

Reevaluar la fecha de vencimiento de la feromona de agregación de *Rhynchophorus palmarum*, Rhynchophorol C en condiciones de campo, y a su vez evaluación de mezclas de la feromona para *Strategus aloeus* bajo condiciones de laboratorio.

Harol José Arciniegas Rojas

Asesor

Oscar Mauricio Moya

Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y de Medio Ambiente

Agronomía

2023

Agradecimiento

Teniendo en cuenta el gran aporte a mi formación como profesional integral, doy en primer lugar gracias a Cenipalma (centro de investigación en palma de aceite), por permitir y apoyar la realización de la opción de grado (pasantía), por medio de la cual, mi perfil como profesional se vio enriquecido por los conocimientos y experiencias adquiridas en este proceso, bajo la supervisión y guía de la profesional de investigación Rosa Cecilia Aldana de la Torre. También quisiera dar gracias al tutor Oscar Mauricio Moya por su importante colaboración y guía en los procesos y requisitos necesarios exigidos por la Universidad para la realización de la opción de grado.

Resumen

El presente documento se pretende llevar a cabo una serie de actividades buscando reevaluar la fecha de vencimiento de la feromona de agregación de *Rhynchophorus palmarum*, Rhynchophorol C en condiciones de campo. Para la evaluación de este experimento se aplicó la prueba no paramétrica de chi-cuadrado de Pearson con un nivel de significancia de 0.05. las fechas de las feromonas usadas fueron 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022 esta última usada como testigo. Estas pruebas se realizaron en la plantación INPARME S.A.S, en la finca la Cucurita. Al realizar la estadística correspondiente se concluye que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre el número de adultos de *R. palmarum* capturados en las trampas con la feromona Rhynchophorol C con diferente fecha de fabricación. Por otra parte, se busca identificar mediante una serie de componentes volátiles, la efectividad en cuanto a la atracción del insecto Plaga *Strategus aloeus*. Estas pruebas se realizaron en el laboratorio de olfatometría del Campo Experimental Palmar de las Corocoras, área de Entomología. Los compuestos volátiles utilizados fueron 2-Butanona, 3-Pentanona, Acetato de sec-butilo, (RS)-4-metiloctanoato de etilo (Oryctalure). Teniendo en cuenta que estas pruebas no son definitivas, y que además falta realizar los estudios en campo, se puede concluir que, en cuanto a estas dos primeras mezclas de compuestos volátiles, presentan una atracción mayor para los machos que para las hembras de *Strategus aloeus*.

Palabras Claves: Feromona, componentes volátiles, feromona de agregación.

Abstract

This document intends to carry out a series of activities seeking to reassess the expiration date of the *Rhynchophorus palmarum* aggregation pheromone, Rhynchophorol C under field conditions. For the evaluation of this experiment, Pearson's non-parametric chi-square test was applied with a significance level of 0.05. The dates of the pheromones used were 2018, 2019, 2020, 2021 and 2022, the latter used as a control. These tests were carried out at the INPARME SAS plantation, on the La Cucurita farm. When carrying out the corresponding statistics, it is concluded that there were no statistically significant differences between the number of *R. palmarum* adults captured in the traps with the Rhynchophorol C pheromone with different manufacturing dates. On the other hand, it seeks to identify through a series of volatile components, the effectiveness in terms of attracting the insect pest *Strategus aloeus*. These tests were carried out in the olfactometry laboratory of the Palmar de las Corocoras Experimental Field, Entomology area. The volatile compounds used were 2-Butanone, 3-Pentanone, sec-Butyl Acetate, ethyl (RS)-4-methyloctanoate (Oryctalure). Bearing in mind that these tests are not definitive, and that field studies still need to be carried out, it can be concluded that these first two mixtures of volatile compounds are more attractive to males than to females of *Strategus aloeus*.

Keywords: Pheromone, volatile components, aggregation pheromone.

Tabla de contenido

Introducción.....	10
Justificación	13
Objetivos.....	14
Objetivo general	14
Objetivos específicos.....	14
Metodología.....	15
Área de estudio	15
Fabricación de trampas para capturar adultos de <i>Rhynchophorus palmarum</i>	15
Geoposicionamiento	16
Tratamientos	17
Diseño experimental.....	18
Formato de Registro de Datos	21
Análisis de los datos	22
Área de estudio	22
Compuestos referencia.....	22
Preparación de la feromona	23
Obtención de adultos de <i>Strategus aloeus</i>	24
Acondicionamiento de los insectos	25
Prueba de Olfatometría.....	26
Resultados.....	30
Bibliografía.....	46

Lista de Tablas

Tabla 1. Relación de feromonas Rhynchophorol C para el ensayo.....	18
Tabla 2. Primera distribución de tratamientos en el ensayo.....	19
Tabla 3. <i>Rhynchophorus palmarum</i> capturados en el ensayo.....	35
Tabla 4. Chi-cuadrado de Pearson ($\alpha=0.05$).....	36
Tabla 5. Adultos de <i>Strategus aloeus</i> evaluados con la mezcla 1.....	38
Tabla 6. Porcentaje de adultos de <i>Strategus aloeus</i> que respondieron a la prueba con la mezcla 1.....	38
Tabla 7. Tiempo que permanecieron los adultos de <i>Strategus aloeus</i> en las diferentes zonas del olfatómetro con la mezcla 1.....	39
Tabla 8. Respuesta de adultos de <i>Strategus aloeus</i> evaluados con la mezcla 2.....	42
Tabla 9. Porcentaje de adultos de <i>Strategus aloeus</i> que respondieron a la prueba con la mezcla 2.....	42
Tabla 10. Tiempo que permanecieron los adultos de <i>Strategus aloeus</i> en las diferentes zonas del olfatómetro cuando se evaluó la mezcla 2.....	43

Lista de Figuras

Figura 1. Realización de las trampas para la captura de adultos de <i>Rhynchophorus palmarum</i>	16
Figura 2. Georreferenciación, demarcación de sitios e instalación de trampas para ensayo con feromonas Rhynchophorol C.	17
Figura 3. Fichas para marcar e identificación tanto de las feromonas, como las trampas en campo.....	20
Figura 4. Instalación de trampas para capturar adultos de <i>Rhynchophorus palmarum</i> para ensayo de validación de la con feromona Rhynchophorol C	20
Figura 5. Formato para el registro de datos de captura de adultos de <i>Rhynchophorus palmarum</i>	21
Figura 6. Preparación de mezclas de la feromona de <i>Strategus aloeus</i> para pruebas de atracción bajo condiciones de olfatómetro.	23
Figura 7. Recipientes plásticos de 40L de capacidad con suelo estéril para el mantenimiento de adultos de <i>Strategus aloeus</i> en el laboratorio de entomología.....	24
Figura 8. Adulto de <i>Strategus aloeus</i> individualizados para prueba de olfatometría.....	25
Figura 9. <i>Diseño Olfatómetro en “Y”</i>	26
Figura 10. Componentes para el olfatómetro. A. Filtro de carbón y filtro de agua B. Recipientes con feromona y con aire limpio. C. Olfatómetro en Y	27
Figura 11. Formato para prueba de olfatometría con la feromona de <i>Strategus aloeus</i>	28

Figura 12. Formato resumen de pruebas de olfatometría con la feromona de <i>Strategus aloeus</i>	29
Figura 13. Capturas totales de <i>Rhynchophorus palmarum</i> en las 5 fincas pertenecientes a INPARME SAS.....	30
Figura 14. Mapa distribución de trampas para capturar adultos de <i>Rhynchophorus palmarum</i> en la finca La Cucurita de la Plantación INPARME SAS.	31
Figura 15. Adultos de <i>Rhynchophorus palmarum</i> capturados mensualmente en la finca la Cucurita durante el año 2021. Plantación INPARME SAS.....	32
Figura 16. Mapa de la distribución de los bloques para validar la fecha de vencimiento de la feromona en la finca La Cucurita de la plantación INPARME SAS.....	33
Figura 17. Número de individuos de <i>Rhynchophorus palmarum</i> capturados en trampas con la feromona Rhynchophorol C de diferente fecha de fabricación.....	34
Figura 18. Promedio de adultos de <i>Rhynchophorus palmarum</i> capturados por trampa por lectura con feromona Rhynchophorol C de diferente fecha de fabricación.	36
Figura 19. Porcentaje de tiempo de permanencia de los adultos de <i>Strategus aloeus</i> en las zonas del olfatómetro cuando se evaluó la mezcla 1 con tres compuestos orgánicos volátiles de la feromona.	40
Figura 20. Porcentaje de tiempo de las hembras de <i>Strategus aloeus</i> en las zonas del olfatómetro cuando se evaluó la mezcla 1 con tres compuestos orgánicos volátiles de la feromona.	40

- Figura 21.** Porcentaje de tiempo de permanencia de los machos de *Strategus aloeus* en las zonas del olfatómetro cuando se evaluó la mezcla 1 con tres compuestos orgánicos volátiles de la feromona. 41
- Figura 22.** Porcentaje de tiempo de permanencia de los adultos de *Strategus aloeus* en las zonas del olfatómetro cuando se evaluó la mezcla 2 con cuatro compuestos orgánicos de la feromona. 44
- Figura 23.** Porcentaje de tiempo de permanencia de los machos de *Strategus aloeus* en las zonas del olfatómetro cuando se evaluó la mezcla 2 con cuatro compuestos orgánicos de la feromona. 44
- Figura 24.** Porcentaje de tiempo de las hembras de *Strategus aloeus* en las zonas del olfatómetro cuando se evaluó la mezcla 2 de con cuatro compuestos orgánicos de la feromona. 45

Introducción

El cultivo de palma de aceite de manera comercial inicio en Colombia en el año 1945 en Magdalena, con plantas procedentes de honduras, iniciando con 100 hectáreas para luego extenderse a 172 con palmas de aceite de tipo Deli. (Aguilera Díaz, 2002).

La producción de aceite de palma crudo en Colombia en el mes de marzo de 2023 fue de 205,9 mil toneladas, cifra histórica para la producción registrada en este mes en años anteriores. En el primer semestre de 2023 la producción alcanzó 529,5 mil toneladas, un aumento del 5,3% frente a las 557,4 mil toneladas del mismo periodo del año anterior. Dado el impacto económico y social que tiene la palmicultura en las regiones, vale la pena resaltar el aumento significativo de producción en la zona Oriental y Suroccidental en el mes de marzo 2023 frente al mismo periodo de 2022 (Fedepalma, 2023)

Una de las principales enfermedades en el cultivo de palma de aceite es la pudrición de cogollo (PC), causada por *Phytophthora palmivora*. Este microorganismo prolifera en ambientes húmedos con temperaturas entre 27 y 30°C, humedad alta y poca radiación solar favorecen la reproducción de este fitopatógeno. (Bustillo et al. 2016).

Una de las plagas de importancia económica para el cultivo de la palma de aceite es el *Rhynchophorus palmarum*, ya que este es el vector del agente causal de la enfermedad de anillo rojo hoja corta (AR), se destacan por ser una plaga directa en el cultivo por su asociación con la enfermedad pudrición de cogollo (PC). (Aldana et al. 2013).

Este insecto es atraído por la fermentación de los tejidos de palmas en estados avanzados de PC, alimentándose de los tejidos y reproduciéndose allí. Las hembras depositan sus huevos y

cuando emergen las larvas, estas se alimentan de los tejidos blandos como cogollo y bases peciolares, impidiendo que la palma se recupere. (Aldana et al. 2013).

Para el control de este insecto plaga se han establecido prácticas como la utilización de trampas las cuales constan de un recipiente plástico una feromona sintética de agregación y un cebo vegetal. (Aldana et al. 2013).

Otro insecto plaga de importancia para el cultivo es *Strategus aloeus*, cuyo daño es ocasionado por los insectos adultos, como parte de su hábito alimenticio y de reproducción, en palmas menores a tres años y medio se detectan por la acumulación de suelo que dejan los machos en la parte externa de la galería que cavan junto al bulbo de la palma, con el objeto de atraer a las hembras y copular. Tanto hembras como machos se alimentan del Bulbo de la palma. (Aldana et al. 2017).

El Centro de Investigación en Palma de Aceite Cenipalma ofrece hoy en día un producto atrayente para el control de *Rhynchophorus palmarum* el cual es Rhynchophorol C. Es un bioinsumo que junto con un cebo vegetal (melaza y caña de azúcar), garantizan una mayor atracción y eficacia en las capturas del insecto. (Cenipalma, 2018).

Cenipalma a través de Tecnopalma ha venido ofreciendo a los palmicultores alternativas para el manejo de *R. palmarum* mediante la feromona de agregación Rhynchophorol C. Esta feromona acorde a la información suministrada por su proveedor EgnoChemie tiene un periodo para su vencimiento de 18 meses desde su fabricación. No obstante, observaciones preliminares sugieren que este periodo de vencimiento podría ser mayor al tiempo estipulado, lo que permitiría tener mayor cantidad de la feromona en almacenamiento y así responder con mayor

prontitud a los palmicultores, sin reducir la eficacia de la feromona en la atracción de los adultos de *R. palmarum* hacia las trampas para su captura (Aldana, comm. pers.).

El primero objetivo de este estudio busca determinar la eficacia lotes con diferente tiempo de producción de la feromona Rhynchophorol C en la atracción de adultos hacia las trampas para su captura.

En el caso de *S. aloeus*. la feromona identificada por Rochat et al (2000) y los estudios posteriormente realizados Said et al (2006) y Aldana et al (2013b), han mostrado un potencial para su uso en el monitoreo de poblaciones de este barrenador. No obstante, en la búsqueda de hacer más eficiente la feromona, estudios realizados por Vidal et al. (2019) se identificaron otros dos compuestos orgánicos volátiles (VOCs) macho específicos. 2,4,7,9-tetrametil-5-decin-4,7-diol, el 4-metiloctanoato de etilo y el acetato de sec-butilo. Por lo tanto, se planteó evaluar el comportamiento de los adultos de *S. aloeus* inicialmente, frente a la feromona compuesta por los VOCs, 2 butanona, 3 pentanona y acetato de secbutilo y ésta última adicionando el 4-metiloctanoato de etilo identificados como posibles mediadores de su comunicación química de este insecto.

Justificación

Los barrenadores *Rhynchophorus palmarum* y *Strategus aloeus*, son plagas de importancia económica principalmente en lotes afectados con PC y en áreas de renovación respectivamente.

Cenipalma a través de Tecnopalma ha venido ofreciendo a los palmicultores alternativas para el manejo de *R. palmarum* mediante la feromona de agregación Rhynchophorol C y viene desarrollando la feromona de *Strategus aloeus*.

En el primer caso, uno de los objetivos de este trabajo es reevaluar el periodo de vencimiento de la feromona Rhynchophorol C desde su fabricación, dado que observaciones preliminares sugieren que este periodo de vencimiento podría ser mayor al tiempo estipulado, lo que permitiría tener mayor cantidad de la feromona en almacenamiento y así responder con mayor prontitud a los palmicultores, sin reducir su eficacia en la atracción de los adultos de *Rhynchophorus palmarum* hacia las trampas para su captura.

En el segundo caso, las evaluaciones de mezclas de los componentes de la feromona de *Strategus aloeus* permitirán seleccionar los componentes más importantes en la atracción de adultos bajo condiciones de laboratorio.

Estos estudios están dirigidos a mejorar o implementar las estrategias de control mediante el uso de feromonas en el cultivo de palma de aceite sobre estas dos plagas barrenadoras.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar la atracción de las feromonas de *Rhynchophorus palmarum* y *Strategus aloeus* en la atracción de adultos bajo diferentes condiciones.

Objetivos específicos

Reevaluar el periodo de vencimiento de la feromona Rhynchophorol C instaladas en trampas para capturar adultos de *Rhynchophorus palmarum* en la plantación INPARME SAS.

Evaluar mezclas con VOCs de la feromona en la atracción de adultos de *Strategus aloeus* en condiciones de laboratorio en un olfatómetro.

Metodología

Reevaluación del periodo de vencimiento de la feromona *Rhynchophorol C* instaladas en trampas para capturar adultos de *Rhynchophorus palmarum* en la plantación INPARME SAS.

Área de estudio

El estudio se realizó en la plantación INPARME SAS, con un área sembrada de a 1848 ha. Se encuentra situada en el municipio de Cabuyaro del departamento del Meta, a 32 Km Paratebueno vía a Cabuyaro, Las coordenadas geográficas 4°17'30.9"N 72°58'19.3"W. y altura de 185 msnm. La plantación cuenta con cinco (5) fincas productoras de palma de aceite, la Carolina, la Cucurita, Don Julián, Macapay y La Misión.

Para seleccionar el sitio de estudio, se analizaron los datos de la captura de adultos de *R. palmarum* en las trampas con feromona de las cinco fincas durante el 2021, como base para la selección se tuvo en cuenta el número de individuos capturados a través de tiempo.

Fabricación de trampas para capturar adultos de *Rhynchophorus palmarum*.

Para la fabricación de las trampas para la captura de *Rhynchophorus palmarum*, se siguieron las especificaciones técnicas sugeridas por (Moya et al. 2015), para generar una uniformidad al momento de iniciar con el experimento.

La trampa consta de un recipiente plástico tipo galón con capacidad para 20 litros. A este recipiente (galón) se le hicieron dos ventanas en la parte superior lateral de 8 cm de alto y 12 cm de largo. Las aberturas de las ventanas quedan a un ángulo de 45° respecto al eje perpendicular de la trampa. Luego se adiciono una lona sintética desde la base de la trampa hasta el nivel de las ventanas, para facilitar el ingreso de los insectos a la trampa (Figura 1).

Figura 1

*Realización de las trampas para la captura de adultos de *Rhynchophorus palmarum*.*



Fuente. Autor

Como fermento se utilizó 1.000 cc de la mezcla agua-melaza en proporción 2:1, y 300 g de caña de azúcar con tres días de fermentación y la feromona de agregación de *R. palmarum*, Rhynchophorol C. Las lecturas de las trampas para el experimento se realizaron cada 15 días.

Geoposicionamiento

Inicialmente se hizo el recorrido por los sitios donde se instalarían las trampas para el experimento, y se verificó que no quedara en áreas inundables y que fuese de acceso fácil.

En segunda instancia se realizó el geoposicionamiento de cada uno de los sitios donde se instalarían las trampas. Éstas se ubicaron en transeptos longitudinales, en el borde de los lotes de palma de aceite y distanciadas 100 m una de otra.

De igual manera, cada sitio se dejó marcado con una cinta amarilla para tener una mejor visibilidad del lugar donde se instalaría cada trampa (Figura 2).

Figura 2

Georreferenciación, demarcación de sitios e instalación de trampas para ensayo con feromonas Rhynchophorol C.



Fuente. Autor

Tratamientos

Se evaluaron cinco lotes de feromona Rhynchophorol C de diferente fecha de fabricación, entre 2018 y 2021 que correspondieron a los tratamientos y como testigo se utilizó un lote de fabricación 2022 (Tabla 1). La feromona Rhynchophorol C, se empacó en el laboratorio de Bioproductos en dispensadores de plástico de alta densidad de 3,5 cm x 6 cm. A cada trampa y feromona se le adjudicó un número de acuerdo con el tratamiento.

Tabla 1.

Relación de feromonas Rhynchophorol C para el ensayo.

Tratamientos: T	Fecha fabricación	Tratamiento	Número de la trampa/ tratamiento
T1	25/09/2018	2018	1 a 10
T2	30/07/2019	2019	11 a 20
T3	3/08/2020	2020	21 a 30
T4	12/10/2021	2021	31 a 40
T5	15/02/2022	2022	41 a 50

Nota. Esta tabla muestra relación de las feromonas Rhynchophorol C disponibles para validar su fecha de vencimiento y número de trampa según el tratamiento *Fuente.* Autor

Diseño experimental

Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques completamente aleatorizados a lo largo del transepto, con 10 repeticiones por tratamiento (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). La unidad experimental fue la trampa y la variable de respuesta, el número de individuos capturados por trampa. Tanto las trampas como las feromonas se marcaron con número de trampa, bloque y tratamiento. Se instalaron, un total de 50 trampas (5 tratamientos x 10 bloques).

Tabla 2*Primera distribución de tratamientos en el ensayo.*

BLOQUES		PRIMERA DISTRIBUCIÓN DE TRATAMIENTOS				
Bloque 1	T1-2018	T2-2019	T3-2020	T4-2021	T5-2022	
Bloque 2	T5-2022	T2-2019	T1-2018	T3-2020	T4-2021	
Bloque 3	T4-2021	T2-2019	T5-2022	T3-2020	T1-2018	
Bloque 4	T1-2018	T4-2021	T3-2020	T2-2019	T5-2022	
Bloque 5	T4-2021	T3-2020	T2-2019	T5-2022	T1-2018	
Bloque 6	T5-2022	T1-2018	T3-2020	T2-2019	T4-2021	
Bloque 7	T5-2022	T4-2021	T3-2020	T2-2019	T1-2018	
Bloque 8	T1-2018	T4-2021	T5-2022	T2-2019	T3-2020	
Bloque 9	T3-2020	T2-2019	T1-2018	T5-2022	T4-2021	
Bloque 10	T2-2019	T1-2018	T4-2021	T5-2022	T3-2020	

Nota. Esta tabla muestra la primera distribución de las trampas en el ensayo de validación de la fecha de vencimiento de la feromona Rhynchophorol C. *Fuente.* Autor

Se utilizaron fichas laminadas para marcar tanto la feromona como la trampa para facilitar el reconocimiento y lectura de las trampas y tratamientos en campo (Figuras 3 y 4).

Figura 3

Fichas para marcar e identificación tanto de las feromonas, como las trampas en campo.



Fuente. Autor

Figura 4

*Instalación de trampas para capturar adultos de *Rhynchophorus palmarum* para ensayo de validación de la con feromona *Rhynchophorol C**



Fuente. Autor

Formato de Registro de Datos

Las lecturas realizadas cada 15 días se registraron en un formato relacionado en la (Figura 5).

Figura 5

Formato para el registro de datos de captura de adultos de Rhynchophorus palmarum.



Reevaluar la fecha de vencimiento de la feromona Rhynchophorol C en la atracción de los adultos de *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Dryophthoridae) hacia las trampas para su captura.

Plantación: Inparme Finca la Cucurita

Fecha de lectura: _____

Responsable: Harol Arciniegas

SITIO	TRATAMIENTO	HEMBRAS	MACHOS
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			

SITIO	TRATAMIENTO	HEMBRAS	MACHOS
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58			
59			
60			

Fuente. Autor

Análisis de los datos

Para determinar si existía una diferencia significativa entre el número de adultos de *R. palmarum* capturados en las trampas con diferente fecha de fabricación se aplicó la prueba no paramétrica de **chi-cuadrado** de Pearson con un nivel de significancia de 0.05. La prueba Chi cuadrado se aplicó debido a que los datos no tenían una distribución normal, mediante la función logaritmo natural.

Evaluación de mezclas de componentes de la feromona en la atracción de adultos de *Strategus aloeus* en condiciones de laboratorio en un olfatómetro.

Área de estudio

El experimento se realizó en el cuarto de olfatometría del laboratorio de entomología, del Campo Experimental Palmar de las Corocoras, ubicado en el municipio de Paratebueno, Cundinamarca, a una altura de 227 msnm, con coordenadas geográficas 4°22'04.86N y 73°10'16.84 W.

Compuestos referencia

Los químicos que se utilizaron en los bioensayos para producir la feromona de *Strategus aloeus* son: 2-Butanona, 3-Pentanona, Acetato de sec-butilo, (RS)-4-metiloctanoato de etilo (Oryctalure).

Se prepararon 2 mezclas con los VOCs, la mezcla 1 estaba compuesta por tres VOCs, 2 Butanona, 3 Pentanona y acetato de secbutilo y la mezcla por cuatro VOCs, 3 pentanona, 2 butanona, acetato de secbutilo y (RS)-4-metiloctanoato de etilo.

Preparación de la feromona

Las mezclas de la feromona de *S. aloeus* se prepararon en el laboratorio manteniendo normas de seguridad en la manipulación de los componentes de la feromona. El proceso se realiza utilizando máscara y guantes con el fin de evitar la inhalación de olores y contacto que puedan ocasionar irritación (Figura 6).

Figura 6

*Preparación de mezclas de la feromona de *Strategus aloeus* para pruebas de atracción bajo condiciones de olfatómetro.*



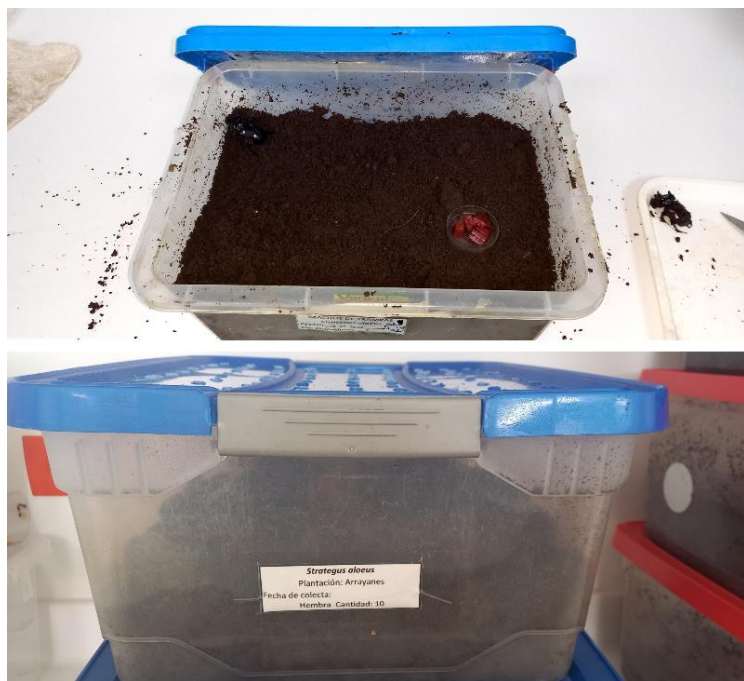
Fuente. Autor

Obtención de adultos de *Strategus aloeus*

Se colectaron adultos de *S. aloeus* en la plantación Arrayanes del municipio de San Carlos de Guaroa, con trampas cebadas con la feromona. Los individuos se acondicionaron en recipientes plásticos de 40L de capacidad, con suelo previamente esterilizado. Los adultos se dispusieron separando hembras y machos, Éstos se alimentaron con trozos de bocadillo de aproximadamente 1 cm² (Figura 7).

Figura 7

*Recipientes plásticos de 40L de capacidad con suelo estéril para el mantenimiento de adultos de *Strategus aloeus* en el laboratorio de entomología.*



Fuente. Autor

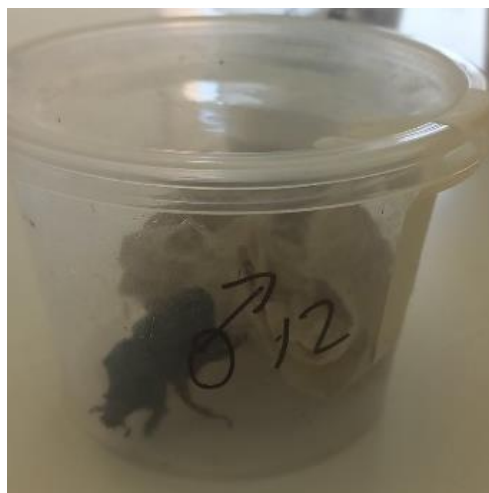
En los bioensayos se evaluó la respuesta de los adultos de *S. aloeus* hacia dos mezclas de los VOCs que componen la feromona. Para cada una se evaluaron 40 individuos juveniles, 20 hembras y 20 machos. Los tratamientos fueron las mezclas atrayentes, con 40 repeticiones y la unidad experimental fue un individuo de *S. aloeus*. La variable de respuesta fue el número de individuos atraídos al estímulo (mezcla de la feromona) y el tiempo que permanecieron en los estímulos.

Acondicionamiento de los insectos

Los adultos de *S. aloeus* se colocaron individualmente en tarrinas plásticas con papel toalla húmeda, 24 horas antes de iniciar las pruebas en el olfatómetro (Figura 8). Las tarrinas se dispusieron en una caja de cartón la cual mantuvo oscuridad absoluta antes de iniciar las pruebas.

Figura 8

Adulto de Strategus aloeus individualizados para prueba de olfatometría.



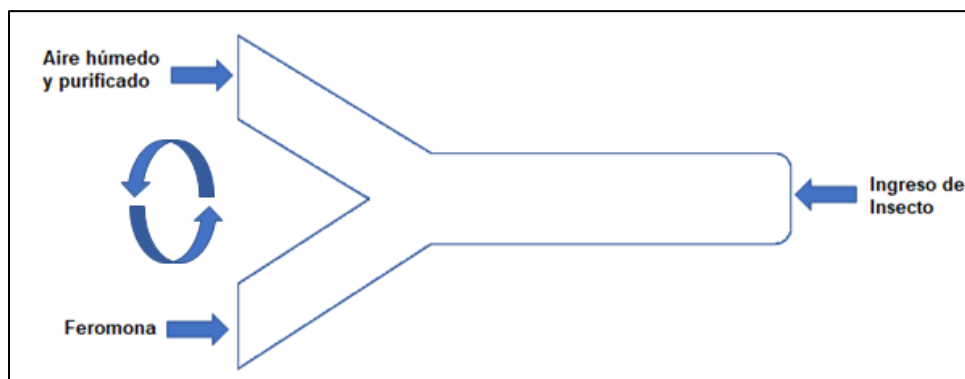
Fuente. Autor

Prueba de Olfatometría

Las pruebas biológicas de la feromona de *S. aloeus* se realizaron por medio de un olfatómetro en Y, que consta de dos brazos, uno donde se colocó el estímulo (mezclas de VOCs de la feromona) y en el otro el testigo (sin feromona). En cada brazo del olfatómetro se suministró aleatoriamente una mezcla de VOCs de la feromona sintética y en la otra sólo se dejó pasar el flujo de aire húmedo purificado como testigo. Se depositaron 10 μ l de la mezcla de VOCs de la feromona en un papel filtro de 1cm², y éste se colocó en un recipiente de vidrio, donde se dejó estabilizar por una hora, luego se conectó a una vía del olfatómetro (Figura 9). Las mezclas con los VOCs de la feromona se prepararon por fuera del laboratorio, así como el proceso de estabilización, esto con el fin de evitar contaminación del cuarto de olfatometría por volatilidad de olores.

Figura 9

Diseño Olfatómetro en “Y”.

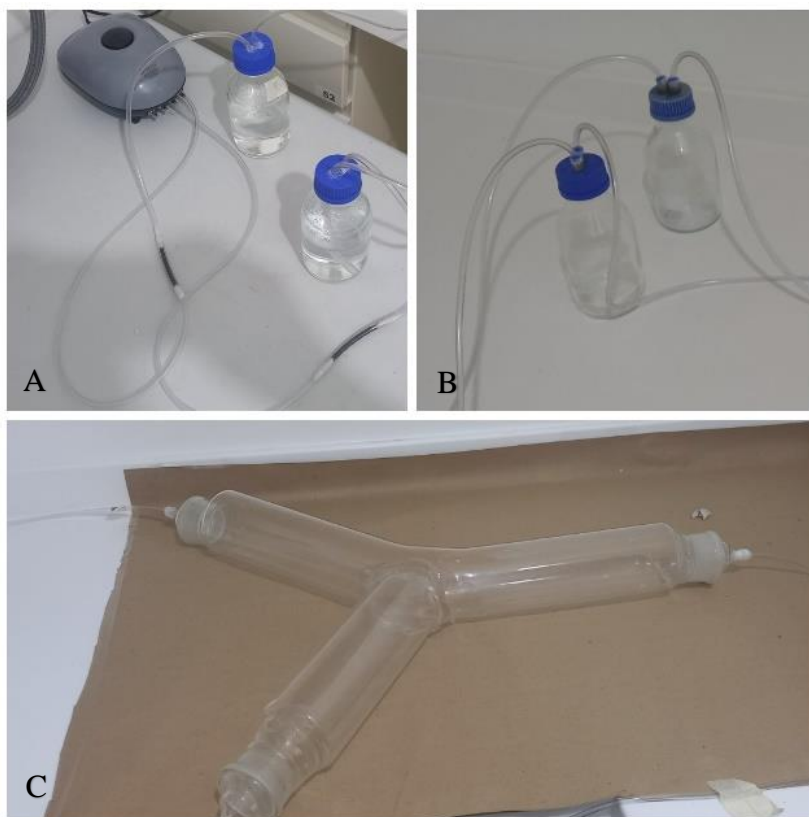


Fuente. Autor

Se suministró un flujo de aire olorizado y purificado a 100 cc/min. Cada vez, se colocó un solo insecto cuidadosamente en el centro de la cámara.

Figura 10

Componentes para el olfatómetro. A. Filtro de carbón y filtro de agua B. Recipientes con feromona y con aire limpio. C. Olfatómetro en Y



Fuente. Autor

La manipulación del insecto se hizo de forma que se lograra la salida natural y no precipitada del insecto. Si un insecto no reaccionaba después de tres minutos de iniciar la prueba o si presentaba comportamientos desordenados (perturbados o estresados) se descartaba del ensayo.

La prueba para cada insecto consistía en observar el comportamiento del insecto en el olfatómetro, hacia el flujo de aire, estímulo o testigo durante máximo 15 minutos.

Si el insecto no escogía entre una de las opciones propuestas después de este tiempo, se registraba como "sin respuesta". En caso contrario, se registraba como "respuesta". Se registró el tiempo de permanencia del insecto en cada uno de los sectores del olfatómetro, brazos del olfatómetro (donde estaba ubicado el estímulo o testigo) o base de la Y.

La prueba terminaba cuando se completaban los 15 minutos. Los datos se registraron en formatos (Figuras 11 y 12). Posteriormente, se digitó en un archivo Excel para su análisis. Cuando se terminaban las observaciones, el olfatómetro se lavó con detergente inoloro y con abundante agua.

Figura 11


*Formato para prueba de olfatometría con la feromona de *Strategus aloeus*.*

cenipalma											PRUEBAS DE OLFATOMETRÍA CON LA FEROMONA DE <i>Strategus aloeus</i>		Página 1 de 4		
Evaluador: Rosa Aldana - Harold Arciniegas										Lugar y Fecha: CEPC					
INMULO:															
No.	Código	Sexo	Tamaño	Fecha Captura	Hora Inicio	Hora Finalización	Tiempo	Evaluable	Contabilizado	Eliminado	Sin respuesta	Respuesta	Estímulo	Testigo	Observaciones
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															

Fuente. Autor

Figura 12

Formato resumen de pruebas de olfatometría con la feromona de Strategus aloeus

cenipalma		Formato para la prueba de Olfatometría					
FORMATO No. SV-F-03		Revisión 1		Vigencia Octubre de 2003			
Evaluador:			Lugar y Fecha:				
No de insecto:		Orientación:					
sexo de insecto		Posición feromona					
Hora:							
Temperatura:							
Código feromona:							
Hora inicio	eliminado	Contabilizado	Sin respuesta	Con respuesta	Respuesta		Hora finaliza
					Feromona	Testigo	
OBSERVACIONES							
Elaboró R. C. ALDANA				Aprobó: PEDRO LEON GÓMEZ			
Fecha: Octubre 2002				Fecha. Junio de 2005			

Fuente. Autor

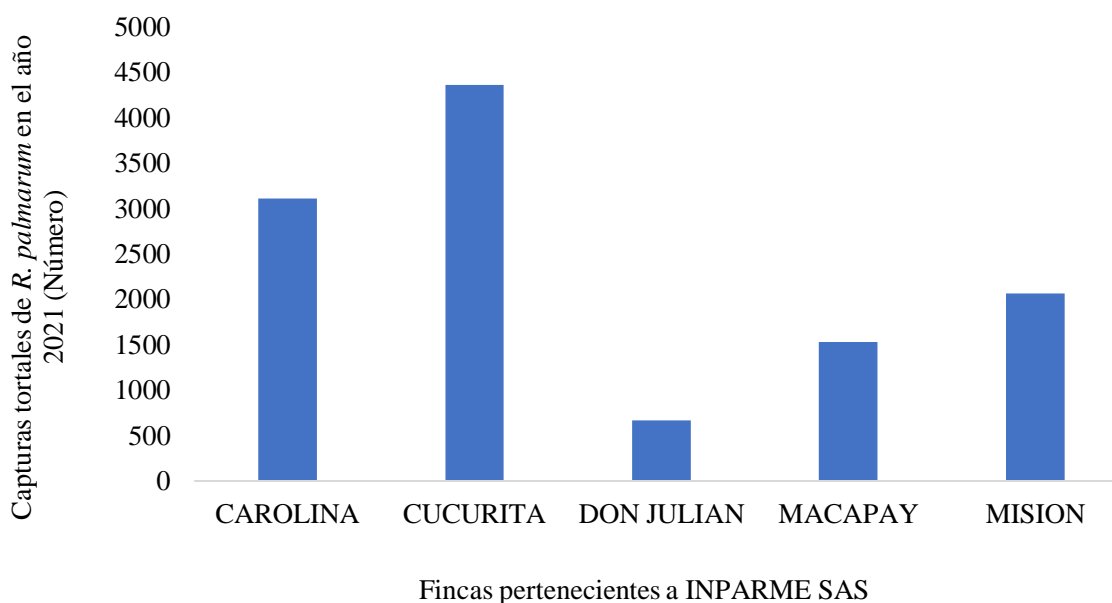
Resultados

Reevaluación del periodo de vencimiento de la feromona Rhynchophorol C instaladas en trampas para capturar adultos de *Rhynchophorus palmarum* en la plantación INPARME SAS.

Se analizaron los datos de las 5 fincas de la plantación Inparme SAS, y se seleccionó la finca La Cucurita que presentaba un mayor promedio en capturas de adultos de *R. palmarum* en el año 2021 (Figura 13).

Figura 13

Capturas totales de Rhynchophorus palmarum en las 5 fincas pertenecientes a INPARME SAS.



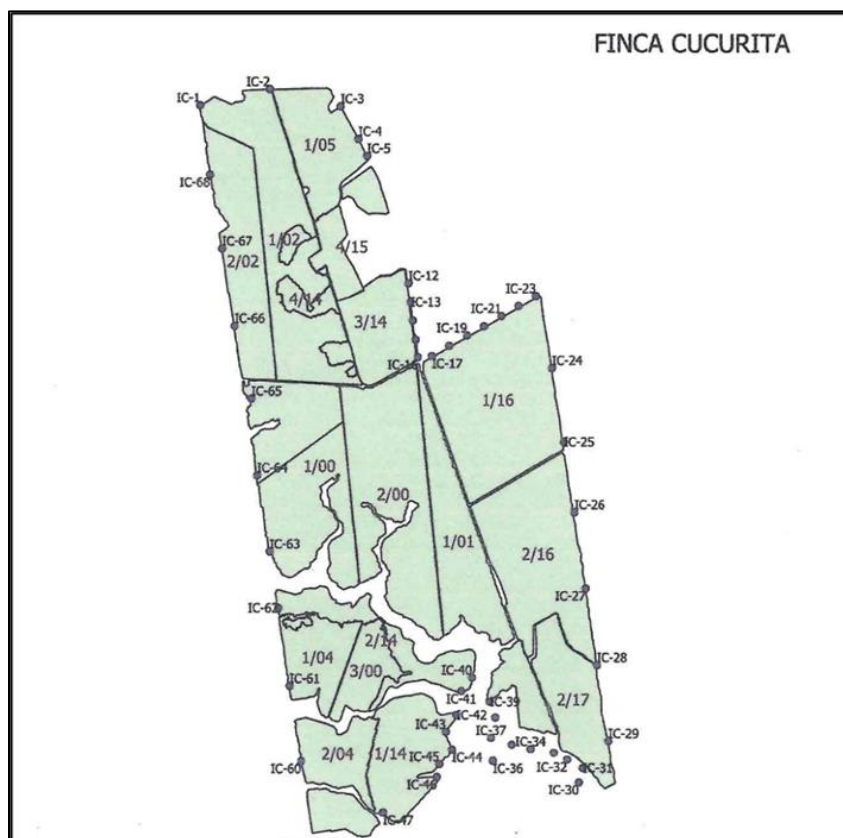
Fuente. Autor

La finca La Cucurita tiene un área sembrada de 477 ha, con diferentes cultivares de palma incluidos híbridos interespecíficos. Esta finca tenía un total de 68 trampas para captura de *R. palmarum*. Los datos de captura mensual de adultos de *R. palmarum* facilitados por el personal

de sanidad de 2021, muestran entre 3 y 4 individuos en promedio capturados por trampa (Figuras 14 y 15).

Figura 14

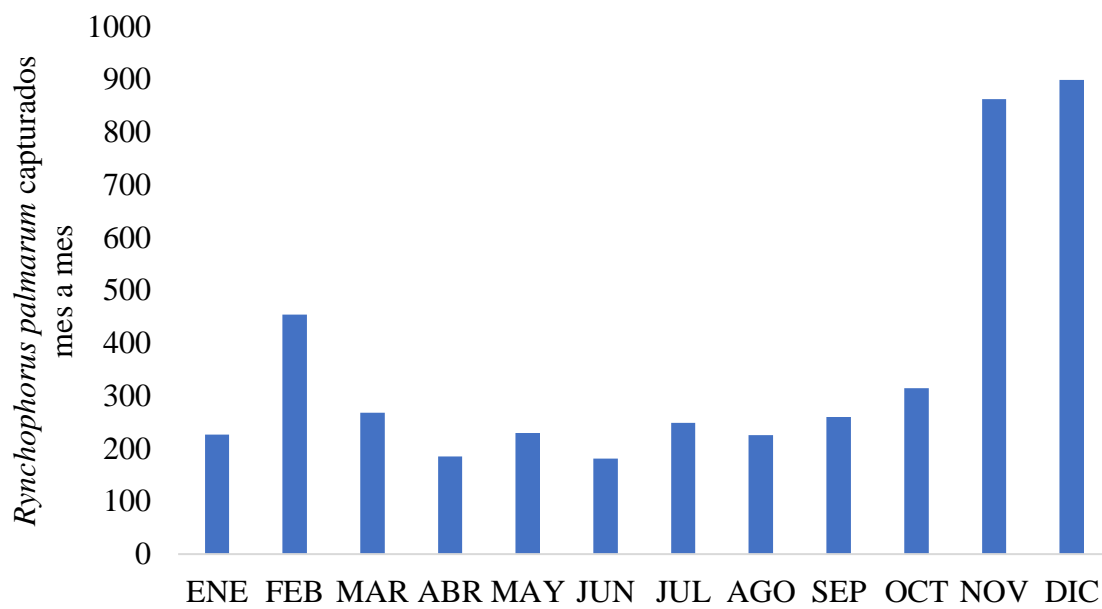
*Mapa distribución de trampas para capturar adultos de *Rhynchophorus palmarum* en la finca La Cucurita de la Plantación INPARME SAS.*



Fuente. Autor

Figura 15

*Adultos de *Rhynchophorus palmarum* capturados mensualmente en la finca la Cucurita durante el año 2021. Plantación INPARME SAS.*

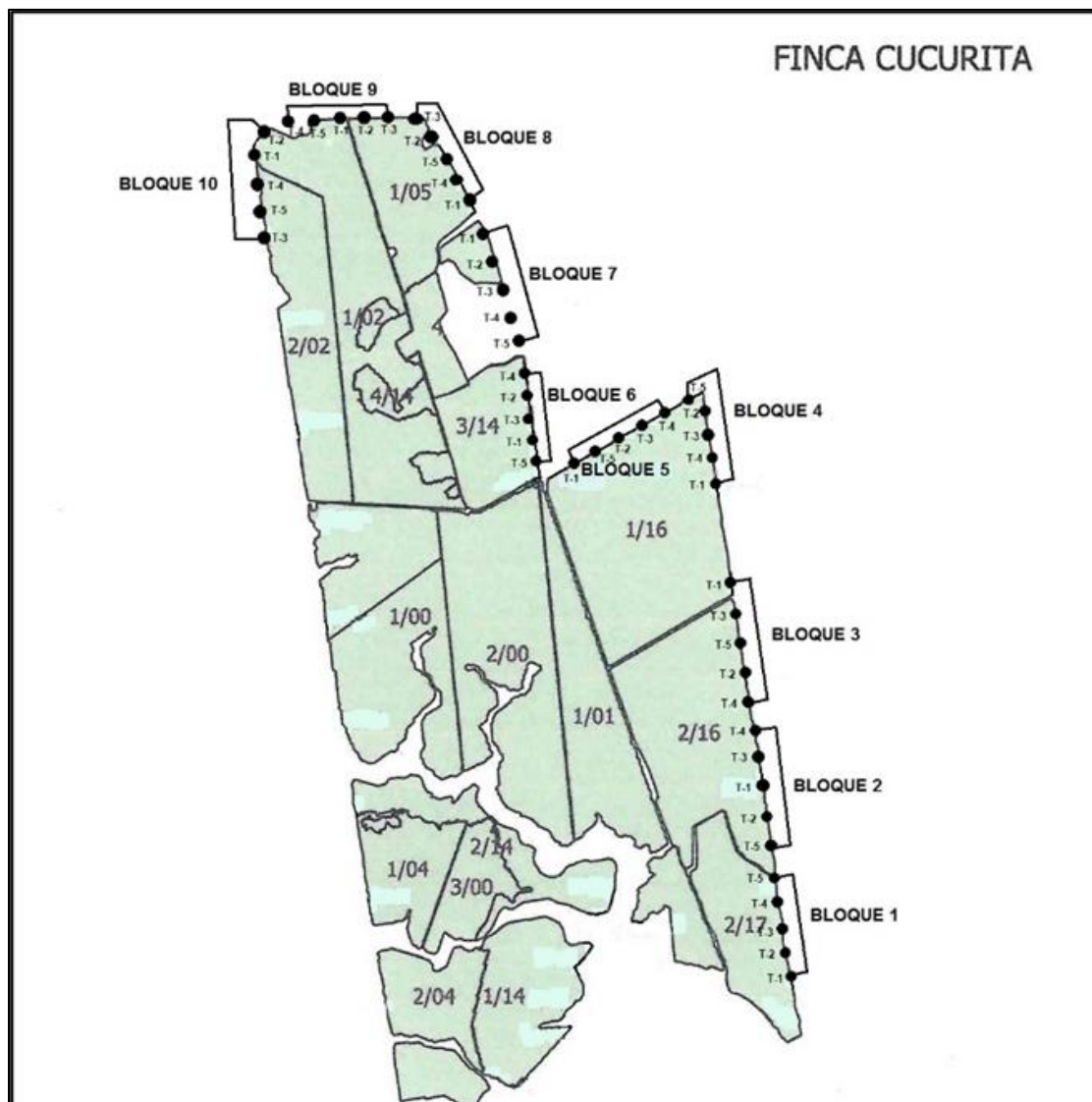


Fuente. Autor

Con base en los recorridos en la plantación los bloques se demarcaron como se registra en la (Figura 16)

Figura 16

Mapa de la distribución de los bloques para validar la fecha de vencimiento de la feromona en la finca La Cucurita de la plantación INPARME SAS.

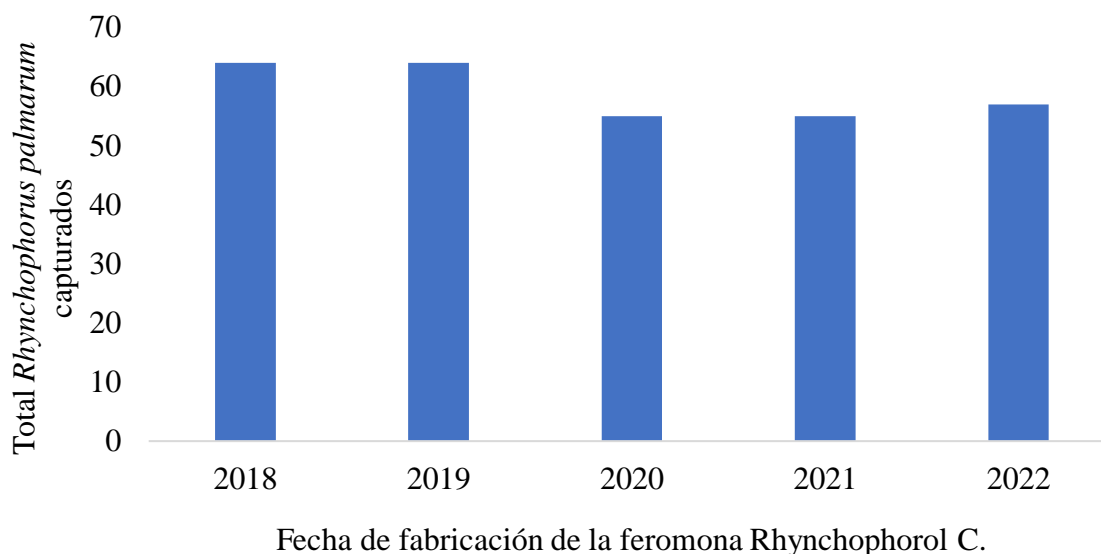


Fuente. Autor

Las lecturas del experimento se realizaron entre julio y noviembre de 2022. Se realizaron 8 lecturas, una cada quince días, como se muestra en la Tabla 4. Se capturaron en total 295 individuos de *R. palmarum* en las 50 trampas, de las cuales 180 fueron hembras y 115 machos. Durante el periodo del estudio, las capturas de adultos de *R. palmarum* fueron bastante bajas en todos los tratamientos, incluso en las trampas de lotes vecinos que no hacían parte de este experimento. El número total de adultos capturados durante el estudio fue similar, entre 54 y 64 individuos (Figura 17).

Figura 17

Número de individuos de Rhynchophorus palmarum capturados en trampas con la feromona Rhynchophorol C de diferente fecha de fabricación.



Fuente. Autor

Tabla 3*Rhynchophorus palmarum* capturados en el ensayo

Tratamiento	Capturas	Capturas totales/lectura							
	totales por trampa/lectura	1	2	3	4	5	6	7	8
1 (2018)	64	8	7	5	12	6	8	7	11
2 (2019)	64	9	2	10	9	14	6	9	5
3 (2020)	55	5	4	3	13	7	4	13	6
4 (2021)	55	3	5	5	7	5	14	12	4
5 (2022)	57	6	2	10	5	6	7	13	8

Nota. Esta tabla muestra el total, adultos de *Rhynchophorus palmarum* capturados en las trampas cebadas con diferente fecha de fabricación. *Fuente.* Autor

La prueba Chi cuadrado de Pearson muestra que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre el número de adultos de *R. palmarum* capturados en las trampas con la feromona Rhynchophorol C con diferente fecha de fabricación ($\chi^2 = 3,89$; DF 4; P= 0,4216) (Figura 18 y Tabla 5).

Tabla 4

Chi-cuadrado de Pearson (alfa=0.05).

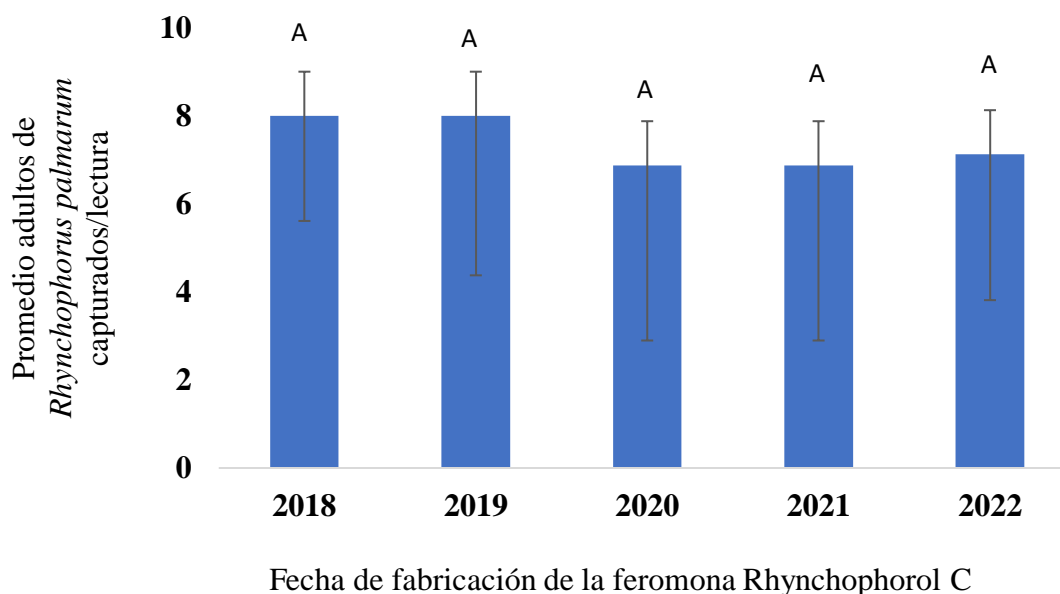
Fuente	Grados de libertad	Chi-Square	Pr>Chi cuadrado
Bloque	9	6.13	0.7272
Tratamientos	4	3.89	0.4216

Nota. Esta tabla muestra el diseño Chi-cuadrado de Pearson para las capturas de *Rhynchophorus palmarum* en trampas con feromona Rhynchophorol C de diferente fecha de fabricación (alfa=0.05). Plantación INPARME SAS entre el 4 de agosto y el 25 de noviembre del 2022.

Fuente. Autor

Figura 18

Promedio de adultos de Rhynchophorus palmarum capturados por trampa por lectura con feromona Rhynchophorol C de diferente fecha de fabricación.



Fuente. Autor

Mezclas de componentes de la feromona en la atracción de adultos de *Strategus aloeus* en condiciones de laboratorio en un olfatómetro.

Se evaluaron dos mezclas con VOCs de la feromona, la mezcla 1 con VOCs correspondió a 3 pentanona, 2 butanona y acetato de secbutilo y la mezcla 2 con VOCs correspondió a 3 pentanona, 2 butanona, acetato de secbutilo y (RS)-4-metiloctanoato de etilo. Para la mezcla 1 con tres VOCs de la feromona, se evaluaron 43 adultos de *S. aloeus*, el 51,1% de los adultos evaluados fueron hembras (22 individuos) y el 48,9% fueron machos (21 individuos) (Tabla 6). De los adultos evaluados, se eliminó un 20,9% los cuales presentaron características como perturbados o estresados, en algunos casos volcados boca arriba, 3 hembras y 6 machos (Tabla 6). De los 34 adultos que se cuantificaron en la prueba, un 35.3% (12 individuos) no respondieron a la prueba, es decir que no entraron a la zona de decisión (brazos con los estímulos) (Tabla 5). 22 adultos de *S. aloeus* (64,7%) respondieron a los estímulos, 12 (54,5%) fueron atraídos hacia la mezcla 1 con tres VOCs de la feromona y 10 individuos (45,5%) fueron hacia el testigo (Tablas 5 y 6).

Tabla 5

Adultos de Strategus aloeus evaluados con la mezcla 1.

Adultos/ sexo	Evaluated	Eliminados	Contabilizados	Sin respuesta	Respuesta	Estimulo (mezcla 1 feromona)	Testigo
Hembra	22	3	19	4	15	10	5
Macho	21	6	15	8	7	2	5
Total	43	9	34	12	22	12	10

Nota. Esta tabla muestra la relación de la respuesta en olfatómetro de adultos de *Strategus aloeus*

evaluados con la mezcla 1 con tres compuestos orgánicos volátiles de la feromona. *Fuente.* Autor

Al analizar más la respuesta por parte de las hembras hacia la mezcla 1 con tres VOCs de la feromona se registró que el 66,7% fueron atraídas, mientras que el 33,3 fueron hacia el testigo. En el caso de los machos, la respuesta fue más baja, solo un 28,6% de los machos fue atraídos hacia la mezcla 1 con tres VOCs de la feromona, mientras que el 71,4% fueron hacia el testigo (Tabla 6).

Tabla 6

Porcentaje de adultos de Strategus aloeus que respondieron a la prueba con la mezcla 1.

Adultos/sexo	Individuos que respondieron	Respuesta hacia la mezcla 1 de la feromona (%)	Respuesta hacia el testigo (%)
Hembra	68,2	66,7	33,3
Macho	31,8	28,6	71,4
Total	100	54,5	45,5

Nota. Esta tabla muestra el porcentaje de adultos de *Strategus aloeus* que respondieron a la prueba

con la mezcla 1 con tres compuestos volátiles orgánicos de la feromona. *Fuente.* Autor

Cuando se analizó la información con base en el tiempo que permanecieron los adultos en el estímulo, es decir en la mezcla 1, de 2 butanona, 3 pentanona y acetato de secbutilo, se encontró que las hembras permanecieron más tiempo en el brazo donde estaba el estímulo (152 min), mientras que los machos el tiempo de permanencia de los machos en el brazo del estímulo fue menor (Tabla 7). La respuesta de las hembras hacia el estímulo fue del 58%, mientras que los machos un 30%. Los machos permanecieron un mayor porcentaje de tiempo en el testigo con respecto a las hembras (Tabla 7 y figuras 19, 20, 21).

Tabla 7

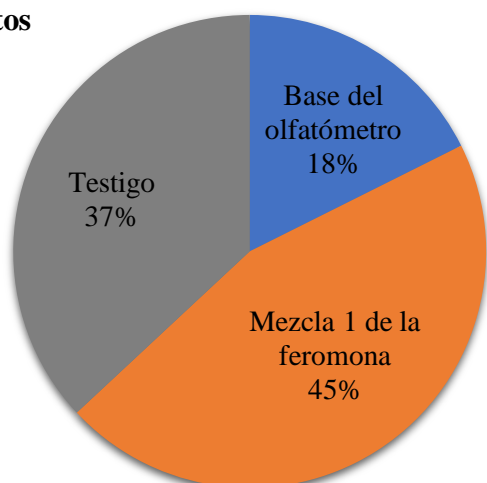
*Tiempo que permanecieron los adultos de *Strategus aloeus* en las diferentes zonas del olfatómetro con la mezcla 1.*

Adultos/sexo	Base del olfatómetro	Mezcla 1 de la feromona	Testigo	Total tiempo
Hembra	28	152	82	262
Macho	55	62	93	209
Total	83	214	174	471

Nota. Esta tabla muestra el tiempo que permanecieron los adultos de *Strategus aloeus* en las diferentes zonas del olfatómetro cuando se evaluó la mezcla 1 con tres compuestos orgánicos de la feromona. *Fuente.* Autor

Figura 19

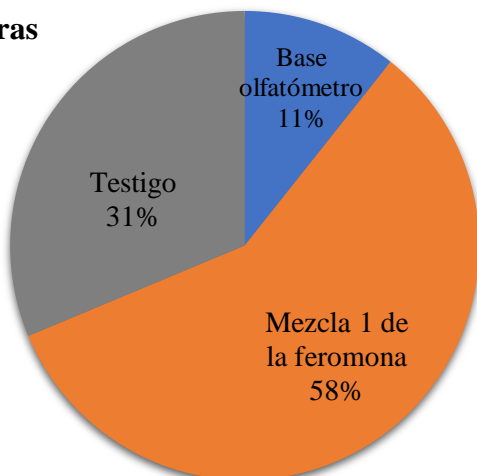
*Porcentaje de tiempo de permanencia de los adultos de *Strategus aloeus* en las zonas del olfatómetro cuando se evaluó la mezcla 1 con tres compuestos orgánicos volátiles de la feromona.*

Adultos

Fuente. Autor

Figura 20

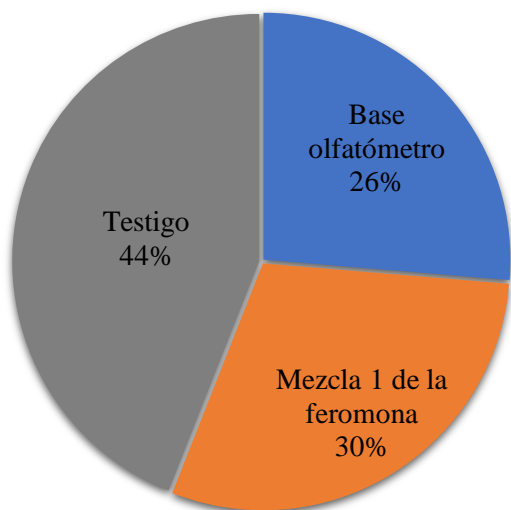
*Porcentaje de tiempo de las hembras de *Strategus aloeus* en las zonas del olfatómetro cuando se evaluó la mezcla 1 con tres compuestos orgánicos volátiles de la feromona.*

Hembras

Fuente. Autor

Figura 21

Porcentaje de tiempo de permanencia de los machos de *Strategus aloeus* en las zonas del olfatómetro cuando se evaluó la mezcla 1 con tres compuestos orgánicos volátiles de la feromona.

Machos

Fuente. Autor

Con la mezcla 2 con cuatro VOCs de la feromona, 2 butanona, 3 pentanona, acetato de secbutilo y (RS)-4-metiloctanoato de etilo, se evaluaron 30 individuos de *S. aloeus*, un menor número de especímenes por la dificultad en la obtención de material para las pruebas. Se evaluaron 15 individuos por cada sexo. de los cuales se eliminaron 13 (43%) debido a que se voltearon durante la prueba y no lograron recuperar la posición. De los 17 individuos contabilizados, el 94,1% respondieron a la prueba, 9 hembras y 7 machos (Tabla 8).

Tabla 8

Respuesta de adultos de Strategus aloeus evaluados con la mezcla 2.

Adultos/ sexo	Número de adultos de <i>Strategus aloeus</i>						
	Evaluated	Eliminados	Contabilizados	Sin respuesta	Respuesta	Estimulo (mezcla 2 feromona)	Testigo
Hembra	15	6	9	0	9	6	3
Macho	15	7	8	1	7	4	3
Total	30	13	17	1	16	10	16

Nota. Esta tabla muestra la relación de la respuesta en olfatómetro de adultos de *Strategus aloeus* evaluados con la mezcla 2 con tres compuestos orgánicos volátiles de la feromona. *Fuente.* Autor

Al analizar más en detalle la respuesta por parte de las hembras hacia la mezcla 2 de la feromona se observa que el 66,7% fueron atraídas, mientras que el 33,3% fueron al testigo. En el caso de los machos, la respuesta fue más baja, solo un 57,1% de los machos fue atraídos hacia la mezcla 1 de la feromona, mientras que el 42,9% fueron al testigo (Tabla 9).

Tabla 9

Porcentaje de adultos de Strategus aloeus que respondieron a la prueba con la mezcla 2.

Adultos/sexo	Individuos que respondieron	Respuesta hacia la mezcla 1 de la feromona (%)	Respuesta hacia el testigo (%)
Hembra	56,2	66,7	33,3
Macho	43,8	57,1	42,9
Total	100	62,5	37,5

Nota. Esta tabla muestra el porcentaje de adultos de *Strategus aloeus* que respondieron a la prueba con la mezcla 2 con cuatro compuestos orgánicos volátiles de la feromona. *Fuente.* Autor

Cuando se analizó la información teniendo en cuenta el tiempo que permanecieron los adultos en el estímulo, es decir en la mezcla 2 con cuatro VOCs de la feromona, se encontró que las hembras pasaron más tiempo en el estímulo de la mezcla 2 con cuatro Vocs de la feromona que los machos de *S. aloeus*. (Tabla 10 y Figuras 23, 24, 25).

Tabla 10

Tiempo que permanecieron los adultos de Strategus aloeus en las diferentes zonas del olfatómetro cuando se evaluó la mezcla 2.

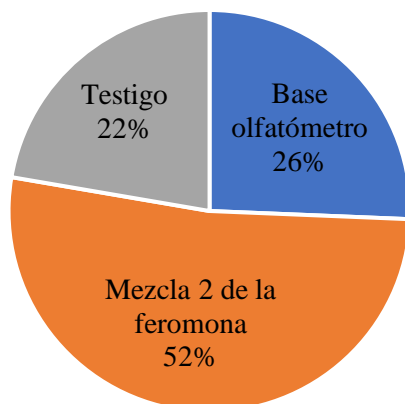
Adultos/sexo	Tiempo (minutos) que permanecieron los adultos de <i>Strategus aloeus</i> en las diferentes zonas del olfatómetro			
	base del olfatómetro	Mezcla 2 de la feromona	Testigo	Tiempo total
Hembra	40	83	22	145
Macho	29	57	38	124
Tiempo total	69	140	60	269

Nota. Esta tabla muestra el tiempo que permanecieron los adultos de *Strategus aloeus* en las diferentes zonas del olfatómetro cuando se evaluó la mezcla 2 con cuatro compuestos orgánicos volátiles de la feromona. *Fuente.* Autor

Figura 22

Porcentaje de tiempo de permanencia de los adultos de *Strategus aloeus* en las zonas del olfatómetro cuando se evaluó la mezcla 2 con cuatro compuestos orgánicos de la feromona.

Total adultos

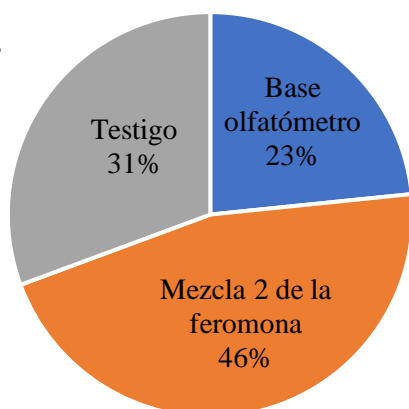


Fuente. Autor

Figura 23

Porcentaje de tiempo de permanencia de los machos de *Strategus aloeus* en las zonas del olfatómetro cuando se evaluó la mezcla 2 con cuatro compuestos orgánicos de la feromona.

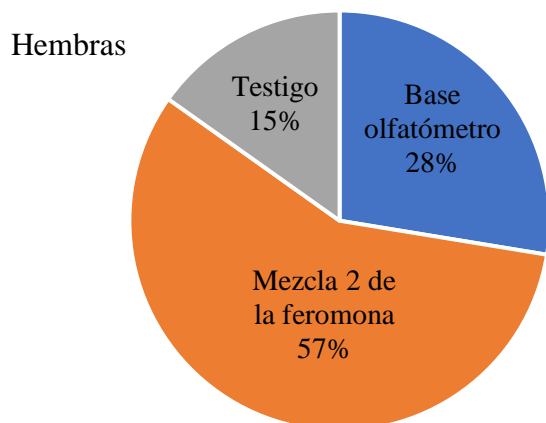
Machos



Fuente. Autor

Figura 24

Porcentaje de tiempo de las hembras de *Strategus aloeus* en las zonas del olfatómetro cuando se evaluó la mezcla 2 de con cuatro compuestos orgánicos de la feromona.



Fuente. Autor

La atracción de las hembras hacia las dos mezclas con Vocs de la feromona evaluados fue similar, mientras que en los machos se registró una tendencia a mayor atracción en número y en tiempo de permanencia hacia la mezcla 2, es decir, cuando el estímulo estaba conformado por cuatro VOCs de la feromona.

Aunque estos resultados no son definitivos y es necesario complementar las pruebas de olfatometría con el otro componente volátil, además de verificarlos bajo condiciones de campo, las dos mezclas evaluadas fueron igualmente atractivas para las hembras, mientras que para los machos fueron ligeramente más atractivos.

En el laboratorio de entomología de Cenipalma ubicado en el Campo Experimental Palmar de las Corocoras se continúan los experimentos de olfatometría, evaluando las diferentes mezclas de atrayentes para adultos de *Strategus aloeus*, buscando de obtener la mejor mezcla la cual garantice una eficacia total en la atracción de este insecto plaga.

Bibliografía

- Aguilera Díaz, M. M. (Julio de 2002). palma africana en la costa caribe: un semillero de empresas solidaria. *documentos de trabajosobre economia regional (N. 30)*. Cartagena de indias, Colombia.
- Aldana de la Torre, R., Aldana de la Torre, J., Gomes de O, H., & Moya M., O. (2013). Guía de bolsillo para el manejo de *Rhynchophorus palmarum*.
- Aldana de la Torre, R. C., Bustillo, A. E., Torrado, E. 2013. Desarrollo de una feromona para el monitoreo de *Strategus aloeus*, en palma de aceite: avances”. Resúmenes 40 Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Bogotá, Universidad El Bosque. Julio 10-12.
- Aldana de la Torre, R., Montes B, L. G., Barrios T , C. E., Mantabanchoy S, J. A., & Beltrán A, I. J. (2017). Guía de bolsillo para el reconocimiento de las plagas más frecuentes en la palma de aceite.
- Bustillo P., A., Sarria Villa , G., Aldana de la Torre, R., & Arango U., C. (2016). guía de bolsillo para el reconocimiento y manejo de las principales enfermedades e insectos plaga en el cultivo de la palma de aceite.
- Cenipalma. (2018). Servicios técnicos especializados: Feromona Rhynchophorol C.
- Fedepalma. (17 de 07 de 2023). Producción de aceite de palma en el primer trimestre del 2023 presenta buena dinámica y un crecimiento del 5,3 % frente al 2022. *El palmicultor*.
- Moya Murillo, O., Aldana De La Torre, R., & Bustillo Pardey, A. (2015). Eficacia de trampas para capturar *Rhynchophorus palmarum* (Coleóptera: Dryophthoridae) en plantaciones de palma de aceite. *Revista Colombiana de Entomología, Vol. 41((1))*, 18-23.

- Rochat D, Ramírez-Lucas P, Malosse C, Aldana R, Kakul T, Morin, J (2000). Role of solid-phase microextraction in the identification of highly volatile pheromones of two Rhinoceros beetles *Scapanes australis* and *Strategus aloeus* (Coleoptera, Scarabaeidae, Dynastinae). *Journal of Chromatography A*, 885. 433–444.
- Said I, Aldana R, Morin J, Rochat D (2006). Adaptation of a four-arm olfactometer for behavioral bioassays of large beetles. *Chemoecology*. 16:9–16.
- Vidal, V., Bustillo, A., Aldana R. C.; Chegwin, C.; Sierra, C., Bento, M. Rodríguez, A.; Romero, A. 2019. Ecología química del escarabajo-plaga *Strategus aloeus* para su manejo en cultivos de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Memorias 46 Congreso Sociedad Colombiana de Entomología*. Universidad Nacional de Colombia. Medellín 17, 18 y 19 de julio de 2019. 255-260.