

Análisis exploratorio de las capturas de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) en lotes afectados por Pudrición del Cogollo en la Zona Occidental palmera colombiana

Preliminary analysis of the captures of *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) in plots affected by Bud Rot in the Occidental Zone of Colombia

AUTORES

Rafael Hurtado Camacho

Ph.D Geógrafo. Coordinador de Agronomía. Cenipalma,

E-mail: rhurtado@cenipalma.org

Victor Rincón Romero

Ingeniero catastral y geodesta. Msc., Sección Agricultura de Precisión. Cenipalma.

E-mail: vrincon@cenipalma.org

Luis Carlos Martínez

Ingeniero agrónomo y entomólogo. Asistente de investigación. Sección Agricultura de Precisión. Cenipalma.

E-mail: lmartinez@cenipalma.org

Palabras CLAVE

Rhynchophorus palmarum, Sistema de información geográfica (SIG), Índice de correlación espacial, Cartografía temática.

Rhynchophorus palmarum, Geographic Information Systems, Spatial correlations index, Thematic mapping.

Recibido: 20 agosto de 2009

Aceptado: 4 septiembre de 2009

Resumen

La presencia de la Pudrición del Cogollo (PC) amenaza la sostenibilidad del cultivo de la palma de aceite en Colombia, debido a su expansión en particular en la Zona Occidental, donde 35.000 hectáreas se encuentran en emergencia sanitaria crítica. Asociado a ello está el daño causado por *Rhynchophorus palmarum* L., uno de los insectos plaga de mayor importancia económica en el cultivo, cuyo desbordamiento en áreas palmeras afectadas por la PC ha incentivado la generación de modelos de seguimiento que permitan conocer su comportamiento espacial en lotes comerciales. El presente artículo describe la estructura de un sistema para el seguimiento de las capturas de adultos de *R. palmarum* en lotes afectados por la PC en la Zona Occidental. Tiene un componente espacial que ha permitido avanzar en la elaboración de productos cartográficos orientados a facilitar la toma de decisiones de los técnicos de plantación. El sistema está conformado por: red de trampeo, recolección de datos periódicos, transmisión de datos, análisis de información y difusión de resultados. En lo fundamental, con su puesta en marcha se persiguen tres objetivos: detectar agrupaciones regionales a partir de los niveles de captura, determinar correlación entre los meses de lectura e identificar cambios en las capturas por trampa. No obstante dichos objetivos se desarrollaron bajo el componente de análisis de información, su cumplimiento, consistencia y continuidad depende del sistema como un todo.

Summary

The presence of Bud Rot (BR) threatens the sustainability of the oil palm crop in Colombia due to its propagation, especially in the Occidental Zone where 35,000 hectares are under a critical sanitary emergency. Linked to this is the damage caused by *Rhyn-*





chophorus palmarum L., one of the insect infestations of greatest economic impact on the crop, whose proliferation in the palm areas affected by BR has encouraged the construction of monitoring models that help identify its spatial behavior in commercial plots. This article describes the structure of a system to monitor the capture of adult *R. palmarum* in lots affected by BR in the Occidental Zone. It contains a spatial component which has enabled progress in the elaboration of cartographic products designed to facilitate decision making by plantation technicians. The system is comprised of: entrapment nets, periodic data collection, data transmission, information analysis and dissemination of results. Basically, there are three aims to its launch: detect regional groupings from the capture levels, determine the monthly correlation and identify changes in the entrapments. Although these aims were carried out under the information analysis component, compliance, consistency and continuity are dependent on the whole system.



Introducción

El *Rhynchophorus palmarum* L. es considerado como el insecto plaga de mayor importancia económica en las diferentes zonas palmeras, en particular en el neotrópico, y es el principal vector de la enfermedad anillo rojo-hoja corta. Es un insecto muy móvil, capaz de recorrer en poco tiempo grandes distancias potencialmente favorables para su alimentación y reproducción, y como muchos de su especie por lo general exhibe características como altas tasas de crecimiento y de fecundidad, cualidades excepcionales de dispersión, además de una amplia tolerancia ambiental.

Existen diferentes técnicas para su manejo en lotes comerciales de palma de aceite que han demostrado ser efectivas, como los sistemas de trapeo masivo para capturar adultos, conformados por trampas que emplean para atraerlos dosis de su feromona de agregación más cebos vegetales.

Tal mecanismo ha permitido eventualmente evitar su ataque en palmas afectadas por la Pudrición del Cogollo (PC) y hacer seguimiento de sus poblaciones. La captura de los adultos de *R. palmarum* mediante un programa sostenido de trapeo puede, efectivamente, reducir las poblaciones residentes e inmigrantes en una plantación.

De acuerdo con Bianco *et al.* (1984), un estudio importante como parte de un sistema de seguimiento consiste en la detección de puntos calientes o *hot spots*, los cuales hacen referencia a la técnica del

análisis de áreas de riesgo para insectos plaga y define conjuntos de alta concentración de individuos, incluyendo la generación de superficies de grillas de densidad en focos y elipses de desvío estándar.

Los datos provenientes de un sistema de seguimiento o monitoreo de plagas permiten ayudar en la identificación de infestaciones de áreas nuevas o incipientes, en el seguimiento del frente de avance de una población, en la evaluación de su impacto sobre un cultivo y en la determinación del grado de efectividad de los esfuerzos realizados para plantear estrategias de control.

El seguimiento regional de las poblaciones de *R. palmarum* bajo un esquema geográfico busca potencializar la toma de decisiones aportando en principio resultados sobre cartografía temática. Al hacer uso de la visualización topológica, los técnicos de plantación pueden plantear con mejores argumentos que permiten optimizar los programas de manejo de insectos plaga. Además se contextualiza el seguimiento bajo los parámetros de agricultura de precisión, dado que al tener georreferenciada cada trampa, el análisis regional pasa a ser un análisis individual.

El sistema de seguimiento en su primera etapa apoya la toma de decisiones de los técnicos de plantación, destacando los cambios en las capturas y agrupando las trampas en conjuntos que faciliten la priorización de actuaciones. El sistema se diseñó como herramienta de seguimiento continuo de las poblaciones de *R. palmarum*, tomando en cuenta el impacto económico

ocasionado por su acción, y atendiendo la emergencia fitosanitaria del cultivo de palma de aceite frente al avance de la PC en lotes comerciales.

Materiales y métodos

Caracterización de la zona de estudio

El sistema para el seguimiento de *R. palmarum* administra información de las trampas instaladas en el municipio de Tumaco (Nariño) en el extremo suroccidental de Colombia, conocido como la Zona Occidental palmera del país, en la que en 2008 se reportó un área de unas 35.000 hectáreas cultivadas con la oleaginosa, alrededor del 65% de ellas afectadas por la PC.

La gravedad de la situación no solo conllevó a la destrucción parcial o total de los tejidos de la palma de aceite, sino también a la disminución del área sembrada con sus correspondientes implicaciones económicas. Así mismo, fue asociada el incremento

en la demografía de *R. palmarum*, atraído por la fermentación de volátiles derivados de palmas afectadas por la PC.

A partir de estos eventos fitosanitarios se inició un proceso de renovación en las diferentes plantaciones, que incluyó proteger las siembras nuevas pues, de afectarse, podrían convertirse en un atrayente más para el insecto. De manera que las plantaciones con áreas renovadas concertaron la instalación de trampas como una medida de control etológico para el manejo del insecto. En la actualidad hay 1.626 trampas distribuidas en la zona (Figura 1).

Características de la red de trampeo

La red de trampeo, como se ha denominado al conjunto de trampas para la captura de *R. palmarum*, busca consolidar un sistema de información orientado a su seguimiento y análisis regional, como parte de las medidas de manejo para disminuir su impacto económico en el cultivo. Tiene implícitas cuatro

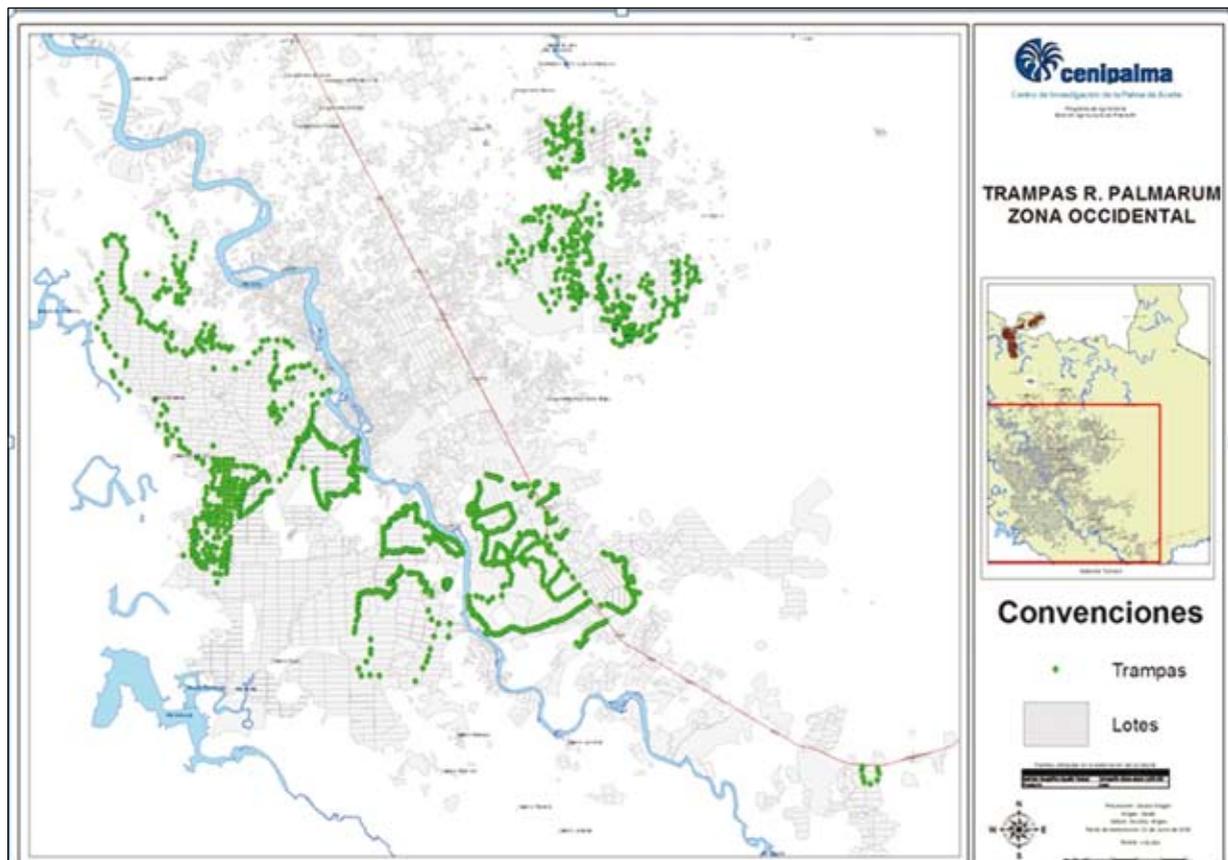


Figura 1. Ubicación de las 1626 trampas para *R. palmarum* en la Zona Occidental. Fuente: Cenipalma, Sección Agricultura de Precisión AP, 2009.



características principales, soportadas en lo que se definió desde el programa de Entomología de Cenipalma: a) frecuencia de lectura de trampas, b) tipo de atrayente de trampas, c) esquema de ubicación de la trampa con respecto a las trampas adyacentes, y d) distribución espacial de las trampas en su conjunto. Estos aspectos fueron considerados dentro del sistema como variables inherentes a las trampas, pues dependen principalmente de decisiones económicas de las plantaciones, que son las propietarias y principales beneficiarias de la red.

La frecuencia de lectura de las trampas presenta dos valores, semanal y quincenal, tomados como un atributo categórico en las trampas, ya que en el sistema se utilizó el consolidado mensual de lecturas para dar valor a la variable capturas. Si la fuente es semanal, entonces la variable capturas corresponde a la suma de los datos tomados en las cuatro semanas del mes, y si es quincenal, responde a la suma de las lecturas de las dos quincenas. Se contó con tres tipos de trampas instaladas, las cuales difieren en el componente que utilizan para la atracción del insecto. Las trampas tipo 1 integran la feromona de atracción más cebo vegetal y agua; las trampas tipo 2 únicamente incluyen la feromona, y las tipo 3 solo el cebo vegetal. En la Figura 2 se presenta el tipo de trampa 1 (recomendada por Cenipalma) y la mezcla de atrayente que se usa en el mismo.

La ubicación de las trampas con respecto a trampas vecinas se clasificó en dos esquemas (Figura 3): a) instalación en el límite externo del lote sembrado y una

distancia entre trampas vecinas igual a 100 metros. Como resultado se tienen anillos de trampas perimetrales que protegen las siembras nuevas; b) enmallado aleatorio, que agrupa distribuciones de trampas en forma de cuadrícula, las cuales en algunas plantaciones es regular y en otras es totalmente aleatoria.

Sin embargo, y a pesar de las directrices dadas por Cenipalma en este tema, las plantaciones en la Zona Occidental no presentaron las características homogéneas en su manejo, pues su principal objetivo es proteger siembras nuevas, por lo que la instalación responde más a la dinámica de siembra.

Estructura del sistema

La estructura del sistema para el seguimiento de *R. palmarum* se orientó en la funcionalidad que debe tener, como apoyo a la toma de decisiones. En la Figura 4 se presenta la estructura del sistema de seguimiento de *R. palmarum* para la Zona Occidental.

Componente red de trampeo

El manejo del componente espacial en el sistema es tomado como uno de los pilares principales, dado que bajo el enfoque de agricultura de precisión el conocimiento particularizado del entorno optimiza las decisiones y el manejo del cultivo. Bajo este concepto se realizó la georreferenciación de las trampas que componen la red, apoyándose para tal fin en los dispositivos GPS tipo navegador, con lo cual se elabora una cobertura de puntos en formato estándar que harán parte del sistema de información geográfica.



Figura 2. Tipo de trampa. a) Trampa recomendada por Cenipalma, b) Mezcla del atrayente de la trampa tipo 1. Cenipalma-Entomología, 2009.

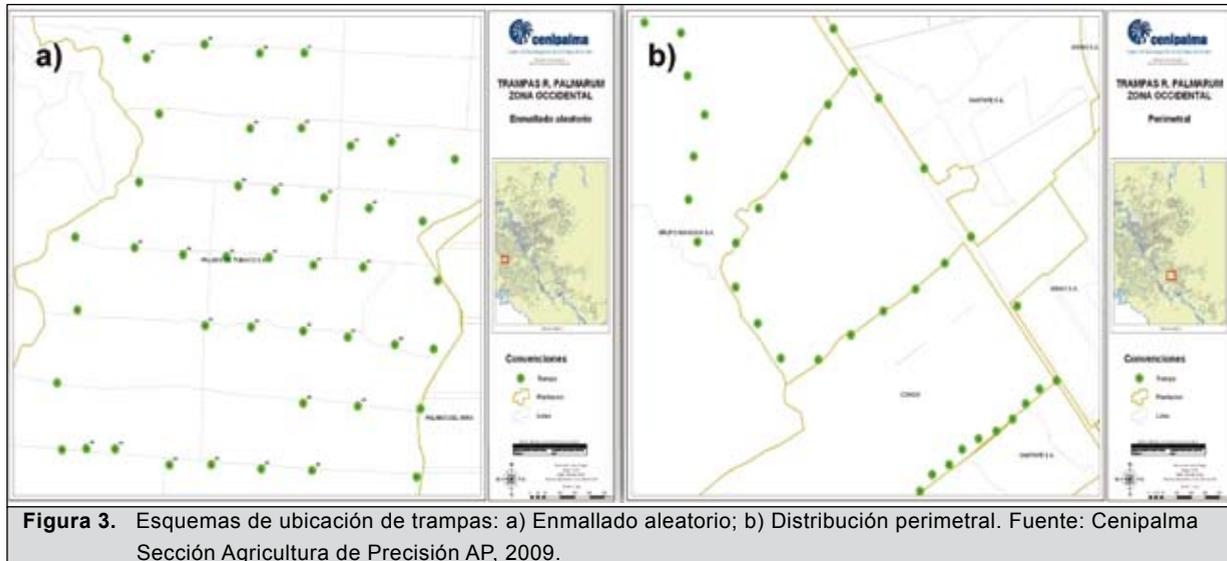


Figura 3. Esquemas de ubicación de trampas: a) Enmallado aleatorio; b) Distribución perimetral. Fuente: Cenipalma Sección Agricultura de Precisión AP, 2009.



Figura 4. Estructura del sistema de seguimiento de *Rhynchophorus palmarum* - Zona Occidental. Elaboración propia, Cenipalma-AP, 2009.

Teniendo en cuenta el enfoque regional de la red de trampeo, se estandarizó la codificación de las trampas para manejar un código único. El primer paso fue establecer una codificación unificada, la cual debe ser compatible con el esquema que manejan las plantaciones; cada plantación asume el costo y

la labor de instalación de manera independiente. En este sentido, la solución consistió en el manejo de una codificación integrada que permite a cada plantación llevar el control y manejo de sus trampas, y que a su vez se ajustó a los requerimientos del sistema regional. El código utilizado es una cadena alfanumérica que emplea inicialmente tres letras para identificar la plantación a la cual pertenece la trampa, y luego un valor numérico que hace referencia al consecutivo de instalación dentro de las trampas de la plantación. Por ejemplo, la trampa número 398 de la plantación Astorga es codificada como ATG398, donde ATG es la sigla que identifica a la plantación (Tal y como lo propuso la Sección de Agricultura de Precisión de Cenipalma) (Figura 5).

Recolección de datos periódicos

La captura de información en el campo se realizó por medio de planillas, que se consolidan mensualmente en único formato. El proceso de lectura de datos fue realizado individualmente por cada plantación. Simultáneamente, se desarrolló una aplicación en Microsoft Access (Figura 6) para ser utilizada de manera local por cada plantación, de tal forma que exista una base de datos de las trampas; cada plantación reportó los datos con el fin de consolidarlos y procesarlos. La aplicación utilizó una interfaz de usuario que restringe el ingreso de datos errados o mal digitados, que no son controlados por el modelo de base de datos; así mismo, genera los reportes que son necesarios para enviar a la base de datos centralizada.

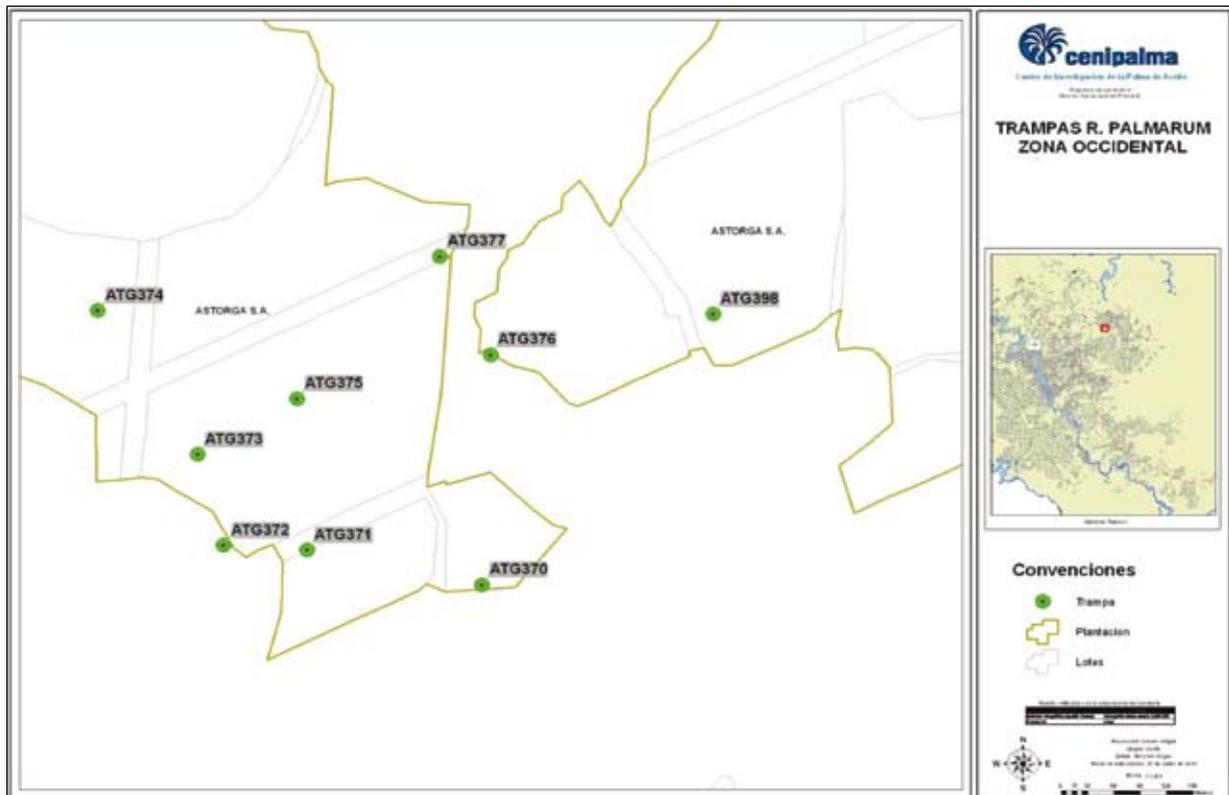


Figura 5. Ejemplo de cobertura de trampas y codificación. Cenipalma-AP, 2009.

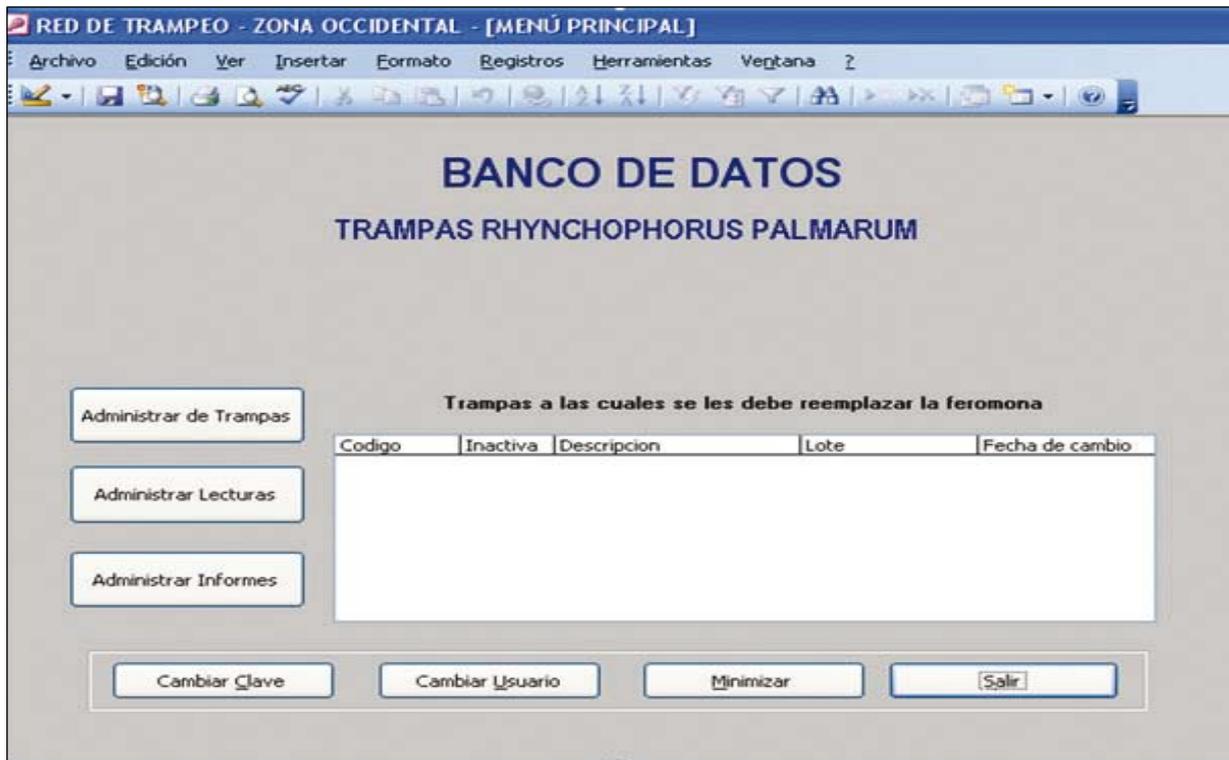


Figura 6. Menú principal de la aplicación para el ingreso de datos de capturas. Cenipalma-AP, 2009.

Id	Trampa	Total	Fecha	Atrayente	Periodo	Abandonados	Nuevas	Produccion	Observaciones
1640	ARA19	185	05/08/2009	2	2	FALSO	VERDADERO	FALSO	
1641	ARA2	0	05/08/2009	2	2	FALSO	VERDADERO	FALSO	
1642	ARA20	7	05/08/2009	2	2	FALSO	VERDADERO	FALSO	
1643	ARA21	59	05/08/2009	2	2	FALSO	VERDADERO	FALSO	
1644	ARA22	33	05/08/2009	2	2	FALSO	VERDADERO	FALSO	
1645	ARA23	0	05/08/2009	2	2	FALSO	VERDADERO	FALSO	
1646	ARA24	0	05/08/2009	2	2	FALSO	VERDADERO	FALSO	
1647	ARA25	0	05/08/2009	2	2	FALSO	VERDADERO	FALSO	
1648	ARA26	155	05/08/2009	2	2	FALSO	VERDADERO	FALSO	
1649	ARA27	0	05/08/2009	2	2	FALSO	VERDADERO	FALSO	
1650	ARA28	40	05/08/2009	2	2	FALSO	VERDADERO	FALSO	
1651	ARA29	267	05/08/2009	2	2	FALSO	VERDADERO	FALSO	
1652	ARA3	20	05/08/2009	2	2	FALSO	VERDADERO	FALSO	
1653	ARA30	200	05/08/2009	2	2	FALSO	VERDADERO	FALSO	
1654	ARA31	153	05/08/2009	2	2	FALSO	VERDADERO	FALSO	
1655	ARA32	128	05/08/2009	2	2	FALSO	VERDADERO	FALSO	
1656	ARA33	0	05/08/2009	2	2	FALSO	VERDADERO	FALSO	
1657	ARA34	73	05/08/2009	2	2	FALSO	VERDADERO	FALSO	
1658	ARA35	107	05/08/2009	2	2	FALSO	VERDADERO	FALSO	
1659	ARA36	80	05/08/2009	2	2	FALSO	VERDADERO	FALSO	

Figura 7. Formato de datos de lecturas estructurado y que son enviados a AP. Cenipalma - AP, 2009.

Transmisión de datos

La transmisión de datos se realizó luego de la consolidación de las lecturas de las diferentes plantaciones. Esta labor fue llevada a cabo por un auditor de trampas o recolector de datos en las respectivas plantaciones, quien entre otras funciones tiene la de integrar la información y revisar su consistencia. Luego de revisar la calidad, el auditor de trampas envía la información a la base de datos centralizada (Figura 7).

Análisis de la información

La primera fase del sistema de seguimiento tiene tres objetivos: detectar agrupaciones regionales a partir de los niveles de captura, determinar correlación entre los meses de lectura e identificar cambios en las capturas por trampa. El cumplimiento de estos tres objetivos, pese a estar soportado en todos los componentes del sistema, se materializa en el análisis de la información.

Detección de agrupaciones regionales a partir de niveles de de captura

Al recibir la información en la base de datos centralizada se realizó la prueba de normalidad, teniendo en cuenta que la mayoría de métodos de análisis espacial y principalmente geoestadísticos parten del supuesto de normalidad para la variable analizada. En tal sentido se recurre a la prueba de normalidad Shapiro Wilk. Los valores de p-valor obtenidos para los cuatro meses analizados: abril, mayo, junio y julio de 2009 han

sido inferiores a 0.05 y por tanto se ha rechazado la hipótesis de normalidad, lo cual también se sustenta en los histogramas de las lecturas (Figura 8) por mes que muestran una fuerte asimetría a la izquierda en la distribución de los datos.

Como no se encontró normalidad en los datos de las lecturas, se recurrió a la transformación de variables no paramétricas; dado que se desconoce la distribución que sigue a la variable capturas, ésta se transforma, y como la distribución a la cual se va a ajustar es normal, cada grupo mensual de la variable, diferenciado por tipo de trampa, se somete de manera independiente

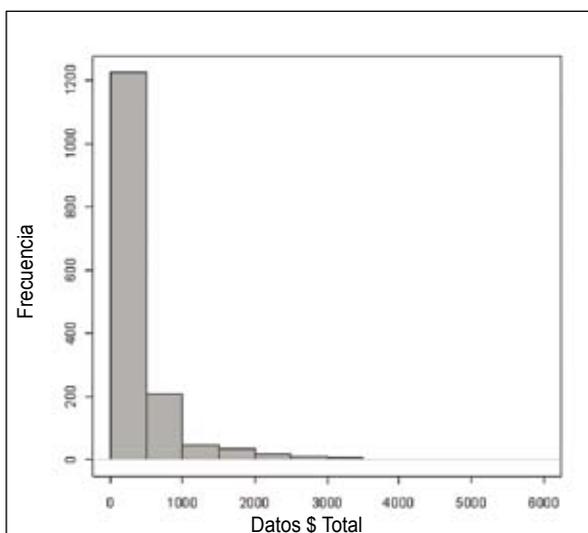


Figura 8. Histograma para las capturas del mes de julio de 2009. Cenipalma -AP, 2009.



a un procedimiento de tipo anamorfismo gaussiano, resumido en la siguiente fórmula:

$$Y = F_y^{-1} [F_z(z)]$$

Donde,

Y es el conjunto de datos transformados de la variable capturas

F_y^{-1} es la distribución normal inversa y

$F_z(z)$ corresponde a la distribución de probabilidad de las capturas que se nota P_m .

Para obtener P_m se ordenan los valores de Z (capturas) y se crea una nueva columna de datos P en la que se relaciona el número de orden de los datos Z, este valor de orden se denomina m, luego se calcula P_m :

$$P_m = m-0.5/N$$

Donde,

N es igual al número de datos de la muestra.

El resultado es una nueva variable Y a la que se le aplican los test de normalidad. En la Tabla 1 se puede observar un ejemplo de los valores originales “capturas” y los valores de la variable transformada mediante anamorfosis gaussiana “Y”.

Al elaborar el histograma de la variable transformada se observa una distribución normal, la cual es comprobada mediante la prueba de Shapiro Wilk (Figura 9).

Tabla 1. Comparación de la variable de campo y la transformación por anamorfosis gaussiana “Y”

Trampa	Capturas	Y
OSL28	436	0,68727301
CMA34	437	0,68784524
CMA80	437	0,6884182
MIR31	438	0,6889919
CMA54	440	0,68956635
PDT036	440	0,69014156
SAE2505	440	0,69071751
CMA81	441	0,69129423
PDT298	441	0,69187171
OSL53	442	0,69244996
PDM154	443	0,69302899
CMA38	444	0,69360879
CMA83	445	0,69418937
PDM35	445	0,69477074
ICA32	445	0,69535289

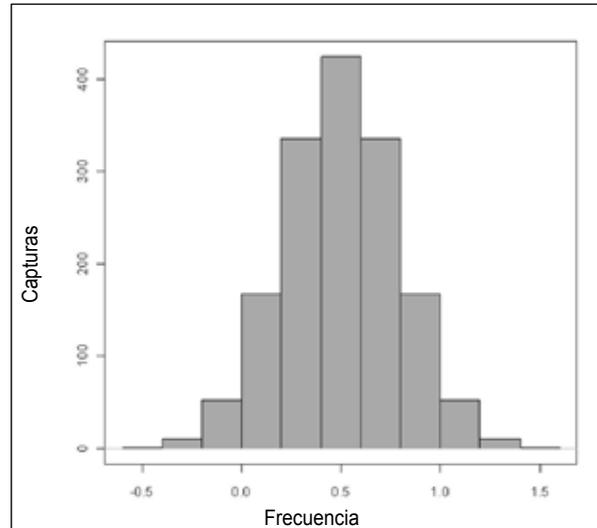


Figura 9. Histograma de la variable (número de capturas) transformada. Cenipalma-AP, 2009.

Como el principal objetivo es obtener agrupaciones en el nivel regional que permitan detectar las zonas con altos valores de capturas principalmente, en este caso se recurrió al algoritmo Hot Spot (ArcGis 9.3 en la extensión Spatial Statistic Tools – Mapping Cluster 2008) para la determinación de concentración espacial, que se aplica a la variable transformada Y, teniendo en cuenta que dicho algoritmo parte del supuesto de normalidad de la variable.

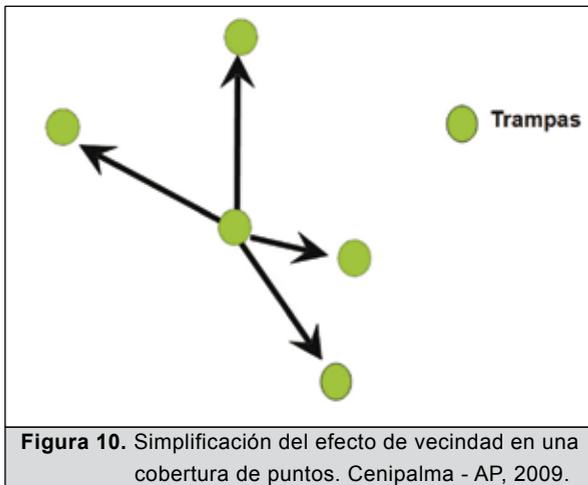
El fenómeno de concentración espacial tiene lugar cuando se produce una especial agregación de valores extremos de una variable en torno a una o varias unidades territoriales cercanas en el espacio. Estas zonas de especial concentración de valores extremos de una variable se conocen también como zonas calientes/frías, según una concentración de valores especialmente altos/bajos de una variable, respectivamente, y se plantean las siguientes hipótesis de acuerdo con las capturas obtenidas en las trampas:

Ho (hipótesis nula): alrededor de la trampa no existen trampas con valores de capturas inusualmente altos o inusualmente bajos.

Ha (hipótesis alternativa): alrededor de la trampa existen trampas con valores de capturas inusualmente altos o inusualmente bajos.

El estadístico G_i^* es un indicador local de autocorrelación espacial (LISA) que compara de manera individual el número de capturas para cada una de las trampas

con respecto a sus vecinas en un radio de acción que considera un efecto de vecindad inversamente proporcional a la distancia (Figura 10).



El resultado para cada trampa es un valor G_i^* que permite evaluar las hipótesis, a un nivel de confianza del 95% de aceptación, H_0 se acepta a valores de G_i^* . Dado que se busca un valor de comparación de niveles de captura en el nivel regional, se definen tres grandes grupos:

- Bajo: La trampa posee niveles bajos de capturas en el nivel regional; pertenecen a este grupo trampas con valores G_i^* menores que -1.96.
- Medio: La trampa posee niveles medios de captura en el nivel regional; pertenecen a este grupo las trampas con valores G_i^* entre -1.96 y 1.96. Es decir, se acepta la hipótesis nula.
- Alto: La trampa posee niveles altos de captura en el nivel regional; pertenecen a este grupo trampas con valores G_i^* mayores que 1.96.

Al realizar el análisis de puntos calientes/fríos fue necesario establecer diferenciación por tipo de trampa tomando en cuenta que la capacidad de atracción varía y el Lisa implica una relación entre condiciones similares que no se cumplen en todas las trampas. Por esta razón se establecen tres grupos de análisis de acuerdo con el tipo de trampa. Los parámetros utilizados para ejecutar la función Hot Spot son: a) distancia euclidiana para comparar vecindades y b) efecto inverso sobre los vecinos. El procedimiento crea una nueva cobertura de puntos y agrega una columna con el estadístico G_i^* (Tabla 2).

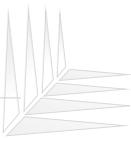
Tabla 2. Resultado de la función Hot Spot

TRAMPA	G_i^*
MIR31	0,03469920000
ARA14	-1,12639000000
PDM106	-1,03584000000
MIR01	1,84622000000
MIR02	1,39717000000
MIR04	1,13808000000
MIR03	1,11203000000
MIR06	2,50230000000
MIR07	1,22946000000
MIR08	1,64829000000
MIR09	2,09025000000
MIR10	1,05639000000
MIR11	1,66248000000
MIR12	1,80818000000
MIR13	1,30007000000
MIR14	1,77251000000
OSL50	-0,37707300000
MIR15	1,52191000000
OSL39	0,43453200000
OSL41	-0,33400700000

Correlación entre las lecturas mensuales

En el marco del seguimiento regional fue necesario buscar una medida que permitió establecer una tendencia entre los periodos de seguimiento. En una primera aproximación se realiza una matriz de diagramas de dispersión que permita identificar mediante el análisis gráfico algún tipo de asociación conjunta entre los meses observados; usando el software estadístico "R" se logra elaborar gráficos que posibilitan el análisis comparativo de múltiples variables. Es necesario tomar en cuenta que el número de meses de seguimiento a la fecha es de cuatro (abril, mayo, junio y julio) y además que de acuerdo con las pruebas realizadas a la variable captura, se ha optado por utilizar la prueba de correlación de Spearman, que permite evaluar asociaciones entre los valores mensuales de la variable.

Los valores obtenidos en la prueba de Spearman son utilizados para validar la hipótesis de correlación, en donde 1 significa alto grado de correlación y 0, su inverso. Además, como el estadístico de Spearman toma valores entre -1 y 1, con valores menores de 0 se interpreta una relación inversa y, por tanto, al



aparecer este valor entre dos meses se puede inferir un decrecimiento de la variable; en el caso contrario, cuando el estadístico de Spearman es mayor que 0, se presume un crecimiento del nivel de capturas.

Cambios individuales en capturas

Para facilitar el análisis de cambios en capturas en el tiempo, desde un enfoque netamente descriptivo se hace uso de herramientas de cartografía temática para que los técnicos de plantación puedan identificar las trampas que han incrementado sus capturas o las que lo han disminuido, para así tomar las acciones pertinentes. Se establece un comparativo entre las capturas del mes actual y el mes inmediatamente anterior, de tal forma que pueda ser clasificada cada trampa según los siguientes criterios:

Si $T_i = (T-i)_p$, entonces la trampa no tiene cambios.

Si $T_i > (T-i)_p$, entonces la trampa ha aumentado sus capturas.

Si $T_i < (T-i)_p$, entonces la trampa ha disminuido sus capturas.

Siendo T_i el número de capturas en la trampa i para el mes actual y $(T-i)_p$ las capturas en la trampa i para el mes inmediatamente anterior.

Difusión de resultados

La difusión de resultados se orientó principalmente a productos cartográficos, ya que el manejo de la visualización topológica es una de las herramientas más prácticas para la toma de decisiones. De acuerdo con el componente de análisis, es viable producir dos tipos de materiales cartográficos: 1) cuando se tiene el correspondiente estadístico G_i^* para cada trampa se realiza cartografía temática utilizando colores para los tres rangos definidos en la aceptación de hipótesis; este material se elabora en escalas 1:25.000 distribuido en tres mapas, uno por cada tipo de trampa; 2) al clasificar las trampas bajo las tres categorías de cambios en capturas se genera cartografía temática, utilizando símbolos que facilitan la interpretación y por tanto el análisis de la información; este material se elabora en escalas superiores a 1:5.000, produciendo un mapa por plantación.

Resultados

En la actualidad, los resultados de la investigación obedecen a un periodo de cuatro meses, durante los cuales los datos se caracterizaron por poseer valores de curtosis altos, principalmente causados por la presencia de capturas con grandes valores; por tanto, la distribución de los datos muestra una asimetría a izquierda, verificada en los histogramas de la Figura 11. La prueba Shapiro Wilk verificó la normalidad en los datos adquiridos mes a mes, cada mes en donde la hipótesis nula fue rechazada.

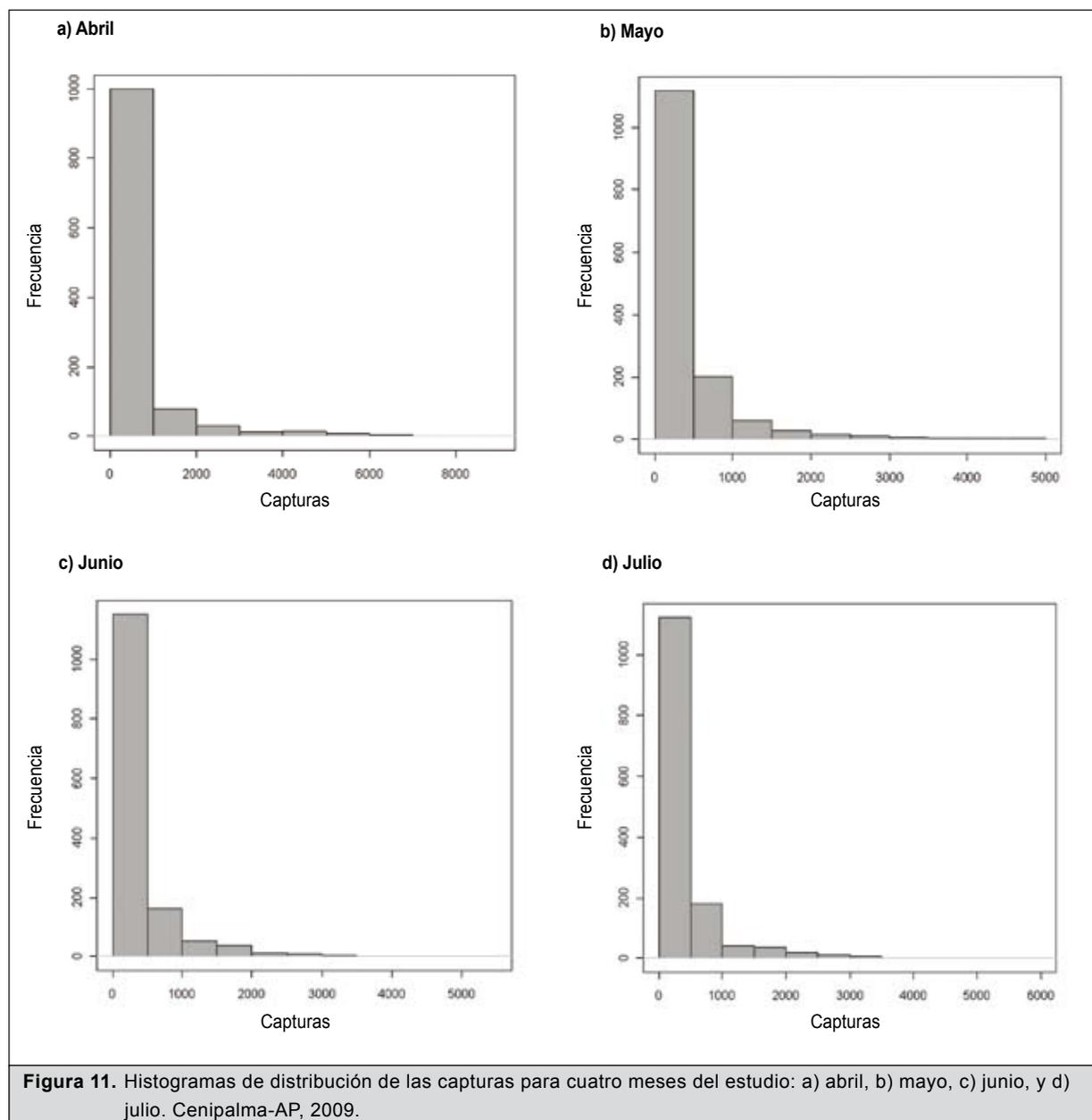
Como ninguno de los censos mensuales tenía distribución normal, a cada mes se le aplicó una anamorfosis gaussiana, cumpliendo así con el supuesto de normalidad para aplicar Hot Spot. Los mapas de puntos fríos/calientes se generaron utilizando tres convenciones según el rango de aceptación de la hipótesis que proporcionaba el estadístico G_i^* de la trampa: a) en color azul, para valores significativamente bajos; b) en color amarillo, para valores medios; y c) en color rojo, para valores significativamente altos.

Un ejemplo de los mapas temáticos se presenta en la Figura 12, donde claramente se observan en color rojo las trampas que poseen valores altos de capturas en la región.

En el manejo mensual de los reportes se detectaron zonas que constantemente aparecían como calientes y por tanto fue sobre ellas que los técnicos de plantación centraron su atención para priorizar las medidas de control del insecto. En la Figura 13 se muestra el análisis de puntos fríos/calientes para los cuatro meses; pese a la dinámica que existió, fue constante la ubicación de los puntos calientes sobre una misma zona.

Se realizaron análisis de correlación temporal en las capturas de las trampas; los análisis gráficos muestran una alta correlación positiva entre un mes y el inmediatamente anterior; la más baja correlación se evidencia entre abril (primero) y julio (cuarto) (Figura 14).

Por medio de la prueba de Spearman se verificó la asociación positiva detectada en los gráficos. Se observaron las correlaciones en el cuarto mes con respecto a los anteriores meses (Tabla 3); se evidenció un incremento en el valor de correlación entre los meses 3 y 4, con respecto a los valores que relacionan el cuarto



mes con los meses 1 y 2. La existencia de correlación lineal entre las variables no implica necesariamente una relación causal entre ellas, sino que se limita a explicar su covariación, y en este sentido se concluye que la correlación ha estado aumentando con los meses; por tanto, se puede inferir un incremento en los niveles globales de capturas.

El análisis de cambios puntuales facilitó la mayor comprensión del fenómeno al identificar dentro de las plantaciones la variación en capturas con respecto al mes inmediatamente anterior; adicionalmente ofreció un acercamiento al concepto de agricultura de

precisión en el manejo de plagas, pues cada trampa es observada en sus cambios de manera específica. La Figura 15 muestra un mapa de cambios en capturas. El triángulo en color rojo representa trampas con aumento en las capturas y el triángulo invertido en color amarillo las trampas que tuvieron reducción en sus capturas.

Discusión

La implementación del sistema ha sido satisfactoria, dado que como instrumento resulta ser un soporte importante para la toma de decisiones con respecto

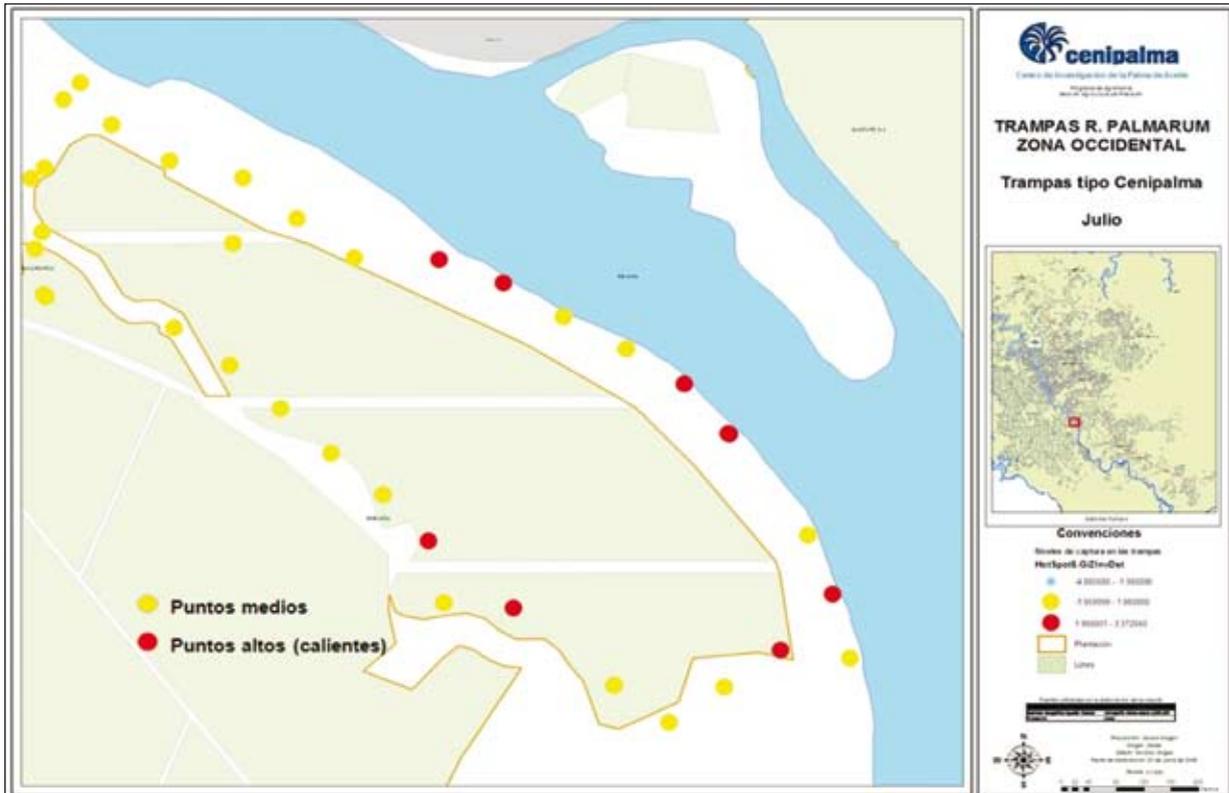


Figura 12. Trampeo con puntos fríos/calientes. Cenipalma-AP, 2009..

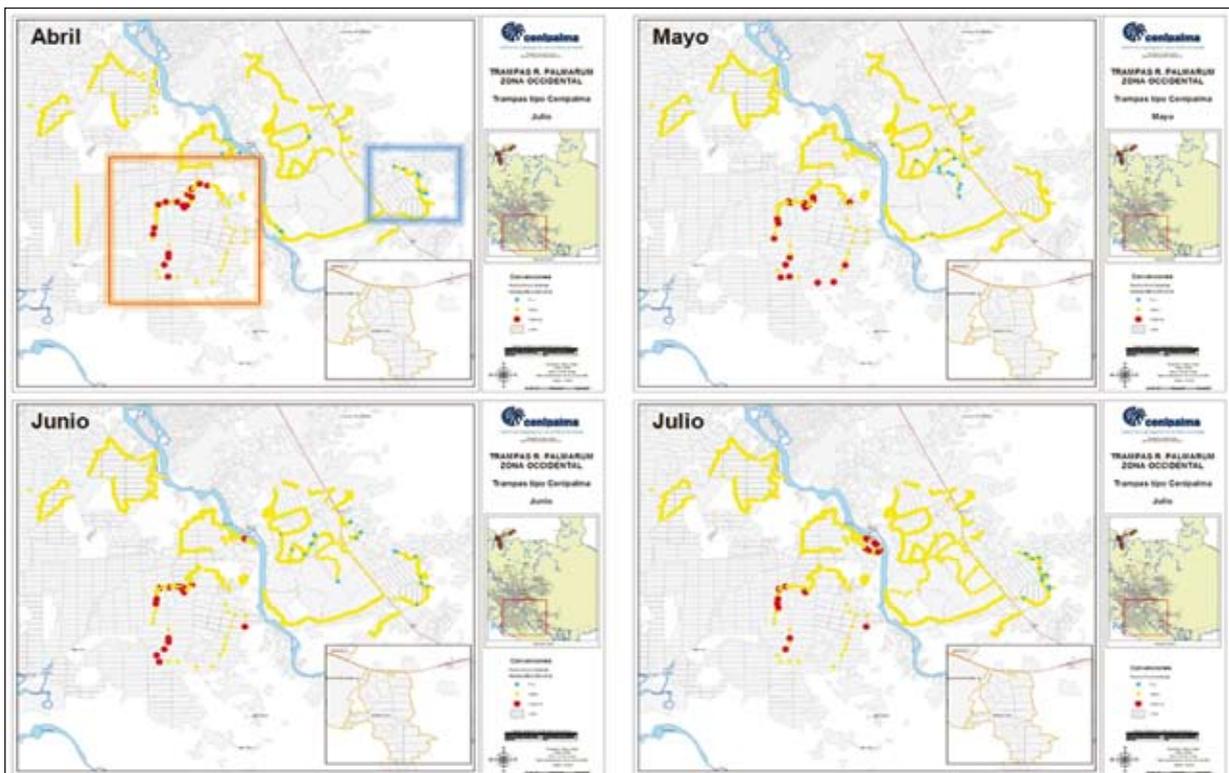


Figura 13. Mapas mensuales de puntos fríos/calientes de las trampas tipo 1 para una plantación. Cenipalma -AP, 2009.

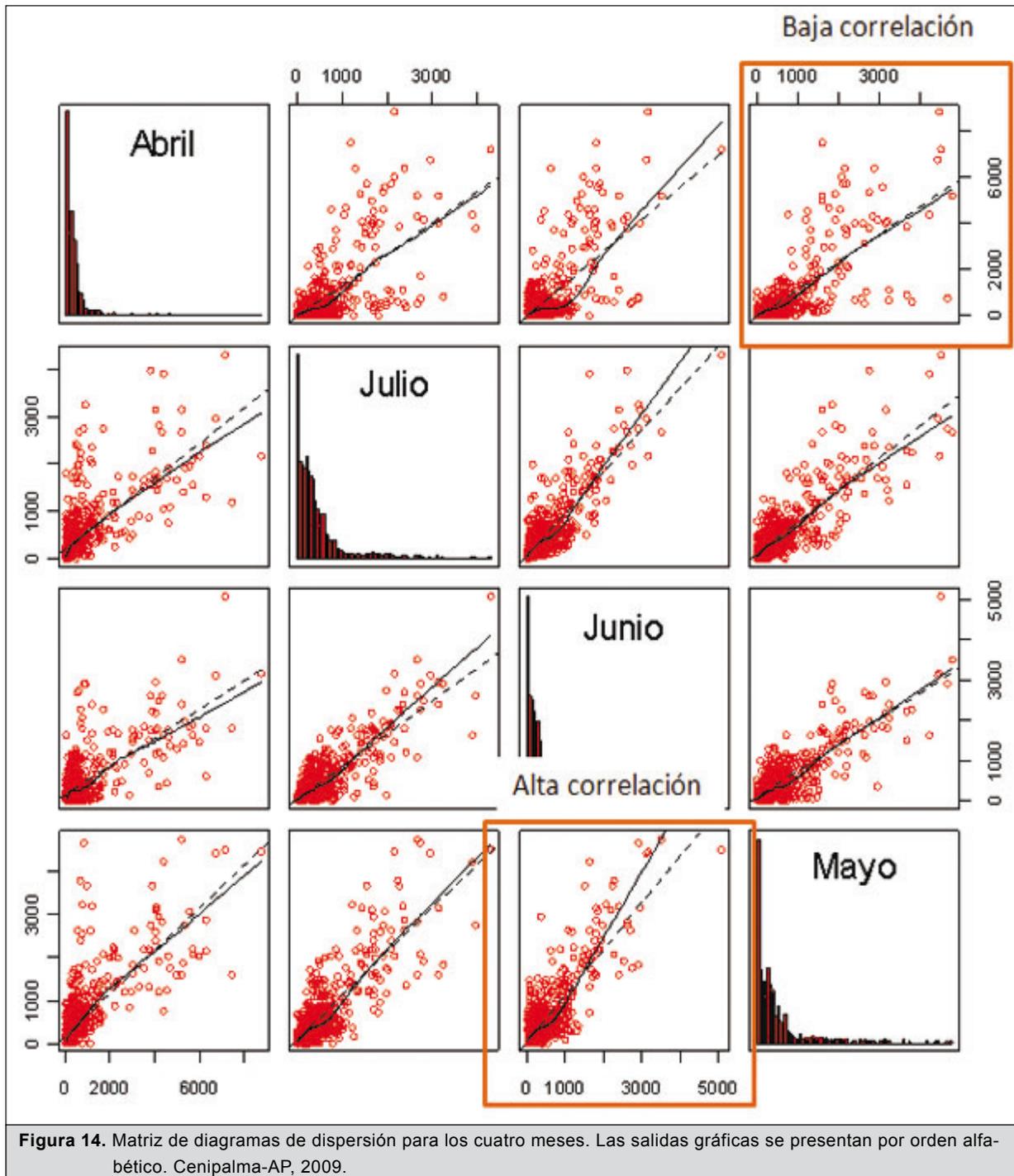


Figura 14. Matriz de diagramas de dispersión para los cuatro meses. Las salidas gráficas se presentan por orden alfabético. Cenipalma-AP, 2009.

Tabla 3. Matriz de correlación, prueba de Spearman

	Abril	Mayo	Junio	Julio
Abril	1.0000000	0.7475637	0.6111063	0.7181172
Mayo	0.7475637	1.0000000	0.7065165	0.7527976
Junio	0.6111063	0.7065165	1.0000000	0.7716337
Julio	0.7181172	0.7527976	0.7716337	1.0000000



Bibliografía

- Bianco, R.; Reyna, R.; Martínez, A. 1984. Distribución espacial de *Aeneolamia* spp (Homoptera: Cercopidae) en zocate pangola (*Digitaria decumbens* Stern). Centro de Entomología. Colegio de posgraduados, Chapingo, Mexico: 95-108.
- Calvache, H. 2002. Manejo integrado de plagas en el agrosistema de la palma de aceite. En: *Curso Nacional Manejo Integrado de Plagas en Palma de Aceite*. Fonade-Cenipalma, 205 pp, p.9-20.
- Calvache, H. 1995. Manejo integrado de plagas de la palma de aceite. *Palmas (Colombia)* 16 (Número especial): 255-264.
- Fofonoff, P.W.; Ruiz, G. M.; Steves, B.; Carlton, J. 2003. Ships or on ships? Mechanisms of transfer and invasion for nonnative species to the coasts of North America. In: Ruiz G. M y J. T. Carlton (eds). *Invasive species: vectors and management strategies*. Island Press. Washington. EUA. Pp. 152-182.
- Genty, P. 1986. Le controle de *Rhynchophorus palmarum* par piégeage à l'aide de morceaux de palmier. *Oléagineux (Francia)*. 4 (2): 57-59.
- González, B. 2007. La prueba de Shapiro & Wilk para verificar la normalidad de un conjunto de datos proveniente de muestras pequeñas. Área de Estadística, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad Rafael Landívar. Guatemala C.A. Disponible en: [\[http://byrong.50g.com/estadistica/estadap/shapiro_wilks_byrong.pdf\]](http://byrong.50g.com/estadistica/estadap/shapiro_wilks_byrong.pdf)
- Greicy A. Sarria; Gabriel A. Torres; Héctor A. Aya; Josué G. Ariza; Jessica Rodríguez; Diana C. Vélez; Francia Varón y Gerardo Martínez. 2008. *Phytophthora* sp. es el responsable de las lesiones iniciales de la Pudrición del Cogollo (PC) de la palma de aceite en Colombia. *Palmas (Colombia)* 29(3 Número especial): 31-41.
- Griffith, R. 1978. Epidemiology of red ring disease of coconuts in Trinidad and Tobago. *J. Agric. Soc. Trin. and Tob.* 78:200-17.
- Grilli, M.; Bruno, M. 2006. Aplicación de un SIG para el análisis y modelación de poblaciones de una plaga agrícola CREAN, Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Córdoba, Disponible en: [\[http://www.geogra.uah.es/inicio/web_11_confibsig/PONENCIAS/2-030-Grilli-Bruno.pdf\]](http://www.geogra.uah.es/inicio/web_11_confibsig/PONENCIAS/2-030-Grilli-Bruno.pdf)
- Hagley, E.A.C. 1963. The role of the palm weevil, *Rhynchophorus palmarum* as a vector of the red ring disease of coconuts. I. Results of preliminary investigations. *J. Econ. Entomol.* 56:375-380.
- Kraus, F. 2003. Invasion Pathways for terrestrial vertebrates. En: G. M. Ruiz y J. T. Carlton (eds). *Invasive species: vectors and management strategies*. Island Press. Washington, D. C. EUA. p. 68-92.
- López A.; Aragon J.; Marcelino J.; Donadio D. 1997. Sistema de alarma con trampa luz de orugas cortadoras y defoliadoras. Universidad Nacional Río Cuarto (UNRC), Disponible en: [\[http://hosting.udlap.mx/sitios/unionlat.extension/pdf/1997/ponencias/a119.pdf\]](http://hosting.udlap.mx/sitios/unionlat.extension/pdf/1997/ponencias/a119.pdf)
- Morin, J. P.; Luchini, F.; Araujo, J. C.; Ferreira, J. M.; Fraga, L.S. 1986. Control de *Rhynchophorus palmarum* mediante trampas construidas por pedazos de palma. *Oléagineux (Francia)* 41(2):57-62.
- Oehlschlager, C. A.; Chinchilla, C. M.; Gonzalez, M. 1992. Management of the American palm weevil *Rhynchophorus palmarum* and the red ring disease in oil palm y pheromone based trapping. *ASD - Oil Palm Paper*, 5: 15 - 23.
- Pita, S., Pértega, S. Relación entre variables cuantitativas. Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. Complejo Hospitalario Juan Canalejo. A Coruña (España). Disponible en: http://www.fisterra.com/mbe/investiga/var_cuantitativas/var_cuantitativas.asp
- Ramírez-Lucas, P.; Rochat, D. ; Zagatti, P. 1996. Field trapping of *Metamasius hemipterus* with synthetic aggregation pheromone. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 80: 453- 460
- Rochat, D. 1983. Etude de la communication chimique chez un Coleoptera Curculionidae: *Rhynchophorus palmarum*. Memoire de DEA, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI pp 30.
- Ruiz, G. M.; Carlton, J. 2003. *Invasion vectors: A conceptual framework for management strategies*. Island Press. Washington. D. C. EUA.