOPTERA: PSYLLIDAE). *Florida Entomologist*, 88(4), 401–407. [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2005\)88\[401:EOANBO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2005)88[401:EOANBO]2.0.CO;2)
- Zanuncio, J. C., Mourão, S. A., Martínez, L. C., Wilcken, C. F., Ramalho, F. S., Plata-Rueda, A., Soares, M. A. y Serrão, J. E. (2016). Toxic effects of the neem oil (*Azadirachta indica*) formulation on the stink bug predator, *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). *Scientific Reports*, 6, 30261. <https://doi.org/10.1038/srep30261>

Anexos

Anexo A

Cronograma de actividades

Fecha	Actividad
7/12/23	Maaje de lote y unidades experimentales
14/12/23	Monitoreo inicial y 1era aplicación
21/12/23	Monitoreo y 2da aplicación
28/12/23	Monitoreo y 3era aplicación
4/01/24	Monitoreo y 4ta aplicación
11/01/24	Cosecha de racimos de banano Monitoreo final de densidad poblacional de <i>P. elisae</i> Borchsenius
7/05/24	Tabulación de Datos
13/05/24	Análisis de datos SAS
24/05/24	Redacción del PEG

Anexo B

Monitoreo y registro de la población de cochinilla harinosa (Pseudococcus elisae Borchsenius).



Anexo C*Aplicación de los tratamientos con mochila CP3*

Anexo D*Aplicación de los tratamientos con mochila CP3*

Anexo E*Presupuesto del estudio*

Material	Precio
1 litro Tiametoxam (Thala)	\$9,50
4 litros de Aceite Neem + jabón potásico	\$160
Bomba CP3 boquilla de abanico plano	No se gastó, ya que la propiedad la facilitó.
4 latas de spray	\$15
Total	\$184.5

Anexo F

Posición de ninfas y huevos de Pseudococcus elisae Borchsenius en el pseudo tallo de la planta de banano.



Anexo G

P. elisae Borchsenius adultas y ninfas en el pseudo tallo de la planta de banano.



Anexo H

Población de cochinilla harinosa en racimo de banano.



Anexo I

Distribución de las plantas de banano para el estudio



Anexo J

Distanciamiento entre surcos de las unidades experimentales.



Anexo K

Daño estético de la fruta por fumagina (Capnodium mangiferae Cooke & Broome)



Anexo L

Presencia de P. elisae Borchsenius en pseudo tallo, cerca del racimo de banano.



Anexo M

Aceite orgánico de Neem, a base de Azadirachtina.



Anexo N

Tratamiento químico Thala, a base de Tiametoxam.

