

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS  
MENCIÓN: SANIDAD VEGETAL**



**EFECTO DE SEMIOQUÍMICOS EN EL CONTROL DE *Rhynchophorus palmarum*  
(COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EN EL CULTIVO DE *Elaeis guineensis*  
(PALMA AFRICANA) EN CAMPO VERDE, REGIÓN UCAYALI**

**Tesis**

**Para optar el grado de:**

**MAESTRO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS,  
MENCIÓN: SANIDAD VEGETAL**

**ABDIAS ALVA HIDALGO**

**ASESOR**

**JOSE LUIS GIL BACILIO**

**Tingo María – Perú**

**2024**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**UNIDAD DE POSGRADO – FACULTAD DE AGRONOMÍA**



“Año del bicentenario, de la consolidación de nuestra independencia y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**  
**Nro. 007-2024-UP-FA-UNAS**


En la ciudad universitaria, siendo las 10:00 a.m., del miércoles 06 de noviembre de 2024, reunidos en la sala de audiovisuales de la Facultad de Agronomía, se instaló el Jurado Calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada:

**“EFECTO DE SEMIOQUIMICOS EN EL CONTROL DE *Rhynchophorus palmarum* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EN EL CULTIVO DE *Elaeis guineensis* (PALMA AFRICANA) EN CAMPO VERDE, REGIÓN UCAYALI”**

A cargo del candidato al Grado de Maestro en Ciencias Agrícolas, mención: Sanidad Vegetal, Ing. **ABDIAS ALVA HIDALGO**.

Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el Jurado Calificador procedió a emitir su fallo declarando **APROBADO** con el calificativo de **MUY BUENO**.

Acto seguido, a horas 12:00 m. el presidente dio por culminada la sustentación; procediéndose a la suscripción de la presente acta por parte de los miembros del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.

  
.....  
M. Sc. MIGUEL EDUARDO ANTEPARRA PAREDES  
**Presidente del Jurado**

  
.....  
Dr. EDILBERTO CHUQUILIN BUSTAMANTE  
**Miembro del Jurado**

  
.....  
M. Sc. JAIME JOSSEPH CHAVEZ MATIAS  
**Miembro del Jurado**



  
.....  
M. Sc. JOSE LUIS GIL BACILIO  
**Asesor**



“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

## CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 341 - 2025 - CS-RIDUNAS

El Jefe de la Unidad de Soporte Científico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

### CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

### Programa de Estudio:

Maestría en Ciencias Agrícolas Mención: Sanidad Vegetal

### Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE	
		SIMILITUD	CONTENIDO GENERADO POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL
EFFECTO DE SEMIOQUÍMICOS EN EL CONTROL DE <i>Rhynchophorus palmarum</i> (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EN EL CULTIVO DE <i>Elaeis guineensis</i> (PALMA AFRICANA) EN CAMPO VERDE, REGIÓN UCAYALI	ABDIAS ALVA HIDALGO	03 % Tres	Menor a 20 %

Tingo María, 28 de octubre de 2025.

 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
UNIDAD DE SOPORTE CIENTÍFICO  
  
ING. EINSTEIN A. ORTIZ MORALES  
JEFE

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS  
MENCIÓN: SANIDAD VEGETAL**



**EFECTO DE SEMIOQUÍMICOS EN EL CONTROL DE *Rhynchophorus palmarum*  
(COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EN EL CULTIVO DE *Elaeis guineensis*  
(PALMA AFRICANA) EN CAMPO VERDE, REGIÓN UCAYALI**

<b>Autor</b>	<b>: Abdías Alva Hidalgo</b>
<b>Asesor</b>	<b>: Blgo. M. Sc. José Luis Gil Bacilio</b>
<b>Área de investigación</b>	<b>: Cultivos tropicales / Fitosanidad</b>
<b>Línea de investigación</b>	<b>: Diagnóstico, evaluación y manejo integrado de fitopatógenos, insectos plaga y arvenses en especies agrícolas y forestales.</b>
<b>Eje temático</b>	<b>: Manejo Integrado de Plagas</b>
<b>Lugar de ejecución</b>	<b>: Empresa Palmagro S.A.C., Campo Verde, Ucayali</b>
<b>Duración del trabajo</b>	<b>: 8 meses</b>
<b>Financiamiento</b>	<b>: S/. 2838,00</b>

**Tingo María – Perú. 2024**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**VICERRECTOR DE INVESTIGACION**  
**Instituto de Investigación**  
**Unidad de Gestión de la Investigación**

---

**FORMATO PARA REGISTRAR EL PROYECTO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO**

**Universidad** : Universidad Nacional Agraria de la selva  
**Escuela de Posgrado** : EPG-UNAS  
**Posgrado** : Maestría en Ciencias Agrícolas  
**Mención** : Sanidad Vegetal  
**Título de la Tesis** : EFECTO DE SEMIOQUÍMICOS EN EL CONTROL DE *Rhynchophorus palmarum* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EN EL CULTIVO DE *Elaeis guineensis* (PALMA AFRICANA) EN CAMPO VERDE, REGIÓN UCAYALI.  
**Objetivo General** : Evaluar el efecto de diversos semioquímicos en el control de *Rhynchophorus palmarum* L. en plantaciones de *Elaeis guineensis* Jacq.  
**Autor de la Tesis** : Abdías Alva Hidalgo  
**DNI** : 43900190  
**Correo electrónico** : abdias.alva@unas.edu.pe  
**Asesor** : Blgo. M. Sc. José Luis Gil Bacilio  
**Área de Investigación** : Cultivos tropicales / Fitosanidad  
**Grupo de Investigación** : Diagnóstico fitosanitario y bioinsumos  
**Línea de investigación** : Diagnóstico, evaluación y manejo integrado de fitopatógenos, insectos plaga y arvenses en especies agrícolas y forestales.  
**Lugar de Ejecución** : Empresa Palmagro S.A.C., Campo Verde, Ucayali  
**Fecha de inicio** : Febrero 2021  
**Fecha de finalización** : Agosto 2021  
**Presupuesto** : S/. 2838,00  
**Financiamiento** : Propio ( x ) FIF ( ) Externo ( )

Según: **Resolución:** N° 461-2023-R-UNAS y Resolución: N° 295-2023-R-UNAS

## **DEDICATORIA**

A mi amado Dios, por ser el creador y sustentador de todas las cosas, por su amor y misericordia en cada momento de mi vida y por haberme dado la fortaleza y sabiduría necesarias para culminar este proyecto de investigación.

- A mis queridos padres, Reynaldo Alva Ferreyra y Dominga Hidalgo Díaz, por su amor incondicional, su apoyo inquebrantable y su ejemplo de perseverancia y esfuerzo en cada etapa de mi formación académica.
- A mi amada esposa, Diana Paola Rivera Del Águila, por su amor, comprensión y motivación constante, por creer en mí y a mi hija Briella Paz por ser mi inspiración para alcanzar cada uno de mis objetivos.
- A mi familia, amigos y a todas aquellas personas que de alguna manera formaron parte de mi camino y me brindaron su apoyo, su aliento y su confianza en este proceso de crecimiento y aprendizaje.

Este trabajo de investigación está dedicado a ustedes, por ser mi razón de ser, mi motor y mi inspiración en cada paso que doy. Gracias por estar siempre a mi lado.

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi profundo agradecimiento a todas aquellas personas e instituciones que hicieron posible la ejecución y culminación de este trabajo de investigación:

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) - Tingo María, por brindarme la oportunidad de cursar estudios de posgrado y por formarme como profesional en el campo de la investigación científica.
- Al Blgo. M. Sc. José Luis Gil Bacilio, mi asesor, por su orientación y valioso conocimiento científico, que fueron fundamentales para llevar a cabo este trabajo con éxito.
- A los miembros del jurado, Ing. M. Sc. Miguel E. Anteparra Paredes (presidente), Ing. Sc. Jaime J. Chávez Matías (miembro) y el Dr. Edilberto Chuquilin Bustamante (miembro), por su tiempo, dedicación y valiosas observaciones que contribuyeron a enriquecer este trabajo.
- A todas las personas que, de una u otra manera, colaboraron y me apoyaron durante la realización de este trabajo, especialmente a mi familia y amigos por su constante motivación.
- Finalmente, agradezco a la empresa Palmagro S.A.C. por permitirme llevar a cabo mi investigación en sus plantaciones de palma aceitera.

## ÍNDICE GENERAL

Página

RESUMEN

ABSTRAC

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1.	Origen y clasificación de la palma aceitera.....	3
2.1.1.	Origen de la especie .....	3
2.1.2.	Clasificación taxonómica .....	3
2.2.	Plagas y enfermedades en palma africana.....	4
2.2.1.	Anillo rojo ( <i>Bursaphelenchus cocophilus</i> ) .....	5
2.2.2.	<i>Rhynchophorus palmarum</i> L. (Picudo de la palma aceitera) .....	6
2.2.3.	Semioquímicos.....	9
2.2.4.	El nematodo <i>Bursaphelenchus cocophilus</i> .....	15
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
3.1.	Ubicación y tiempo de duración del estudio .....	17
3.2.	Condiciones climáticas .....	18
3.3.	Materiales .....	18
3.3.1.	Material experimental .....	18
3.3.2.	Equipos y materiales utilizados en campo.....	18
3.3.3.	Materiales y equipos de laboratorio .....	19
3.3.4.	Insumos para las trampas.....	19
3.4.	Tratamientos estudiados.....	19
3.5.	Tipo de investigación.....	19
3.6.	Diseño experimental .....	19
3.7.	Metodología.....	20
3.7.1.	Identificación del área de trabajo .....	20
3.7.2.	Elaboración de trampas .....	20
3.7.3.	Preparación y uso de las kairomonas más la feromona sintética.....	21
3.7.4.	Parámetros evaluados.....	22
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	24
4.1.	Capturas de machos de <i>Rhynchophorus palmarum</i> .....	24
4.2.	Capturas de hembras de <i>R. palmarum</i> .....	27
4.3.	Capturas totales (machos y hembras).....	29

4.4. Relación entre machos y hembras capturados.....	32
4.5. Eficiencia de las capturas .....	37
4.6. Infestación de <i>Bursaphelenchus cocophilus</i> .....	40
4.7. Registro de nemátodos en adultos de <i>Rynchophorus palmarum</i> .....	43
4.8. Relación beneficio costo de los tratamientos .....	44
V. CONCLUSIONES .....	47
VI. PROPUESTAS A FUTURO .....	49
VII. REFERENCIAS .....	50
ANEXO .....	60

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Página</b>
1. Plagas de importancia económica del cultivo de palma.....	04
2. Enfermedades más importantes del cultivo de palma .....	04
3. Categoría de semioquímicos .....	09
4. Condiciones climáticas enero – agosto 2022 .....	18
5. Descripción de los tratamientos estudiados .....	19
6. Análisis de varianza para capturas de machos de <i>R. palmarum</i> según meses y semioquímicos.....	24
7. Comparación de medias para capturas de machos de <i>R. palmarum</i> por meses y semioquímicos.....	24
8. Análisis de varianza para capturas de hembras de <i>R. palmarum</i> según meses y semioquímicos .....	27
9. Comparación de medias para capturas de hembras de <i>R. palmarum</i> por meses y semioquímicos .....	28
10. Análisis de varianza para capturas totales de <i>R. palmarum</i> según meses y semioquímicos .....	30
11. Comparación de medias para capturas totales de <i>R. palmarum</i> por meses y semioquímicos .....	31
12. Análisis de varianza para la proporción machos/hembras de <i>R. palmarum</i> capturados .....	33
13. Comparación de medias para la proporción machos/hembras de <i>R. palmarum</i> capturados.....	34
14. Análisis de varianza para la proporción hembras/machos de <i>R. palmarum</i> capturados .....	35
15. Comparación de medias para la proporción hembras/machos de <i>R. palmarum</i> capturados .....	36
16. Análisis de varianza para la eficiencia (%) de captura de <i>R. palmarum</i> .....	37
17. Comparación de medias para la eficiencia (%) de captura de <i>R. palmarum</i> .....	38
18. Número de nematodos capturados en diferentes tratamientos .....	41
19. Capturas de nematodos <i>B. cocophilus</i> en adultos machos y hembras de <i>R. palmarum</i> por tratamiento.....	44

20. Análisis económico y relación beneficio-costo de los tratamientos con semioquímicos para el control de <i>R. palmarum</i> .....	45
---	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1. Esquema de la comunicación mediada por semiquímicos (Adaptado de Klaschka,.....	11
2. Insectos y la estructura química de sus feromonas (Frías, 2015). .....	14
3. Mapa de ubicación fundo “El Refugio”, empresa Palmagro S.A.C.....	17
4. Procedimiento para elaborar una trampa (Adaptado de Löhr y Parra, 2014).....	21
5. Trampa con la feromona sintética (Rhyncolure).....	22
6. Ficha técnica de la feromona Rhyncolure.....	61
7. Distribución de trampas en el campo.....	62
8. Ficha de evaluación de trampas con feromonas.....	62
9. Medición para la instalación de las trampas.....	63
10. Instalación de los letreros de cada tratamiento.....	63
11. Colocando las trampas cada 250 m.....	63
12. Colocación de trampas y letreros.....	63
13. Obtención y acondicionamiento de chonta de huasaí.....	64
14. Aplicación de insecticida a la masa de masato.....	64
15. Balanza de precisión para el peso de los cebos alimenticios.....	64
16. Aplicación de insecticida a la melaza disuelta en agua y luego agregar los trozos de caña de azúcar.....	64
17. Colocación de semioquímicos en cada trampa.....	65
18. Revisión de trampa.....	65
19. Instalación definitiva de las trampas con semioquímicos.....	65
20. Conteo de adultos capturados.....	65
21. Asesor de tesis José Gil revisando los tratamientos.....	66
22. Asesor de tesis José Gil revisando el tratamiento T <sub>3</sub> .....	66
23. Asesor de tesis José Gil revisando el tratamiento T <sub>4</sub> .....	66

## RESUMEN

Esta investigación se realizó en Palmagro S.A.C, Campo Verde, Región Ucayali, para evaluar el efecto de diversos semioquímicos en el control de *Rhynchophorus palmarum* L. en plantaciones de *Elaeis guineensis* Jacq. Se empleó un diseño de bloques completamente al azar en esquema de parcelas divididas, analizando cuatro tratamientos durante ocho meses. El tratamiento de melaza, caña y feromona sintética Rhyncolure mostró el mejor rendimiento, capturando 4191 insectos, seguido por el de masato y feromona con 1421 capturas. Se observaron variaciones significativas en la efectividad de captura entre meses y tratamientos, pero no en su interacción. La proporción de hembras capturadas fue mayor, sin diferencias significativas en la relación entre sexos. De 2216 insectos evaluados, 100 (4,5 %) dieron positivo para *Bursaphelenchus cocophilus*. La inversión por trampa osciló entre S/. 67 y S/. 73, totalizando S/. 1036. En conclusión, la combinación de melaza, caña y feromona sintética demostró ser la más efectiva para el control de *R. palmarum* en palma aceitera.

**Palabras clave:** Trampas, melaza, feromonas sintéticas, control biológico, plaga.

## ABSTRACT

This research was conducted at Palmagro S.A.C, Campo Verde, Ucayali Region, to evaluate the effect of various semiochemicals on the control of *Rhynchophorus palmarum* L. in *Elaeis guineensis* Jacq. plantations. A randomized complete block design with a split-plot arrangement was used, analyzing four treatments over eight months. The treatment combining molasses, sugarcane, and Rhyncolure synthetic pheromone showed the best performance, capturing 4,191 insects, followed by the masato and pheromone treatment with 1,421 captures. Significant variations in capture effectiveness were observed between months and treatments, but not in their interaction. The proportion of females captured was higher, with no significant differences in the sex ratio. Of 2,216 insects evaluated, 100 (4,5 %) tested positive for *Bursaphelenchus cocophilus*. The investment per trap ranged from S/. 67 to S/. 73, totaling S/. 1,036. In conclusion, the combination of molasses, sugarcane, and synthetic pheromone proved to be the most effective for controlling *R. palmarum* in oil palm.

**Keywords:** Traps, molasses, synthetic pheromones, biological control, pest.

## I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de palma aceitera (*Eleais guineensis* Jacq.) tiene una amplia distribución global, especialmente en las zonas tropicales ubicadas entre los 15° de latitud norte y sur. Esta palmácea destaca por su alta productividad y versatilidad para generar distintos productos comerciales e industriales. La importancia económica de este cultivo radica en su capacidad para generar ingresos y empleo en países en desarrollo y en su contribución a la seguridad alimentaria y energética a nivel global.

Sin embargo, la producción de palma aceitera no está exenta de desafíos. Uno de los principales retos que enfrentan los cultivadores es el control efectivo de plagas y enfermedades, las cuales pueden afectar negativamente la calidad y rendimiento. El monocultivo de palma aceitera facilita la proliferación de diversas especies plaga, especialmente ante la ausencia de un manejo integrado adecuado (MIP). Las plagas más comunes que pueden afectar a la palma aceitera incluyen los coleópteros, lepidópteros y hemípteros, entre otros.

Entre las plagas que afectan directamente la producción de palma aceitera, destaca el picudo negro de la palma aceitera (*Rhynchophorus palmarum*), una especie de coleóptero que puede causar graves daños a la planta. La hembra de esta plaga deposita sus huevos en el estipe de la palma, donde la larva del picudo negro se alimenta del tejido interno del estípote durante varias semanas, ocasionando daños considerables en el rendimiento de la planta. Además, este coleóptero puede actuar como vector de la enfermedad "anillo rojo" producida por el nematodo *B. cocophilus*, agravando la situación.

Ante la presencia de esta plaga y la necesidad de controlarla de manera efectiva, se han ensayado estrategias de manejo integrado de plagas que incorporan el uso compuesto semioquímicos. Los semioquímicos son compuestos químicos naturales que pueden actuar como señales de comunicación entre los insectos, y se han utilizado con éxito en la monitorización y el control de diversas plagas de cultivos. En el caso específico del control de este picudo, se han desarrollado feromonas más atrayentes alimenticios que pueden atraer a los insectos y ayudar a reducir su población.

Con el fin de capturar el mayor número posible de picudos negros de la palma aceitera en el distrito de Neshuya, se prevé utilizar semioquímicos, es decir, feromonas más atrayentes alimenticios, como método de control etológico. A diferencia del control químico, este

método no afecta al medio ambiente ni a los operarios. Estas actividades de monitoreo permitirán determinar la eficiencia relativa de diferentes semioquímicos para capturar adultos en la región amazónica, información valiosa para programas de control en cultivos de palma.

Ante esta situación, planteamos la hipótesis

¿Qué semioquímico será más atractivo en la captura de adultos de *R. palmarum* en plantaciones de palma aceitera en la región Ucayali?

Considerando lo antes indicado se realizó este trabajo de investigación y se plantearon los siguientes objetivos:

**Objetivo general:**

Evaluar el efecto de diversos semioquímicos en el control de *Rhynchophorus palmarum* L. en plantaciones de *Elaeis guineensis* Jacq.

**Objetivos específicos:**

1. Determinar con cuál de los semioquímicos obtendremos mejores resultados en la captura de *Rhynchophorus palmarum*.
2. Evaluar el número de insectos capturados de acuerdo al sexo y periodo de captura en los tratamientos en estudio.
3. Cuantificar el número de nematodos capturados.
4. Analizar la relación beneficio costo de los tratamientos.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Origen y clasificación de la palma aceitera

#### 2.1.1. Origen de la especie

La palma aceitera es una planta perenne, originaria de la región de África Occidental, que ha sido ampliamente adoptada como cultivo comercial en zonas tropicales. Bajo condiciones de producción controlada, esta palmácea puede permanecer productiva entre 24 a 28 años. No obstante, en entornos naturales algunos especímenes superan los 30 años de vida. A lo largo de su ciclo agronómico, cada palmera es capaz de generar racimos que contienen hasta 4.2 toneladas de frutos con alto contenido oleaginoso. Varios autores coinciden en señalar que la productividad efectiva de aceite por hectárea está influenciada por factores como el manejo agronómico, la nutrición, las variedades sembradas y las condiciones climáticas prevalecientes (Romero *et al*, 2007; Martínez-Cabrera *et al*, 2015). Por su parte, Martínez-Cabrera *et al*. (2015) señalan que la producción de frutos oleaginosos puede llegar a ser de 400-600 toneladas por hectárea en condiciones óptimas de manejo y clima.

#### 2.1.2. Clasificación taxonómica

La palma aceitera pertenece a la familia Arecaceae, tribu Cocoeae. Fue descrita inicialmente por Jacquin en 1763, asignándole el nombre científico de *Elaeis guineensis*. Dentro de este género se han identificado otras dos especies: *E. guineensis*, la cual tiene su origen en África Occidental; y *E. oleifera*, distribuida en regiones de Centroamérica y Brasil. Si bien comparten características genéricas comunes, cada una de estas especies presenta atributos morfológicos y adaptativos particulares. Adicionalmente, dentro de cada taxón se han determinado variedades con diferencias en parámetros como el tamaño y forma foliar, altura del estipe y producción de racimos (León, 1987).

Reino	: Vegetal
Clase	: Monocotiledónea
Tribu	: Cocoeae
Orden	: Palmales
Familia	: Palmaceae
Género	: <i>Elaeis</i>
Especie	: <i>guineensis</i> Jacq.

## 2.2. Plagas y enfermedades en palma africana

En una plantación de palma africana, se presenta un ecosistema complejo en el que interactúan una gran cantidad de animales, manteniendo un equilibrio ecológico. En la región de América, muchas plagas son específicas de varias especies de palmeras silvestres, que se han adaptado a *Elaeis guineensis*, lo que da lugar a al menos 80 especies de artrópodos potenciales como plagas. A pesar de que el picudo negro (*Rhynchophorus palmarum*) es el insecto más dañino en condiciones ambientales, la mayoría de las plagas son defoliadores, los cuales han causado mayor daño, como *Opsiphanes* sp. y *Sibine* sp. (Technoserve, 2009).

A continuación, se menciona una lista sobre las plagas y enfermedades más importantes en el cultivo de palma africana (Tablas 1 y 2).

**Tabla 1.** Plagas de importancia económica del cultivo de palma

<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>
Picudo o gorgojo cigarrón	<i>Rhynchophorus palmarum</i>
Gusano canasta	<i>Oiketicus kirbyi</i>
Chinche marrón	<i>Lincus</i> sp.
Bachacos	<i>Atta</i> sp.
Gusano cabrito	<i>Opsiphanes cassina</i>
Gusano monturita	<i>Sibine</i> spp.
Perforador de la base del tallo	<i>Strategus aloeus</i>
Taltuzas	<i>Orthogeomys</i> spp.

Fuente: TECHNOSERVE (2009).

**Tabla 2.** Enfermedades más importantes del cultivo de palma

<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>
<i>Colletotrichum</i> spp	<i>Colletotrichum</i> spp.
<i>Pestalotiopsis</i> spp	<i>Pestalotiopsis</i> spp.
Pudrición del cogollo	<i>Bursaphelenchus cocophilus</i>
Pudrición basal corchosa	<i>Phytophthora palmivora</i>
Arqueo foliar y pudrición común de la flecha	<i>Ustilina deusta</i>

Fuente: TECHNOSERVE (2009).

### 2.2.1. Anillo rojo (*Bursaphelenchus cocophilus*)

La enfermedad conocida como 'anillo rojo' que afecta a la palma aceitera es atribuida al nematodo *Bursaphelenchus cocophilus*. Dicho patógeno es transmitido por el coleóptero *Rhynchophorus palmarum*, vector también denominado picudo americano. Esta dolencia se manifiesta a través de un amplio rango de síntomas que pueden ir desde cuadros agudos de marchitez hasta desórdenes crónicos con enanismo, los cuales han sido englobados bajo el término síndrome del anillo rojo/hoja pequeña (Vivas, 2016; Chinchilla 2010).

La incidencia de la enfermedad del anillo rojo puede variar inclusive dentro de una misma plantación de palma aceitera. Se ha determinado que la infección se presenta principalmente en palmeras de edad media, así como en aquellas ubicadas en las cercanías de focos emisores del patógeno. Por su parte, la transmisión está íntimamente relacionada con la cantidad de insectos vectores infectados, la cual se potencia ante prácticas culturales inadecuadas. En contraparte, el desorden es menos frecuente en estadios juveniles del cultivo, atribuible posiblemente a la menor preferencia de ovoposición del picudo en esas áreas, debido a su mayor luminosidad, menor humedad relativa y escasez de sitios aptos para la reproducción del insecto. Aunque no hay evidencia conclusiva, se presume improbable la diseminación vía material de siembra o herramientas de laboreo. No obstante, las lesiones provocadas durante la ejecución de estas labores pueden atraer vectores y facilitar la transmisión del nematodo a plantas sanas (Chinchilla, 2010).

a) **Sintomatología.** El síndrome del anillo rojo/hoja pequeña constituye una enfermedad de distintas especies de palma, siendo la aceitera una de las más afectadas. El agente causal es el nematodo *B. cocophilus*, cuyo principal vector de transmisión es el coleóptero *R. palmarum*. Si bien se ha especulado sobre la participación de otros insectos y actividades de cultivo en la propagación, esto no ha sido confirmado experimentalmente en la región centroamericana. La infección puede derivar en un cuadro agudo conocido como "anillo rojo clásico", caracterizado por el amarillamiento y marchitez progresiva de hojas basales, conducente incluso a la muerte. Otra manifestación crónica es el enanismo foliar, donde el patógeno afecta primordios en activo crecimiento, originando hojas sucesivamente más pequeñas y deformes (Chinchilla, 1997).

b) En plantaciones de esta palmácea, el síndrome inicialmente se manifiesta por el amarillamiento y marchitez paulatina de hojas basales e intermedias, progresando hacia

tejidos más jóvenes. En ocasiones los folíolos más viejos se fracturan a nivel del peciolo, quedando la porción distal colgante por largo tiempo. Al realizar un corte transversal del estípite, puede evidenciarse una franja vascular de coloración parduzca a rosácea, usualmente cercana a la periferia y no siempre continua a lo largo de todo el tallo. Habitualmente las hojas emergentes exhiben tonos verdes pálido amarillento y son de menor tamaño. No obstante, ante infestaciones intensas de la plaga, la región meristemática apical puede ser severamente dañada, conduciendo a la muerte de la planta entre los 2 a 3 meses post infección (Chinchilla, 1992).

c) **Manejo de la enfermedad.** El control efectivo del anillo rojo en palma aceitera se fundamenta en disminuir las fuentes de inóculo del nematodo constituidas por palmeras infectadas, así como en reducir el número de insectos transmisores. Tras años de experiencia práctica enfrentando esta virosis en Costa Rica, se han determinado medidas clave que permiten regular la incidencia a niveles económicamente aceptables. Dentro de estas destacan: organización y capacitación de los encargados de fitosanidad, erradicación de plantas sintomáticas, reducir áreas de multiplicación del vector, decrecer la población adulta portadora y ejecutar regulaciones sanitarias apropiadas (Chinchilla 2003).

Complementariamente a las tácticas descritas, también se han explorado otras alternativas de control como el empleo de nematodos entomopatógenos, capaces de parasitar y eliminar al insecto vector. Adicionalmente, se han realizado ensayos con extractos vegetales y varios agroquímicos, aunque su verdadera efectividad está aún por confirmarse, siendo necesarios más estudios al respecto. De cualquier manera, resulta clave que los programas fitosanitarios contra esta enfermedad sean específicos para cada plantación en particular y se adapten a sus condiciones agroecológicas imperantes. El compromiso coordinado de todos los actores de la agrocadena de palma aceitera es determinante para garantizar el éxito del control de este problema fitosanitario (Sáenz, 2006).

### **2.2.2. *Rhynchophorus palmarum* L. (Picudo de la palma aceitera)**

El picudo *R. palmarum* reviste una gran relevancia económica en cultivos de palma aceitera y cocotero en la región de Latinoamérica y el Caribe (Guevara, 2018). Se ha cuantificado que este insecto fitófago puede ocasionar mermas del 35 % en palmeras afectadas, incrementando los costos de producción desde 0,9 hasta 13,5 dólares por tonelada de aceite (Mosquera, 2006). Su presencia en altas densidades poblacionales dificulta también el establecimiento de nuevas plantaciones o áreas renovadas. Esto se debe tanto a que

aprovecha como sitio reproductivo palmas en descomposición por pudriciones, así como por el daño directo que genera en inflorescencias de híbridos comerciales (OxG) (Aldana *et al.*, 2012). Adicionalmente, constituye vector primario del nematodo *B. cocophilus*, responsable del “anillo rojo” (Gonzales, 2018).

Según ICA (2011), este picudo se clasifica en Reino: Animalia, Filo: Arthropoda, Clase: Insecta, Orden: Coleoptera, Familia: Curculionidae, Género: *Rhynchophorus* y Especie: *Rhynchophorus palmarum* L.

#### d) Características morfológicas

- **Huevo:** La hembra de este coleóptero deposita sus huevos en orificios practicados con su rostro en el sustrato donde se alimenta. El estadio de huevo dura alrededor de 3,5 días. Son de forma cilíndrica, superficie lisa y coloración blanquecina, con longitud de 2,5 mm y 1 mm de ancho (Sánchez *et al.*, 1993). Investigaciones previas determinaron que hembras no infectadas con el nematodo tienen un potencial reproductivo de 200 a 500 huevos en 30 días. En contraste, aquellas portadoras del mismo ovipositan entre 20 a 50 únicamente, en igual período (Chinchilla *et al.*, 1996).

- **Larva:** El tono de la cutícula larval varía conforme avanza su desarrollo ontogénico. Las fases iniciales son de color crema, tornándose progresivamente amarillo tenue en los estadios 8vo y 9no, con intensificación del tono previo a pupar. El último ínstar larval tiene una duración de 4 a 17 días, adquiriendo una pigmentación amarillo más oscura. Previo a pupar migran hacia la periferia del estípite o bases peciolares, construyendo un capullo con fibras vegetales y sellando los extremos con tejidos leñosos (Zurita, 2006; Chinchilla *et al.*, 1996).

- **Pupa:** Una vez construido el capullo protector alrededor de la larva, se inicia el proceso metamórfico donde ésta se transforma en pupa y finalmente en adulto; todo al interior de dicha cobertura. El tamaño reportado del capullo es de aproximadamente 7 a 9 cm de longitud por 3 a 4 cm de diámetro. La pupa es de coloración parda y ante cualquier perturbación externa reacciona con movimientos ondulatorios vigorosos de su abdomen (Faleiro *et al.*, 2016).

- **Adulto:** El adulto de este curculiónido presenta una coloración negra metálica en el cuerpo, con visos rojizos en algunos especímenes. El proceso de emergencia desde la pupa toma entre 25 a 45 días. Al abandonar el capullo permanecen dentro del mismo entre 7 a 11 días adicionales. El pronoto exhibe densos pelos negros que le otorgan un aspecto aterciopelado. Los élitros tienen notorios canales longitudinales, sin cubrir

completamente el pigidio. La superficie ventral de quitina posee un brillo metálico lustroso. Su longitud oscila entre 25 a 60 mm, mostrando dimorfismo sexual: los machos tienen una borla pilosa dorsal en el rostro, mientras que en las hembras éste se presenta curvo y liso (Chinchilla 1991; Cifuentes 1998).

#### e) Daños

Las larvas de este coleóptero se alimentan del tejido interno de la planta hospedera, construyendo túneles o galerías que pueden destruir el meristemo apical, conduciendo incluso a la muerte (Hagley, 1963). Las heridas generadas atraen la oviposición de otros adultos en ese sustrato. El daño larval suele ser letal, por afectar el punto de crecimiento, derivando en amarillamiento foliar, secamiento, doblamiento y necrosis de hojas (bandera y otras superiores); avanzada la infestación, se presenta abscisión de los frutos inmaduros (ICA, 2011). Estas larvas perjudican especialmente palmeras jóvenes entre 3 a 6 años, minando el estípite o peciolos, e incluso alcanzando la región meristemática, precipitando el marchitamiento y caída acelerada del follaje. Se estima que cada larva puede ingerir alrededor de 500 g de tejido previo a pupar (Mexzón et al., 1994)

Se ha determinado que una población de apenas 30 larvas de este coleóptero es suficiente para matar una palmera adulta. Además, actúa como vector del nematodo *B. cocophilus*, agente causal del síndrome conocido como "anillo rojo" en distintas palmas. Una vez el nematodo invade los tejidos vasculares y radicales, se bloquea el flujo hídrico y reduce la absorción de agua. Las mayores concentraciones del parásito se localizan alrededor de 30 cm bajo la zona más alta con síntomas; detectándose infestaciones de hasta 50,000 nematodos en solo 10 g de tejido infectado del estípete (Aldana et al. 2011).

#### f) Biología y hábitos

Los adultos de este coleóptero muestran mayor actividad durante las primeras horas del día y al atardecer. Poseen alta movilidad, residiendo comúnmente ocultos entre la vegetación arvense y sus plantas hospederas, principalmente palmeras (Zurita, 2006). Su ciclo completo abarca 16 meses, de los cuales 12 transcurren en estado adulto. Sus larvas, con un promedio de 9 estadios, presentan marcado canibalismo durante su desarrollo ontogénico (Sánchez et al. 1993). El estadio larval tres es responsable de transmitir el nematodo *B. cocophilus*, cuyo ciclo completo dura 10 días. Este nematodo tiene capacidad de emigrar a razón de 5,6 mm por hora en suelo y 0,25 mm por hora a través de raíces, logrando sobrevivir en terrenos especialmente húmedos (Mexzón et al., 1994).

### 2.2.3. Semioquímicos

Los semioquímicos son sustancias empleadas en la comunicación entre organismos vivos, principalmente insectos. Resultan muy útiles en el control de plagas por su selectividad y actividad efectiva aún a bajas dosis. Se clasifican en feromonas y alomonas. Su aplicación contra insectos fitófagos incluye detección y monitoreo poblacional, así como técnicas directas tales como: confusión sexual, atracción- aniquilamiento masivo, entre otras (Vacas 2011).

**Tabla 3.** Categorías de semioquímicos.

Semioquímicos	Tipos	Modo de acción
Feromonas	Inductores	De alarma, sexuales, agregación
	Primaria	De maduración sexual desarrollo
Aleloquímicos	Kairomonas	Benefician al receptor
	Alomonas	Benefician al emisor
	Sinomonas	Benefician a ambos
	Antimonas	No benefician a ninguno

Fuente: Adaptado de Vacas (2011)

#### g) Grupos de semioquímicos

La Tabla 3 muestra que existen dos grupos de semioquímicos: las feromonas y los aleloquímicos. Según Reinhart (2004), los semioquímicos se pueden clasificar en dos subclases: las feromonas, que son utilizadas para la comunicación intraespecífica, y los aleloquímicos, que se utilizan para la comunicación interespecífica. La palabra feromona proviene del griego pherein, que significa "llevar", y horman, que significa "excitar". Las feromonas son semioquímicos liberados por una especie y tienen efectos de comunicación en otros individuos de la misma especie, como la atracción sexual, la transmisión de señales de alarma, la agregación de individuos en un lugar específico y el marcaje territorial, entre otros (Mathews y Mathews, 2010).

El término aleloquímico hace referencia a los compuestos volátiles que tienen efecto en la comunicación entre especies. Estos compuestos se clasifican según el efecto que produzcan en la especie emisora y en la especie receptora. Una kairomona es una sustancia liberada por una especie de un nivel trófico que beneficia a otra especie de otro nivel trófico, mientras que una alomona beneficia a la especie emisora. Por otro lado, una sinomona es una sustancia que provoca una respuesta favorable tanto para el emisor como

para el receptor (Whithman,1988; Price,1997 y Mathews y Mathews, 2010).

Es importante destacar que un semioquímico puede tener múltiples funciones en la comunicación entre especies. Una feromona liberada por una especie puede actuar como kairomona para otra especie, o un compuesto volátil liberado por un organismo puede funcionar como kairomona para una especie y como alomona o sinomona para otra. Esto significa que la clasificación de los semioquímicos en feromonas y aleloquímicos no siempre es clara y pueden existir solapamientos en su función (Byers, 1989).

#### **h) Las feromonas de insectos**

El reconocido etólogo J.H. Fabre fue pionero en investigar la comunicación química de lepidópteros. Sus estudios con polillas evidenciaron que los machos detectaban un "olor sutil" emitido por las hembras, orientando su cortejo mediante las antenas plumosas (Jones, 1998). Si bien en ese momento no pudieron determinarse las moléculas responsables, para el siglo XX se logró identificar trazas de tales compuestos orgánicos volátiles. Corresponden a hidrocarburos de cadena lineal con pesos moleculares entre 180 a 300 uma; resultando especies-específicos y permitiendo la atracción sexual dirigida por los machos (Vacas 2011).

En 1959, Karlson y Lüscher acuñaron el término "feromona" para denominar sustancias segregadas por animales que desencadenan respuestas específicas en otros individuos de su misma especie. Ese mismo año, Butenandt y colaboradores lograron purificar y elucidar la primera feromona sexual de un insecto, correspondiente a la mariposa de la seda. Desde entonces, se han identificado las feromonas de cientos de especies de insectos. Wilson y Bossert establecieron una clasificación basada en su función comunicativa, distinguiendo: feromonas inductoras, que precipitan un cambio inmediato de conducta; y primarias relacionadas con procesos de desarrollo ontogénico (Jutsum, 1989; Howse *et al.*, 1998; Vacas 2011).

#### **i) Algunos aspectos de normatividad para el uso de feromonas**

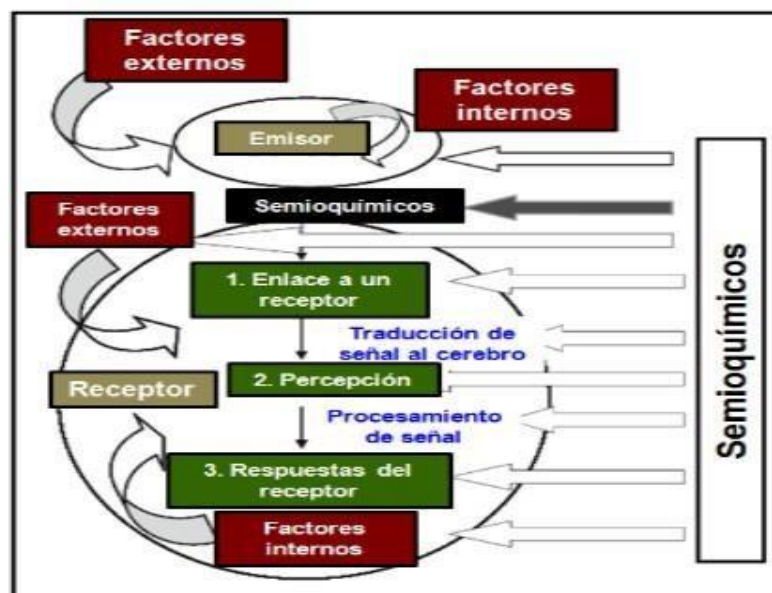
La Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) ha establecido una guía para el registro y comercialización de semioquímicos como las feromonas, empleadas en el monitoreo y control de plagas. A diferencia de los plaguicidas químicos tradicionales, los semioquímicos no matan directamente a los insectos, sino que modulan su comportamiento y poseen especificidad por cada especie objetivo. Al ser sintetizados en concentraciones próximas a las presentes en la naturaleza y disiparse con facilidad, resultan menos riesgosos para la salud y el ambiente. La OCDE plantea que su

evaluación ambiental debe considerar: emisiones al medio de la molécula, concentración de formulaciones y capacidad de recepción de la señal por cada especie blanco. Para aplicaciones a campo abierto, los niveles de emisión al ambiente deben ser equiparables a los de referencia en condiciones naturales (OECD 2001).

#### j) Interacciones ecológicas de semioquímicos

Los organismos utilizan información del ambiente para aumentar su bienestar, como encontrar comida o evitar depredadores. Las señales químicas son importantes para los insectos, ya que proporcionan información sobre las condiciones ambientales. Los compuestos químicos que median en las interacciones intraespecíficas e interespecíficas se conocen como semioquímicos (Agelopoulos et al., 1999).

Los semioquímicos son metabolitos volátiles captados por el sistema olfativo de insectos; mayoritariamente compuestos orgánicos volátiles (COV). Su acción comunicativa involucra: emisión por una fuente biótica o abiótica, transporte aéreo hasta los receptores antenales del insecto, unión a proteínas específicas y subsecuente transducción de señales eléctricas, percibidas luego a nivel central (Figura 1). La percepción del semioquímico puede modular distintos comportamientos. Tanto factores internos (edad, sexo), como externos (hora, estación, temperatura) afectan los patrones de emisión de estas señales químicas ambientales" (Klaschka 2009)



**Figura 1.** Esquema de la comunicación mediada por semioquímicos (Adaptado de Klaschka, 2009)

### **k) Semioquímicos en el manejo de insectos-plaga**

La Ecología Química estudia la estructura, función y biosíntesis de metabolitos naturales con relación a su origen evolutivo y usos para la sociedad (ISCE 2001). Esta disciplina enfatiza el papel modular de las señales químicas ambientales. Por ejemplo, las feromonas regulando interacciones reproductivas, coloniales y sociales intraespecíficas. Así también, las alomonas y kairomonas mediando interacciones interespecíficas en beneficio del productor y receptor, respectivamente (Metcalf 1998).

En 1910, Verschaffelt realizó los primeros estudios sobre cómo los metabolitos vegetales secundarios influyen las preferencias de insectos fitófagos por sus hospederos, demostrando el rol clave de los glucosinolatos en esta interacción insecto-planta. Sus hallazgos sentaron las bases de la teoría coevolutiva, que explica el proceso de adaptación recíproca entre especies debido a su mutua influencia (depredación, competencia, simbiosis, etc.). Dicha teoría integra conocimientos ecológicos y evolutivos en el estudio de las interacciones organismos-ambiente (Romero-Frias et al., 2015).

El aislamiento de la feromona sexual (E,Z)-10,12-hexadecadien-1-ol en hembras del gusano de seda (*Bombyx mori*) durante la década de 1950, marcó un hito fundacional en ecología química (Butenandt *et al.*, 1959). Desde entonces, esta disciplina ha enfocado sus estudios en esclarecer el origen, función y relevancia de los semioquímicos modulando interacciones inter e intra-específicas. La generación de estrategias sustentables de manejo de plagas constituye una de sus aplicaciones contemporáneas más valiosas (Witzgall *et al.*, 2010; Tewari *et al.*, 2014).

### **l) Interacción entre feromonas y kairomonas**

Los insectos pueden responder diferencialmente a los semioquímicos vegetales. Algunas especies captan compuestos orgánicos volátiles (COV) como precursoras de sus feromonas, o desencadenan su producción/liberación ante señales específicas de sus hospederos. En otros casos, la presencia de COV vegetales intensifica la respuesta conductual a feromonas, mientras que bajo ciertas condiciones pueden inhibirlas o repelerlas. Estas interacciones sinérgicas o antagónicas han impulsado investigaciones desde la ecología química, proveyendo herramientas valiosas para estrategias sustentables de manejo de plagas" (Reddy y Guerrero 2004; Tewari *et al.* 2014).

La sinergia en la percepción quimiosensorial constituye una

adaptación evolutiva que optimiza el reconocimiento específico entre organismos. En insectos fitófagos, se han documentado ampliamente sinergias conductuales entre sus feromonas de agregación y los compuestos orgánicos volátiles (COV) emitidos por sus plantas hospederas; siendo el orden Coleoptera un claro ejemplo (Landolt y Phillips 1997; Saïd *et al.*, 2011; Tewari *et al.*, 2014).

Estudios previos han demostrado que los compuestos orgánicos volátiles (COV) liberados por plantas hospederas potencian la eficacia de trampas cebadas con feromonas para la captura de curculiónidos (Dickens 1984; Phillips *et al.*, 1984). Los coleópteros picudos constituyen un diverso ensamble de insectos fitófagos, incluyendo relevantes plagas agrícolas. Se ha comprobado interacciones sinérgicas entre sus feromonas agregacionales y los COV emitidos por sus plantas hospederas en numerosas especies (Tinzara *et al.*, 2002). Por ejemplo, Borden *et al.* (1980) reportaron que los compuestos  $\alpha$ -pineno y etanol incrementan el efecto de la feromona producida por machos del género *Gnathotrichus* (Coleoptera: Curculionidae). Similarmente, se ha documentado que la agregación desencadenada por las feromonas grandisol y grandisal del picudo del pino (*Pissodes nemorensis*) solo es efectiva en campo ante la presencia de COV del hospedero (Phillips *et al.*, 1984).

Similarmente, Walgenbach *et al.* (1987) encontraron una respuesta significativamente mayor a la feromona en el picudo del maíz (*Sitophilus zeamais*) cuando se adicionaron compuestos orgánicos volátiles del grano de maíz. Asimismo, en el picudo de la palma (*R. palmarum*) la atracción hacia su feromona sintética (rincoforol) se potencia al combinarla con tejidos de la planta hospedera o acetato de etilo, incrementando las capturas en trapeo de campo (Jaffé *et al.*, 1993; Landolt y Phillips 1997; Saïd *et al.*, 2011).

#### **m) Trampas y atrayentes en el manejo integrado de plagas**

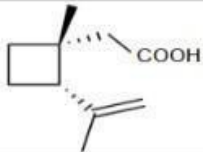



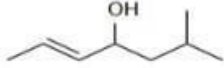
El manejo integrado de plagas (MIP) busca disminuir su impacto económico y ambiental mediante diversas herramientas (Barrera *et al.*, 2006; Cokl y Millar 2009). El trapeo con atrayentes constituye una estrategia ampliamente adoptada para la detección, monitoreo y control de insectos fitófagos. El aislamiento e identificación de feromonas y otros semioquímicos ha permitido desarrollar cebos altamente efectivos y específicos, que median el comportamiento del insecto blanco (Bento 2001; Tewari *et al.*, 2014). Los sistemas de trapeo proveen información crítica para la toma de decisiones sobre las medidas de control idóneas en función de los niveles poblacionales detectados. Diversos

factores inciden en la efectividad de un sistema de trapeo (Bento 2001; Barrera *et al.*, 2006):

- **Diseño de la trampa:** El diseño de la trampa es un factor crítico. Esta puede conceptualizarse como una estructura física para atraer y retener organismos específicos. Una trampa efectiva debe poseer: (1) un dispositivo contenedor del atrayente, protegido de condiciones ambientales adversas y que permita una liberación gradual y controlada; (2) un mecanismo de retención de los insectos capturados; y (3) una estructura externa que, de forma y soporte a los componentes previos, optimizando la captura.

- **Atrayentes liberados:** La selección adecuada del atrayente y su patrón de liberación influyen en la efectividad del sistema de trapeo. Resultan claves cualidades como la especificidad, potencia y calidad del semioquímico para atraer selectivamente al insecto blanco y maximizar capturas. Adicionalmente, la cinética controlada de liberación del cebo permite prolongar su vida útil bajo condiciones ambientales contrastantes. Por consiguiente, la elección meticulosa y el empleo correcto de ambos componentes (atrayente y dispensador) constituyen aspectos fundamentales que determinan el éxito del trapeo en programas de manejo de plagas.

- **Factores ambientales:** Las condiciones climáticas imperantes pueden afectar la efectividad del trapeo. Por ejemplo, la temperatura modula la actividad de los insectos y la tasa de liberación de atrayentes; mientras que precipitaciones frecuentes disminuyen el movimiento y dispersión de las plagas, reduciendo la velocidad de captura. Otros factores ambientales como la luminosidad, humedad relativa y velocidad del viento también pueden impactar negativamente sobre distintos componentes del sistema de monitoreo

Insecto-Plaga	Feromona
<p><i>Conotrachelus nenuphar</i></p> 	<p><b>Ácido grandisoico</b>            Ácido (1<i>R</i>,2<i>S</i>)-1-metil-2-(1-metiletenil)-            ciclobutanoacético</p> 
<p><i>Cosmopolites sordidus</i></p> 	<p><b>Cosmolure</b>            1-Etil-3,5,7-trimetil-2,8-            dioxabicyclo[3.2.1]octano</p> 
<p><i>Rhynchophorus palmarum</i></p> 	<p><b>Rinconforol</b>            6-Metil-2-hepten-4-ol</p> 

**Figura 2.** Insectos y la estructura química de sus feromonas (Frías, 2015).

- **Factores biológicos:** La ubicación adecuada de las trampas en las plantas hospederas es crucial para su efectividad en el control de plagas. Se recomienda colocar las trampas en las plantas que son preferidas por la plaga en el estado fenológico en el que se produce el ataque. Asimismo, la altura y posición relativa de la trampa en la planta hospedera pueden optimizar la intercepción del insecto en vuelo.

#### 2.2.4. El nematodo *Bursaphelenchus cocophilus*

n) **Distribución y taxonomía.** El nematodo *B. cocophilus* es el agente causal de la enfermedad conocida como "anillo rojo", reportada por primera vez en 1905 en la isla de Trinidad. En la actualidad, su distribución abarca Suramérica y el Caribe, afectando varias especies de palmeras cultivadas como el cocotero y la palma aceitera (Crozzoli 2002). La presencia geográfica de este nematodo se relaciona directamente con la incidencia del síndrome del anillo rojo en dichas áreas (Cysne *et al.* 2013).

o) **La clasificación sistemática** actualmente aceptada para este organismo es: Reino: Animalia; Filo: Nematoda; Clase: Secernentea; Orden: Aphelenchida; Familia: Aphelenchidae; Género: *Bursaphelenchus*; Especie: *Bursaphelenchus cocophilus* Baujard (Cysne *et al.*, 2013).

p) **Biología y comportamiento.** El nematodo *B. cocophilus* mide aproximadamente 1 mm de longitud. Posee cuerpo delgado y transparente, pudiendo observarse al microscopio. Presenta un estilete bucal en forma de aguja que utiliza para alimentarse de las células vegetales, ocasionando su muerte y los síntomas típicos de la enfermedad. Se trata de un endoparásito migratorio, cuyos adultos se desplazan y ovipositan en tejidos de la planta hospedera. No puede sobrevivir en el suelo, muriendo luego de 48 horas. Su ciclo completo varía entre 9 a 10 días, con una fase de huevo y tres estadios larvarios; siendo uno de los nematodos fitopatógenos de ciclo más corto. Las larvas son muy susceptibles a la desecación, mueren luego de 6 horas sin humedad. Permanecen activas en agua fresca por más de una semana, mientras que en agua salina o solución salina al 2,5% su viabilidad se reduce a 3 días. Estos nematodos, localizados tanto intra como extracelularmente, ocasionan daño citopático conducente a la muerte celular. Su actividad en tejidos vasculares deriva en obstrucción e hiperplasia. No existe transmisión a través de semillas, al no infectar inflorescencias ni frutos (Cysne *et al.*, 2013).

q) **Vectores.** La diseminación del nematodo entre palmeras enfermas y sanas es mediada por diversos organismos vectores. El principal corresponde al coleóptero *R. palmarum*. Otros insectos como hormigas, *Strategus aloeus*, *Metamasius hemipterus*, y

arañas también pueden actuar como portadores. Asimismo, implementos agrícolas contaminados (machetes, por ejemplo) facilitan su transporte mecánico entre plantas susceptibles (Crozzoli 2002). Durante su etapa larval, *R. palmarum* se alimenta del pseudotallo, proceso mediante el cual puede ingerir ocasionalmente al nematodo presente en ese tejido. Una vez dentro del cuerpo del curculiónido, el patógeno es capaz de sobrevivir y moverse desde el tracto digestivo hacia la hemolinfa; de este modo, los adultos emergentes de larvas alimentadas en sustrato contaminado se encontrarán infectados (Crozzoli 2002). Los ejemplares portando nematodos en su cavidad corporal u ovopositor contribuyen activamente a la transmisión del parásito. Aunque no existe un umbral definido de infestación por *R. palmarum*, se ha detectado una marcada estratificación en la distribución del nematodo a lo largo de la planta. Mientras que en la base del estípite su presencia es escasa, la región apical puede albergar hasta 50,000 por cada 10 g de tejido sintomático (Sáenz, 2006).

El nematodo puede hallarse en intestino, hemolinfa y heces del insecto, o adherido externamente a su cutícula. La densidad poblacional de la plaga fluctúa entre y dentro de lotes, según factores como edad, manejo y localización. Contrario al total de insectos, la proporción infectada aumenta en la época lluviosa. La infección de plantas previamente sanas se produce cuando el nematodo es transportado por un vector desde una palma enferma (Chinchilla 2003; Cysne *et al.*, 2013).

**r) Control del nematodo.** Entre las medidas recomendadas para el manejo efectivo de este nematodo se incluyen: eliminación mediante quema de palmeras infectadas, dado que los nematodos pueden permanecer viables en tejidos secos por hasta 2 meses constituyendo focos de reinfección, erradicación de plantas sintomáticas y aparentemente sanas circundantes; aplicación de enmiendas calcáreas en los sitios correspondientes; y replante posterior al cabo de 2-3 meses. Otra alternativa constituye la instalación masiva de trampas en base a tejidos atractivos para el insecto vector (*R. palmarum*), a razón de 2-4 por hectárea, los cuales deben ser tratados con insecticidas. Frutos como papaya y piña también pueden emplearse como atrayentes. Recientemente, el uso de feromonas sintéticas ha mostrado resultados prometedores (Crozzoli, 2002).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación y tiempo de duración del estudio

El trabajo de campo se realizó en el distrito de Campo Verde C.F.B KM 30, caserío Túpac Amaru Limón que está ubicado a la margen izquierda de la carretera, interior 9 Km (Figura 3), lugar donde se encuentra la empresa Palmagro S.A.C.; dicha empresa cuenta con aproximadamente 350 hectáreas de palma en producción. Según lo planeado en la fase experimental, la etapa de laboratorio se realizó en las instalaciones de la Universidad Nacional de Ucayali la cual está ubicada en Carretera Federico Basadre Km 6,2. se trabajó específicamente en los ambientes del laboratorio de Fitopatología. El tiempo de duración desde la elaboración del perfil del proyecto hasta la redacción del mismo fue de 12 meses.

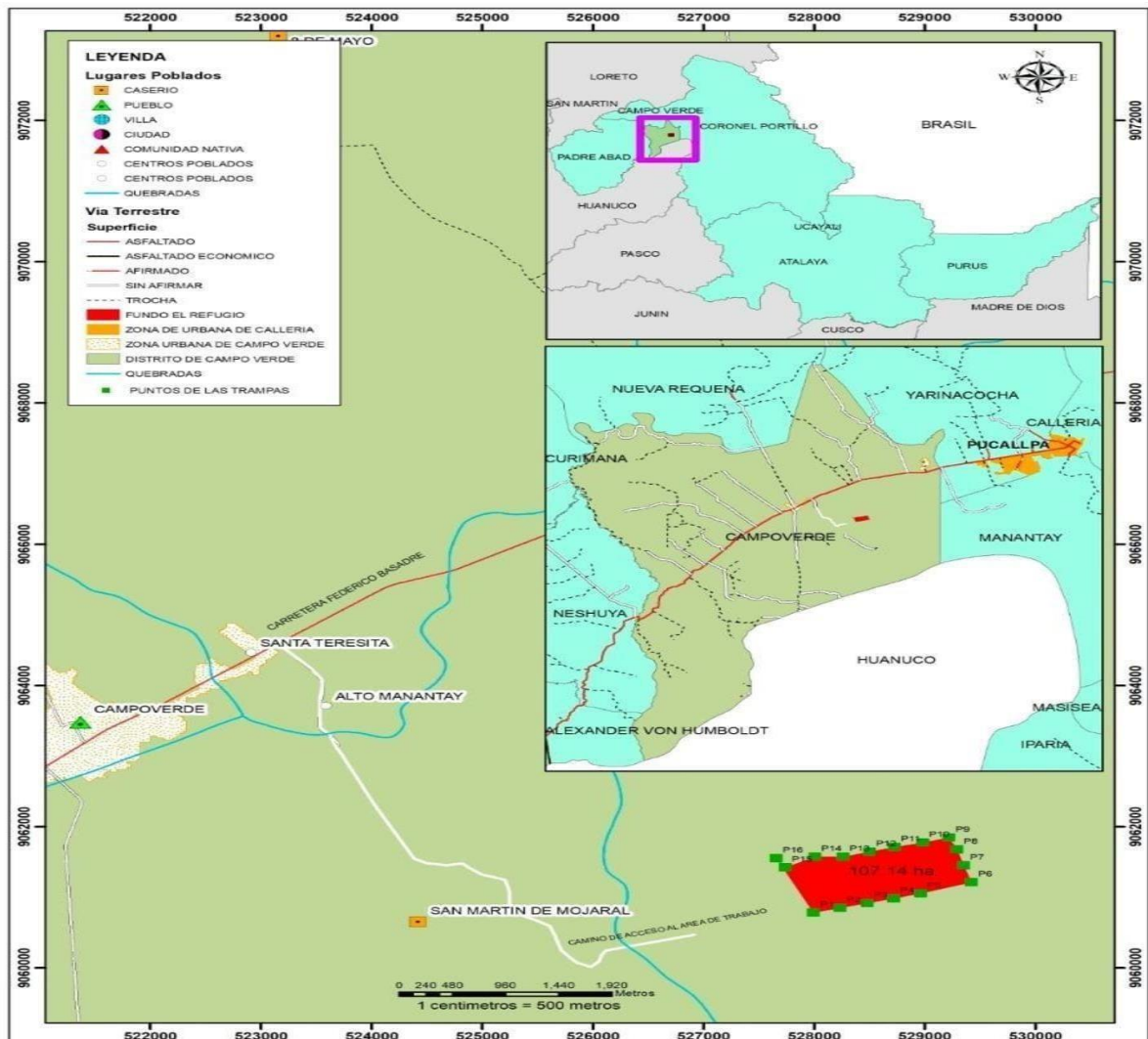


Figura 3. Mapa de ubicación fundo “El Refugio”, empresa Palmagro S.A.C.

### 3.2. Condiciones climáticas

Para las condiciones climáticas de la empresa Palmagro S.A.C. - Ucayali, se consideraron los siguientes parámetros: humedad relativa, temperatura promedio y precipitación total. Estos datos fueron obtenidos por el SENAMHI, Ucayali (Tabla 4).

**Tabla 4.** Condiciones climáticas enero – agosto 2022.

Parámetros	Meses							
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
Humedad relativa promedio (%)	96,00	88,00	87,00	85,00	85,00	86,00	82,00	81,00
Temperatura promedio (°C)	26,90	26,60	26,90	26,90	26,50	25,70	27,60	26,60
Precipitación total (mm)	111,90	326,50	185,20	190,30	51,50	66,90	70,00	57,00

Fuente: SENAMHI, Ucayali (2022).

### 3.3. Materiales

#### 3.3.1. Material experimental

El material experimental estuvo conformado por plantaciones de palma aceitera de 10 años edad, además el área de trabajo donde se llevó a cabo el experimento estuvo conformada por 107 hectáreas. El híbrido en el cual se trabajó es de procedencia ecuatoriana, cruce: Deli x Lame, variedad comercial Milenium, campaña 2011 año en cual se sembró.

Según Oliva-Betancourt (2016), este material presenta un crecimiento vertical moderado a lento, con longitud foliar dentro de parámetros normales, recomendándose una densidad de siembra de 143 palmas/ha. Se caracteriza por alta producción de racimos pequeños (<18 kg) con tenores moderados de aceite (<28 %), así como frutos también pequeños. El cruce Deli x La Mé destaca por su buena tolerancia a condiciones de sequía, habiéndose registrado rendimientos de hasta 24 t/ha/año bajo manejo idóneo.

#### 3.3.2. Equipos y materiales utilizados en campo

Para la elaboración del trabajo de campo se utilizó vehículo de transporte (Motocicleta), ficha de evaluación, lupa, bolsas para la recolección de coleópteros adultos, lápices, plumón indeleble, cámara fotográfica, botas, machete, baldes con capacidad de 20 litros, navajas, soga y feromona (Rhyncolure).

### 3.3.3. Materiales y equipos de laboratorio

Se utilizó estereoscopio, microscopio, agua destilada, placas Petri, mortero, insectos adultos macho y hembra, ficha de conteo, lápiz plumón.

### 3.3.4. Insumos para las trampas

Los insumos empleados para las trampas fueron: caña de azúcar, naranja, masato y chonta de huasaí, agua y melaza. Además, se utilizó el insecticida Fipronil, el cual se preparó en una proporción de 300 ml de producto en 200 litros de agua.

### 3.4. Tratamientos estudiados

Los tratamientos estudiados estuvieron conformados principalmente por elementos orgánicos abundantes y de mucha disponibilidad (Tabla 5):

**Tabla 5.** Descripción de los tratamientos estudiados.

Tratamientos	Descripción	Repeticiones
T <sub>1</sub> (Testigo)	Feromona + 300 g caña de azúcar en trozos + melaza + insecticida	4
T <sub>2</sub>	Feromona + 300 g de chonta de huasaí + insecticida	4
T <sub>3</sub>	Feromona + 300 g de naranja + insecticida	4
T <sub>4</sub>	Feromona + 300 ml de masato + insecticida	4

### 3.5. Tipo de investigación

El presente estudio se basó en una metodología de tipo experimental. Esto implicó la manipulación premeditada de determinadas variables independientes, para luego evaluar su efecto resultante sobre otras variables dependientes de interés. A través de este proceso fue posible establecer relaciones causales entre los factores evaluados.

### 3.6. Diseño experimental

El estudio se realizó mediante un diseño de bloques completamente al azar en esquema de parcelas divididas. Las parcelas principales correspondieron a los meses de evaluación (enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio y agosto de 2022), mientras que las subparcelas estuvieron compuestas por cuatro tratamientos de semioquímicos: T<sub>1</sub> (Melaza con trozo de caña de azúcar + feromona), T<sub>2</sub> (Chonta de huasaí + feromona), T<sub>3</sub> (Trozos de naranja + feromona) y T<sub>4</sub> (Masa de masato + feromona). El experimento se distribuyó en 4 bloques, cada uno conteniendo todas las combinaciones de tratamientos, con 27 plantas de

palma aceitera por unidad experimental. Este diseño permitió evaluar el efecto de los meses de evaluación, los diferentes semioquímicos y su posible interacción sobre la captura de *Rhynchophorus palmarum*. Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza y, cuando se detectaron diferencias significativas, se aplicó la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad para la comparación de medias.

### **3.7. Metodología**

#### **3.7.1. Identificación del área de trabajo**

Para identificar las parcelas donde se llevó a cabo el trabajo, se consideró una extensa área de 107 hectáreas que permitiera la colocación de trampas. Se destaca que las trampas se distribuyeron en los bordes de las parcelas, cerca del bosque secundario, y con una distancia de 250 m entre cada trampa, siguiendo la metodología descrita por Santos et al. (2020). El área donde se encuentra la plantación es uniforme y el terreno con ligeras ondulaciones, además de contar con buenas prácticas culturales, la plantación cuenta con un sistema de siembra 3 bolillo a un distanciamiento de 9 x 9 m.

Cabe mencionar que el cultivo de cobertura que se encontró en la plantación fue kudzu (*Pueraria phaseoloides*), además para asegurar el buen estado de las plantaciones se realizaron básicamente deshierbos, fertilización, abonamiento, podas entre otros.

#### **3.7.2. Elaboración de trampas**

Las trampas elaboradas para este experimento se realizaron de acuerdo a lo propuesto por Löhr y Parra (2014) en su publicación: Manual de trampeo del picudo negro de las palmas. Cada trampa estuvo comprendida por un balde de 20 litros con tapa, se realizó tres aberturas en el tercio superior del galón a manera de ventana de 10 cm x 5 cm. Además de 3 aberturas en la tapa a manera de hélices. Los dos tercios inferiores de la trampa fueron cubiertos por una tela de costal para facilitar el aterrizaje y movimiento de los picudos al interior de la trampa. Además, esta tela debe estar bien sujeta para evitar que fuera movida por el viento, la lluvia y otros factores (Figuras 4 y 5). Las trampas fueron revisadas semanalmente para asegurarse de que estén en buen estado y funcionando correctamente. Se revisó la tela de costal para asegurarse de que esté bien sujeta y no se haya dañado.



**Figura 4.** Procedimiento para elaborar una trampa (Adaptado de Löhr y Parra, 2014).

### 3.7.3. Preparación y uso de las kairomonas más la feromona sintética

En la preparación de la kairomona utilizada en este estudio, se emplearon diversos ingredientes que han demostrado ser atractivos para el picudo negro de las palmas. Estos ingredientes incluyen residuos a base de caña de azúcar, naranja, masato, chonta de huasaí, melaza y agua. Cada uno de estos ingredientes tiene una función específica en la atracción del insecto y en la duración de la mezcla.

En cada tratamiento se empleó una combinación distinta de ingredientes. El tratamiento control (T<sub>1</sub>) constó únicamente de feromonas, trozos de caña de azúcar, melaza e insecticida, mientras que los tratamientos T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub> incorporaron chonta de huasaí, naranja y masato, respectivamente. Se utilizaron 300 g de cada ingrediente en la preparación de cada tratamiento, mientras que en el caso del masato líquido se emplearon 300 ml. La cantidad de feromona fue la misma en todos los tratamientos, colgada en el interior del recipiente de plástico en posición paralela a las ventanas laterales (Figura 5), siguiendo las recomendaciones de Vivas (2016) y Landero-Torres *et al.* (2015).

Se preparó una solución de Fipronil utilizando 300 ml del producto en 200 litros de agua. Los cebos se impregnaron con esta solución durante 48 horas antes de ser colocados en las trampas. Los cebos impregnados se reemplazaron cada 15 días para garantizar su efectividad. Para el tratamiento testigo, se utilizó una solución de melaza y agua

en proporción 2:1, es decir, 350 ml de melaza y 150 ml de agua. Cabe destacar que la feromona sintética Rhyncolure utilizada tiene una duración efectiva de tres meses, según se indica en la ficha técnica (ver Anexo).



**Figura 5.** Trampa con la feromona sintética (Rhyncolure).

La distribución de las trampas (16 en total) en el cultivo de palma africana fue distribuido completamente al azar, cada trampa se colocó en el suelo y junto a una planta de palma aceitera. Se considero las recomendaciones de Santos et al. (2020), por lo que las trampas fueron distribuidas en los bordes de la plantación y cada una de ella distanciadas 250 m, ocupando un área total de 107 ha.

#### **3.7.4. Parámetros evaluados**

##### **3.7.4.1. Número de capturas de *R. palmarum***

Durante la evaluación de cada tratamiento, se realizaron observaciones de campo para determinar la abundancia de *R. palmarum*. Se contabilizó el total de insectos capturados en cada trampa por semana, desde la primera hasta la última evaluación. Además, con el fin de llevar a cabo análisis posteriores en el laboratorio, se etiquetó (fecha y lugar de captura, el tratamiento al que pertenecían y el número de trampa y sexo) y se envió alrededor del 30 % de los insectos capturados para su posterior evaluación.

##### **3.7.4.2. Número de insectos capturados por sexo y periodo de captura en los tratamientos en estudio**

Se registró el número total de insectos capturados, discriminando el sexo de cada uno. Para determinar el género de los picudos capturados, se utilizó una lupa para identificar la presencia de un mechón de pelos en la parte dorsal de la

probóscis en los machos y la ausencia del mismo en las hembras, de acuerdo a su dimorfismo sexual (Löhr, Vásquez- Ordoñez y López-Lavalle, 2015). Además, se observó la morfología del abdomen, donde en los machos es redondeado y presenta un aedeagus corto y ligeramente curvado, mientras que en las hembras el abdomen tiene forma de cumbre y posee un ovopositor largo y delgado al ejercer ligera presión.

#### **3.7.4.3. Cuantificación e identificación de nematodos capturados**

Para la cuantificación e identificación de los nematodos capturados, se utilizó el método de extracción de nematodos propuesto por Esparza-Díaz et al. (2013) modificado. Se obtuvieron insectos de las capturas realizadas en el campo, tomando el 30% de los insectos capturados y colocándolos en envases de plástico etiquetados según el tratamiento estudiado. Los envases tenían orificios para permitir la respiración de los picudos. Posteriormente, se determinó la cantidad y los tipos de nematodos presentes en los insectos. Para cuantificar los nematodos, se trituraron 10 individuos en un mortero y se agregó agua destilada, dejando reposar la solución durante una hora. Luego, se colocó el contenido del mortero en placas Petri y se observó al estereoscopio. Se identificó la presencia del nematodo *B. cocophilus* y también se diferenció el sexo del picudo hospedero.

#### **3.7.4.4. Relación beneficio costo de los tratamientos**

Para determinar la relación beneficio-costo de los tratamientos, se consideró el costo de las trampas utilizadas en cada tratamiento, incluyendo el costo de la feromona, materiales y mano de obra involucrada en su elaboración. Se estimaron los precios para la elaboración de cada trampa y se compararon entre los diferentes tratamientos. Los precios utilizados para la elaboración de cada trampa fueron estimados y se compararon entre los diferentes tratamientos para determinar su relación beneficio- costo. Además, se evaluó el rendimiento de las trampas, es decir, la cantidad de picudos capturados por trampa en cada tratamiento, y se relacionó con el costo de elaboración de las mismas. Esta información permitió determinar la eficiencia de cada tratamiento en términos de costo y rendimiento, lo que resultó en una evaluación completa de la relación beneficio-costo de cada tratamiento.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Capturas de machos de *Rhynchophorus palmarum*

El análisis de varianza presentado en la Tabla 6 revela información crucial sobre los factores que influyen en la captura de machos de *R. palmarum* en cultivos de *Elaeis guineensis*. Los resultados muestran diferencias estadísticas altamente significativas ( $p \leq 0,01$ ) tanto para los meses de evaluación ( $F=7,6$ ,  $p=0,0001$ ) como para los diferentes semioquímicos utilizados ( $F=14,4$ ,  $p=0,0000$ ), indicando que ambos factores tienen un impacto significativo en la eficacia de las capturas. Esto sugiere una variación estacional en la actividad o susceptibilidad de los insectos a las trampas, posiblemente relacionada con factores climáticos o ciclos biológicos de la especie, así como una diferencia notable en la efectividad de los distintos atrayentes. Sin embargo, la interacción entre estos factores no resultó significativa ( $F=0,33$ ,  $p=0,9888$ ), lo que implica que la eficacia relativa de los semioquímicos se mantiene constante a lo largo del año, a pesar de las variaciones en el número total de capturas. Los coeficientes de variación relativamente altos (53,65 % y 77,00 %) indican una considerable variabilidad en los datos, lo cual es común en estudios de campo con insectos y sugiere la influencia de factores no controlados en el experimento.

**Tabla 6.** Análisis de varianza para capturas de machos de *R. palmarum* según meses y semioquímicos

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fc	Pv
Bloque	3	488,8	162,9	1,70	0,2075
Meses de evaluación (ME)	7	5263,1	751,8**	7,60	0,0001
Error 1	21	2070,2	98,5		
Semioquímicos (S)	2	11090,8	5545,4**	14,40	0,0000
S x ME	14	1760,9	125,7Ns	0,33	0,9888
Error 2	80	30841,9	385,5		
CV 1 (%)			53,65		
CV 2 (%)			77,00		

\*\*-Significativo al 0,001 y Ns-no significativo al 5 % de probabilidad según la prueba de F.

La Tabla 7 presenta los resultados de la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para la comparación de medias de capturas de machos de *Rhynchophorus palmarum*, revelando patrones significativos tanto en la variación temporal como en la eficacia de diferentes semioquímicos. En cuanto a la variación estacional, se observa un pico de capturas durante los meses de febrero, marzo y abril, con una media de 26 machos capturados, siendo estadísticamente superior a los meses de junio, julio y enero, que registraron una media de

solo 12 capturas. Está marcada diferencia sugiere una fluctuación estacional en la actividad o abundancia de *R. palmarum*, posiblemente relacionada con factores climáticos o fenológicos del cultivo de *Elaeis guineensis*. Respecto a la eficacia de los semioquímicos, el tratamiento de melaza con trozo de caña de azúcar + feromona (M+F) demostró una superioridad estadística significativa, capturando en promedio 41 machos, en contraste con los otros tratamientos que registraron medias considerablemente menores. Específicamente, los semioquímicos compuestos por trozos de naranja + feromona (N+F), chonta de huasaí + feromona (H+F) y masa de masato + feromona (MM+F) mostraron resultados estadísticamente inferiores, con una media de apenas 11 machos capturados. Estos hallazgos subrayan la importancia crítica de la selección adecuada de semioquímicos en las estrategias de manejo integrado de plagas para *R. palmarum* en cultivos de palma aceitera, indicando que la combinación de melaza, caña de azúcar y feromona es particularmente efectiva para atraer a los machos de esta especie.

**Tabla 7.** Comparación de medias para capturas de machos de *R. palmarum* por meses y semioquímicos

Épocas de evaluación	N° de machos		
Junio	8		b
Enero	11		b
Julio	16	a	b
Agosto	18	a	b
Mayo	18	a	b
Febrero	24	a	
Marzo	25	a	
Abril	28	a	
Semioquímicos	N° de machos		
Trozos de naranja + feromona (N+F)			8 b
Chonta de huasaí + feromona (H+F)			10 b
Masa de masato + feromona (MM+F)			14 b
Melaza con trozo de caña de azúcar + feromona (M+F)			41 a

Letras iguales en la columna no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con investigaciones previas que demuestran la efectividad de las trampas con feromonas sintéticas para el control de *Rhynchophorus palmarum* en cultivos de palma africana. Vivas (2016) en Colombia encontró que el uso de estas trampas redujo significativamente la población de *R. palmarum*. Nuestros hallazgos, que muestran una abundante captura de machos con el tratamiento de melaza, trozos de caña de azúcar y feromona (M+F), son consistentes con lo reportado por

Barreiro-Cagua (2008), quien indicó que la combinación de atrayentes alimenticios como la miel de caña y la caña de azúcar con feromonas sintéticas incrementa significativamente la captura de *R. palmarum*.

La diferencia en la efectividad de los distintos tratamientos puede explicarse por la preferencia de atracción de los insectos hacia ciertos tipos de cebos o insumos alimenticios y la eficacia de la feromona sintética utilizada. Estudios previos han demostrado que la respuesta conductual de *R. palmarum* hacia su feromona sintética (rincoforol) se intensifica al combinarla con tejidos de la planta hospedera o compuestos orgánicos volátiles como el acetato de etilo (Jaffé *et al.*, 1993; Landolt y Phillips 1997; Saïd *et al.*, 2011).

En el caso de coleópteros fitófagos como *R. palmarum*, se ha documentado ampliamente un efecto sinérgico entre sus feromonas agregacionales y los compuestos orgánicos volátiles (COV) liberados por sus plantas hospederas, intensificando sus respuestas conductuales (Landolt y Phillips 1997; Saïd *et al.*, 2011; Tewari *et al.* 2014). Dickens (1984) y Phillips *et al.* (1984) resaltan que la presencia de caimonomas vegetales o COV potencian la eficacia de trampas cebadas con feromona para la captura de curculiónidos plaga. Por ejemplo, se ha registrado mayor atracción hacia la feromona de machos en picudos del género *Gnathotrichus* al adicionar compuestos como el  $\alpha$ -pineno y etanol de sus respectivas plantas hospederas (Borden *et al.*, 1980).

La variación en las capturas a lo largo de los meses de evaluación podría estar relacionada con factores climáticos. La precipitación registrada fue irregular, siendo febrero el mes con mayor volumen de lluvia, lo cual afectó el comportamiento y movilidad de los insectos. Esto es corroborado por estudios previos que han demostrado que las fluctuaciones en las condiciones climáticas pueden influir en la actividad y distribución de los insectos plaga (Hijmans, 2003). Santos *et al.* (2020) encontraron que la temperatura y la humedad relativa en Brasil tuvieron un efecto significativo en la abundancia de esta plaga en plantaciones de palma. Chinchilla y Arias (1990) también reportaron en Colombia que la abundancia de *R. palmarum* aumentó después de la temporada de lluvias.

Es importante considerar que la eficacia del sistema de trampeo depende de varios factores, siendo los principales la elección adecuada del atrayente y del dispositivo liberador. La especificidad, calidad y potencia del atrayente son fundamentales para atraer al organismo objetivo y lograr una captura efectiva (Bento, 2001; Barrera *et al.*, 2006).

#### 4.2. Capturas de hembras de *R. palmarum*

El análisis de varianza presentado en la Tabla 8 revela información crucial sobre la captura de hembras de *Rhynchophorus palmarum* en cultivos de *Elaeis guineensis*. Los resultados muestran diferencias estadísticas altamente significativas ( $p \leq 0.001$ ) tanto para los meses de evaluación ( $F=5,8$ ,  $p=0.0008$ ) como para los diferentes semioquímicos utilizados ( $F=36,4$ ,  $p=0,0000$ ). Esto indica que tanto la temporada como el tipo de atrayente tienen un impacto significativo en la eficacia de las capturas de hembras. La variación estacional sugiere que la actividad o susceptibilidad de las hembras a las trampas fluctúa a lo largo del año, posiblemente debido a factores climáticos o ciclos reproductivos. El efecto aún más pronunciado de los semioquímicos ( $F=36,4$ ) subraya la importancia crítica de la selección del atrayente para maximizar la captura de hembras. Interesantemente, la interacción entre meses y semioquímicos no resultó significativa ( $F=0,8$ ,  $p=0,7077$ ), lo que implica que la eficacia relativa de los diferentes atrayentes se mantiene constante a lo largo del año, a pesar de las variaciones en el número total de capturas. Los coeficientes de variación (44,98 % y 82,93 %) indican una considerable variabilidad en los datos, lo cual es común en estudios de campo y sugiere la influencia de factores no controlados.

**Tabla 8.** Análisis de varianza para capturas de hembras de *R. palmarum* según meses y semioquímicos

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fc	Pv
Bloque	3	10517,3	3505,8	11,4	0,0001
Meses de evaluación (ME)	7	12335,2	1762,2	5,8	0,0008
Error 1	21	6434,8	306,4		
Semioquímicos (S)	3	113650,4	37883,5	36,4	0,0000
S x ME	21	17550,7	835,7	0,8	0,7077
Error 2	72	74989,7	1041,5		
CV 1 (%)			44,98		
CV 2 (%)			82,93		

\*\*.-Significativo al 0,001 y Ns-no significativo al 5% de probabilidad según la prueba de F.

La Tabla 9 presenta los resultados de la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para la comparación de medias de capturas de hembras de *Rhynchophorus palmarum*, revelando patrones significativos tanto en la variación temporal como en la eficacia de diferentes semioquímicos. En cuanto a la variación estacional, se observa un gradiente de capturas, con los meses de marzo y abril mostrando los valores más altos (50 y 51 hembras, respectivamente), seguidos por febrero (45 hembras), mientras que junio y enero presentaron las capturas más bajas (22 y 26 hembras, respectivamente). Esta variación sugiere una

fluctuación en la actividad o abundancia de hembras de *R. palmarum* a lo largo del año, posiblemente relacionada con factores climáticos o ciclos reproductivos de la especie. Respecto a la eficacia de los semioquímicos, el tratamiento de melaza con trozo de caña de azúcar + feromona (M+F) demostró una superioridad estadística significativa, capturando en promedio 90 hembras, muy por encima de los otros tratamientos. Los semioquímicos compuestos por trozos de naranja + feromona (N+F), chonta de huasaí + feromona (H+F) y masa de masato + feromona (MM+F) mostraron resultados estadísticamente inferiores y similares entre sí, con capturas de 15, 20 y 31 hembras respectivamente.

**Tabla 9.** Comparación de medias para capturas de hembras de *R. palmarum* por meses y semioquímicos

Épocas de evaluación	N° de hembras		
Junio	22		c
Enero	26		b c
Mayo	38	a	b c
Agosto	39	a	b c
Júlio	40	a	b c
Febrero	45	a	b
Marzo	50	a	
Abril	51	a	
Trampas de olor	N° de hembras		
Trozos de naranja + feromona (N+F)	15		b
Chonta de huasai + feromona (H+F)	20		b
Masa de masato + feromona (MM+F)	31		b
Melaza con trozo de caña de azúcar + feromona (M+F)	90		a

Letras iguales en la columna no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad

Los resultados obtenidos en cuanto a la captura de hembras de *R. palmarum* son consistentes con estudios previos que han encontrado una mayor proporción de hembras en la población de esta plaga en los cultivos de palma aceitera (Barreiro-Cagua, 2018; Coello *et al.*, 2019). La mayor eficacia del tratamiento de melaza con trozo de caña de azúcar + Feromona (M+F) en la captura de hembras refuerza la importancia de combinar atrayentes alimenticios con feromonas sintéticas. Estos estudios han señalado que la mayor cantidad de hembras capturadas se debe a su mayor movilidad en busca de sitios adecuados para ovipositar, lo que las hace más susceptibles a ser capturadas por las trampas con feromonas. Además, se ha reportado que las hembras son responsables de la mayor parte del daño en las plantas, debido a que colocan sus huevos en el interior de la palma y las larvas se alimentan

de los tejidos internos, afectando posteriormente la calidad y producción de la fruta en este cultivo (Nascimento *et al.*, 2020).

La captura eficiente de hembras es particularmente importante debido al daño que pueden causar producto de la gran cantidad de oviposiciones que realizan, 200 a 500 huevos en un periodo de 30 días (Chinchilla *et al.*, 1996). No controlar esta situación puede incrementar las poblaciones de este insecto y llevar los daños causados por esta plaga por encima del umbral económico.

La variación estacional en las capturas de hembras, con mayores números en los meses de marzo y abril, podría estar relacionada con los ciclos reproductivos de la especie y las condiciones ambientales. Esto concuerda con lo observado por Santos *et al.* (2020), quienes encontraron que factores climáticos como la temperatura y la humedad relativa afectan significativamente la abundancia de *R. palmarum* en plantaciones de palma.

El uso de semioquímicos, como se observa en este estudio, ofrece ventajas significativas sobre los métodos de control químico convencionales. Como señalan Reddy y Guerrero (2004) y Tewari *et al.* (2014), los semioquímicos no matan directamente a las plagas, sino que alteran su comportamiento y son específicos para cada especie. Además, son sintetizados a concentraciones próximas a las imperantes naturalmente y se degradan con facilidad en el ambiente (OECD, 2001).

La eficacia observada en la captura de hembras utilizando la combinación de melaza, caña de azúcar y feromona sintética respalda la idea de que la ecología química ofrece herramientas valiosas para el desarrollo de estrategias de control de plagas bajo un enfoque de manejo integrado. Este enfoque no solo es más específico y efectivo, sino también más sostenible desde el punto de vista ambiental.

#### **4.3. Capturas totales (machos y hembras)**

El análisis de varianza presentado en la Tabla 10 para las capturas totales de *Rhynchophorus palmarum* revela información crucial sobre la eficacia global de las estrategias de control. Los resultados muestran diferencias estadísticas altamente significativas tanto para los meses de evaluación ( $F=7,0$ ,  $p=0,0002$ ) como para los diferentes semioquímicos utilizados ( $F=38,6$ ,  $p=0,0000$ ). Esto indica que tanto la temporada como el tipo de atrayente tienen un impacto significativo en la eficacia total de las capturas. La variación estacional sugiere que la actividad o susceptibilidad de *R. palmarum* a las trampas fluctúa a lo largo del año, posiblemente debido a factores climáticos o ciclos biológicos de la especie. El efecto aún más pronunciado de los semioquímicos ( $F=38,6$ ) subraya la

importancia crítica de la selección del atrayente para maximizar las capturas totales. Así mismo, la interacción entre meses y semioquímicos no resultó significativa ( $F=0,9$ ,  $p=0,4858$ ), lo que implica que la eficacia relativa de los diferentes atrayentes se mantiene constante a lo largo del año, a pesar de las variaciones en el número total de capturas. Los coeficientes de variación (45,2 % y 79,1 %) indican una considerable variabilidad en los datos, lo cual es común en estudios de campo y sugiere la influencia de factores no controlados.

**Tabla 10.** Análisis de varianza para capturas totales de *R. palmarum* según meses y semioquímicos

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fc	Pv
Bloque	3	14948,5	4982,8	7,4	0,0014
Meses de evaluación (ME)	7	33414,4	4773,4	7,0	0,0002
Error 1	21	14162,1	674,3		
Semioquímicos (S)	3	238729,0	79576,3	38,6	0,0000
S x ME	21	42869,7	2041,4	0,9	0,4858
Error 2	72	148485,2	2062,2		
CV 1 (%)			45,2		
CV 2 (%)			79,1		

\*\*-Significativo al 0,001 y Ns-no significativo al 5% de probabilidad según la prueba de F.

La Tabla 11 exhibe los resultados de la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para las capturas totales de *Rhynchophorus palmarum*, evidenciando tendencias significativas en la variación temporal y la efectividad de distintos semioquímicos. En el aspecto estacional, se aprecia un incremento gradual de capturas, destacando abril, marzo y febrero como los meses más productivos (79, 75 y 68 individuos, respectivamente). En contraste, junio y enero registraron las cifras más bajas (30 y 37 capturas). Esta fluctuación apunta a cambios en la actividad o densidad poblacional de *R. palmarum* durante el año, probablemente vinculados a condiciones climáticas o fases del ciclo vital de la especie. En cuanto a los atrayentes, la combinación de melaza, caña de azúcar y feromona (M+F) sobresalió notablemente, logrando un promedio de 131 capturas, cifra muy superior a los demás tratamientos. Los semioquímicos basados en naranja (N+F), chonta de huasaí (H+F) y masato (MM+F) mostraron una eficacia considerablemente menor, con 23, 31 y 45 capturas respectivamente, sin diferencias estadísticas entre ellos. Estos hallazgos resaltan la crucial importancia de elegir adecuadamente los semioquímicos en las estrategias de control integrado de *R. palmarum* en cultivos de palma aceitera.

**Tabla 11.** Comparación de medias para capturas totales de *R. palmarum* por meses y semioquímicos

Épocas de evaluación	N° de machos y hembras	
Junio	30	b
Enero	37	b
Julio	56	a b
Mayo	57	a b
Agosto	57	a b
Febrero	68	a
Marzo	75	a
Abril	79	a
Trampas de olor	N° de machos y hembras	
Trozos de naranja + feromona (N+F)	23	b
Chonta de huasaí + feromona (H+F)	31	b
Masa de masato + feromona (MM+F)	45	b
	131	a
Melaza con trozo de caña de azúcar + feromona (M+F)		

Letras iguales en la columna no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad

Los resultados de las capturas totales de *Rhynchophorus palmarum* refuerzan la eficacia de las trampas que combinan atrayentes alimenticios con feromonas sintéticas. La superioridad del tratamiento de melaza con trozo de caña de azúcar + feromona (M+F) en las capturas totales concuerda con lo reportado por Barreiro-Cagua (2008) y Vivas (2016), quienes encontraron que esta combinación incrementa significativamente la captura de *R. palmarum* en trampas. La variación en las capturas totales a lo largo de los meses de evaluación, con picos en febrero, marzo y abril, sugiere una influencia significativa de factores estacionales. Esto es consistente con los hallazgos de Santos *et al.* (2020), quienes observaron que la temperatura y la humedad relativa afectan la abundancia de *R. palmarum* en plantaciones de palma. La precipitación, que fue irregular durante el período de estudio, parece haber jugado un papel importante en la fluctuación de las capturas. Como señala Hijmans (2003), las condiciones climáticas pueden influir en la actividad y distribución de los insectos plaga.

La eficacia de las trampas en la captura total de *R. palmarum* puede explicarse por el efecto sinérgico entre las feromonas agregacionales y los compuestos orgánicos volátiles (COV) liberados por los atrayentes alimenticios. Este fenómeno ha sido ampliamente documentado en coleópteros fitófagos (Landolt y Phillips, 1997; Saïd *et al.*, 2011; Tewari *et*

*al.*, 2014). La presencia de kairomonas vegetales o COV potencia la eficacia de trampas cebadas con feromona para la captura de curculiónidos plaga, como lo han resaltado Dickens (1984) y Phillips *et al.* (1984).

El éxito en las capturas totales subraya la importancia de la ecología química en el manejo integrado de plagas. Como señalan Bento (2001), Barrera *et al.* (2006) y Tewari *et al.* (2014), el uso de feromonas y otros atrayentes semioquímicos que modulan el comportamiento de los insectos ha permitido desarrollar sistemas efectivos de detección, monitoreo y control de diversas plagas. Estos sistemas de trampeo proporcionan información valiosa para la toma de decisiones sobre las medidas de control más apropiadas según los niveles poblacionales detectados.

Es importante notar que la efectividad de las trampas puede variar según las condiciones específicas del lugar de estudio, factores climáticos, densidad, ubicación y edad de los insectos a capturar. Por ejemplo, Vivas (2016) encontró que las trampas con naranja y feromona sintética fueron efectivas en la captura de *R. palmarum*, lo cual contrasta con nuestros resultados donde los trozos de naranja fueron menos efectivos. Esto subraya la necesidad de adaptar las estrategias de control a las condiciones locales.

La captura significativa de *R. palmarum* (7,389 adultos en total) lograda en este estudio demuestra el potencial de estas trampas para reducir las poblaciones de la plaga. Considerando que, según Aldana *et al.* (2011), tan solo 30 larvas son suficientes para provocar la muerte de una palma adulta, estas capturas representan una reducción significativa en el potencial daño a las plantaciones.

Por todo ello, estos resultados respaldan la importancia de considerar diferentes tipos de cebos alimenticios y la feromona sintética específica para optimizar la composición y eficacia de las trampas en la captura de *R. palmarum*. Además, subrayan la necesidad de adaptar las estrategias de control integrado a las condiciones climáticas locales para lograr la máxima eficacia en el control de esta plaga, reduciendo su impacto económico y minimizando el impacto ambiental (Barrera *et al.*, 2006; Cokl y Millar, 2009).

#### **4.4. Relación entre machos y hembras capturados**

El análisis de varianza presentado en la Tabla 12 examina la proporción de machos a hembras de *Rhynchophorus palmarum* capturados, arrojando resultados intrigantes. Contrariamente a lo observado en las capturas totales, ni los meses de evaluación ( $F=1,1$ ,  $p=0,4124$ ) ni los diferentes semioquímicos ( $F=0,3$ ,  $p=0,8465$ ) mostraron efectos estadísticamente significativos sobre esta proporción. Esta ausencia de diferencias

significativas sugiere que, a pesar de las variaciones en el número total de capturas, la relación entre machos y hembras se mantiene relativamente constante a lo largo del año y entre los distintos tratamientos. La interacción entre meses y semioquímicos tampoco resultó significativa ( $F=0,9$ ,  $p=0,481$ ), reforzando la idea de que la proporción sexual en las capturas es estable independientemente de la época o el atrayente utilizado. Los coeficientes de variación relativamente altos (57.6 % y 62,9 %) indican una considerable variabilidad en los datos, lo cual es común en estudios de campo con insectos. Estos hallazgos tienen implicaciones interesantes para el manejo integrado de *R. palmarum* en palma aceitera, ya que sugieren que las estrategias de control basadas en semioquímicos no parecen sesgar la captura hacia un sexo específico. Esto podría ser beneficioso para mantener un impacto equilibrado en la población de la plaga, aunque también plantea desafíos si se busca dirigir el control hacia un sexo en particular.

**Tabla 12.** Análisis de varianza para la proporción machos/hembras de *R. palmarum* capturados

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fc	Pv
Bloque	3	0,8	0,3	3,1	0,0505
Meses de evaluación (ME)	7	0,7	0,1Ns	1,1	0,4124
Error 1	21	1,9	0,1		
Semioquímicos (S)	3	0,1	0,2Ns	0,3	0,8465
S x ME	21	2,3	0,1Ns	0,9	0,4810
Error 2	72	7,9	0,1		
CV 1 (%)			57,6		
CV 2 (%)			62,9		

\*\*.-Significativo al 0,001 y Ns-no significativo al 5% de probabilidad según la prueba de F.

La Tabla 13 presenta los resultados de la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para la comparación de medias de la proporción machos/hembras de *Rhynchophorus palmarum* capturados, corroborando la ausencia de diferencias estadísticamente significativas observada en el análisis de varianza. En cuanto a la variación temporal, las medias oscilan entre 0,4 y 0,6, con junio y mayo mostrando la proporción más baja de machos (0,4) y los meses de marzo, febrero, agosto y abril presentando la proporción más alta (0,6). Sin embargo, estas diferencias no son estadísticamente significativas, lo que sugiere una estabilidad relativa en la proporción sexual a lo largo del año. Respecto a los semioquímicos, se observa una variación mínima, con valores que van desde 0,5 para la masa de masato + feromona (MM+F), melaza

con trozo de caña de azúcar + feromona (M+F) y chonta de huasaí + feromona (H+F), hasta 0,6 para trozos de naranja + feromona (N+F). La falta de diferencias significativas entre estos tratamientos indica que ninguno de los atrayentes evaluados muestra una tendencia a capturar preferentemente machos o hembras. Estos resultados tienen implicaciones importantes para el manejo de *R. palmarum* en cultivos de palma aceitera, ya que sugieren que las estrategias de control basadas en estos semioquímicos afectarían de manera equitativa a ambos sexos de la plaga, independientemente de la época del año o el tipo de atrayente utilizado.

**Tabla 13.** Comparación de medias para la proporción machos/hembras de *R. palmarum* capturados

<b>Épocas de evaluación</b>	<b>Medias</b>
Junio	0,4 a
Mayo	0,4 a
Enero	0,5 a
Julio	0,5 a
Marzo	0,6 a
Febrero	0,6 a
Agosto	0,6 a
Abril	0,6 a
<b>Trampas de olor</b>	<b>Medias</b>
Masa de masato + feromona (MM+F)	0,5 a
Melaza con trozo de caña de azúcar + Feromona (M+F)	0,5 a
Chonta de huasaí + feromona (H+F)	0,5 a
Trozos de naranja + feromona (N+F)	0,6 a

Letras iguales en la columna no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad

El análisis de varianza presentado en la Tabla 14 examina la proporción de hembras a machos de *Rhynchophorus palmarum* capturados, revelando resultados que complementan los hallazgos anteriores. Ninguno de los factores analizados mostró efectos estadísticamente significativos sobre esta proporción. Los meses de evaluación ( $F=0,8$ ,  $p=0,6$ ) y los diferentes semioquímicos ( $F=0,7$ ,  $p=0,6$ ) no influyeron significativamente en la relación hembras/machos capturados. La interacción entre estos factores tampoco resultó significativa ( $F=0,5$ ,  $p=0,9$ ), lo que refuerza la idea de una estabilidad en la proporción sexual de las capturas independientemente de la época o el atrayente utilizado. Los coeficientes de variación notablemente altos (66,0 % y 81,8 %) indican una considerable variabilidad en los datos, lo cual es típico en estudios de campo con insectos y sugiere la influencia de factores no controlados.

**Tabla 14.** Análisis de varianza para la proporción hembras/machos de *R. palmarum* capturados

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fc	Pv
Bloque	3	18,5	6,1	2,7	0,1
Meses de evaluación (ME)	7	12,7	1,8	0,8	0,6
Error 1	21	46,7	2,2		
Semioquímicos (S)	3	7,0	2,3	0,7	0,6
S x ME	21	32,6	1,5	0,5	0,9
Error 2	72	245,6	3,4		
CV 1 (%)			66,0		
CV 2 (%)			81,8		

\*\*-.Significativo al 0,001 y Ns-no significativo al 5 % de probabilidad según la prueba de F.

La Tabla 15 presenta los resultados de la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para la comparación de medias de la proporción hembras/machos de *Rhynchophorus palmarum* capturados, confirmando la ausencia de diferencias estadísticamente significativas observada en el análisis de varianza. En cuanto a la variación temporal, las medias fluctúan entre 1,7 y 2,6, con abril mostrando la proporción más baja de hembras por macho (1,7) y junio la más alta (2,6). No obstante, estas diferencias no son estadísticamente significativas, lo que indica una relativa estabilidad en la proporción sexual a lo largo del año. Respecto a los semioquímicos, se observa una variación sutil, con valores que van desde 1,8 para trozos de naranja + feromona (N+F) hasta 2,4 para chonta de huasaí + feromona (H+F) y masa de masato + feromona (MM+F). La falta de diferencias significativas entre estos tratamientos sugiere que ninguno de los atrayentes evaluados muestra una tendencia a capturar preferentemente hembras o machos.

Los resultados obtenidos en cuanto a la relación entre machos y hembras capturados de *Rhynchophorus palmarum* revelan patrones interesantes que merecen una discusión detallada. En general, se observó una mayor proporción de hembras capturadas en comparación con los machos, lo cual es consistente con estudios previos en cultivos de palma aceitera (2012; Barreiro-Cagua, 2018; Coello *et al.*, 2019). Sin embargo, difieren con lo reportado por Lecca (2012), quien encontró una proporción constante de 1:1.

Esta mayor captura de hembras puede explicarse por varios factores. Primero, las hembras tienden a tener mayor movilidad en busca de sitios adecuados para ovipositar, lo que las hace más susceptibles a ser capturadas por las trampas con feromonas. Además, las hembras son responsables de la mayor parte del daño en las plantas, ya que colocan sus

huevos en el interior de la palma, y las larvas resultantes se alimentan de los tejidos internos, afectando la calidad y producción de la fruta (Nascimento *et al.*, 2020).

**Tabla 15.** Comparación de medias para la proporción hembras/machos de *R. palmarum* capturados

<b>Épocas de evaluación</b>	<b>Medias</b>	
Abril	1,7	a
Marzo	1,9	a
Agosto	2,0	a
Febrero	2,1	a
Mayo	2,4	a
Julio	2,5	a
Enero	2,5	a
Junio	2,6	a
<b>Trampas de olor</b>	<b>Medias</b>	
Trozos de naranja + feromona (N+F)	1,8	a
Melaza con trozo de caña de azúcar + feromona (M+F)	2,2	a
Chonta de huasái + feromona (H+F)	2,4	a
Masa de masato + feromona (MM+F)	2,4	a

Letras iguales en la columna no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Sin embargo, es importante notar que nuestros resultados contrastan con los de Rochat *et al.* (1991), quienes demostraron que los machos de *R. palmarum* son más atraídos por las feromonas sintéticas que las hembras. Esta discrepancia podría deberse a diferencias en las condiciones experimentales o en la composición específica de los atrayentes utilizados.

La ausencia de diferencias significativas en la proporción de machos a hembras entre los diferentes tratamientos y meses de evaluación sugiere que la eficacia relativa de los semioquímicos en la atracción de ambos sexos se mantiene constante a lo largo del tiempo. Esto tiene implicaciones importantes para el manejo integrado de plagas, ya que indica que estas trampas pueden ser efectivas para controlar ambos sexos de la población de *R. palmarum* de manera consistente.

Es interesante contrastar estos resultados con los hallazgos de Griffith (1968), quien sostiene que los machos de *R. palmarum* se ubican en las heridas resultantes de las podas, donde comienzan a excretar su feromona de agregación para atraer tanto a machos como a hembras. Este comportamiento podría explicar por qué, en algunos casos, se observa una mayor atracción de machos hacia ciertas trampas. La variación en la proporción de hembras a machos a lo largo de los meses, aunque no estadísticamente significativa, podría estar relacionada con factores climáticos o con los ciclos reproductivos de la especie. Como

han señalado Santos *et al.* (2020) y Chinchilla y Arias (1990), factores como la temperatura, la humedad relativa y la precipitación pueden afectar la abundancia y el comportamiento de *R. palmarum*. Desde una perspectiva de manejo integrado de plagas, la captura consistente de ambos sexos es beneficiosa. La captura de hembras es crucial para reducir el potencial reproductivo de la población, dado que cada hembra puede poner entre 200 y 500 huevos en un periodo de 30 días (Chinchilla *et al.*, 1996). Por otro lado, la captura de machos es importante para interrumpir el ciclo de atracción y agregación que describen Griffith (1968) y otros autores.

Estos resultados subrayan la importancia de considerar la dinámica de ambos sexos en el diseño de estrategias de control para *R. palmarum*. La eficacia constante de las trampas en la captura de ambos sexos a lo largo del tiempo sugiere que este método puede ser una herramienta valiosa en el manejo integrado de esta plaga en cultivos de palma aceitera.

#### 4.5. Eficiencia de las capturas

El análisis de varianza presentado en la Tabla 16 examina la eficiencia (%) de captura de *Rhynchophorus palmarum*, revelando resultados significativos y contrastantes con los análisis previos de eficacia. En este caso, tanto los meses de evaluación ( $F=7,85$ ,  $p=0,0001$ ) como los diferentes semioquímicos ( $F=34,9$ ,  $p=0,0000$ ) mostraron efectos altamente significativos sobre la eficiencia de captura. Esto indica que la eficiencia varía considerablemente a lo largo del año y entre los distintos tratamientos de atrayentes. Sin embargo, la interacción entre meses y semioquímicos no resultó significativa ( $F=0,94$ ,  $p=0,5449$ ), sugiriendo que el patrón de eficiencia de los diferentes atrayentes se mantiene relativamente constante a lo largo del año, aunque con variaciones en su magnitud. Los coeficientes de variación elevados (46,3 % y 80,4 %) indican una considerable variabilidad en los datos, lo cual es típico en estudios de campo con insectos.

**Tabla 16.** Análisis de varianza para la eficiencia (%) de captura de *R. palmarum*

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fc	Pv
Bloque	3	0,10	0,04	4,04	0,0205
Meses de evaluación (ME)	7	0,50	0,07	7,85	0,0001
Error 1	21	0,20	0,01		
Semioquímicos (S)	3	3,10	1,05	34,90	0,0000
S x ME	21	0,50	0,02	0,94	0,5449
Error 2	72	2,10	0,03		
CV 1 (%)			46,3		
CV 2 (%)			80,4		

\*\*Significativo al 0,001 y Ns-no significativo al 5% de probabilidad según la prueba de F.

La Tabla 17 presenta los resultados de la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para la comparación de medias de la eficiencia (%) de captura de *R. palmarum*, corroborando las diferencias significativas observadas en el análisis de varianza. En cuanto a la variación temporal, se observa un gradiente de eficiencia, con los meses de febrero, marzo y abril mostrando los valores más altos (0,3 %), significativamente superiores a junio y enero (0,1 %). Esta fluctuación sugiere una marcada influencia estacional en la eficiencia de las capturas, posiblemente relacionada con los ciclos biológicos de la especie o factores ambientales. Respecto a los semioquímicos, la combinación de melaza con trozo de caña de azúcar + Feromona (M+F) destaca significativamente con una eficiencia del 0,5 %, muy por encima de los demás tratamientos que oscilan entre 0,1 % y 0,2 %. Esta diferencia notable subraya la superioridad de este atrayente específico en la captura de *R. palmarum*.

Los resultados tienen implicaciones cruciales para el manejo integrado de esta plaga en cultivos de palma aceitera, indicando que la implementación de estrategias de control debería considerar cuidadosamente tanto la temporada de aplicación como la selección del semioquímico para maximizar la eficiencia de las capturas.

**Tabla 17.** Comparación de medias para la eficiencia (%) de captura de *R. palmarum*

Épocas de evaluación	Eficiencia (%)		
Junio	0,1		c
Enero	0,1	b	c
Mayo	0,2 a	b	c
Julio	0,2 a	b	
Agosto	0,2 a	b	
Febrero	0,3 a		
Marzo	0,3 a		
Abril	0,3 a		
Trampas de olor	Eficiencia (%)		
Trozos de naranja + feromona (N+F)	0,1 b		
Chonta de huasaí + feromona (H+F)	0,1 b		
Masa de masato + feromona (MM+F)	0,2 b		
Melaza con trozo de caña de azúcar + feromona (M+F)	0,5 a		

Letras iguales en la columna no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Los resultados de eficiencia de las capturas de *Rhynchophorus palmarum* revelan patrones importantes para el manejo integrado de esta plaga en cultivos de palma aceitera. El análisis de la eficiencia, entendida como el número de capturas por unidad de tiempo o esfuerzo, proporciona una visión clara del rendimiento de las trampas.

Los resultados de eficiencia muestran diferencias significativas tanto temporales como entre los tipos de semioquímicos utilizados. Esto sugiere que algunas trampas son más eficientes en términos de número total de capturas, lo cual es crucial para el control efectivo de la plaga.

El tratamiento de melaza con trozo de caña de azúcar + Feromona (M+F) mostró la mayor eficiencia, lo cual es consistente con los hallazgos de Barreiro-Cagua (2008) y Vivas (2016). Este resultado refuerza la idea de que la combinación de atrayentes alimenticios con feromonas sintéticas potencia la captura de *R. palmarum*. Como señalan Jaffé *et al.* (1993), Landolt y Phillips (1997) y Saïd *et al.* (2011), existe una interacción sinérgica entre las feromonas y los compuestos orgánicos volátiles (COV) de las plantas hospederas que intensifica la respuesta conductual de estos insectos.

La variación estacional en la eficiencia de las capturas, con mayores valores en los meses de febrero, marzo y abril, coincide con lo observado por Santos *et al.* (2020) y Chinchilla y Arias (1990) respecto a la influencia de factores climáticos en la abundancia y actividad de *R. palmarum*. Esto subraya la importancia de considerar las condiciones climáticas locales al implementar estrategias de control, como lo señala Hijmans (2003).

La alta eficiencia del tratamiento M+F en comparación con otros semioquímicos como los trozos de naranja + feromona (N+F) o la chonta de huasaí + feromona (H+F) resalta la importancia de la selección adecuada de atrayentes. Esto concuerda con lo expuesto por Bento (2001) y Barrera *et al.* (2006) sobre la importancia crítica de la elección del atrayente y el dispositivo liberador en la eficiencia del sistema de trapeo.

Es importante notar que la eficiencia de las trampas puede variar según las condiciones específicas del lugar de estudio, como lo sugiere la discrepancia entre nuestros resultados y los de Vivas (2016) respecto a la eficiencia de las trampas con naranja. Esto refuerza la necesidad de adaptar las estrategias de control a las condiciones locales.

La ubicación de las trampas también juega un papel crucial en su eficiencia. En este estudio, las trampas se colocaron cerca de la base de las plantas de palmera aceitera, lo que resultó en la captura de 7,389 picudos adultos de *R. palmarum*. Esto coincide con las recomendaciones de Bento (2001) y Barrera *et al.* (2006) sobre la importancia de colocar las trampas en posiciones adecuadas y en el estado fenológico en que se produce el ataque de la plaga.

La eficiencia demostrada por estas trampas tiene implicaciones significativas para el manejo de *R. palmarum*. Considerando que, según Aldana *et al.* (2011), solo 30 larvas

son suficientes para causar la muerte de una palma adulta, la captura de miles de adultos representa una reducción sustancial en el potencial daño a las plantaciones.

Estos resultados demuestran que el uso de trampas con semioquímicos, particularmente la combinación de melaza, caña de azúcar y feromona sintética, es una estrategia eficiente para el control de *R. palmarum* en cultivos de palma aceitera. Esta aproximación, basada en principios de ecología química, ofrece una alternativa más sostenible y específica en comparación con los plaguicidas químicos convencionales (OECD, 2001). La optimización de estas trampas, considerando factores como la composición del atrayente, la ubicación y el tiempo de aplicación, puede contribuir significativamente a reducir el impacto económico de esta plaga mientras se minimiza el impacto ambiental, alineándose con los principios del manejo integrado de plagas (Barrera *et al.*, 2006; Cokl y Millar, 2009; Vacas, 2011).

#### **4.6. Infestación de *Bursaphelenchus cocophilus***

El nematodo *B. cocophilus* es una especie de parásito altamente peligroso para la palma aceitera, durante el periodo de evaluación correspondiente a 8 meses se capturaron un total de 7 389 especímenes de *R. palmarum*, el 30 % de esta cantidad fue analizado en laboratorio, un total de 2 216 insectos, con la finalidad de determinar la infestación del mencionado nematodo, es decir cuántos insectos dan positivo a esta especie. De acuerdo a la Tabla 18 para la cantidad de insectos evaluados, solo 100 de ellos dieron positivo a este nematodo y la mayoría corresponden al T<sub>1</sub>, siendo mayor su colecta (14 individuos) en el mes de abril, donde la precipitación llegó hasta 190,3 %, situación que favoreció la mayor presencia de este coleóptero, posteriormente en mayo la precipitación empezó a descender. La infestación por *B. cocophilus* es un grave problema para la industria de la palma aceitera, ya que este nematodo es altamente destructivo para la planta.

En cuanto al sexo de los insectos infestados, se observó que la mayoría de los individuos positivos fueron hembras, con una proporción de 3:1 en relación a los machos, deduciéndose que el total de insectos que dieron positivo fue de 4,5 %. Aunque esta cifra puede parecer baja, es importante considerar que incluso una pequeña infestación puede tener un impacto significativo en la salud y productividad de las plantas. Este hallazgo es consistente con otros estudios que sugieren que las hembras son más susceptibles a la infestación por *B. cocophilus* que los machos (Vivas, 2016); posiblemente, diferencias en la anatomía y fisiología de los sexos influyen en la susceptibilidad a esta especie de nematodo.

**Tabla 18.** Número de nematodos capturados en diferentes tratamientos.

Mes	Trat.	Total	Positivos a <i>Bursaphelenchus cocophilus</i>						
			M	H	Total	(%)	M	H	Total
Enero	T <sub>1</sub>	47	3	11	14	30	1	3	4
	T <sub>2</sub>	29	4	5	9	30	1	2	3
	T <sub>3</sub>	16	2	3	5	30	0	1	1
	T <sub>4</sub>	33	4	6	10	30	0	1	1
Febrero	T <sub>1</sub>	528	51	108	158	30	1	6	7
	T <sub>2</sub>	125	12	26	38	30	1	1	2
	T <sub>3</sub>	16	1	4	5	30	0	2	2
	T <sub>4</sub>	146	13	31	44	30	2	0	2
Marzo	T <sub>1</sub>	609	65	118	183	30	2	4	6
	T <sub>2</sub>	232	24	46	70	30	1	2	3
	T <sub>3</sub>	92	11	17	28	30	0	1	1
	T <sub>4</sub>	156	15	32	47	30	0	0	0
Abril	T <sub>1</sub>	879	87	177	264	30	5	9	14
	T <sub>2</sub>	253	26	50	76	30	1	3	4
	T <sub>3</sub>	164	17	33	49	30	1	4	5
	T <sub>4</sub>	279	30	54	84	30	1	2	3
Mayo	T <sub>1</sub>	777	82	152	233	30	2	5	7
	T <sub>2</sub>	56	5	11	17	30	1	2	3
	T <sub>3</sub>	100	11	19	30	30	0	3	3
	T <sub>4</sub>	82	7	17	25	30	1	2	3
Junio	T <sub>1</sub>	212	20	44	64	30	1	4	5
	T <sub>2</sub>	60	5	13	18	30	0	0	0
	T <sub>3</sub>	115	12	23	35	30	2	4	6
	T <sub>4</sub>	141	13	29	42	30	1	3	4
Julio	T <sub>1</sub>	534	40	120	160	30	1	3	4
	T <sub>2</sub>	67	5	16	20	30	0	0	0
	T <sub>3</sub>	121	13	23	36	30	0	0	0
	T <sub>4</sub>	275	21	62	83	30	1	2	3
Agosto	T <sub>1</sub>	605	66	115	182	30	1	2	3
	T <sub>2</sub>	210	23	41	63	30	0	0	0
	T <sub>3</sub>	121	13	23	36	30	0	0	0
	T <sub>4</sub>	308	40	53	92	30	0	1	1
Total		7388	741	1482	2216	30	28	72	100

M= Macho; H= Hembra

Fuente: Elaboración propia.

Es importante señalar que la tasa de infestación por *B. cocophilus* encontrada en este estudio es similar a la reportada en otras investigaciones para América Latina (Rodríguez et al., 2018). Además, se ha observado que la infestación por este nematodo puede

estar relacionada con las condiciones climáticas. En el presente estudio, la infestación aumentaba en relación al incremento de las precipitaciones, coincidiendo con Chinchilla (2003), quien indica que la presencia de nematodo en los picudos es menor en los meses secos y aumenta en la época de lluvias. Estos hallazgos sugieren que las condiciones climáticas pueden ser un factor importante a considerar en la prevención y control de la infestación por este nemátodo en las plantaciones de palma aceitera.

Los resultados, de este estudio muestra una tasa de infestación moderada por *B. cocophilus* en *R. palmarum*, con una mayor prevalencia en hembras, encontrando consistencia con estudios previos y sugieren la necesidad de seguir investigando para comprender mejor la dinámica poblacional de este nematodo en la región y desarrollar estrategias efectivas de control. Además, es importante considerar las condiciones climáticas y los posibles factores de riesgo asociados con la infestación para prevenir y mitigar los efectos negativos de este nemátodo en la industria de la palma aceitera.

El nematodo *B. cocophilus* es responsable de la enfermedad conocida como "anillo rojo", que viene afectando palmas como el cocotero y la palma aceitera, entre otras (Crozzoli, 2002). Su distribución geográfica guarda estrecha relación con la presencia del síndrome de anillo rojo en palmeras. Se trata de un endoparásito móvil, cuyos adultos ovipositan en tejidos del hospedero. Es incapaz de persistir en suelo, muriendo a las 48 horas. Posee uno de los ciclos más cortos entre nematodos fitopatógenos, completando su desarrollo entre 9-10 días, con una fase de huevo y tres estadios larvales. Las larvas son muy susceptibles a desecación, no sobreviviendo más de 6 horas sin humedad. Según reportes, pueden hallarse infestaciones severas de hasta 50,000 nematodos por 10 g de tejido vascular sintomático (Esser y Meredith, 1987), los cuales fácilmente pueden ser transportados de plantas enfermas a plantas sanas por medio de insectos vectores, siendo el principal el coleóptero *R. palmarum*, también mediante los implementos agrícolas contaminados, como los machetes (Crozzoli, 2002).

Durante su fase larval el insecto vector se alimenta del pseudotallo, pudiendo ingerir ocasionalmente al nematodo presente en ese tejido. Si de estas larvas infectadas se genera un adulto, este también estará infectado, por lo que transmiten el nemátodo mediante el ovipositor cuando deposita sus huevos ubicados en grandes cantidades en la parte superior del tallo (Crozzoli, 2002). La cantidad de *R. palmarum* puede variar dentro y entre los lotes de cultivo y durante el año, dependiendo de su edad, ubicación y manejo, donde las trampas capturan mayor cantidad de insectos durante la estación seca. Se ha encontrado que la

proporción de individuos portadores del parásito es menor en épocas secas, incrementándose en periodos lluviosos (Chinchilla, 2003). Una vez dentro de los tejidos de la palmera, el nematodo continúa su desarrollo, alimentándose y reproduciéndose activamente, concentrado mayormente en el parénquima vascular donde origina la típica coloración en anillo. Si bien los nematodos no se multiplican dentro del cuerpo de la plaga, logran persistir entre 2-10 días en diversos tejidos y fluidos corporales (Cysne *et al.*, 2013) constituyéndose en serias plagas en el cultivo de palma aceite, por ello se recomienda quemar las plantas infectadas, ya que los nematodos pueden sobrevivir por hasta dos meses, y la planta aún seca puede servir como fuente de inóculo para otros insectos. Luego de identificar los focos de infección, se deben retirar las plantas secas y las aparentemente sanas que se encuentran en su cercanía. Además, es importante aplicar cal en las áreas anteriormente ocupadas por las plantas enfermas y volver a sembrar después de 2 o 3 meses. También se recomienda colocar 2 a 4 trampas por hectárea, utilizados cebos tratados con insecticidas para matar a los picudos al alimentarse y feromonas sintéticas (Crozzoli, 2002).

También es importante disminuir las poblaciones de adultos de *R. palmarum* cuyo ciclo de vida dura 16 meses, de los cuales 12 son en su fase adulta (Sánchez *et al.*, 1993), fase que se encarga de diseminar el nemátodo en las plantaciones de palmera africana, siendo la incidencia mayor del síndrome del anillo rojo/hoja en palmas de edad intermedia y en áreas cercanas a fuentes de inóculo provenientes de plantas vecinas afectadas, siendo rara la enfermedad en palmas jóvenes donde la población de picudos adultos es baja y no prefiere estas áreas, posiblemente porque son más soleadas, menos húmedas y hay menos sitios de reproducción (Chinchilla, 2010).

#### **4.7. Registro de nemátodos en adultos de *Rynchophorus palmarum***

La Tabla 19 revela información detallada sobre la distribución de *B. cocophilus* en relación a las capturas totales de *R. palmarum*; del total de 7 689.00 insectos capturados durante el periodo de estudio, se evaluó sistemáticamente el 30% (2,307 especímenes), donde se encontró que el tratamiento T<sub>1</sub> (M+F), además de lograr la mayor captura con 4 191.00 individuos, también presentó la mayor incidencia de nematodos (50 positivos), distribuidos en 36 hembras y 14 machos. Ésta marcada diferencia en la infestación entre sexos fue consistente en todos los tratamientos, manteniendo una proporción promedio de 2,7 hembras infectadas por cada macho infectado, por lo que se deduce que las son las hembras son las que más contribuyen en el aumento poblacional de este fitófago y en la transmisión de la enfermedad “anillo rojo” en las plantas de palmera aceitera instaladas en la empresa Palmagro S.A.C.

Los tratamientos T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub> mostraron una distribución más equilibrada de nematodos entre sí (15, 18 y 17 nematodos respectivamente), a pesar de presentar diferencias significativas en sus capturas totales. Esto sugiere que la eficiencia de captura de los diferentes semioquímicos no está necesariamente correlacionada con la tasa de infestación por *B. cocophilus*, lo cual tiene implicaciones importantes para el desarrollo de estrategias específicas de control tanto del vector como del patógeno en las plantaciones de palma aceitera.

**Tabla 19.** Capturas de nematodos *B. cocophilus* en adultos machos y hembras de *R. palmarum* por tratamiento.

Tratamiento	Total de insectos capturados	Insectos evaluados (30%)	Nematodos en machos	Nematodos en hembras	Total nematodos	Porcentaje del total (%)
T <sub>1</sub> (M+F)	4 191,00	1 257,00	14,00	36,00	50,00	50,00
T <sub>2</sub> (H+F)	1 232,00	370,00	4,00	11,00	15,00	15,00
T <sub>3</sub> (N+F)	845,00	254,00	3,00	15,00	18,00	18,00
T <sub>4</sub> (MM+F)	1 421,00	426,00	7,00	10,00	17,00	17,00
Total	7 689,00	2 307,00	28,00	72,00	100,00	100,00

**Nota.** Los porcentajes están calculados sobre el total de nematodos encontrados (n=100).

#### 4.8. Relación beneficio costo de los tratamientos

En la Tabla 20 se puede apreciar el análisis beneficio-costo de los diferentes tratamientos donde únicamente el T<sub>1</sub> (melaza + caña + feromona) alcanzó una rentabilidad positiva, con una relación B/C de 1.54 y un índice de rentabilidad del 54.08 %. Este tratamiento generó una utilidad neta de S/. 147.10, demostrando ser la única opción económicamente viable entre los tratamientos evaluados. La alta eficiencia en la captura de *R. palmarum* (4 191.00 individuos) justificó la inversión inicial de S/. 272.00.

Los tratamientos T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>, a pesar de sus menores costos de implementación (entre S/. 248.00 y S/. 268.00), resultaron económicamente desfavorables con índices de rentabilidad negativos, que oscilaron entre -42.78% y -69.96%. Estos resultados sugieren que la inversión en trampas con semioquímicos debe priorizar la eficacia en la captura sobre el costo inicial del tratamiento, considerando el impacto potencial de la plaga en la productividad de la plantación de palma aceitera.

**Tabla 20.** Análisis económico y relación beneficio-costo de los tratamientos con semioquímicos para el control de *R. palmarum*

Trat.	Costo total (S/.)	Capturas totales	Beneficio estimado (S/.)	Utilidad neta (S/.)	Relación B/C	Índice de rentabilidad (%)
T <sub>1</sub>	272,00	4 191,00	419,10	147,10	1,54	54,08
T <sub>2</sub>	268,00	1 032,00	103,20	-164,80	0,38	-61,50
T <sub>3</sub>	248,00	745,00	74,50	-173,50	0,30	-69,96
T <sub>4</sub>	248,00	1421,00	142,10	-105,90	0,57	-42,78

**Nota.** El beneficio estimado se calculó considerando S/. 0.10 por cada insecto capturado, dado el potencial daño que puede causar en la plantación. La utilidad neta representa la diferencia entre el beneficio estimado y el costo total. La relación B/C se obtuvo dividiendo el beneficio estimado entre el costo total.

Al analizar la relación beneficio-costo, es crucial considerar no solo los costos directos, sino también los beneficios a largo plazo y el impacto ambiental. Una alternativa común para el control de *R. palmarum* es el uso de agroquímicos como el Fipronil, aunque inicialmente menos costoso, pero el control químico presenta desventajas significativas. Por ejemplo, la aplicación de 300 ml de Fipronil cada 15 días, si bien puede controlar las larvas de *R. palmarum*, no es efectiva contra los adultos y requiere aplicaciones frecuentes. Además, el uso de insecticidas químicos puede tener efectos negativos en la fauna benéfica, incluyendo polinizadores, enemigos naturales de este curculiónido y el ecosistema en general. En contraste, el método de trapeo con feromonas y atrayentes alimenticios, aunque inicialmente más costoso (S/. 1036,00 para 107 hectáreas), ofrece beneficios superiores. Este enfoque es específico para los adultos de *R. palmarum*, reduciendo la población reproductiva y, por ende, la incidencia futura de larvas dañinas. Además, es ambientalmente más sostenible, preservando la biodiversidad y los servicios ecosistémicos esenciales para la producción de palma aceitera.

Esta inversión se justifica en el sentido que las trampas cumplieron con el objetivo de realizar el mayor número de capturas en periodos semanales, quincenales y mensuales, además de ser favorable por el área de eficacia por trampa la cual es de 2,5 hectáreas entre ellas.

Finalmente, es preciso considerar que el daño potencial de *R. palmarum* incluye no solo pérdidas directas en la producción, sino también la propagación de enfermedades como el "anillo rojo", el beneficio a largo plazo de este método de control

supera significativamente su costo inicial. La reducción en la incidencia de plagas y enfermedades, junto con la preservación del ecosistema agrícola, contribuye a una producción más estable y sostenible, justificando la inversión en este método de control integrado de plagas.

## V. CONCLUSIONES

1. El tratamiento T<sub>1</sub> (melaza + caña + feromona) fue el más eficaz en la captura de *R. palmarum*, con un total de 4191 insectos capturados durante 8 meses de evaluación, seguido por el tratamiento T<sub>4</sub> (masato + feromona) con 1421 capturas. Esta diferencia significativa subraya la importancia de la combinación específica de atrayentes en la eficacia de las trampas.
2. Se observó una variación significativa en las capturas a lo largo de los meses de evaluación. En cuanto a los atrayentes, la combinación de melaza, caña de azúcar y feromona (M+F) sobresalió notablemente, logrando un promedio de 131 capturas, esto se da debido a que la melaza más los trozos de caña de azúcar permanecían por más tiempo en las trampas prolongando así el tiempo de capturas, cifra muy superior a los demás tratamientos. Los meses de febrero, marzo y abril mostraron las mayores capturas tanto de machos como de hembras, donde también se hace mención a las altas precipitaciones ocurridos en los meses mencionados, indicando una influencia estacional en la actividad de *R. palmarum*.
3. La proporción de hembras capturadas fue consistentemente mayor en todos los tratamientos, con una relación aproximada de 2:1 (hembra: macho). Esta relación se mantuvo relativamente constante a lo largo del estudio, sugiriendo que las trampas son igualmente efectivas para ambos sexos a lo largo del tiempo, como también el uso de la feromona que fue de tipo agregación.
4. La incidencia del nematodo *Bursaphelenchus cocophilus* fue baja, con solo el 4,5 % de los insectos evaluados (100 de 2 216) dando positivo. De estos, 28 nematodos se encontraron en machos y 72 en hembras, reflejando la proporción general de capturas por sexo.
5. Aunque las condiciones de temperatura y humedad relativa se mantuvieron estables, la precipitación pluvial fluctuante influyó significativamente en la eficiencia de las capturas, con mayores capturas coincidiendo con períodos de mayor precipitación.
6. La eficiencia varió significativamente entre tratamientos y meses, siendo el tratamiento T<sub>1</sub> el más eficiente con una eficiencia del 0,5 %, muy por encima de los demás tratamientos que oscilan entre 0,1 % y 0,2 %. Esto destaca la importancia de considerar tanto la composición del atrayente, feromona como también la temporada en la evaluación de métodos de control.

7. Aunque los costos por trampa variaron entre S/. 67,00 y S/. 73,00, la evaluación beneficio-costo demostró que este método de trapeo ofrece beneficios superiores a largo plazo comparado con el control químico que al momento de aplicarlo estamos haciendo un uso ofensivo tanto al insecto plaga como a los polinizadores e insectos benéficos, comparando con el tipo de control etológico que contribuye a una producción más sostenible de palma aceitera.
8. El uso de trampas con semioquímicos se confirma como una opción viable y efectiva para el control de *R. palmarum* en la región de Ucayali, ofreciendo un método de control específico y ambientalmente más sostenible.

## VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Fomentar la implementación del control etológico para el manejo integrado de plagas en los cultivos de palma aceitera en la región de Ucayali, utilizando trampas preparadas con melaza + trozos de caña de azúcar + feromona *Rhyncolure*.
2. Realizar estudios similares en otras regiones de la Amazonía peruana, considerando variaciones estacionales, para establecer y comprobar la eficiencia de los tratamientos utilizados en el control de *Rhynchophorus palmarum* en el presente estudio.
3. Realizar estudios adicionales para evaluar la eficiencia de los tratamientos utilizados en el control de *Bursaphelenchus cocophilus* en el cultivo de palma africana en la región de Ucayali, ya que la baja incidencia de esta plaga en el estudio actual podría deberse a factores externos.
4. Continuar con la investigación y el desarrollo de nuevas técnicas y herramientas para el manejo integrado de *R. palmarum* en la región de Ucayali, con énfasis en mejorar la eficiencia del control de esta plaga en las plantaciones de palma aceitera.
5. Investigar más a fondo la relación entre los factores climáticos, especialmente la precipitación, y la eficiencia de las trampas con semioquímicos para optimizar las estrategias de control de *R. palmarum* a lo largo del año.
6. Realizar estudios a largo plazo para evaluar el impacto económico y ambiental del uso de trampas con semioquímicos en comparación con los métodos de control químico convencionales en las plantaciones de palma aceitera.
7. Realizar trabajos de investigación incluyendo el estudio exhaustivo de los nemátodos *Bursaphelenchus cocophilus* en los diferentes estadios larvales de *Rhynchophorus palmarum*.

## VII. REFERENCIAS

- Agelopoulos, N., Birkett, M., Hick, J., Hooper, A., Pickett, J., Pow, E., Smart, L., Smuiley, D., Wadhams, I., & Woodcock, C. (1999). Exploiting semiochemicals in insect control. *Pesticide Science*, 55, 225–235. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9063\(199903\)55:3<225::AID-PS887>3.0.CO;2-7](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9063(199903)55:3<225::AID-PS887>3.0.CO;2-7)
- Aldana de la Torre, R. C., Aldana de la Torre, J. A., & Moya, O. M. (2011). Biología, hábitos y manejo de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae). *Boletines técnicos*, (23),56.<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/boletines/article/view/10508>
- Azeem, M., Asrar, M., Jabeen, F., & Sultana, S. (2022). Evaluation of various pest management strategies against fruit fly (Diptera: Tephritidae) on citrus (*Citrus reticulata* B.). *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 59(4).
- Barreiro-Cagua, F. G. (2018). *Eficacia de la feromona sintética sola y asociada con atrayentes naturales para captura del picudo negro (Rhynchophorus palmarum) en palma africana (Elaeis guineensis)* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Repositorio UTEQ. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3309>
- Barrera, J. F., Gerardo, M., & Pablo, J. (2006). Trampas y atrayentes en detección, monitoreo y control de plagas de importancia económica. En *Simposio Trampas y Atrayentes en Detección, Monitoreo y Control de Plagas de Importancia Económica*. Manzanillo, Colima, México.
- Bento, J. M. S. (2001). Fundamentos do monitoramento, da coleta massal e do confundimento de insetos-praga. En *Feromônios de insetos: biologia, química e aplicação* (pp. 135-144). Editora Holos, Ribeirão Preto.
- Butenandt, A. (1959). Über den sexual-Lockstoff des seidenspinners 6. Reindarstellung und Konstitution. *Z Naturforsch (B)*, 14, 283-284.
- Byers, J. (1989). Chemical ecology of bark beetles. *Experientia*, 45, 271-283. <https://doi.org/10.1007/BF01951813>
- Chinchilla, C. (1992). El síndrome del anillo rojo-hoja pequeña en palma aceitera y cocotero. *Revista palmas*, 13(1), 33-56. <https://doi.org/10.56866/issn.0121-2923>
- Chinchilla, C. (2003). Manejo integrado de problemas fitosanitarios en palma aceitera *Elaeis guineensis* en América Central. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* (Costa Rica). <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A1989E/A1989E.PDF>

- Chinchilla, C. (2010). *Anillo rojo en palma aceitera: Una guía de manejo*. <http://aitesahn.com/Documentos/Anillo%20Rojo%20en%20Palma%20Aceitera./2021/03/17/Chinchilla-Carlos.pdf>
- Chinchilla, C., Menjivar, R. & Arias, E. (1990). Picudo de la palma y enfermedad del anillo rojo/hoja pequeña en una plantación comercial en Honduras. *Turrialba*, 40, 43-48. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/10550>
- Chinchilla-López, C. M., Bertsch-Hernández, F., & García-González, J. E. (1996). Epidemiología y manejo integrado del anillo rojo en palma aceitera. En *Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales X/Congreso Nacional de Fitopatología III/Congreso Nacional de Suelos II. (¿Puede la agricultura sostenible ser competitiva?)*. San José, Costa Rica.
- Cifuentes, L. (1998). *Identificación de las principales plagas y enfermedades que afectan al cultivo de palma africana (Elaeis guineensis)*. Escuela de Formación Agropecuaria.
- Coello, C., Antonio, L., & Palomino Chafla, J. D. (2018). *Evaluación de feromonas comerciales y acetato de etilo en el manejo de (Rhynchophorus palmarum L.)* [Tesis de pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas]. Repositorio ESPE. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/25900>
- Čokl, A. A., & Millar, J. G. (2009). Manipulation of Insect Signaling for Monitoring and Control of Pest Insects. En I. Ishaaya & A. Horowitz (Eds.), *Biorational Control of Arthropod Pests*. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-90-481-2316-2\\_11](https://doi.org/10.1007/978-90-481-2316-2_11)
- Crozzoli, R. (2002). Especies de nematodos fitoparasíticos en Venezuela. *Interciencia*, 27(7), 354-364.
- Cysne, A. Q., Rios, S. D. A., Krug, C., & de Lima, W. A. A. (2013). *Manejo de Rhynchophorus palmarum em campo de produção de sementes de palma de óleo*. Documentos Embrapa Amazonia Occidental. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/984019/1/Doc107.pdf>
- Dicke, M., & Baldwin, I. (2010). The evolutionary context for herbivore-induced plant volatiles: beyond the cry for help. *Trends in Plant Science*, 15, 167–175. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2009.12.002>
- Dickens, J. (1984). Olfaction in the boll weevil, *Anthonomus grandis* (Boh.) (Coleoptera:

- Curculionidae): electroantennogram studies. *Journal of Chemical Ecology*, 10, 1759–1785. <https://doi.org/10.1007/BF00987360>
- Esparza-Díaz, G., Olguin, A., Carta, L. K., Skantar, A. M., & Villanueva, R. T. (2013). Detection of *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Curculionidae) and identification of associated nematodes in South Texas. *Florida Entomologist*, 96(4), 1513-1521. <https://doi.org/10.1653/024.096.0433>
- Esser, R. P., & Meredith J.A. (1987). Nematodo rojo del anillo. *Nematology*, No. circular 141.
- Faleiro, J. R., Jaques, J. A., Carrillo, D., Giblin-Davis, R., Mannion, C. M., Peña-Rojas, E., & Peña, J. E. (2016). Integrated pest management (IPM) of palm pests. En *Integrated Pest Management in the Tropics* (pp. 439-497). New India Publishing Agency.
- Frías, A. (2015). *Estudio de los semioquímicos responsables de la interacción entre la guayaba (Psidium guajava L.) y el picudo de la guayaba Conotrachelus psidii Marshall* [Tesis doctoral, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/53903>
- Gonzales, U. (2018). *Implementación de un sistema de trapeo para el control del picudo negro (Rhynchophorus palmarum L.) en palma africana; finca Santa Lucrecia, San Marcos* [Tesis de pregrado, Universidad Rafael Landívar]. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjrkd/2018/06/17/Gonzalez-Urias.pdf>
- Griffith, R. (1968). The mechanism of transmission of the red ring nematode. *J. Agric. Soc. Trinidad and Tobago*, 3, 149-159.
- Griffiths, D., Maniar, S., Merrit, L., Mudd, A., & Pickett, J. (1991). Laboratory evaluation of pest management strategies combining antifeedants with insect growth regulator insecticides. *Crop Protection*, 10, 145–152. [https://doi.org/10.1016/0261-2194\(91\)90063-W](https://doi.org/10.1016/0261-2194(91)90063-W)
- Guevara, D. (2018). *Determinación de la patogenicidad de Beauveria bassiana sobre la gualpa (Rhynchophorus palmarum L.), en condiciones de laboratorio* [Tesis de maestría, Universidad Tecnológica Estatal de Quevedo]. Repositorio UTEQ. <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3315>
- Hagley, E. (1963). The role of the palm weevil as a vector of red ring disease of coconuts. *Journal of Economic Entomology*, 56, 375-38. <https://doi.org/10.1093/jee/56.3.375>

- Heuskin, S., François J., Verheggen, É., Wathelet, J.P., & Lognay, G. (2011). The use of semiochemical slow-release devices in integrated pest management strategies. *BASE*, 15(3), 459-470. <https://popups.uliege.be/1780-4507/index.php?id=7778>
- Hijmans, R. J. (2003). The effect of climate change on global potato production. *American Journal of Potato Research*, 80, 271-279. <https://doi.org/10.1007/BF02855363>
- Howse, P., Stevens, I. & Jones, O. (1998). The role of pheromones in insect behaviour and ecology. En *Insect Pheromones and their use in Pest Management* (pp. 38-68). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-94-011-5344-7\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-011-5344-7_2)
- ICA. (2011). *Manejo del picudo Rhynchophorus palmarum L. (Coleoptera: Curculionidae)*. Instituto Colombiano Agropecuario.
- Jaffé, K., Sánchez, P., Cerda, H., Hernández, J. V., Jaffé, R., Urdaneta, N., Guerra, G., Martínez, R., & Miras, B. (1993). Chemical ecology of the palm weevil *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae): Attraction to host plants and to a male-produced aggregation pheromone. *Journal of Chemical Ecology*, 19, 1703–1720. <https://doi.org/10.1007/BF00982302>
- Jones, O. (1998). Practical applications of pheromones and other semiochemicals. En *Insect Pheromones and their Use in Pest Management* (pp. 263-355).
- Jutsum, A. (1989). Introduction. Pheromones: importance to insects and role in pest management. En *Insect pheromones in plant protection* (pp. 1-13).
- Karlson, P., & Luscher, M. (1959). Pheromones: A new term for a class of biologically active substances. *Nature*, 183, 55-56.
- Klaschka, U. (2009). Chemical communication by infochemicals. *Environmental Science and Pollution Research*, 16, 367–369.
- Landero-Torres, I., Galindo-Tovar, M. E., Murguía-González, J., Presa-Parra, E., & García-Martínez, M. Á. (2015). *Entomología Mexicana*, 2(1), 112-118.
- Landolt, P., & Phillips, W. (1997). Host plant influences on sex pheromone behavior of phytophagous insects. *Annual Review of Entomology*, 42, 371–391. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.42.1.371>
- Lecca, A. (2012). *Estudio poblacional de Rhynchophorus palmarum L. y presencia de*

*Bursaphelenchus cocophilus* Baujard en palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) en el distrito de Caynarachi – San Martín [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. [https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/1253/LMAM\\_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/1253/LMAM_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

León, J. (1987). *Botánica de los cultivos tropicales*. IICA.

Löhr, B., & Parra, P. P. (2014). *Manual de trampeo del picudo negro de las palmas, Rhynchophorus palmarum, en trampas de feromona adaptadas a la situación particular de pequeños productores de la costa del pacífico colombiano*. Publicación CIAT No. 399. <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/56946/Manual%20de%20Trampeo%20Picudo%20Negro%20de%20las%20Palmas-WEB.pdf>

Maffei, M. (2010). Sites of synthesis, biochemistry and functional role of plant volatiles. *South African Journal of Botany*, 76, 612–631. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2010.03.003>

Magalhães, J., De Moraes, A., & Miguens, F. (2008). Nematodes of *Rhynchophorus palmarum*, L. (Coleoptera: Curculionidae), vector of the Red Ring disease in coconut plantations from the north of the Rio de Janeiro State. *Parasitology Research*, 102(6), 1281-1287. <https://doi.org/10.1007/s00436-008-0906-7>

Martínez-Cabrera, D., Colinas-León, M. T., & Villalobos-Carvajal, R. (2015). Evaluación de la producción de aceite de palma (*Elaeis guineensis* Jacq.) en función del manejo agronómico. *Agronomía Costarricense*, 39(2), 79-97. [http://www.mag.go.cr/rev\\_ac/index.php/agrocost/article/view/977](http://www.mag.go.cr/rev_ac/index.php/agrocost/article/view/977)

Matthews, R. & Matthews, J. (2010). *Insect Behavior* (2nd ed.). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-90-481-2389-6\\_6](https://doi.org/10.1007/978-90-481-2389-6_6)

Metcalf, R. (1998). Ultra-microchemistry of insect semiochemicals. *Mikrochimica Acta*, 129, 167–180. <https://doi.org/10.1007/BF012447>

Mexzón, R., Chinchilla, C., Castrillo, G., & Salamanca, D. (1994). Biología y hábitos de *Rhynchophorus palmarum* L. asociado a la palma aceitera en Costa Rica. *ASD Oil Palm Papers* (CR), 8, 14-21.

Mosquera, M. (2006). *Impacto económico del ataque de Rhynchophorus palmarum a palmas*

*afectadas por Pudrición del cogollo en la Zona Oriental*. Informe de actividades. [https://www.ica.gov.co/getattachment/19e016c0-0d14-4412-af12-03eecfe398f2/Manejo-del-picudo--Rhynchophorus-palmarum-L--\(Cole.aspx./2021/03/25/Mosquera-Mario.pdf](https://www.ica.gov.co/getattachment/19e016c0-0d14-4412-af12-03eecfe398f2/Manejo-del-picudo--Rhynchophorus-palmarum-L--(Cole.aspx./2021/03/25/Mosquera-Mario.pdf)

- Murguía-González, J., Landero-Torres, I., & Leyva-Ovalle, O.R. (2018). Efficacy and Cost of Trap–Bait Combinations for Capturing *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) in Ornamental Palm Polycultures. *Neotropical Entomology*, 47, 302–310. <https://doi.org/10.1007/s13744-017-0545-8>
- Navarrete, E. A., Freitas, M. L., Silva, W. M. & Frizzas, M. R. (2019). Use of trap with the traditional beverage "masato" and synthetic pheromone for *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Dryophthoridae) monitoring in oil palm plantation in Amazon. *Ciência Rural*, 49(5), e20180567.
- OECD. (2001). *Guidance for Registration requirements for pheromones and other semiochemicals used for arthropod pest control*.
- Oliva-Betancourt, M. H. (2016). *Evaluación del efecto de la viabilidad de polen en la formación de frutos en palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq.) en Finca Panacté, diagnóstico y servicios realizados en Finca Saquijá, Panzos, Alta Verapaz* [Tesis doctoral, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio USAC. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/5944>
- Orozco, J., Camelo, J., Ligarreto, G. A., & Barrera, J. F. (2018). Evaluación de la eficiencia de trampas para la captura masiva de *Rhynchophorus palmarum* en palma de aceite. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(2), 435-446.
- Panduro-Pisco, G., Salinas-Pimentel, N. M., Cotrina-Barrueta, J., Arbaiza-Peña, Á. K., Plaza-Castro, J., & Iannacone, J. (2018). Characteristics of oil palm trunks for rearing of *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Curculionidae) in the Peruvian Amazon. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 24(3), 405-414. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2018.03.024>
- Pernal, S., Baird, D., Birmingham, A., Higo, H., Slessor, K., & Winston, M. (2005). Semiochemicals influencing the host-finding behaviour of *Varroa destructor*. *Experimental and Applied Acarology*, 37, 1–26. <https://doi.org/10.1007/s10493-005-1117-x>


- Phillips, T., West, J., Foltz, J., Silverstein, R., & La-Nier, G. (1984). Aggregation pheromone of the deodar weevil, *Pissodes nemorensis* (Coleoptera: Curculionidae): isolation and activity of grandisol and grandisal. *Journal of Chemical Ecology*, 10, 1417–1423. <https://doi.org/10.1007/BF00990312>
- Pickett, J. (1988). Integrating use of beneficial organisms with chemical crop protection. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, 318, 203–211. <http://doi.org/10.1098/rstb.1988.0005>
- Plan de desarrollo urbano de la ciudad de Aguaytia (2008-2018). (2009). *Diagnostico urbano 2009*. Municipalidad Provincial de Padre Abad. [https://eudora.vivienda.gob.pe/observatorio/PDU\\_MUNICIPALIDADES/AGUAYTIA/PDU\\_AGUAYTIA\\_DIAGNOSTICO.pdf](https://eudora.vivienda.gob.pe/observatorio/PDU_MUNICIPALIDADES/AGUAYTIA/PDU_AGUAYTIA_DIAGNOSTICO.pdf)
- Price, P. (1997). *Insect Ecology* (3rd ed.). John Wiley.
- Reddy, G., & Guerrero, A. (2004). Interactions of insect pheromones and plant semiochemicals. *Trends in Plant Science*, 9, 253–261. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2004.03.009>
- Reinhart, J. (2004). Insect chemical communication. *Chemo Sense*, 6(4), 1-6.
- Rochat, D., González, A. V., Mariau, D., Villanueva, A. G., & Zagatti, P. (1991). Evidence for male-produced aggregation pheromone in American palm weevil, *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Chemical Ecology*, 17, 1221-1230. <https://doi.org/10.1007/BF01402945>
- Rodríguez, H., Moya, M., Córdoba, M., & Araya, J. (2018). Incidencia de *Bursaphelenchus cocophilus* en insectos vectores del picudo de la palma aceitera en el cantón de Guácimo, Limón, Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 29(1), 61-71. <https://doi.org/10.15517/am.v29i1.27735>
- Rodríguez-Currea, H. J., Marulanda-López, J. F. & Amaya, C. (2017). Metodología de manejo de *Rhynchophorus palmarum* L. 1758 (Coleóptera: Curculionidae) a base de caíromonas, feromonas y semioquímicos en plantaciones de chontaduro (*Bactris gasipaes* (Arecaceae: Arecales)) en Riosucio, Caldas. *Boletín Científico. Museo de Historia Natural, Universidad de Caldas*, 21(1), 59-67. <https://doi.org/10.17151/bccm.2017.21.1.5>

- Romero, H. M., Ayala, I. M., & Ruíz, R. (2007). Ecofisiología de la palma de aceite. *Palmas*, 28(especial), 176-184. <https://doi.org/10.56866/issn.0121-2923>
- Romero-Frías, A., Simões-Bento, J., & Osorio, C. (2015). Chemical signaling between guava (*Psidium guajava* L, Myrtaceae) and the guava weevil (*Conotrachelus psidii* Marshall). *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 11, 102-113. <https://doi.org/10.18359/rfcb.384>
- Sáenz, A. (2005). Aspectos generales e importancia del agente causal de anillo rojo. *Revista Palmas*, 26(2), 59-70. <https://doi.org/10.56866/issn.0121-2923>
- Sáenz, L. (2006). *Cultivo de la palma africana – Guía técnica*. IICA. <http://www.galeon.com/subproductospalma/guiapalma./2021/04/13.pdf>
- Saïd, I., Kaabi, B., & Rochat, D. (2011). Evaluation and modeling of synergy to pheromone and plant kairomone in American palm weevil. *Chemistry Central Journal*, 5(14), 1–11. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-5-14>
- Saleh, N., & Chittka, L. (2006). The importance of experience in the interpretation of conspecific chemical signals. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 61, 215–220. <https://doi.org/10.1007/s00265-006-0252-7>
- Sánchez, P., Jaffé, K., Hernández, J. V., & Cerda, H. (1993). Biología y comportamiento del picudo del cocotero *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: curlionidae). *Boletín de Entomología Venezolana*, 8(1), 83-93.
- Santos, A., Farias, P., Pinho, R., Tinôco, R., Silva, B., Batista, T., Gomes-Da-Silva, J., & Silva, A. (2020). Monitoring and Characterization of the Spatial Distribution of *Rhynchophorus palmarum* in Conventional Oil Palm Planting. *Agronomy*, 10(2), 275. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-130179/v1>
- Steidle, J., & Loon, J. (2003). Dietary specialisation and infochemical use in carnivorous arthropods: testing a concept. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 108, 133–148. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.2003.00080.x>
- Technoserve. (2009). *Manual técnico de palma africana*. [http://www.coapalmaecara.com/files/05%20Control%20Fitosanitario./2021/03/19/TEC\\_HNOSERVE.pdf](http://www.coapalmaecara.com/files/05%20Control%20Fitosanitario./2021/03/19/TEC_HNOSERVE.pdf)
- Tewari, S., Leskey, T. C., Nielsen, A. L., Piñero, J. C., & Rodríguez-Saona, C. R. (2014). Use of pheromones in insect pest management, with special attention to weevil pheromones. In *Integrated pest management* (pp. 141-168). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-398529-3.00010-5>

- Tinzaara, W., Dicke, M., Van Huis, A., & Gold, C. (2002). Use of infochemicals in pest management with Special Reference to the Banana Weevil, *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae). *International Journal of Tropical Insect Science*, 22(4), 241-261. <https://doi.org/10.1017/S1742758400020877>
- Unsicker, S., Kunert, G., & Gershenzon, J. (2009). Protective perfumes: the role of vegetative volatiles in plant defense against herbivores. *Current Opinion in Plant Biology*, 12, 479–485. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.04.001>
- Verschaffelt, E. (1910). The cause determining the selection of food in some herbivorous insects. *Proceedings of the Royal Society*, (13), 536–542.
- Vet, M., & Dicke, M. (1992). Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. *Annual Review of Entomology*, 37, 141–172. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.37.010192.001041>
- Vidal, V., Bustillo, A., Aldana, R., Chegwin, C., Sierra, C. A., Bento, M. S., & Romero-Frías, A. (2019). Ecología química del escarabajo-plaga *Strategus aloeus* para su manejo en cultivos de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). In *46° Congreso SOCOLEN* (p. 255).
- Vivas, S. (2016). *Evaluación de cebos vegetales más feromonas en la captura del picudo negro (Rhynchophorus palmarum) con trampa en el cultivo de palma africana (Elaeis guineensis Jacq.) en la zona de Quevedo* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Repositorio UTEQ. <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/1893>
- Walgenbach, C., Burkholder, W., Curtis, M., & Khan, Z. (1987). Laboratory Trapping Studies with *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Economic Entomology*, 80(4), 763–767. <https://doi.org/10.1093/jee/80.4.763>
- Whitman, D. (1988). Allelochemical interactions among plants, herbivores, and their predators. In P. Barbosa & D. K. Letorneau (Eds.), *Novel aspects of insect-plant interactions* (pp. 11-64). John Wiley & Sons.
- Wilson, E. & Bossert, W. (1963). Chemical communication among animals. *Recent Progress in Hormone Research*, 19, 673-716.
- Witzgall, P., Kirsch, P., & Cork, A. (2010). Sex pheromones and their impact on pest management. *Journal of Chemical Ecology*, 36, 80–100. <https://doi.org/10.1007/s10886-009-9737-y>

Zurita, C. (2006). *Densidades de trampas para el control del complejo: picudo - nemátodo del anillo rojo de las palmáceas, distrito de Barú, provincia de Chiriquí* [Tesis de maestría, Universidad de Panamá]. Repositorio de la Universidad de Panamá. <http://up-rid.up.ac.pa/id/eprint/1246>

## **ANEXO**



## Ficha Técnica RHYNCOLURE

---

**RHYNCOLURE®**  
**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

**SECCIÓN 1. IDENTIFICACIÓN TÉCNICA**


Nombre: RHYNCOLURE®  
 Propiedades físicas:  
 Apariencia: Burbuja plástica de color blanco  
 Olor: no perceptible  
 Actividad en el campo: 3 meses  
 Fecha de expiración: 2 años si se guarda en condiciones frescas y en sus empaques originales.  
 Empaque: Empaque plástico herméticamente sellados (bolsa transparente)

**SECCIÓN 2. COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES**

El fabricante (Chemica Internacional) garantiza que cada dispensador contiene como ingrediente activo: 2-Methyl-4-hydroxy-5-heptenol. Pureza: >95 %

**SECCIÓN 3. USO**

En trampas para monitoreo y/o trapeo masivo del Picudo Negro de la Palma *Rhynchophorus palmarum*.



Cada señuelo consiste en una burbuja plástica blanca conteniendo el producto y empaçado en bolsa plástica herméticamente sellado.

---

Innovaciones para la Agricultura, INNOVAGRI Vía Chone km 6.5 y margen derecho S/N. Santo Domingo de los Tsáchilas. Cel: 0999630695, e-mail: info@innovagri.ec www.innovagri.ec

**Figura 6.** Ficha técnica de la feromona Rhyncolure

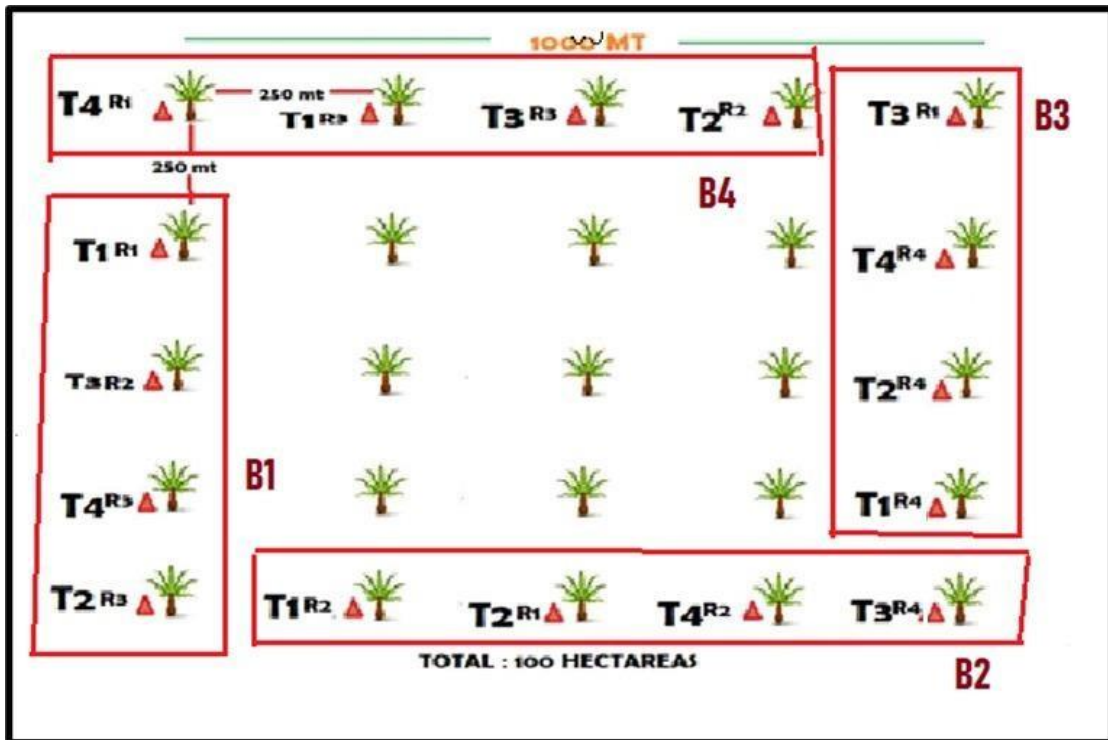


Figura 7. Distribución de trampas en el campo.

		Responsable	Ing. Abdías Alva Hidalgo			
		Ubicación	Empresa Palmagro SAC.			
		Fecha de evaluación				
N° de Tratamiento	Tratamientos	Individuos				Observaciones
		Macho	Hembras	Total	N° Nematodos	
1	T <sub>2</sub> R <sub>3</sub>					
2	T <sub>1</sub> R <sub>2</sub>					
3	T <sub>2</sub> R <sub>1</sub>					
4	T <sub>4</sub> R <sub>2</sub>					
5	T <sub>1</sub> R <sub>4</sub>					
6	T <sub>3</sub> R <sub>4</sub>					
7	T <sub>2</sub> R <sub>4</sub>					
8	T <sub>4</sub> R <sub>4</sub>					
9	T <sub>3</sub> R <sub>1</sub>					
10	T <sub>2</sub> R <sub>2</sub>					
11	T <sub>3</sub> R <sub>3</sub>					
12	T <sub>1</sub> R <sub>3</sub>					
13	T <sub>4</sub> R <sub>1</sub>					
14	T <sub>1</sub> R <sub>1</sub>					
15	T <sub>3</sub> R <sub>2</sub>					
16	T <sub>4</sub> R <sub>3</sub>					

Figura 8. Ficha de evaluación de trampas con feromonas



**Figura 9.** Medición para la instalación de las trampas



**Figura 11.** Colocando las trampas cada 250 m.



**Figura 10.** Instalación de los letreros de cada tratamiento



**Figura 12.** Colocación de trampas y letreros



**Figura 13.** Obtención y acondicionamiento de chonta de huasáí



**Figura 15.** Balanza de precisión para el peso de los cebos alimenticios



**Figura 14.** Aplicación de insecticida a la masa de masato



**Figura 16.** Aplicación de insecticida a la melaza disuelto en y luego agregar los trozos de caña de azúcar.



**Figura 17.** Colocación de semioquímicos en cada trampa.



**Figura 19.** Instalación definitiva de las trampas con semioquímicos.



**Figura 18.** Revisión de trampa



**Figura 20.** Conteo de adultos capturados



**Figura 21.** Asesor de tesis José Gil revisando los tratamientos.



**Figura 22.** Asesor José Gil revisando el tamiento T<sub>3</sub>



**Figura 23.** Asesor José Gil revisando el tratamiento T<sub>4</sub>

