

Cost-benefit of trapping and population fluctuation of *Rhynchophorus palmarum* L. in coconut (*Cocos nucifera* L.) genotypes

Costo-beneficio del trapeo y fluctuación poblacional de *Rhynchophorus palmarum* L. en genotipos de coco (*Cocos nucifera* L.)

Jesús G. de la Mora-Castañeda¹; Wilberth Chan-Cupul^{2*}; Noé Durán-Puga¹; Diego R. González-Eguiarte¹; José A. Ruíz-Corral¹; Alejandro Muñoz-Urías¹

¹Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Camino Ramón Padilla Sánchez núm. 2100. C. P. 45200. Nextipac, Zapopán, Jalisco, México.

²Universidad de Colima, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. km 40 autopista Colima-Manzanillo. C. P. 28934. Tecomán, Colima, México.

*Corresponding author: wchan@uocol.mx; tel.: +52 313 322 9405.

Abstract

Introduction: *Rhynchophorus palmarum* L. is the most destructive pest in *Cocos nucifera* plantations in Mexico.

Objective: To estimate the cost-benefit of collecting *R. palmarum* by trapping in two coconut genotypes and to determine the correlation of trapping with environmental factors.

Materials and methods: *R. palmarum* insects were captured on the genotypes 'Alto Pacífico ecotipo 2' (AP) and 'Enano-Verde de Brasil' (EVB) for one year. Five types of traps were used (BT = bucket type, TCT = trash can type, GT = gallon type, CSAT = Colegio Superior de Agricultura Tropical, BT = bottle type). Trapping was counted weekly, and the cost-benefit of trapping was determined. Trapping was analyzed with quasi-Poisson distribution, deviancy analysis and least significant difference. Trapping correlation with climate variables was determined with the Spearman's coefficient.

Results and discussion: A total of 3414 insects were captured in AP. TCT and CSAT were the most effective ($P < 0.014$) with 40.3 % and 32.7 % of the total adults, respectively; they also had the best cost-benefit, 4.3 MXN and 5.5 MXN per insect, respectively. In EVB, 3.56 times more insects were captured (4799) compared to AP with a 29.6:6.4 ratio, using GT. In both orchards, the correlations of climate variables with trapping were weak (less than 50 %); relative humidity was the most highly correlated, but negative.

Conclusions: The efficiency of traps and their cost-benefit will allow growers to determine which trap to use for mechanical and ethological (aggregation pheromone) control of *R. palmarum*.

Keywords: palm weevil; Alto Pacífico ecotipo 2; Enano-Verde de Brasil; insect trapping; biological pest control.

Resumen

Introducción: *Rhynchophorus palmarum* L. es la plaga más devastadora en plantaciones de *Cocos nucifera* en México.

Objetivo: Estimar el costo-beneficio de captura de *R. palmarum* mediante trapeo en dos genotipos de coco y determinar la correlación de captura con los factores ambientales.

Materiales y métodos: Los insectos de *R. palmarum* se capturaron en los genotipos 'Alto Pacífico ecotipo 2' (AP) y 'Enano-Verde de Brasil' (EVB) durante un año. Se utilizaron cinco tipos de trampas (TC = tipo cubeta, TBB = tipo bote de basura, TG = tipo galón, CSAT = Colegio Superior de Agricultura Tropical, TB = tipo botella). La captura se contabilizó semanalmente y se determinó el costo-beneficio de trapeo. Las capturas se analizaron con distribución cuasi-Poisson, análisis de devianza y diferencia mínima significativa. La correlación de captura con las variables climáticas se determinó mediante coeficiente de Spearman.

Resultados y discusión: En AP se capturaron 3414 insectos. La TBB y CSAT fueron las más efectivas ($P < 0.014$) con 40.3 % y 32.7 % del total de adultos, respectivamente; además tuvieron el mejor costo-beneficio, 4.3 MXN y 5.5 MXN por insecto respectivamente. En EVB se capturaron 3.56 veces más insectos (4799) que en AP con relación 29.6:6.4, utilizando TG. En ambas huertas, las correlaciones de las variables climáticas con la captura fueron débiles (menores de 50 %); la humedad relativa fue la de mayor correlación, pero negativa.

Conclusiones: La efectividad de las trampas y su costo-beneficio permitirá a los productores determinar cuál trampa utilizar para el control mecánico y etológico (feromona de agregación) de *R. palmarum*.

Palabras clave: picudo de la palma; Alto Pacífico ecotipo 2; Enano Verde de Brasil; captura de insectos; control etológico.

Introduction

The black palm weevil, *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae), is the most important pest in coconut (*Cocos nucifera* L.), date palm (*Phoenix dactylifera* L.) and oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) plantations in the Americas (Rodríguez-Currea, Marulanda-López, & Amaya, 2017; Silva-Dionisio et al., 2020). The insect's distribution ranges from southeastern California and Texas to Argentina, Paraguay, Uruguay, and Bolivia (Aldana de la Torre, Aldana de la Torre, & Moya, 2010; Oehlschlager, Chinchilla, Castillo, & González, 2002).

In México, Landero-Torres et al. (2015) and Murguía-González et al. (2017) reported the incidence of *R. palmarum* in ornamental palm crops such as *Washingtonia robusta* Wendl., *Livistona australis* (R. Br.) Mart. and *Dypsis lutescens* (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf. Adult females of *R. palmarum* deposit their eggs in the crown of the palms and the larvae produce galleries in the apical meristem. The economic threshold is 20 larvae per palm, which is enough to cause a lethal infestation. Moreover, the adults are the vector of the nematode *Bursaphelenchus cocophilus* (Cobb.), causal agent of the 'red ring' disease in *C. nucifera* plantations (Cysne, Cruz, Cunha, & Rocha, 2013; Sumano, Sánchez, Romero, & Sol, 2012).

In Pacific-central Mexico (Colima, Michoacán and Jalisco), the association of *R. palmarum* and *B. cocophilus* is the main phytosanitary problem for coconut production. This complex causes losses of up to 80 % in young plantations (less than four years old), including hybrid genotypes and ecotypes (Sánchez-Ríos, Gutiérrez-López, Aragón-Robles, & Córdova-Gámez, 2017). Studies have been carried out to find efficient control methods for this complex; however, the application of chemical insecticides (carbaryl, carbofuran, fipronil, imidacloprid, and phenylpyrazole) continues to be the main strategy by producers, despite the environmental drawbacks associated with the use of these chemically synthesized molecules. As alternatives, some producers employ mechanical and ethological control using traps with aggregation pheromone (2 (E)-6-metil-2-hepten-4-ol) (Rhynchophorol, Pherocon®) and food baits (Abdelazim, Aldosari, Mumtaz, Vidyasagar, & Shukla, 2017; Hoddle & Hoddle, 2015; Murguía-González et al., 2017). The application of entomopathogenic fungi as biological control (Alencar-Lima et al., 2020; Carreño-Correa, Salazar-Mercado, & Espinel-Rodríguez, 2013; León-Martínez, Campos-Pinzón, & Arguelles-Cárdenas, 2019) and cultural control by knocking down and destroying infected palms (Carreño-Correa et al., 2013; Quintero, 2010) are occasionally applied.

Mechanical control of *R. palmarum* using pheromone traps is the most appropriate strategy for managing

Introducción

El picudo negro de la palma, *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae), es la plaga más importante en plantaciones de coco (*Cocos nucifera* L.), palmera datilera (*Phoenix dactylifera* L.) y palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) en el continente americano (Rodríguez-Currea, Marulanda-López, & Amaya, 2017; Silva-Dionisio et al., 2020). La distribución del insecto abarca desde el sureste de California y Texas hasta Argentina, Paraguay, Uruguay y Bolivia (Aldana de la Torre, Aldana de la Torre, & Moya, 2010; Oehlschlager, Chinchilla, Castillo, & González, 2002).

En México, Landero-Torres et al. (2015) y Murguía-González et al. (2017) reportaron la incidencia de *R. palmarum* en cultivos de palmeras ornamentales como *Washingtonia robusta* Wendl., *Livistona australis* (R. Br.) Mart. y *Dypsis lutescens* (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf. Las hembras adultas de *R. palmarum* depositan sus huevos en la copa de las palmas y las larvas producen galerías en el meristemo apical. El umbral económico es de 20 larvas por palma, cantidad suficiente para ocasionar una infestación letal. Además, los adultos son el vector del nemátodo *Bursaphelenchus cocophilus* (Cobb.), agente causal de la enfermedad del 'anillo rojo' en las plantaciones de *C. nucifera* (Cysne, Cruz, Cunha, & Rocha, 2013; Sumano, Sánchez, Romero, & Sol, 2012).

En el Pacífico-centro de México (Colima, Michoacán y Jalisco), la asociación de *R. palmarum* y *B. cocophilus* es el principal problema fitosanitario para la producción de coco. Este complejo ocasiona pérdidas de hasta 80 % en plantaciones jóvenes (menores de cuatro años), incluyendo genotipos de híbridos y ecotipos (Sánchez-Ríos, Gutiérrez-López, Aragón-Robles, & Córdova-Gámez, 2017). Se han realizado estudios para encontrar formas eficientes de control para este complejo; sin embargo, la aplicación de insecticidas químicos (carbaryl, carbofurano, fipronil, imidacloprid y fenilpirazol) sigue siendo la principal estrategia por los productores, a pesar de los inconvenientes ambientales que conlleva el uso de estas moléculas de síntesis química. Como alternativas, algunos productores emplean el control mecánico y etológico a través de trampas con feromona de agregación (2 (E)-6-metil-2-hepten-4-ol) (Rhynchophorol, Pherocon®) y cebos alimenticios (Abdelazim, Aldosari, Mumtaz, Vidyasagar, & Shukla, 2017; Hoddle & Hoddle, 2015; Murguía-González et al., 2017). La aplicación de hongos entomopatógenos como control biológico (Alencar-Lima et al., 2020; Carreño-Correa, Salazar-Mercado, & Espinel-Rodríguez, 2013; León-Martínez, Campos-Pinzón, & Arguelles-Cárdenas, 2019) y el control cultural mediante el derribo y destrucción de palmas infectadas (Carreño-Correa et al., 2013; Quintero, 2010) se emplean de manera ocasional.

this pest, due to its ethology and biological cycle. Therefore, it is important to evaluate trap designs with the purpose of massive trapping of *R. palmarum* adults and thus reduce damage in coconut cropping systems (monoculture and associated crops). Therefore, finding an effective and low-cost trap is a major objective of the study, since many coconut growers have small properties and lack information that would motivate them to use a particular trap. On the other hand, the role that environmental conditions (solar radiation, precipitation, temperature, wind speed, among others) play in the efficiency of mass trapping of *R. palmarum* is unknown (Cysne et al., 2013; Ferreira, Leal, Sarro, Araujo, & Moura, 2003; Landero-Torres et al., 2015).

The objectives of this research were to determine the efficiency of trapping *R. palmarum* and its cost-benefit in two coconut plantations ('Alto Pacífico ecotipo 2' and 'Enano-Verde de Brasil'), as well as to correlate mass trapping with environmental factors.

Materials and Methods

Study area

The study was carried out in two coconut orchards. The first corresponded to the genotype 'Alto Pacífico ecotipo 2' with a size of 56 ha including plants from five (60 %) to 30 years (40 %) of age. This variety initiates flowering between 5 and 7 years, fruits at 2.5 m, has heights of 25 to 30 m and produces up to 123 fruits-palm⁻¹·yr⁻¹ (Flores López et al., 2014). The orchard was located at 10 m elevation in the municipality of Armería, Colima, Mexico (18° 54' 59.2" N; 103° 59' 39.3" W), in a warm sub-humid climate with an average temperature of 26.4 °C, maximum and minimum of 30 °C and 18 °C, respectively, relative humidity of 86 % and precipitation of 790 mm·yr⁻¹. The second orchard corresponded to the genotype 'Enano-Verde de Brasil' with an area of 26 ha, located in Caleras, Tecomán, Colima, Mexico (18° 59' 29.08" N; 103° 53' 21.16" W). This plantation included two-year-old plants, an age when flowering begins, fruit at 0.8 m, have heights of 10 to 12 m, and produce up to 200 fruits-palm⁻¹·yr⁻¹ (Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario y Forestal de Nicaragua [FUNICA], 2000). The orchard was located at 74 m in a warm sub-humid climate with an average temperature of 26 °C, maximum temperature of 30 °C and minimum of 18 °C, annual thermal oscillation of 13.5 °C with relative humidity of 88 % and precipitation of 790 mm·yr⁻¹.

Rhynchophorus palmarum trapping

In the orchard with 'Alto Pacífico ecotipo 2', the efficiency of the traps for mass trapping of *R. palmarum* adults was evaluated with five types of traps with six

El control mecánico de *R. palmarum* mediante trampas con feromona es la estrategia más adecuada para el manejo de esta plaga, debido a su etología y ciclo biológico. En este sentido, es de importancia económica la evaluación de diseños de trampas con el propósito de capturar masivamente a los adultos de *R. palmarum* y así disminuir los daños en los sistemas de cultivo de coco (monocultivo y cultivos asociados). Por lo tanto, encontrar una trampa eficiente y económica es un objetivo preponderante de estudio, debido a que numerosos productores de coco poseen propiedades pequeñas y carecen de información que los motive a utilizar una trampa en especial. Por otra parte, se desconoce el papel que las condiciones ambientales (radiación solar, precipitación, temperatura, velocidad del viento, entre otras) desempeñan en la eficiencia de la captura masiva de *R. palmarum* (Cysne et al., 2013; Ferreira, Leal, Sarro, Araujo, & Moura, 2003; Landero-Torres et al., 2015).

En tal contexto, los objetivos de esta investigación fueron determinar la eficiencia en la captura de *R. palmarum* mediante trampeo y su costo-beneficio en dos plantaciones de coco ('Alto Pacífico ecotipo 2' y 'Enano Verde de Brasil'), así como correlacionar la captura masiva con los factores ambientales.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en dos huertas de coco. La primera correspondió al genotipo 'Alto Pacífico ecotipo 2' con una dimensión de 56 ha que incluye plantas desde cinco (60 %) hasta 30 años (40 %) de edad. Esta variedad inicia su floración entre los 5 y 7 años, fructifica a los 2.5 m, posee alturas de 25 a 30 m y produce hasta 123 frutos-palma⁻¹·año⁻¹ (Flores López et al., 2014). La huerta se situó a 10 m de elevación en el municipio de Armería, Colima, México (18° 54' 59.2" LN; 103° 59' 39.3" LO), en un clima cálido subhúmedo con temperatura promedio de 26.4 °C, máxima y mínima de 30 °C y 18 °C, respectivamente, humedad relativa de 86 % y precipitación de 790 mm·año⁻¹. La segunda huerta correspondió al genotipo 'Enano Verde de Brasil' con una superficie de 26 ha, ubicada en Caleras, Tecomán, Colima, México (18° 59' 29.08" LN; 103° 53' 21.16" LO). Esta plantación incluyó plantas de dos años, edad a la que inicia su floración, fructifica a 0.8 m, tiene alturas de 10 a 12 m y produce hasta 200 frutos-palma⁻¹·año⁻¹ (Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario y Forestal de Nicaragua [FUNICA], 2000). La huerta se situó a 74 m en un clima cálido subhúmedo con temperatura promedio de 26 °C, temperatura máxima de 30 °C y mínima de 18 °C, oscilación térmica anual de 13.5 °C con humedad relativa del 88 % y precipitación de 790 mm·año⁻¹.

replicates each (Figure 1). The designs were established based on scientific literature: bucket type (Murguía-González et al., 2017), trash can (Ramos et al., 2017), gallon type (Moya-Murillo, Aldana-De la Torre, & Bustillo-Pardey, 2015; Rodríguez-Currea et al., 2017), CSAT trap (Colegio Superior de Agricultura Tropical, Tabasco, Mexico) and bottle type (Murguía-González et al., 2017). The traps were placed on the perimeter of the orchard 100 m from each other and were randomly distributed. Pieces of sugarcane (200 g) and molasses (100 mL) were used for each trap as food bait that was replaced every 15 days and a capsule of Rhynchophorol (Pherocon®) as aggregation pheromone that was replaced every three months in the sampling year. Insects were collected every week starting in August 2018 and ending the same month in 2019. The total insect catch was recorded, as well as the number of females and males.

The population fluctuation of *R. palmarum* trapping and its correlation with climate variables was analyzed with data from 20-gallon traps for one year in the orchard of the hybrid 'Enano-Verde de Brasil'. This type of trap, due to its easy elaboration, is the most used by

Trampeo de *Rhynchophorus palmarum*

En el huerto con 'Alto Pacífico ecotipo 2', la eficiencia de las trampas para la captura masiva de adultos de *R. palmarum* se evaluó con cinco tipos de trampas con seis repeticiones cada una (Figura 1). Los diseños se establecieron con base en la literatura científica: tipo cubeta (Murguía-González et al., 2017), bote de basura (Ramos et al., 2017), tipo galón (Moya-Murillo, Aldana-De la Torre, & Bustillo-Pardey, 2015; Rodríguez-Currea et al., 2017), trampa CSAT (Colegio Superior de Agricultura Tropical, Tabasco, México) y tipo botella (Murguía-González et al., 2017). Las trampas se colocaron en el perímetro de la huerta a 100 m una de la otra y se distribuyeron al azar. En cada trampa se utilizaron trozos de caña de azúcar (200 g) y melaza (100 mL) como cebo alimenticio que se reemplazó cada 15 días y una cápsula de Rhynchophorol (Pherocon®) como feromona de agregación que se sustituyó cada tres meses durante el año de muestreo. Los insectos se recolectaron cada semana iniciando en agosto del 2018 y finalizando el mismo mes del 2019. Se registró la captura total de insectos, así como el número de hembras y machos.



Figure 1. Trap positions (BT = bucket type, TCT = trash can trap type, GT = gallon type, CSAT = Colegio Superior de Agricultura Tropical trap, BT = bottle type) at the experimental area of the coconut orchard with the genotype 'Alto Pacífico ecotipo 2' in Armería, Colima, Mexico.

Figura 1. Posición de las trampas (TC = tipo cubeta, TBB = tipo bote de basura, TG = tipo galón, CSAT = trampa Colegio Superior de Agricultura Tropical, TB = tipo botella) en el área experimental de la huerta de coco con el genotipo 'Alto Pacífico ecotipo 2' en Armería, Colima, México.

coconut producers in the region. Trapping *R. palmarum* adults in 'Alto Pacifico ecotype 2' and 'Enano-Verde de Brasil' were compared based on data from six-gallon traps from each orchard. Each trap was considered as a replicate. Trapping data were collected for 52 weeks, and total insect trapping, and number of females and males were recorded.

Estimate of the annual trapping cost and its cost-benefit.

The annual trapping cost (ATC) of each of the traps used was calculated using the equation proposed by Murguía-González et al. (2017):

$$ATC = (Ct + (Cf * Frf) + ((Cmol + Cc) * FrCb) + (Cmu * Fm)) * Nt$$

where,

Ct = cost of each trap based on the cost of the materials for manufacture

Cf = cost of the aggregation pheromone in the year under study

Frf = frequency of pheromone replacement (every three months)

Cmol = cost of molasses according to the price of the livestock association of Tecomán, Colima

Cc = cost of sugarcane in the local market.

FrCb = frequency of feed bait replacement (every 15 days)

Cmu = cost of weekly sampling obtained by dividing one minimum wage by the six repetitions of each type of trap.

Fm = frequency of sampling in one year

Nt = number of traps (replicates) used for each trap type.

The cost-benefit of trapping *R. palmarum*, per trap type, was determined by dividing the ATC by the total number of adults trapped.

Data analysis

The response variable (trapping) to determine trap efficiency was analyzed using a deviancy analysis with a quasi-Poisson distribution (Crawley, 2012). This analysis is a generalized linear model (GLM) that analyzes

En la huerta del híbrido 'Enano Verde de Brasil', la fluctuación poblacional de captura de *R. palmarum* y su correlación con las variables climáticas se analizó con datos de 20 trampas tipo galón durante un año. Este tipo de trampa, debido a su fácil elaboración, es la más utilizada por los productores de coco en la región. La captura de adultos de *R. palmarum* en 'Alto Pacífico ecotipo 2' y 'Enano Verde de Brasil' se compararon a partir de los datos de seis trampas tipo galón de cada huerta. Cada trampa se consideró como una réplica. Se recopilieron datos de captura durante 52 semanas y se registró la captura total de insectos y número de hembras y machos.

Estimación del costo anual de trampeo y su costo-beneficio

El costo anual de trampeo (CAT) de cada una de las trampas utilizadas se calculó mediante la ecuación propuesta por Murguía-González et al. (2017):

$$CAT = (Ct + (Cf * Frf) + ((Cmel + Cc) * FrCb) + (Cmu * Fm)) * Nt$$

donde,

Ct = costo de cada trampa tomando en cuenta el costo de los materiales para su fabricación

Cf = costo de la feromona de agregación en el año de estudio

Frf = frecuencia de reemplazo de la feromona (cada tres meses)

Cmel = costo de la melaza de acuerdo con el precio de la asociación ganadera del municipio de Tecomán, Colima

Cc = costo de la caña de azúcar en el mercado local

FrCb = frecuencia de reemplazo del cebo alimenticio (cada 15 días)

Cmu = costo del muestreo semanal obtenido al dividir un salario mínimo entre las seis repeticiones de cada tipo de trampa

Fm = frecuencia de muestreo durante un año

Nt = número de trampas (repeticiones) utilizadas por cada tipo de trampa.

El costo-beneficio de trampeo de *R. palmarum*, por tipo de trampa, se obtuvo de la división del CAT entre el total de adultos capturados.

one or more discrete independent variables (such as treatments) and a numerical dependent variable, such as insect trapping, in this case, discrete because they were counted. Subsequently, means were compared with the least significant difference test ($P \leq 0.05$). A Spearman correlation ($P \leq 0.05$) was made between insect trapping and temperature (mean, minimum and maximum), relative humidity, precipitation and wind speed. The environmental parameters of the two coconut orchards were obtained from the weather station in Armería (18.9146, -103.9692) and Tecomán (18.9668, -103.8422) of the Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) in Colima. All analyses were performed with the program 'R' (R Core Team, 2016).

Results

Trap efficiency

Table 1 shows the trapping in 52 weeks of sampling in a plantation of *C. nucifera* 'Alto Pacífico ecotipo 2' (Figure 2). A total of 3414 insects were trapped (2144 females = 63 % and 1270 males = 37 %) with a female:male ratio of 1.7:1. According to statistical analyses ($F = 4.08$, $P = 0.014$), the most effective traps for capturing *R. palmarum* were the trash can and CSAT traps with average of 229 and 186 adults captured per trap, which represented 40.3 % and 32.7 % of the total, respectively. In the case of males and females,

Análisis de datos

La variable de respuesta (captura) para determinar la eficiencia de las trampas se analizó mediante un análisis de devianza con una distribución cuasi-Poisson (Crawley, 2012). Este análisis es un modelo lineal generalizado (GLM) que analiza una o varias variables independientes discretas (como los tratamientos) y una variable dependiente numérica, como la captura de insectos, en este caso, discreta por ser recuentos. Posteriormente, las medias se compararon con la prueba diferencia mínima significativa ($P \leq 0.05$). Se hizo una correlación de Spearman ($P \leq 0.05$) entre la captura de insectos con la temperatura (media, mínima y máxima), humedad relativa, precipitación y velocidad del viento. Los parámetros ambientales de las dos huertas de coco se obtuvieron de la estación climática en Armería (18.9146, -103.9692) y Tecomán (18.9668, -103.8422) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en Colima. Todos los análisis se realizaron con el programa 'R' (R Core Team, 2016).

Resultados

Eficiencia de las trampas

El Cuadro 1 indica las capturas en 52 semanas de muestreos en una plantación de *C. nucifera* 'Alto Pacífico ecotipo 2' (Figura 2). Se capturaron 3414 insectos (2144 hembras = 63 % y 1270 machos = 37 %)

Table 1. Trapping *Rhynchophorus palmarum* adults in five types of traps in a coconut orchard with the genotype 'Alto Pacífico ecotipo 2' in one year of monitoring in Armería, Colima, Mexico.

Cuadro 1. Captura de adultos de *Rhynchophorus palmarum* en cinco tipos de trampas en una huerta de coco con el genotipo 'Alto Pacífico ecotipo 2' en un año de monitoreo en Armería, Colima, México.

Type of trap/ Tipo de trampa	Males/ Machos		Females/ Hembras		Males and females/ Machos y hembras		Females: males ratio/ Relación hembras: machos	Trapping (%)/ Captura (%)
	Per trap/ Por trampa	Total	Per trap/ Por trampa	Total	Per trap/ Por trampa	Total		
Bucket/Cubeta	26.33 ± 1.6 bc	158	38.66 ± 2.1 c	232	65.00 ± 3.4 b	390	1.4:1	11.4
Trash can/Bote de basura	82.66 ± 16.1 a	496	146.83 ± 23.9 a	881	229.50 ± 40.0 a	1377	1.7:1	40.3
Gallon/Galón	20.33 ± 0.9 c	122	35.83 ± 1.6 c	215	56.16 ± 2.3 b	337	1.7:1	9.9
CSAT	68.66 ± 5.3 b	412	117.50 ± 7.9 b	705	186.16 ± 13.1 a	1117	1.7:1	32.7
Bottle/Botella	13.66 ± 1.0 c	82	18.50 ± 1.6 c	111	32.16 ± 2.6 b	193	1.3:1	5.7
Total trapping/Captura total	1270	-	2144	-	3414	-	1.7:1	100
F value/Valor F	3.09	-	4.77	-	4.08	-	-	-
P value/Valor P	0.039	-	<0.007	-	<0.014	-	-	-

CSAT = Colegio Superior de Agricultura Tropical trap. ± Standard deviation of the mean. Letters in each column indicate grouping of means according to the least significant difference ($P \leq 0.05$).

CSAT = trampa Colegio Superior de Agricultura Tropical. ± Desviación estándar de la media. Las letras en cada columna indican la agrupación de medias de acuerdo con la diferencia mínima significativa ($P \leq 0.05$).

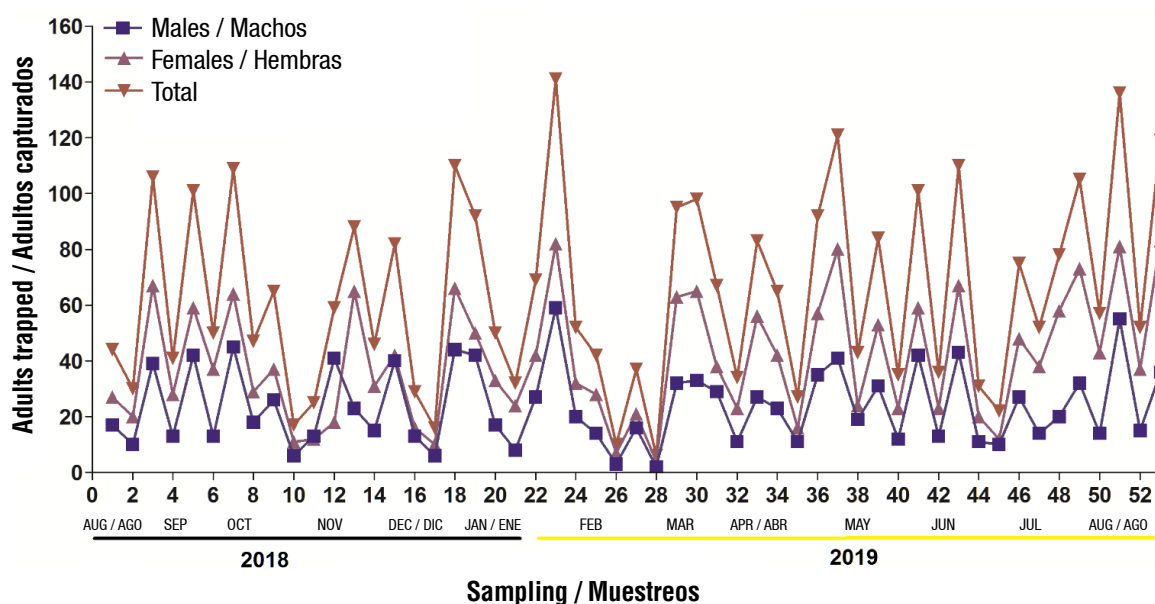


Figure 2. Fluctuation in trapping *Rhynchophorus palmarum* with five types of traps for one year in a coconut orchard with the genotype 'Alto Pacífico ecotipo 2' in Armería, Colima, Mexico.

Figura 2. Fluctuación de captura de *Rhynchophorus palmarum* con cinco tipos de trampa durante un año en una huerta de coco con el genotipo 'Alto Pacífico Ecotipo 2' en Armería, Colima, México.

the same behavior was found for trash can traps (82.66 males and 146.83 females) and CSAT (68.66 males and 117.50 females), which had the highest trapping values ($P < 0.05$) compared to the other traps.

Figure 3 shows the capture fluctuation of *R. palmarum* with the gallon trap in the orchard with the hybrid 'Enano-Verde de Brasil'. During the sampling year, 4799 adults were captured, of which 1725 were males (36 %) and 3074 females (64 %), with a ratio of 1.7:1 females:males, respectively. Figure 4 compares the two coconut plantations; according to Table 2, there were statistically significant differences in male ($F = 59.36$, $P < 2 \times 10^{-11}$), female ($F = 67.36$, $P < 2 \times 10^{-11}$) and total ($F = 71.40$, $P < 7 \times 10^{-13}$) capture.

Cost-benefit of trapping *Rhynchophorus palmarum*

CSAT and trash can traps had the highest annual cost, while the bottle trap was the least expensive, due to the material used (Table 3); however, when including insect capture in the cost-benefit equation (Figure 5), it was observed that TCT and CSAT had the best cost-benefit with 4.3 and 5.5 MXN per insect, respectively. In contrast, the bottle trap had the highest capture cost per insect (29.1 MXN).

Correlation between *Rhynchophorus palmarum* trapping and climate variables

The climate factors correlated with insect capture in the 'Alto Pacífico ecotype 2' plantation were relative

con una proporción hembra:macho de 1.7:1. Según los análisis estadísticos ($F = 4.08$, $P = 0.014$), las trampas más efectivas para la captura de *R. palmarum* fueron los tipo botes de basura y CSAT con promedios de captura de 229 y 186 adultos capturados por trampa, que representaron 40.3 % y 32.7 % del total, respectivamente. En caso de machos y hembras se encontró el mismo comportamiento en las trampas tipo bote de basura (82.66 machos y 146.83 hembras) y CSAT (68.66 machos y 117.50 hembras), las cuales tuvieron los valores más altos de captura ($P < 0.05$) en comparación con las otras trampas.

La Figura 3 muestra la fluctuación de la captura de *R. palmarum* con la trampa tipo galón en la huerta con el híbrido 'Enano Verde de Brasil'. Durante el año de muestreo se capturaron 4799 adultos, de los cuales 1725 fueron machos (36 %) y 3074 hembras (64 %), con una relación de 1.7:1 hembras:machos, respectivamente. La Figura 4 compara las dos plantaciones de coco; de acuerdo con el Cuadro 2, hubo diferencias estadísticamente significativas en la captura de machos ($F = 59.36$, $P < 2 \times 10^{-11}$), hembras ($F = 67.36$, $P < 2 \times 10^{-11}$) y total ($F = 71.40$, $P < 7 \times 10^{-13}$).

Costo-beneficio de la captura de *Rhynchophorus palmarum*

Las trampas tipo CSAT y bote de basura obtuvieron el mayor costo anual, mientras que trampa tipo botella fue la más económica, debido al material utilizado (Cuadro 3); sin embargo, al incluir la captura de insectos

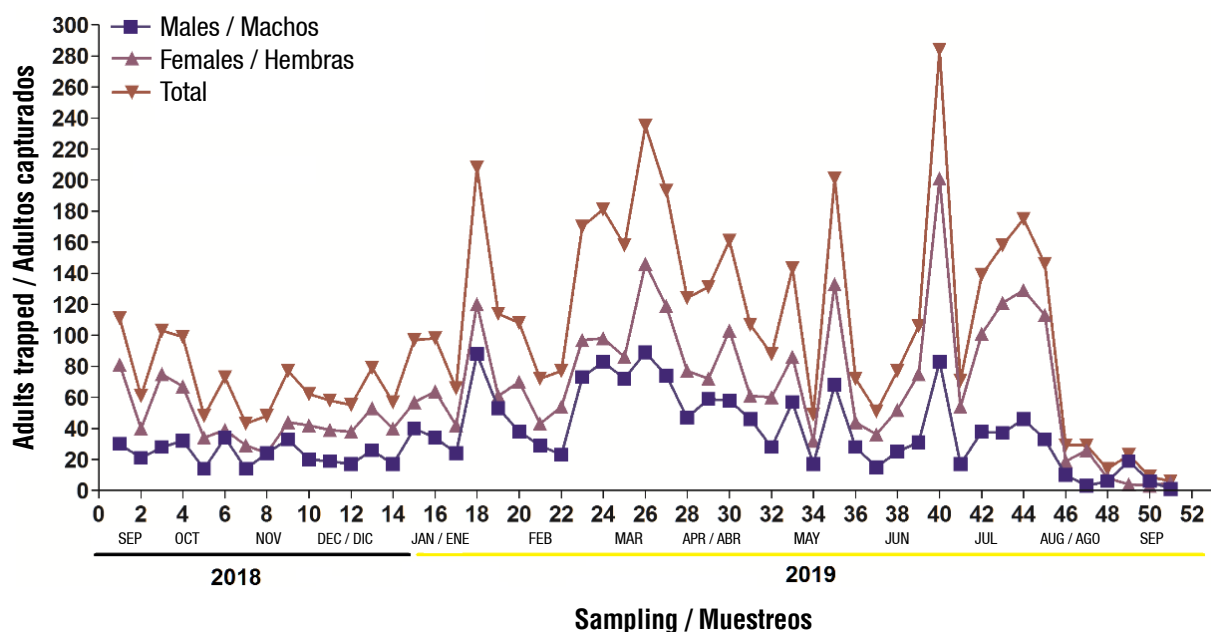


Figure 3. Fluctuation in trapping *Rhynchophorus palmarum* using gallon traps for one year in a coconut orchard with the genotype 'Enano-Verde de Brasil' in Caleras, Tecomán, Colima, Mexico.

Figura 3. Fluctuación de captura de *Rhynchophorus palmarum* con trampas tipo galón durante un año en una huerta de coco con el genotipo 'Enano Verde de Brasil' en Caleras, Tecomán, Colima, México.

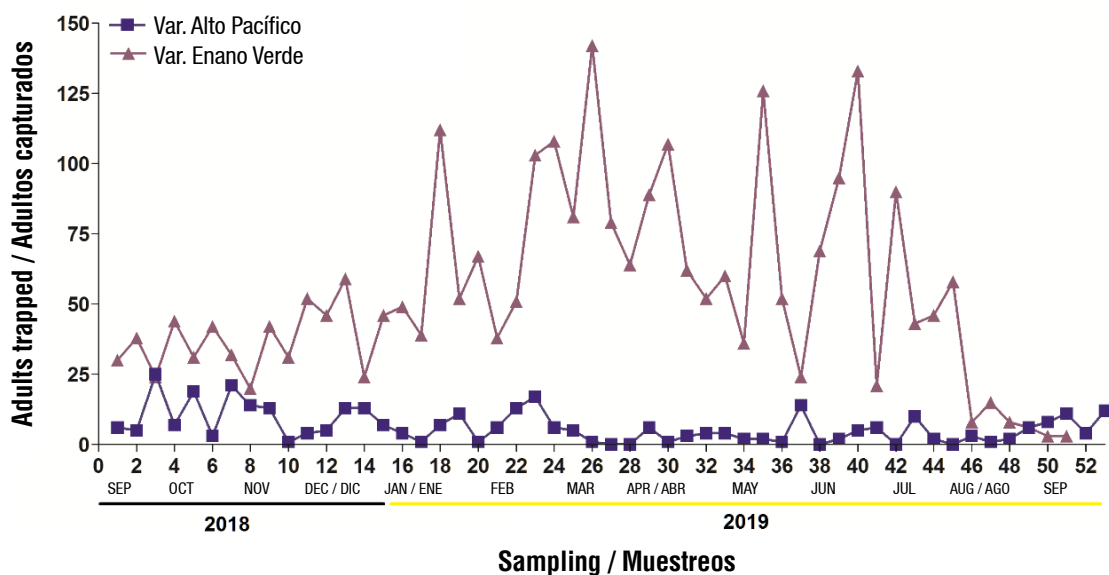


Figure 4. Comparison of *Rhynchophorus palmarum* captured with gallon traps in two coconut plantations with genotypes 'Alto Pacífico ecotipo 2' and 'Enano-Verde de Brasil' for one year of monitoring in Armería, Colima, Mexico.

Figura 4. Comparación de la captura de *Rhynchophorus palmarum* con trampas tipo galón en dos plantaciones de coco con genotipos 'Alto Pacífico ecotipo 2' y 'Enano Verde de Brasil' durante un año de monitoreo en Armería, Colima, México.

Table 2. Deviance analysis with quasi-Poisson distribution in the comparison of *Rhynchophorus palmarum* capture with gallon traps in two coconut orchards for one year of monitoring in Armería, Colima, Mexico.

Cuadro 2. Análisis de devianza con distribución cuasi-Poisson de la comparación de captura de *Rhynchophorus palmarum* con trampas tipo galón en dos huertas de coco durante un año de monitoreo en Armería, Colima, México.

Genotype / Genotipo	Total	Males / Machos	Females / Hembras
Alto Pacífico	6.49 ± 4.89	2.31 ± 0.73	4.17 ± 2.49
Enano-Verde de Brasil	29.60 ± 50.96	10.70 ± 8.24	18.89 ± 21.10
<i>F</i> value / Valor <i>F</i>	71.40	59.36	67.36
<i>P</i> value / Valor <i>P</i>	<7 x 10 ⁻¹³	2 x 10 ⁻¹¹	2 x 10 ⁻¹¹

±Standard deviation of the mean.

±Desviación estándar de la media.

Table 3. Annual cost of mass trapping of *Rhynchophorus palmarum* in a coconut orchard with the genotype 'Alto Pacífico ecotipo 2' in Armería, Colima.

Cuadro 3. Costo anual del trampeo masivo de *Rhynchophorus palmarum* en una huerta de coco con el genotipo 'Alto Pacífico ecotipo 2' en Armería, Colima.

Trap / Trampa	Cebo / Food bait				Pheromone / Feromona		Sampling		Annual cost (MXN)	
	Cost (MXN) / Costo (MXN)	Molasses (MXN) / Melaza (MXN)	Sugar cane (MXN) / Caña (MXN)	Replacements / Reemplazos	Cost (MXN)	Replacements / Reemplazos	Cost* (MXN) / Costo* (MXN)	Number / Número	Per trap / Por trampa	Total (n = 6)
Bucket / Cubeta	12	1.5	0.2	24	55	4	14.08	48	948.64	5 691.84
Trash can / Bote de basura	49.5	1.5	0.2	24	55	4	14.08	48	986.14	5 916.84
Gallon / Galón	20	1.5	0.2	24	55	4	14.08	48	956.64	5 739.84
CSAT	85	1.5	0.2	24	55	4	14.08	48	1021.64	6 129.84
Bottle / Botella	0	1.5	0.2	24	55	4	14.08	48	936.64	5 619.84

CSAT = Colegio Superior de Agricultura Tropical trap. The cost of weekly sampling was determined by dividing one minimum wage by the six replicates of each trap.

CSAT = trampa Colegio Superior de Agricultura Tropical. El costo del muestreo semanal se obtuvo al dividir un salario mínimo entre las seis repeticiones de cada trampa.

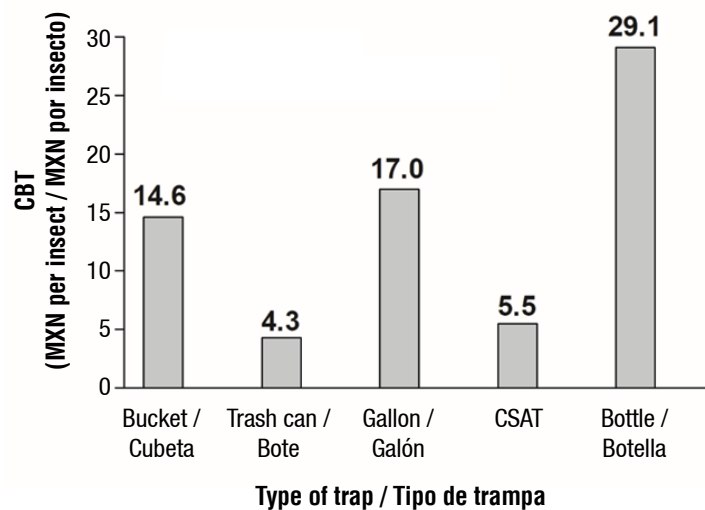


Figure 5. Cost-benefit of trapping (CBT) of *Rhynchophorus palmarum* adults in a coconut orchard with the genotype 'Alto Pacífico ecotipo 2' in Armería, Colima, Mexico. CSAT = Colegio Superior de Agricultura Tropical trap.

Figura 5. Costo-beneficio de trampeo (CBT) de adultos de *Rhynchophorus palmarum* en una huerta de coco con el genotipo 'Alto Pacífico ecotipo 2' en Armería, Colima, México. CSAT = trampa Colegio Superior de Agricultura Tropical.

humidity ($\rho = -0.2814$, $P = 0.0412$) with total capture; maximum temperature ($\rho = 0.2995$, $P = 0.0293$) and, again, relative humidity ($\rho = -0.2929$, $P = 0.0332$) with the capture of females (Table 4). It is important to mention that male capture was not correlated with climate variables. In the case of the orchard with the hybrid 'Enano-Verde de Brasil' (Table 5), total capture was correlated with minimum temperature ($\rho = -0.4477$, $P = 0.0011$), average temperature ($\rho = -0.3862$, $P = 0.0056$) and relative humidity ($\rho = -0.3650$, $P = 0.0091$). Male capture was correlated with accumulated precipitation ($\rho = -0.3016$, $P = 0.0332$), average precipitation ($\rho = -0.2987$, $P = 0.0350$), minimum temperature ($\rho = -0.552753$, $P = 3 \times 10^{-5}$), average temperature ($\rho = -0.4930$, $P = 0.0002$) and relative humidity ($\rho = -0.4292$, $P = 0.0018$). Female capture was correlated with minimum temperature ($\rho = -0.3608$, $P = 0.0100$), average temperature

en la ecuación costo-beneficio (Figura 5), se observó que la TBB y CSAT poseen mejor costo-beneficio con 4.3 y 5.5 MXN por insecto, respectivamente. Por el contrario, la trampa tipo botella tuvo el mayor costo de captura por insecto (29.1 MXN).

Correlación entre captura de *Rhynchophorus palmarum* y variables climáticas

En la plantación de 'Alto Pacífico ecotipo 2', los factores climáticos que se correlacionaron con la captura de insectos fueron: humedad relativa ($\rho = -0.2814$, $P = 0.0412$) con la captura total; temperatura máxima ($\rho = 0.2995$, $P = 0.0293$) y, nuevamente, humedad relativa ($\rho = -0.2929$, $P = 0.0332$) con la captura de hembras (Cuadro 4). Cabe mencionar que la captura de machos no se correlacionó con las variables climáticas. En el caso de la huerta con el híbrido 'Enano Verde

Table 4. Spearman correlation coefficient between climate variables and *Rhynchophorus palmarum* trapped in a coconut orchard 'Alto Pacífico ecotipo 2' in Armería, Colima, Mexico.

Cuadro 4. Coeficiente de correlación de Spearman entre variables climáticas y la captura de *Rhynchophorus palmarum* en una huerta de coco 'Alto Pacífico ecotipo 2' en Armería, Colima, México.

Climate variable/ Variable climática	Total capture/Captura total			Males/Machos			Females/Hembras		
	ρ	P value/ Valor P	$\alpha = 0.05$	ρ	P value/ Valor P	$\alpha = 0.05$	ρ	P value/ Valor P	$\alpha = 0.05$
Accumulated precipitation (mm)/ Precipitación acumulada (mm)	-0.0257	0.8549	NS	-0.0956	0.4957	NS	0.0310	0.8252	NS
Average precipitation (mm)/ Precipitación promedio (mm)	-0.0257	0.8549	NS	-0.0956	0.4957	NS	0.0310	0.8252	NS
Maximum temperature (°C) / Temperatura máxima (°C)	0.2661	0.0540	NS	0.1529	0.2743	NS	0.2995	0.0293	*
Minimum temperature (°C) / Temperatura mínima (°C)	0.0726	0.6051	NS	-0.0038	0.978	NS	0.1140	0.4159	NS
Average temperature (°C)/ Temperatura promedio (°C)	0.1245	0.3742	NS	0.0403	0.7743	NS	0.1617	0.2471	NS
Wind speed (km·h ⁻¹)/ Velocidad del viento (km·h ⁻¹)	0.0292	0.8354	NS	-0.0117	0.9337	NS	0.0414	0.7684	NS
Relative humidity (%)/ Humedad relativa (%)	-0.281417	0.0412	*	-0.2247	0.1057	NS	-0.2929	0.0332	*

Non-significant (NS) and significant (*).

No significativo (NS) y significativo (*).

Table 5. Spearman correlation coefficient between climate variables and *Rhynchophorus palmarum* captured in a coconut orchard with the hybrid 'Enano-Verde de Brasil' in Caleras, Tecomán, Colima, Mexico.

Cuadro 5. Coeficiente de correlación de Spearman entre variables climáticas y la captura de *Rhynchophorus palmarum* en una huerta de coco con el híbrido 'Enano Verde de Brasil' en Caleras, Tecomán, Colima, México.

Climate variable/ Variable climática	Total capture/Captura total			Males/Machos			Females/Hembras		
	rho	P value/ Valor P	$\alpha = 0.05$	rho	P value/ Valor P	$\alpha = 0.05$	rho	P value/ Valor P	$\alpha = 0.05$
Accumulated precipitation (mm)/ Precipitación acumulada (mm)	-0.1259	0.3834	NS	-0.3016	0.0332	*	-0.0677	0.6403	NS
Average precipitation (mm)/ Precipitación promedio (mm)	-0.1272	0.3784	NS	-0.2987	0.0350	*	-0.0703	0.6271	NS
Maximum temperature (°C) / Temperatura máxima (°C)	0.1723	0.2313	NS	0.1128	0.4353	NS	0.1945	0.1757	NS
Minimum temperature (°C) / Temperatura mínima (°C)	-0.4477	0.0011	**	-0.5527	0.00003	***	-0.3608	0.0100	*
Average temperature (°C)/ Temperatura promedio (°C)	-0.3862	0.0056	**	-0.4930	0.0002	***	-0.2922	0.0394	*
Wind speed (km·h ⁻¹)/ Velocidad del viento (km·h ⁻¹)	0.1632	0.2574	NS	0.0067	0.9629	NS	0.2415	0.0909	NS
Relative humidity (%)/ Humedad relativa (%)	-0.3650	0.0091	**	-0.4292	0.0018	**	-0.3306	0.0190	*

Non-significant (NS), significant (*), highly significant (**) and highly significant (***) correlations.

Correlaciones no significativas (NS), significativas (*), muy significativas (**) y altamente significativas (***).

(rho = -0.2922, $P = 0.0394$) and relative humidity (rho = -0.3306, $P = 0.0190$). Correlations in both orchards were weak, less than 50 %.

Discussion

Efficiency of traps for capturing *Rhynchophorus palmarum*

The trash can and CSAT trap were the most effective, trapping 6.13 and 4.78 times more *R. palmarum* adults, respectively, compared to the bottle trap which was the least effective. In another study, Ovando-Cruz et al. (2019) compared the CSAT trap against the yellow

de Brasil' (Cuadro 5), la captura total se correlacionó con la temperatura mínima (rho = -0.4477, $P = 0.0011$), temperatura media (rho = -0.3862, $P = 0.0056$) y humedad relativa (rho = -0.3650, $P = 0.0091$). La captura de machos se correlacionó con precipitación acumulada (rho = -0.3016, $P = 0.0332$), precipitación promedio (rho = -0.2987, $P = 0.0350$), temperatura mínima (rho = -0.552753, $P = 3 \times 10^{-5}$), temperatura promedio (rho = -0.4930, $P = 0.0002$) y humedad relativa (rho = -0.4292, $P = 0.0018$). La captura de hembras se correlacionó con temperatura mínima (rho = -0.3608, $P = 0.0100$), temperatura promedio (rho = -0.2922, $P = 0.0394$) y humedad relativa (rho = -0.3306, $P = 0.0190$). En ambas huertas, las correlaciones fueron débiles, menores de 50 %.

PET (polyethylene terephthalate) type and found that the former was more effective by capturing 0.33 times more insects. Murguía-González et al. (2017) evaluated the efficiency of the yellow bucket trap (similar to CSAT) with the white bucket, clear bottle, and green bottle types (same as the one evaluated in this study). The yellow bucket trap captured 1.22 times more insects than the green bottle trap; this result is similar to that found in the present study, since the CSAT trap captured 4.78 times more insects than the bottle type.

On the other hand, Sumano et al. (2012) evaluated bucket traps with variants in their holes and compared them with the CSAT trap. The non-mesh bucket trap was the most effective, capturing 0.20 times more insects than the CSAT trap, which differs with the results of the present study, as it captured 1.86 times more insects than the bucket type. This discrepancy could be due to the height and arrangement of the traps in the field, a factor that should be considered in future studies.

Mechanical control, through trapping, has been shown to be effective in controlling *R. palmarum* populations by reducing the number of affected palms (Alpizar et al., 2009; Miguens et al., 2011). Hence the importance of evaluating and finding the most effective trap designs at the lowest cost. On the contrary, traps that do not show significant differences in capture have been reported. In this regard, Miguens et al. (2011) evaluated bucket and PET (soft drink) bottle traps and indicated there were no significant differences in insect capture, possibly because they did not use the aggregation pheromone. On the other hand, Montes and Ruiz (2014) used 20 L gallons with the same characteristics as those used in the present study; the variant was with and without plastic dispenser (600 mL) for the food bait (molasses), but no significant differences were found in the captures of *R. palmarum*.

Milosavljević, Hoddle, Mafra-Neto, Gómez-Marco, and Hoddle (2020) evaluated the bucket trap against the Picusan® trap, imported from Europe; the latter trapped five times more insects. This could be due to the position of the trap, because Picusan® was placed on the ground, where the insect can walk and climb to enter the trap, while the bucket type was hung 1 m high, which could make it difficult for the insect to enter, as it has a wandering flight. Recently, Milosavljević, Hoddle, Mafra-Neto, Gómez-Marco, and Hoddle (2021) concluded that bucket traps suspended 1.5 m above the ground attracted 30 % more insects than Picusan® traps placed on the ground; however, 82 % of the insects that entered the former escaped, while Picusan® retained 89 %. The result could be due to the design and color, because the latter is more airtight and black in color; usually, *R. palmarum* shelters in the dark.

Discusión

Eficiencia de trampas para la captura de *Rhynchophorus palmarum*

La trampa tipo bote de basura y CSAT fueron las más efectivas, ya que capturaron 6.13 y 4.78 veces más adultos de *R. palmarum*, respectivamente, que el tipo botella que fue la menos efectiva. En otro estudio, Ovando-Cruz et al. (2019) compararon la trampa tipo CSAT contra el tipo PET (tereftalato de polietileno) amarilla y encontraron que la primera fue más efectiva al capturar 0.33 veces más insectos. Asimismo, Murguía-González et al. (2017) evaluaron la eficiencia de la trampa amarilla tipo cubeta (similar a CSAT) contra los tipos cubeta blanca, botella transparente y botella verde (igual a la evaluada en este estudio). La trampa amarilla tipo cubeta capturó 1.22 veces más insectos que la trampa botella verde; este resultado se asemeja al encontrado en el presente estudio, ya que la trampa tipo CSAT capturó 4.78 veces más insectos que el tipo botella.

Por otra parte, Sumano et al. (2012) evaluaron trampas tipo cubeta con variantes en sus orificios y las compararon contra la trampa CSAT. La trampa cubeta sin malla fue la más eficaz, al capturar 0.20 veces más insectos que la trampa CSAT, lo cual difiere con los resultados del presente estudio, ya que esta capturó 1.86 veces más insectos que el tipo cubeta. Tal discrepancia podría deberse a la altura y disposición de las trampas en campo, variable que debería tomarse en cuenta en futuros estudios.

Se ha demostrado que el control mecánico, a través del trampeo, es eficaz en el control de las poblaciones de *R. palmarum* al disminuir el número de palmas afectadas (Alpizar et al., 2009; Miguens et al., 2011). De aquí la importancia de evaluar y encontrar los diseños de trampa más eficaces y con el menor costo. Por lo contrario, se han reportado trampas que no presentan diferencias significativas respecto a la captura. En este tenor, Miguens et al. (2011) evaluaron trampas tipo cubeta y botella PET (refresco) e indicaron que no existieron diferencias significativas en la captura de insectos, debido posiblemente a que no emplearon la feromona de agregación. Por otra parte, Montes y Ruiz (2014) utilizaron galones de 20 L con las mismas características de los utilizados en el presente estudio; la variante fue con y sin dispensador plástico (600 mL) para el cebo alimenticio (melaza), pero no se encontraron diferencias significativas en las capturas de *R. palmarum*.

Milosavljević, Hoddle, Mafra-Neto, Gómez-Marco, y Hoddle (2020) evaluaron la trampa tipo cubeta contra la trampa Picusan®, importada de Europa; esta última capturó cinco veces más insectos. Esto podría deberse a

Regarding the capture of males and females, in the two experimental plots, the capture of females was higher for all treatments, which coincides with that mentioned by Milosavljević et al. (2020), Moya-Murillo et al. (2015) and Ferreira et al. (2003), who attribute it to the use of aggregation pheromone; however, this is not a general rule, because other studies on aggregation pheromone disagree (Montes & Ruiz, 2014; Murguía-González et al., 2017; Sumano et al., 2012). It is possible that the capture of more females than males is because in this study no insecticides were used in the traps; therefore, males remained alive, probably generated their own pheromones and attracted more females as mentioned by Rodríguez-Currea et al. (2017).

No comparative studies of *R. palmarum* capture between coconut genotypes have been carried out; therefore, the present study represents the first contribution of comparison in two orchards with 'Alto Pacifico ecotype 2' (30-year-old palms and replants less than five years old) and 'Enano-Verde de Brasil' (two years old approximately). Carreño-Correa et al. (2013) point out that the age of the crop is not a determining factor in the incidence of the pest, although in the present study it was. On the other hand, there is agreement with Landero-Torres et al. (2015), who suggest that the morphology of the palm influences incidence; the genotype 'Enano-Verde de Brasil' is short, early and uniform in flowering compared to 'Alto Pacifico ecotipo 2' that can measure up to 15 m in height, which possibly favored a higher incidence and capture in the first genotype during the experimental period. Furthermore, Alpizar et al. (2002) and Fernandes et al. (2020) mention that agronomic management also influences pest incidence, since damaged, diseased or stressed palms release volatiles such as ethyl acetate acting as a natural attractant for *R. palmarum* (Moya-Murillo et al., 2015).

Cost-benefit of tramping *Rhynchophorus palmarum*

In mass trapping studies, costs are calculated based on labor, construction materials, food baits, pheromones and even insecticides, looking for the least expensive option. Montes and Ruiz (2014) calculated costs based on labor, materials and equipment; their results indicate that the molasses dispenser trap has an annual cost of 98.160 COP (Colombian pesos), while the one without dispenser is 112.85 COP. In another study, Murguía-González et al. (2017) reported that the colorless and green bottle traps were the least expensive (804 USD·ha⁻¹) followed by bucket (831 USD·ha⁻¹). However, in these cases they did not calculate the cost-benefit of trapping, whereas in the present study they did, because it is important for decision making regarding the trap choice.

la posición de la trampa, ya que la Picusan® fue colocada en el suelo, donde el insecto puede caminar y escalar para entrar a la trampa, mientras que el tipo cubeta se colgó a 1 m de altura, lo cual podría dificultar la entrada del insecto, ya que posee un vuelo errante. Recientemente, Milosavljević, Hoddle, Mafra-Neto, Gómez-Marco, y Hoddle (2021) concluyeron que las trampas tipo cubeta suspendidas a 1.5 m del suelo atrajeron 30 % más insectos que las trampas Picusan® colocadas en el suelo; sin embargo, 82 % de los insectos que ingresaron a las primeras escaparon, mientras que la Picusan® retuvo 89 %. El resultado podría deberse al diseño y color, ya que esta última es más hermética y de color negro; usualmente, *R. palmarum* se resguarda en la oscuridad.

Respecto a la captura de machos y hembras, en las dos parcelas experimentales, la captura de hembras fue mayor en todos los tratamientos, lo cual coincide con lo mencionado por Milosavljević et al. (2020), Moya-Murillo et al. (2015) y Ferreira et al. (2003), quienes lo atribuyen al uso de feromona de agregación; sin embargo, esto no es una regla general, ya que otros trabajos con feromona de agregación discrepan (Montes & Ruiz, 2014; Murguía-González et al., 2017; Sumano et al., 2012). Posiblemente, la captura de más hembras que machos se deba a que en el presente trabajo no se utilizaron insecticidas en las trampas; por lo tanto, los machos se mantuvieron vivos, posiblemente generaron sus propias feromonas y atrajeron más hembras como lo mencionan Rodríguez-Currea et al. (2017).

No se han realizado estudios comparativos de captura de *R. palmarum* entre genotipos de coco; por lo tanto, el presente estudio representa el primer aporte de comparación en dos huertas con 'Alto Pacifico ecotipo 2' (palmas de 30 años y replantes menores de cinco años) y 'Enano Verde de Brasil' (dos años aproximadamente). Carreño-Correa et al. (2013) señalan que la edad del cultivo no es un factor determinante en la incidencia de la plaga, aunque en el presente estudio sí lo fue. Por otra parte, existe coincidencia con Landero-Torres et al. (2015), quienes sugieren que la morfología de la palma influye en la incidencia; el genotipo 'Enano Verde de Brasil' es de porte bajo, precoz y uniforme en su floración en comparación con 'Alto Pacifico ecotipo 2' que puede medir hasta 15 m de altura, lo cual posiblemente favoreció una mayor incidencia y captura en el primer genotipo durante el periodo experimental. Asimismo, Alpizar et al. (2002) y Fernandes et al. (2020) mencionan que el manejo agronómico también influye en la incidencia de la plaga, ya que las palmas dañadas, enfermas o en condiciones de estrés liberan volátiles como acetato de etilo que funcionan como atrayente natural de *R. palmarum* (Moya-Murillo et al., 2015).

Correlation between *Rhynchophorus palmarum* capture and climate variables

The environmental variable with the highest correlation with captures of *R. palmarum* in the two coconut plantations was relative humidity. The correlation was negative; that is, the lower the relative humidity, the higher the captures. Maximum temperature was only positively, but weakly, correlated with the capture of females in the 'Alto Pacífico ecotype 2' plantation. In the orchard with the hybrid 'Enano-Verde de Brasil', minimum and average temperature were negatively correlated with all trapping, while accumulated and average precipitation were only negatively correlated with male capture. This may be due to the low climate variability in the study area, which was reflected in similar insect captures throughout the year. However, the results also indicate that the correlations are weak. No clear trend in the effects of climate factors with the incidence of this insect has been observed in other studies. Cysne et al. (2013) carried out an experiment in the western Amazon region of Brazil, with a tropical monsoon climate and annual thermal oscillation of less than 5 °C and frequent precipitation. The results showed no significant correlations, attributing it to the regularity of rainfall, little variation in humidity and temperature. In the northern zone of Rio de Janeiro, Brazil, with a warm tropical sub-humid climate, relatively low rainfall (734 mm per year) and high temperatures (26 °C annual average), Miguens et al. (2011) found no significant differences in the abundance of the insect; the site condition was similar to that of the present work. Also, Montes and Ruiz (2014) observed no correlation between insect capture and precipitation, in Santander, Colombia, with tropical warm rainy climate, mean annual temperature of 28 °C and mean annual precipitation of 2 836 mm.

On the other hand, Milosavljević et al. (2020) and Pinho et al. (2016) mention that trapping increased in the months of lower precipitation as was the case of male capture in the plantation 'Enano-Verde de Brasil'; in contrast, Murguía-González et al. (2017), Correia et al. (2015), Landero-Torres et al. (2015) and Ferreira et al. (2003) found that *R. palmarum* is more abundant in the season of higher precipitation. Finally, in banana plantations, Takada, Batista, Hojo, and Carvalho (2011) concluded that the population of *R. palmarum* increased during periods of high temperatures as in the 'Alto Pacífico' plantation with female capture, as opposed to periods of low precipitation where capture is significantly reduced.

Relevance of the study

The efficacy of the traps and the cost-benefit for trapping *R. palmarum* allow determining which type

Costo-beneficio del trapeo de *Rhynchophorus palmarum*

En estudios con trapeo masivo, los costos se calculan con base en la mano de obra, materiales para la construcción, cebos alimenticios, feromonas e incluso insecticidas, buscando la opción más económica. Al respecto, Montes y Ruiz (2014) calcularon costos con base en la mano de obra, materiales y equipos; sus resultados indican que la trampa con dispensador de melaza tiene un costo anual de 98.160 COP (pesos colombianos), mientras que la que no tiene dispensador es de 112.85 COP. En otro estudio, Murguía-González et al. (2017) reportaron que las trampas tipo botella incolora y verde fueron las más económicas (804 USD·ha⁻¹) seguida de la cubeta (831 USD·ha⁻¹). No obstante, en estos casos no calcularon el costo-beneficio del trapeo, mientras que en el presente estudio sí, ya que es fundamental para la toma de decisiones respecto a la elección de la trampa.

Correlación entre la captura de *Rhynchophorus palmarum* y variables climáticas

La variable ambiental con mayor correlación con las capturas de *R. palmarum* en las dos plantaciones de coco fue la humedad relativa. La correlación fue negativa; es decir, a menor humedad relativa se obtienen mayores capturas. La temperatura máxima solo se correlacionó de forma positiva, pero débil, con la captura de hembras en la plantación de 'Alto Pacífico ecotipo 2'. En la huerta con el híbrido 'Enano Verde de Brasil', la temperatura mínima y media se correlacionaron con todas las capturas de forma negativa, mientras que la precipitación acumulada y promedio solo se correlacionaron con la captura de machos de forma negativa. Esto puede deberse a la poca variabilidad climática en la zona de estudio, que se reflejó en la captura similar de insectos durante todo el año. No obstante, los resultados también indican que las correlaciones son débiles. En otros estudios no se ha observado una tendencia clara de los efectos de los factores climáticos con la incidencia de este insecto. Cysne et al. (2013) realizaron un experimento en la región amazónica occidental de Brasil, con un clima tropical monzónico y oscilación térmica anual menor de 5 °C y precipitaciones frecuentes. Los resultados no presentaron correlaciones significativas, atribuyéndolo a la regularidad de las precipitaciones, poca variación de la humedad y temperatura. En la zona norte de Río de Janeiro, Brasil, con clima cálido subhúmedo tropical, lluvias relativamente escasas (734 mm anuales) y temperaturas altas (26 °C promedio anual), Miguens et al. (2011) no encontraron diferencias significativas en la abundancia del insecto; la condición del sitio fue similar a la del presente trabajo. También, Montes y Ruiz (2014) no observaron correlación entre la captura del insecto y la precipitación, en Santander, Colombia,

of trap should be use for mechanical and ethological control (use of aggregation pheromone, Murguía-González et al., 2017). The elaboration of homemade traps such as those evaluated in this research and the use of aggregation pheromone represent an economic strategy if compared to the weekly or biweekly application of chemical insecticides (carbaryl, carbofuran, fipronil, imidacloprid and phenylpyrazole) for the control of *R. palmarum* (Abdelazim et al., 2017); it also reduces environmental pollution by the constant application of insecticides and contributes with the safety of the fruit and export derivatives. Trapping with aggregation pheromone has become the most accepted strategy by organic and inorganic coconut producers of local and national companies, so that the present study contributes to the definition of the type of trap used for the capture of *R. palmarum*.

Conclusions

The most effective traps, statistically, for mass trapping of *Rhynchophorus palmarum* were trash can and CSAT (Colegio Superior de Agricultura Tropical trap); these had the best cost-benefit with 4.3 MXN and 5.5 MXN per insect, respectively. In the coconut orchard with the hybrid 'Enano-Verde de Brasil' (younger age, low and early growth) 3.56 times more insects were captured compared to the orchard of 'Alto Pacífico ecotipo 2', when using the same type of trap and the same number of replicates. Humidity showed a weak and negative correlation with the capture of *R. palmarum* for the two coconut genotypes. The effectiveness of the traps and the cost-benefit for capturing *R. palmarum* will allow producers to determine which trap to use for mechanical and ethological control (aggregation pheromone).

Acknowledgments

The authors thank the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) for the PhD scholarship granted to the first author (2018-000068-02NACF-12454), to the Universidad de Guadalajara and Universidad de Colima (Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias) for funding and facilities for the development of this study, and to the owners of the coconut orchards of Armería and Caleras, Colima, for allowing access and support for monitoring. This article is in memory of our colleague Jorge López, advisor and coconut producer in the state of Colima.

End of English version

con clima tropical cálido lluvioso, temperatura media anual de 28 °C y precipitación promedio anual de 2836 mm.

Por otro lado, Milosavljević et al. (2020) y Pinho et al. (2016) mencionan que la captura aumentó en los meses de menor precipitación como fue el caso de la captura de machos en la plantación 'Enano Verde de Brasil'; en contraste, Murguía-González et al. (2017), Correia et al. (2015), Landero-Torres et al. (2015) y Ferreira et al. (2003) encontraron que *R. palmarum* es más abundante en la época de mayor precipitación. Finalmente, en plantaciones de banano, Takada, Batista, Hojo, y Carvalho (2011) concluyeron que la población de *R. palmarum* aumentó durante los periodos de altas temperaturas como en la plantación de 'Alto Pacífico' con la captura de hembras, a diferencia de los periodos de baja precipitación donde la captura se reduce significativamente.

Aplicabilidad del estudio

La efectividad de las trampas y el costo-beneficio para la captura de *R. palmarum* permiten determinar qué tipo de trampa utilizar para el control mecánico y etológico (uso de feromona de agregación, Murguía-González et al., 2017). La elaboración de trampas caseras como las evaluadas en esta investigación y el uso de la feromona de agregación representan una estrategia económica si se compara con la aplicación semanal o quincenal de insecticidas químicos (carbaril, carbofurano, fipronil, imidacloprid y fenilpirazol) para el control de *R. palmarum* (Abdelazim et al., 2017); asimismo, reduce la contaminación ambiental por la aplicación constante de insecticidas y contribuye con la inocuidad del fruto y derivados de exportación. El trampeo con feromona de agregación se ha convertido en la estrategia más aceptada por los productores de coco orgánico e inorgánico de empresas locales y nacionales, del tal modo que el presente trabajo contribuye en la definición del tipo de trampa empleada para la captura de *R. palmarum*.

Conclusiones

Las trampas más eficaces, estadísticamente, para la captura masiva de *Rhynchophorus palmarum* fueron los tipos bote de basura y CSAT (trampa Colegio Superior de Agricultura Tropical); estas tuvieron el mejor costo-beneficio con 4.3 MXN y 5.5 MXN por insecto, respectivamente. En la huerta de coco con el híbrido 'Enano Verde de Brasil' (menor edad, porte bajo y precoz) se capturaron 3.56 veces más insectos en comparación con la huerta de 'Alto Pacífico ecotipo 2', al usar el mismo tipo de trampa y la misma cantidad de repeticiones. La humedad presentó una correlación débil y negativa con la captura de *R. palmarum* en los

References / Referencias

- Abdelazim, M., Aldosari, S., Mumtaz, R., Vidyasagar, P., & Shukla, P. (2017). Pheromone trapping system for *Rhynchophorus ferrugineus* in Saudi Arabia: Optimization of trap contents and placement. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 29(12), 936-948. doi: 10.9755/ejfa.2017.v29.i12.1564
- Aldana de la Torre, R. C., Aldana de la Torre, J. A., & Moya, M. O. (2010). Manejo del picudo *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae). Retrieved from [https://www.ica.gov.co/getattachment/19e016c0-0d14-4412-af12-03eefcfe398f2/Manejo-del-picudo-Rhynchophorus-palmarum-L-\(Cole.aspx](https://www.ica.gov.co/getattachment/19e016c0-0d14-4412-af12-03eefcfe398f2/Manejo-del-picudo-Rhynchophorus-palmarum-L-(Cole.aspx)
- Alencar-Lima, H. M., Melo-Rodríguez, V., Rodrigues-Sabino, A., Cardoso dos Santos, M. Q., Soares de Lima, I., Guimaraes-Duarte, A., ...Da Silva, J. M. (2020). Effect of entomopathogenic fungi in the coconut eye borer. *Comunicata Scientia Horticultural Journal*, 11, e3300. doi: 10.14295/CS.v11i0.3300
- Alpizar, D., Fallas, M., Oehlschlager, A. C., González, L. M., Chinchilla, C. M., & Bulgarelli, J. (2009). Pheromone mass trapping of the west Indian sugarcane weevil and the American palm weevil (Coleoptera: Curculionidae) in palmito palm. *Florida Entomologist*, 85(3), 426-430. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/289117855_Pheromone_mass_trapping_of_the_West_Indian_sugarcane_weevil_and_the_American_palm_weevil_Coleoptera_Curculionidae_in_palmito_palm
- Carreño-Correa, R. D., Salazar-Mercado, S. A., & Espinel-Rodríguez, M. (2013). Evaluation of baits for the control of *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) in the crop of *Elaeis guineensis* Jacq. (Arecaceae: Arecaceae). *Agronomy Journal*, 21(2), 65-72. Retrieved from [http://agronomia.ucaldas.edu.co/downloads/Agronomia21\(2\)_7.pdf](http://agronomia.ucaldas.edu.co/downloads/Agronomia21(2)_7.pdf)
- Correia, R. G., Lima, A. C. S., Cordeiro, A. C. C., Maciel, F. C. da S., Martins, W. B. R., & Dionísio, L. F. S. (2015). Population fluctuation of *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) in oil palm plantations in Roraima. *EntomoBrasilis*, 8(2), 130-134. doi: 10.12741/ebrasilis.v8i2.490
- Crawley, M. J. (2012). *The R book*. UK: John Wiley & Sons.
- Cysne, A. Q., Cruz, B. A., Cunha, R. N. V., & Rocha, R. N. C. (2013). Population fluctuation of *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) on oil palms in Amazonas. *Acta Amazonica*, 43(2), 197-202. doi: 10.1590 / S0044-59672013000200010
- Fernandes, L., Lima, A., Morais, E. G. F., Farias, P. R. S., Correia, R. G., Martins, W., & Santos, A. V. F. (2020). Spatial distribution of *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) in oil palm, Roraima State, Brazil. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 15(1) 1-9. doi: 10.5039/agraria.v15i1a5683
- Ferreira, J. M. S., Leal, M. L. S., Sarro, F. B., Araujo, R. P. C., & Moura, J. I. L. (2003). Evaluation of different attractive sources and their probable interactions in the capture dos genotipos de coco. La efectividad de las trampas y el costo-beneficio para la captura de *R. palmarum* permitirá a los productores determinar cuál trampa utilizar para el control mecánico y etológico (feromona de agregación).
- Agradecimientos**
- Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca de estudios de doctorado del primer autor (2018-000068-02NACF-12454), a la Universidad de Guadalajara y Universidad de Colima (Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias) por el financiamiento y facilidades para el desarrollar del presente estudio y a los propietarios de las huertas de coco de Armería y Caleras, Colima, por permitir el acceso y el apoyo para el monitoreo. El presente artículo es *in memoriam* del colega Ing. Jorge López, asesor y productor de coco del estado de Colima.
- Fin de la versión en español**
- of *Rhynchophorus palmarum*. *Integrated Pest Management and Agroecology (Costa Rica)*, 1(67), 23-29. Retrieved from <https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6260/A1994p.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario y Forestal de Nicaragua (FUNICA). (2000). Ficha tecnológica: Coco Enano Verde del Brasil. Retrieved from http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:WuzlmeLA_oj:www.funica.org.ni/biblioteca/cult_div_11.pdf+&cd=11&hl=es&ct=clnk&gl=mx
- Flores López, H. E., Chávez Durán, A. A., García, B. A., Ruíz Corral, J. A., De La Mora Orozco, C., Ramírez Ojeda, G., & Martínez Díaz, T. E. (2014). *Análisis de la cadena agroalimentaria del coco (Cocos nucifera L.) en Colima, con énfasis en el sistema de producción y potencial productivo*. México: INIFAP. Retrieved from https://backend.aprende.sep.gob.mx/media/uploads/proedit/resources/analisis_de_la_cade_f9a3be2c.pdf
- Hodde, C. D., & Hodde, M. S. (2015). Evaluation of three trapping strategies for the palm weevil, *Rhynchophorus vulneratus* (Coleoptera: Curculionidae), in Sumatra Indonesia. *Pakistan Entomologist*, 37(2), 73-77. Retrieved from <https://www.semanticscholar.org/paper/>
- Landero-Torres, I., Presa-Parra, E., Galindo-Tovar, M. E., Leyva-Ovalle, O. R., Murguía-González, J., Valenzuela-González, J. E., & García-Martínez, M. A. (2015). Temporal and spatial variation in the abundance of the black palm weevil (*Rhynchophorus palmarum* L., Coleoptera: Curculionidae) in ornamental palm crops in central Veracruz, Mexico. *Southwestern Entomologist*, 40(1), 179-188. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/269990818.pdf>
- León-Martínez, G. A., Campos-Pinzón, J. C., & Arguelles-Cárdenas, J. H. (2019). Pathogenicity and autodissemination

- of promising entomopathogenic fungi strains on *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae). *Agronomía Mesoamericana* 30(3), 631-646. doi: 10.15517/am.v30i3.36184
- Miguens, F. C., Magalhães, J. A. S., Amorim, L. M., Goebel, V. R., Le Coustour, N., Lummerzheim, M., Moura, J. I. L., & Costa, R. M. (2011). Mass trapping and biological control of *Rhynchophorus palmarum* L.: a hypothesis based on morphological evidence. *EntomoBrasilis*, 4(2), 49-55. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5514702.pdf>
- Milosavljević, I., Hoddle, C. D., Mafra-Neto, A., Gómez-Marco, F., & Hoddle, M. S. (2020). Effects of food bait and trap type on captures of *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Curculionidae) and trap bycatch in southern California. *Journal of Economic Entomology*, 20(20), 1-11. doi: 10.1093/jee/toaa175
- Milosavljević, I., Hoddle, C. D., Mafra-Neto, A., Gómez-Marco, F., & Hoddle, M. S. (2021). Use of digital video cameras to determine the efficacy of two trap types for capturing *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Economic Entomology*, 113(6), 3028-3031. doi: 10.1093/jee/toaa223
- Montes, L. G., & Ruiz, E. (2014). Eficacia y costo del trapeo para capturar *Rhynchophorus palmarum* usando caña de azúcar y melaza aislada. *Palmas*, 35(1), 33-40. Retrieved from <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/10944>
- Moya-Murillo, O. M., Aldana-De la Torre, R. C., & Bustillo-Pardey, A. E. (2015). Eficacia de trampas para capturar *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Dryophthoridae) en plantaciones de palma de aceite. *Revista Colombiana de Entomología*, 41(1), 18-23. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v41n1/v41n1a04.pdf>
- Murguía-González, J., Landero-Torres, I., Leyva-Ovalle, O. R., Galindo-Tovar, M. E., Llerena-Hernández, R. C., Presa-Parra, E., & García-Martínez, M. A. (2017). Efficacy and cost of trap-bait combinations for capturing *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) in ornamental palm polycultures. *Neotropical Entomology*, 47(2), 302-310. doi: 10.1007/s13744-017-0545-8
- Oehlschlager, A. C., Chinchilla, C., Castillo, G., & González, L. (2002). Control of red ring disease by mass trapping of *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Curculionidae). *Florida Entomologist*, 85(3), 507-513. doi: 10.1653/0015-4040(2002)085[0507:CORRDB]2.0.CO;2
- Ovando-Cruz, M. E., Serrano-Altamirano, V., Gálvez-Marroquín, L. A., Ariza-Flores, R., Martínez-Bolaños, M., & Ovando-Barroso, E. (2019). Evaluation of traps for *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) on the coast of Oaxaca, Mexico. *Agro Productividad*, 12(11), 3-8. doi: 10.32854/agrop.vi0.1488
- Pinho, C. R., Farias, S. P. R., Rodriguez, V. K. C., Tinoco, S. R., Dos Santos, F. A. V., & Marssena, P. R. T. (2016). Distribuição espacial de *Rhynchophorus palmarum* em palma de óleo no Estado do Pará, Amazônia. *Revista de Ciências Agrárias*, 59(1), 22-31. doi: 10.4322/rca.2116
- Quintero, R. J. L. (2010). Dinámica de captura de adultos de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) en la red de monitoreo de la zona occidental. *Palmas*, 31(4), 17-27. Retrieved from <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/download/1501/1501>
- R Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Retrieved from <https://www.R-project.org/>
- Ramos, I. G., Viana, A. C., Dos Santos, E. L., Mascarenhas, A. J. S., Sant'Ana, A. E. G., Goulart, H. F., ...Andrade, H. M. C. (2017). Synthesis, characterization and devaluation of MFI zeolites as matrixes for *Rhynchophorus* prolonged release. *Microporous and Mesoporous Materials*, 242, 99-108. doi: 10.1016/j.micromeso.2016.12.034
- Rodríguez-Curra, H. J., Marulanda-López, J. F., & Amaya, C. (2017). Management methodology of *Rhynchophorus palmarum* L. 1758 (Coleoptera: Curculionidae) based on caïromones, pheromones and semiochemicals in plantations of chontaduro (*Bactris gasipaes* (Arecales: Arecaceae)) in Riosucio, Caldas. *Boletín Científico Museo de Historia Natural*, 21(1), 59-67. doi: 10.17151/bccm.2017.21.1.5
- Sánchez-Ríos, O. F., Sánchez-Ríos, L. L., Gutiérrez-López, K. G., Aragón-Robles, E., & Córdova-Gámez, G. (2017). Control biológico de larvas de *Rhynchophorus palmarum* L., 1758 (Coleoptera: Curculionidae) bajo condiciones de laboratorio. *Entomología Mexicana*, 4, 192-197. Retrieved from <http://docplayer.es/120399869-Control-biologico-de-larvas-de-rhynchophorus-palmarum-1-1758-coleoptera-curculionidae-en-condiciones-de-laboratorio.html>
- Silva-Dionisio, L. F., Silva-Lima, A. C., Fidelis de Moraes, E. G., Silva-Farias, P. R., Guilherme-Correia, R., & Rocha-Martins, W. B. (2020). Spatial distribution of *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) in oil palm, Roraima State, Brazil. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 15(1), 1-9. doi: 10.5039/agraria.v15i1a5683
- Sumano, L. D., Sánchez, S. S., Romero, N. J., & Sol, S. A. (2012). Capture efficiency of *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) with different trap designs in Tabasco, Mexico. *Fitosanidad*, 16(1), 43-48. Retrieved from <http://ip-science.thomsorirerfers.cór/cgi-birvjrnlsVjIresults.cgi>
- Takada, H. M., Batista, F. A., Hojo, H., & Carvalho, A. G. (2011). Population fluctuation of *Rhynchophorus palmarum* in the municipality of São Bento do Sapucaí, SP. *Biológico*, 73(1), 45-51. Retrieved from http://www.biologico.agricultura.sp.gov.br/uploads/docs/bio/v73_1/takada.pdf

