

**FLUCTUACIÓN ESPACIOTEMPORAL DE *Leptopharsa gibbicarina*
Froeschner EN EL CULTIVO DE PALMA DE ACEITE (*Elaeis guineensis* Jacq)
EN EL MUNICIPIO DE SAN PABLO BOLIVAR**

MICHEL CIRO HOYOS

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRONÓMICAS
MONTERÍA – CÓRDOBA**

2022

**FLUCTUACIÓN ESPACIOTEMPORAL DE *Leptopharsa gibbicarina*
Froeschner EN EL CULTIVO DE PALMA DE ACEITE (*Elaeis guineensis* Jacq)
EN EL MUNICIPIO DE SAN PABLO BOLIVAR**

MICHEL CIRO HOYOS

**Trabajo de grado como requisito parcial para optar al título de Magister en
Ciencias Agronómicas, Énfasis en Sanidad vegetal**

DIRECTOR:

VICTOR ORLANDO RINCON ROMERO M.Sc

**Investigador Asociado Corporación Centro de Investigación en Palma de
Aceite CENIPALMA**

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

PROGRAMA MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRONÓMICAS

MONTERÍA - CÓRDOBA

2022

La responsabilidad ética, legal y científica de las ideas, conceptos y resultados del proyecto serán responsabilidad del autor.

Artículo 17, acuerdo No. 039 del 24 de junio de 2005 del Consejo Superior de la Universidad de Córdoba.

Nota de aceptación

Víctor Orlando Rincón Romero Ing. Cat. M.Sc.

Director

Rodrigo Orlando Campo Arana, Ing. Agrón, M. Sc, Ph. D

Jurado

Claudio Fernández Herrera, Ing. Agrón., M. Sc.

Jurado

DEDICATORIA

Le dedico el resultado de este trabajo de grado primeramente a Dios por permitir este logro en mi vida profesional, mi familia y amigos, también quiero dedicarle este trabajo a mi esposa Mercy Liceth y mis hijos que son el ser de mi vida.

Michel Ciro Hoyos

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mi familia por su apoyo incondicional.

A la universidad de Córdoba, al programa de maestría en ciencias agronómicas y a los docentes que me acompañaron en este proceso y en especial a mis compañeros y amigos.

A mi director Víctor Orlando Rincón Romero por sus aportes en la parte geoestadística y a mis jurados Rodrigo Orlando Campo Arana y Claudio Fernández Herrera, gracias por las sugerencias que hicieron de este trabajo una realidad.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	12
INTRODUCCIÓN	14
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
2. JUSTIFICACIÓN.....	18
3. MARCO TEORICO	20
3.1. GENERALIDADES DEL CULTIVO DE PALMA DE ACEITE.....	20
3.2. CONTEXTO FITOSANITARIO	21
3.3. EL CHINCHE DE ENCAJE (<i>Leptopharsa gibbicularina</i> Froeschner)	22
3.3.1. Morfología del insecto	22
5.3.1.2. Huevos:.....	23
5.3.1.3. Ninfa.....	23
5.3.1.4. Adultos:	23
3.3.2. Daño	23
3.3.3. Biología y hábitos.....	24
3.3.4. Distribución Geográfica.....	25
3.3.5. Manejo integrado del insecto	25
3.4. Muestreo y dinámica poblacional	27
4. OBJETIVOS.....	30
4.2. OBJETIVO GENERAL:.....	30
4.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	30
5. HIPÓTESIS.....	31
6. METODOLOGÍA.....	32

6.2.	LOCALIZACIÓN	32
6.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	32
6.4.	VARIABLES E INDICADORES	32
6.4.1.	Variables independientes	32
6.4.2.	Variables dependientes.....	32
6.5.	DISEÑO EXPERIMENTAL Y MUESTREO	33
6.6.	PROCEDIMIENTO	33
6.6.1.	Definición de las estaciones de muestreo	33
6.6.2.	Distribución poblacional de <i>L. gibbicularina</i> en la planta.....	34
6.6.3.	Análisis de distribución espacial.....	35
6.6.4.	Elaboración de mapas	35
6.6.5.	Toma de datos climáticos.....	36
6.6.6.	Ajustar el modelo lineal generalizado (glm).....	36
6.6.7.	Análisis de correlación múltiple	37
6.6.8.	Análisis de componentes principales (ACP).....	37
6.7.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE PROCESAMIENTO DE DATOS.....	37
7.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	38
8.	CONCLUSIONES	60
10.	BIBLIOGRAFÍAS	62

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Predio y estaciones de lectura del área de estudio en el cultivo de palma de aceite.....	34
Figura 2. Distribución y abundancia de adultos de <i>L. gibbicularina</i> en cuatro niveles foliares de la palma africana de aceite. Los círculos representan el número de adultos/planta.....	38
Figura 3. Número medio de adultos de <i>L. gibbicularina</i> en las hojas 17 y 25 en plantas de palma africana en diez meses de muestreo.....	48
Figura 4. Mapas de superficie construidos con base en la interpolación del krigeado ordinario muestran la distribución espacial de la densidad de <i>L. gibbicularina</i> en diez meses de muestreo en un lote de palma de aceite.....	49
Figura 5. Explicación de la varianza del análisis de componentes principales (ACP) entre los factores climáticos y su relación con la dinámica poblacional de <i>L. gibbicularina</i>	52
Figura 6. Análisis de componentes principales (ACP) de la densidad <i>L. gibbicularina</i> y las variables climáticas.....	54

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Número total de adultos de <i>L. gibbicularina</i> , en 265 palmas de aceite, variedad guineensis de 13 años de edad, en las hojas 25, 17, 33 y 9.....	40
Tabla 2. Análisis espacial por parámetros de índices de distancia (SADIE) para la distribución de adultos de <i>L. gibbicularina</i> en las hojas 17 y 25 en plantas de palma africana variedad guineensis de 13 años de edad, en diez meses de muestreo.....	41
Tabla 3. Análisis espacial por parámetros del coeficiente de Geary para la distribución de adultos de <i>L. gibbicularina</i> en las hojas 17 y 25 en plantas de palma africana variedad guineensis de 13 años de edad, en diez meses de muestreo...	43
Tabla 4. Promedio del número de adultos de <i>L. gibbicularina</i> en plantas de palma de aceite variedad guineensis de 13 años de edad, en los niveles foliares 17 y 25 en diez meses de muestreo.....	46
Tabla 5. Resultados del modelo lineal generalizado para <i>L. gibbicularina</i> , con variables climáticas.....	51
Tabla 6. Coeficientes de correlación de rango de Spearman entre la densidad de <i>L. gibbicularina</i> y las variables climáticas.....	51
Tabla 7. Coeficientes de correlación de rango de Spearman entre la densidad de <i>L. gibbicularina</i> , las variables climáticas y los componentes principales.....	53
Tabla 8. Promedios mensuales de variables climáticas obtenidas de la estación meteorológica de puente Sogamoso, Puerto Wilches.....	55

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Semivariogramas experimentales a partir del valor promedio mensual del número de adultos de <i>L. gibbicularina</i> en diez meses de evaluación.....	61

RESUMEN

La palma de aceite es uno de los cinco cultivos de más rápido crecimiento en los trópicos. Entre todos los cultivos de oleaginosas, este tiene el rendimiento de aceite más alto y es el más consumido en el mundo. La palma en Colombia, especialmente en el departamento de Bolívar, enfrenta una amenaza en la producción, debido al daño indirecto que ocasiona el chinche de encaje (*Leptopharsa gibbicularina* Froeschner), al alimentarse y ovopositar, permitiendo la entrada de *Pestalotiopsis* spp. agente causal del añublo foliar, enfermedad que puede causar pérdidas superiores al 40%. Actualmente, se desconoce el comportamiento de las densidades del insecto en plantaciones de palma en el sur de Bolívar, por lo tanto, el objetivo de esta investigación es contribuir en el manejo Integrado de la interacción *L. gibbicularina*-*Pestalotiopsis* sp., mediante el ajuste de un modelo espaciotemporal de las poblaciones del chinche de encaje. La investigación se llevó a cabo en el año 2019, en un predio de 28 ha de palma africana de aceite, variedad guineensis de 13 años de edad (siembra 2006) en el municipio de San Pablo, sur de Bolívar, Colombia. Se realizó un muestreo con una malla de 5x5, con 265 estaciones de lecturas; las plantas seleccionadas fueron georreferenciadas y se les determinó el número de adultos en las hojas 9, 17, 25 y 33, con estos valores se determinó la distribución espacio-temporal del insecto, usando dos técnicas geoestadísticas diferentes (índice de distancia SADIE y de Geary). Por último, se ajustó un modelo lineal generalizado a partir de variables climáticas y estas fueron relacionadas mediante análisis de correlación múltiple y análisis de componentes principales. A partir de los análisis, encontramos que el patrón de distribución de los adultos del chinche de encaje en el lote de palma africana de aceite es de tipo agregado y la densidad poblacional de los adultos está influenciada por los factores ambientales y depende principalmente de la humedad relativa y las precipitaciones de zona. Siendo importante establecer planes de muestreo y prácticas de control focalizadas en los bordes de los lotes y en las épocas de mayor precipitación.

Palabras clave: chinche de encaje, insectos plaga, geoestadística, dinámica poblacional.

ABSTRACT

Oil palm is one of the five fastest growing crops in the tropics. Among all oilseed crops, it has the highest oil yield and is the most consumed in the world. Palm production in Colombia, especially in the department of Bolivar, is threatened by the indirect damage caused by the lace bug (*Leptopharsa gibbicularina* Froeschner), which feeds and oviposits, allowing the entry of *Pestalotiopsis* sp., the causal agent of leaf blight, a disease that can cause losses of over 40%. Currently, the behavior of the insect densities in palm plantations in southern Bolivar is unknown, therefore, the objective of this research is to contribute to the integrated management of the interaction between *L. gibbicularina* and *Pestalotiopsis* sp. by adjusting a spatiotemporal model of the populations of the lace leaf pigeon pea. The research was carried out in 2019, in a 28 ha farm of African oil palm, guineensis variety, 13 years old (planting 2006) in the municipality of San Pablo, south of Bolivar, Colombia. The selected plants were georeferenced and the number of adults was determined on leaves 9, 17, 25 and 33. With these values, the spatio-temporal distribution of the insect was determined using two different geostatistical techniques (SADIE and Geary's distance index). Finally, a generalized linear model was fitted from climatic variables and these were related by multiple correlation analysis and principal component analysis. From the analyses, we found that the adult distribution pattern of the lace bug in the African oil palm lot is of an aggregate type and the population density of the adults is influenced by environmental factors and depends mainly on the relative humidity and rainfall of the area. It is important to establish sampling plans and control practices focused on the edges of the plots and in the periods of higher rainfall.

Keywords: lace bug, insect pests, geostatistics, population dynamics.

INTRODUCCIÓN

La palma de aceite es uno de los cultivos de mayor importancia a nivel mundial por su alto rendimiento de aceite, con pocas áreas de tierra utilizada, mayor calidad en comparación con otros cultivos oleaginosos (Murphy, 2009). El aceite de palma es ahora el aceite vegetal más consumido en el mundo y se utiliza en una amplia gama de alimentos procesados, cosméticos y productos de limpieza, junto con su potencial como biocombustible (Furumo y Aide, 2017). Colombia es el segundo país productor de aceite de palma fuera del sudeste asiático, y el mayor en América del sur y central (Rivera *et al.*, 2017) con 1,8 millones de toneladas producidas para el año 2018 y un rendimiento de 3,8 t ha⁻¹, lo que coloca al país por encima del rendimiento global promedio (Pachecho *et al.*, 2017). A pesar de su importancia, el cultivo de la palma de aceite en Colombia, especialmente en el departamento de Bolívar, enfrenta una amenaza en la producción, debido al gran número de insectos que la atacan (Bustillo, 2019). Una de las plagas más limitantes en esta región, es el chinche de encaje, *Leptopharsa gibbicularina* Froeschner (Hemiptera: Tingidae), este insecto es el principal vector de la mancha foliar de *Pestalotiopsis* (*Pestalotiopsis* spp.), enfermedad que puede causar reducciones entre 12 y 20 t de fruta fresca en plantaciones jóvenes y adultas (Jiménez y Reyes, 1977; Jiménez, 1984; Shen *et al.*, 2014).

El manejo del insecto se basa en el uso de enemigos naturales como *Crematogaster* spp, *Camponotus* spp y *Ectatomma* spp (Aldana et ál., 1995), varias especies de *Chrysopa* (Neuroptera: Chrysopidae) y *Erythmelus* sp. (Hymenoptera: Mymaridae) (Guzmán et ál., 1997; Aldana et ál., 1995; Reyes y Cruz, 1996), el control biológico con los hongos *Beauveria bassiana*, *Isaria fumosorosea* y *Purpureocillium lilacinum* (Barrios *et al.*, 2016) y la aplicación de insecticidas sistémicos Monocrotofos y Dicrotofos mediante absorción radicular (Reyes y Cruz, 1996). No obstante, no se ha encontrado un control eficiente de este insecto vector en algunas plantaciones de la región de Bolívar, donde el adulto se sigue reproduciendo y esparciendo hacia otras regiones donde no se había reportado esta plaga. Esto se debe principalmente porque existe poca investigación encaminada en esta plaga, además, aún se desconoce el comportamiento espacial del insecto y cómo la densidad poblacional

de los adultos está influenciada por las variables climáticas de la zona. Estudios relacionados con la distribución espacial de *L. gibbicularina* sugieren que sus poblaciones se ajustan a un modelo de agregación y que la concentración de los focos es mayor en presencia de la hormiga *Crematogaster* spp. (Aldana de la Torre *et al.*, 2000; Calvache *et al.*, 2004). Sin embargo, estos estudios no se basaron en el uso de herramientas de análisis geoestadísticos, las cuales pueden ayudar al entendimiento de la fluctuación espacio-temporal del insecto, siendo su interpretación, clave para establecer estrategias de manejo y control.

Estas técnicas han sido utilizadas para determinar la distribución espacial de insectos plaga de importancia económica en diferentes sistemas productivos, tales como: *Helicoverpa armígera* en tomate (García *et al.*, 2004), *Aenolemia* spp. en caña de azúcar (del Río, 2018), *Diaphorina citri* en diferentes cultivos (Hernández *et al.*, 2018; Yzquierdo *et al.*, 2021). Además, estas se pueden complementar con el uso de modelos lineales generalizados (GLM), análisis de correlación múltiple y análisis de componentes principales para determinar el efecto de variables climáticas sobre la densidad poblacional del insecto. En este sentido, estas herramientas permiten realizar predicciones y conocer el comportamiento espacial y temporal de las poblaciones de insectos plagas y buscan mejorar la practicas de manejo integrado de plagas, aplicando técnicas específicas del sitio, desarrollando planes de muestreo eficientes y predecir el daño de la plaga (Martins *et al.*, 2017).

Con base a lo anterior, el objetivo de esta investigación es contribuir en el manejo Integrado de la interacción *L. gibbicularina-Pestalotiopsis* sp., mediante el ajuste de un modelo espaciotemporal de poblaciones del chiche de encaje.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cultivo de la palma de aceite en Colombia, especialmente en el departamento de Bolívar, enfrenta una amenaza en la producción, debido al gran número de insectos que la atacan (Bustillo, 2019). Las plagas más conocidas e importantes por su permanente asedio son las defoliadoras, estas pueden causar daño directo sobre follaje de la palma, o daño indirecto, causando heridas que permiten la colonización de patógenos causantes de añublo foliar (Calvache, 2004). Dentro de los insectos que causan daño indirecto, se destaca *Leptopharsa gibbicularina* Froeschner, conocido como el chinche de encaje (Froeschner, 1976). Este insecto ocasiona un daño mecánico en la planta al alimentarse de la savia de las hojas como al ovipositar, dejando heridas abiertas en la planta, permitiendo así la entrada de hongos patógenos como *Pestalotiopsis* spp. agente causal del añublo foliar de la palma africana de aceite (Jiménez y Reyes, 1977; Jiménez, 1984; Shen *et al.*, 2014). La enfermedad se manifiesta produciendo manchas marrones, pequeñas y de ovaladas a irregulares, las cuales se expanden gradualmente y finalmente se fusiona para formar grandes manchas de color marrón grisáceo rodeadas por un borde marrón oscuro. Las hojas se secan y finalmente mueren (Reyes, 1988; Shen *et al.*, 2014).

Siendo una de las enfermedades más importantes en América central y del sur, esta alcanza importancia económica cuando los ataques son fuertes, los cuales pueden llegar a disminuir los rendimientos en cantidades superiores a 36% en países como Venezuela (Labarca *et al.*, 2006). En Colombia, el añublo foliar se viene presentando con niveles de importancia económica desde 1972 en las plantaciones de palma de los departamentos de Santander, Cesar, Magdalena y Antioquia (Jiménez y Reyes, 1977), encontrándose pérdidas mayores al 40% en promedio en el número de racimos y peso de los mismos (Genty *et al.*, 1984) como consecuencia de la defoliación de las plantas y la reducción del área fotosintética. En presencia de *Leptopharsa gibbicularina* y con alto potencial de inóculo, los niveles de defoliación ascienden hasta el 80% y se mantienen indefinidamente sino se toman medidas racionales de control (Reyes, 1988). Debido a los daños que causa el insecto, se considera una plaga de importancia económica en la palmicultura colombiana

(Jiménez, 1984). Así mismo, se ha denominado como una de las plagas más limitantes, en el desarrollo de los cultivos de palma, en el sur del departamento de Bolívar.

En este contexto, se han desarrollado diversas investigaciones, que han permitido conocer la biología y el comportamiento de este insecto (Genty *et al.*, 1978; Casarrubia, 2020), dando como resultado, prácticas de manejo, orientadas a disminuir las poblaciones y los daños económicos en las plantaciones, donde la medida de control generalmente usada, es la aplicación continua de insecticidas por inyección al estipe o por absorción radicular (Calvache, 2004). El uso indiscriminado y continuo ha resultado en un incremento de la dosis de estos insecticidas, lo que podría generar resistencia en el insecto, problemas de resurgencia, aumentos de los costos de producción, desequilibrio biológico y ambiental (Méndez, 2000; Bastidas *et al.*, 2013).

Las condiciones climáticas han favorecido el desarrollo de problemas fitosanitarios y la proliferación de insectos plagas. Observaciones en plantaciones de palma, han evidenciado que muchos de los productores no se hace detección temprana de las plagas, en algunas plantaciones no se cuenta con personal capacitado para detección de plagas y enfermedades, además, las palmas no están georreferenciadas para establecer el historial de su presencia y distribución espacio-temporal (Bustillo, 2019). Esto ha provocado que las alternativas de manejo de este insecto, en las plantaciones del sur del departamento de Bolívar, carezcan de eficacia, principalmente porque se desconoce su distribución espacial en las plantaciones de palma de la zona y no se conocen los factores ambientales involucrados en la fluctuación de las poblaciones de la plaga.

Con base a lo anterior, se plantea la siguiente pregunta de investigación ¿Cuál es el patrón de distribución espacio-temporal de *Leptopharsa gibbicularina* en cultivo de palma de aceite y que factores ambientales favorecen la dinámica de las poblaciones del insecto?

2. JUSTIFICACIÓN

La palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) es uno de los cinco cultivos de más rápido crecimiento en los trópicos (Phalan *et al.*, 2013). Se estima que existen aproximadamente 18,9 millones de hectáreas sembradas de palma de aceite en el mundo, principalmente en Asia, África y América latina (FAO, 2019). Entre todos los cultivos de oleaginosas, la palma aceitera, tiene el rendimiento de aceite más alto por unidad de área (Huang, 2017). El aceite de palma es ahora el aceite vegetal más consumido en el mundo y se utiliza en una amplia gama de alimentos procesados, cosméticos y productos de limpieza, junto con su potencial como biocombustible (Furumo y Aide, 2017).

Este cultivo es de gran importancia en la economía colombiana, se encuentra en 20 departamentos y 126 municipios del país, con un área sembrada de 569.485 que produjeron 1.355.459 Ton en el año 2018 (Agronet, 2018). En el departamento de Bolívar hay establecidas 37.464 hectáreas de palma de aceite, con 808 palmeros, cuatro núcleos palmeros en la zona. Actualmente se tiene una productividad de 2,7 ton de aceite crudo por hectárea (Agronet, 2018; Fedepalma 2018). En la región, se generan 11.049 empleos, de los cuales 4.419 son empleos directos y 6.629 como empleos indirectos (Fedepalma, 2018). En el municipio de San Pablo se registran cerca de 7.500 hectáreas, con una participación del 22,4% del área total del departamento de Bolívar (Agronet, 2018).

A pesar de la importancia y los esfuerzos que se han hecho mantener los niveles de productividad del cultivo, en muchas plantaciones del país, los rendimientos de este sistema productivo se ven afectados por la presencia del complejo *L. gibbicularina*, inductor de la *Pestalotiopsis*, enfermedad que puede causar pérdidas superiores al 30% sino se toman medidas racionales de control. Debido a la baja eficacia en el manejo del hongo y los altos costos de los tratamientos, los esfuerzos están encaminados en el control del insecto inductor.

Dentro de las prácticas de manejo que buscan mantener los niveles de defoliación por debajo del daño económico, se recomienda el monitoreo continuo de las poblaciones de insectos inductores como *L. gibbicularina*, georreferenciar las palmas

para establecer el historial de su presencia y distribución espacio-temporal, evaluar insecticidas y realizar estudio de diferentes formas de aplicación teniendo en cuenta la distribución espacial del insecto y las condiciones ambientales de la zona de influencia.

Con base a lo anterior y queriendo contribuir en mejorar las estrategias de manejo de plagas limitantes para la producción del cultivo de palma de aceite, se desarrolló esta investigación, encaminada en el conocimiento de la dinámica espacio-temporal y las condiciones climáticas que favorecen la fluctuación de las poblaciones de *L. gibbicularina* en el cultivo de palma africana de aceite, usando técnicas de información geográfica.

En este sentido, el uso de las diferentes herramientas en los sistemas de información geográficos, facilitan las predicciones y el conocimiento del comportamiento de las poblaciones de insectos plagas, que ocasionan daños en los diferentes cultivos de importancia agrícola.

En general, el conocimiento de la estructura espacial de las poblaciones de insectos permite optimizar el manejo y control, dirigiendo su importancia a las zonas específicas de mayor crecimiento de plagas (Blom *et al.*, 2002; Ramírez y Porcayo, 2008). De acuerdo con lo anterior, se podría minimizar o reducir las aplicaciones a gran escala de productos químicos para el control del insecto. De esta manera, se puede evitar la resistencia a los diferentes insecticidas utilizados, buscando la conservación y propagación de enemigos naturales que puedan ejercer algún tipo de control o equilibrio biológico sobre estos insectos (Midgarden *et al.*, 1997) Además, se reducen los costos de producción y, por tanto, se obtiene una mayor calidad en la producción.

Por esta razón, resulta de gran importancia ajustar un modelo espacial de distribución poblacional de *Leptopharsa gibbicularina* en el cultivo de palma. Que logre identificar la forma en que se distribuye el insecto en la plantación. Permitiendo generar una estrategia de manejo eficiente y amigable con el medioambiente. Así mismo, es importante conocer si algunas variables climáticas, tienen algún efecto aleatorio sobre la aparición y distribución del insecto en el cultivo.

3. MARCO TEORICO

3.1. GENERALIDADES DEL CULTIVO DE PALMA DE ACEITE

La palma de aceite es uno de los cultivos de mayor importancia a nivel mundial por alto rendimiento de aceite, con pocas áreas de tierra utilizada, mayor calidad en comparación con otros cultivos oleaginosos (Murphy, 2009). Colombia es el segundo país productor de aceite de palma fuera del sudeste asiático, y el mayor en América del sur y central (Rivera *et al.*, 2017) con 1,8 millones de toneladas producidas para el año 2018 y un rendimiento de 3,8 ton.ha⁻¹, lo que coloca al país por encima del rendimiento global promedio (Pachecho *et al.*, 2017). Dentro de la familia Arecaceae, la palma africana (*Elaeis guineensis*), originaria de África occidental, es la fuente principal de la mayor parte del aceite vegetal que se encuentra en todo el mundo (Barcelos *et al.*, 2015).

El cultivo de palma de aceite en Colombia ha tenido una expansión importante, producto de políticas gubernamentales que lo consideran un factor de desarrollo para la economía agraria y del país (Pertuz y Santamaria, 2014). Las primeras plantaciones fueron establecidas en el año 1957, actualmente el cultivo de palma de aceite en Colombia, se encuentra dividido en cuatro zonas palmeras: i) zona norte; donde participan los departamentos de Antioquia (norte), Atlántico, Bolívar (norte), Cesar, Chocó, Córdoba, La Guajira Sucre y Magdalena, con 128.874 ha y una producción de 421.368 ton. ii) zona sur occidental; en los departamentos de Nariño, Caquetá y Cauca, con 21.275 ha y 38.190 ton. iii) zona oriental; con los departamentos de Meta, Cundinamarca, Casanare, Vichada y Arauca, con una producción de 670.773 ton en 220.663 ha sembradas. iv) Zona Central; donde se ubican los departamentos del sur de Bolívar, sur de Antioquia, Caldas, norte de Santander y Santander, con 169,876 ha y 500.000 ton (Fedepalma, 2019). En el departamento de Bolívar hay establecidas 37.464 hectáreas de palma de aceite, con una producción promedio de 2,7 ton de aceite crudo por hectárea, en la región, se generan 11.049 empleos directos e indirectos (Agronet, 2018; Fedepalma 2018).

Actualmente, el aceite de palma es el segundo aceite más consumido en el mundo y se emplea como; aceite de cocina, para elaborar productos de panadería, pastelería, confitería, heladería, sopas instantáneas, salsas, diversos platos congelados, deshidratados y cremas no lácteas para mezclar con el café (Kumar, 2016; Fedepalma, 2022). A su vez, los aceites de palma y palmiste sirven de manera especial en la fabricación de productos oleo químicos como los ácidos grasos, ésteres grasos, alcoholes grasos, compuestos de nitrógeno graso, glicerol, elementos esenciales en la producción de jabones, detergentes, lubricantes para pintura, barnices, gomas y tinta (Fedepalma, 2022).

En los últimos tiempos ha venido tomando fuerza su utilización como biocombustible. El biodiesel en la actualidad es una nueva alternativa para la utilización del aceite de palma como materia prima de otros productos. En Colombia, ya existen plantas productoras de biodiesel a partir del aceite crudo de la palma africana, como es la de ECODIESEL de Ecopetrol próxima a la refinería de Barrancabermeja en Santander (Serje y Steiner, 2011).

3.2. CONTEXTO FITOSANITARIO

La palma de aceite, como cualquier otro cultivo comercial, presenta algunas dificultades desde el ámbito fitosanitario. En la actualidad, uno de los aspectos más críticos de la palmicultura colombiana, está relacionado con los problemas de enfermedades y plagas que ocasionan pérdidas representativas en la economía de las regiones, donde se establecen estos cultivos. La incidencia creciente de enfermedades como; la Pudrición del Cogollo (PC) y la Marchitez Letal, afectan claramente la competitividad y sostenibilidad del negocio (Cooman, 2019).

Dentro de las limitantes generales del cultivo de la palma de aceite, cabe mencionar los daños y enfermedades transmitidas por insectos, de los cuales podemos nombrar *Rhynchophorus palmarum*, vector del nematodo que causa la letal enfermedad de Anillo Rojo. *Demotispa* (previamente *Imatidium*), raspador del fruto (Aldana *et al.*, 1998; Aldana *et al.*, 2000). *Sagalassa valida*, que ocasiona daños en las raíces de las palmas. *Strategus aloeus*, coleóptero que perfora la base del estipe

en los estados de desarrollo de las plantas y, *Leptopharsa gibbicularina*, una de las principales plagas de importancia económica en el cultivo de palma de aceite, ya que está relacionada con la enfermedad *Pestalotiopsis palmarum* (Genty, 1984).

3.3. EL CHINCHE DE ENCAJE (*Leptopharsa gibbicularina* Froeschner)

Leptopharsa gibbicularina (Hemiptera: Tingidae) fue descrita por Froeschner (1976) de material colectado en Colombia, es una plaga de importancia económica en el cultivo de palma de aceite del país, debido a su estrecha relación en el desarrollo de la enfermedad conocida como; pestalotiopsis (Labarca *et al.*, 2006). Esta enfermedad es causada por hongos oportunistas, entre ellos el más común es *Pestalotiopsis palmarum* (Cooke) Steyaert, generando necrosis en el follaje (Labarca *et al.*, 2006). Desde que se registró por primera vez un ataque severo de *L. gibbicularina* (en ese momento identificada como *Gargaphia* sp., en Colombia (Genty, 1978) se ha generado una gran cantidad de información sobre este insecto, principalmente enfocada en rasgos morfológicos y sus características biológicas, y fue clasificado taxonómicamente como: Reino: Animalia, Filo: Arthropoda, Subfilo: Hexapoda, Clase: Insecta, Sub Clase: Pterygota, Orden: Hemiptera, Familia: Tingidae, Género: *Leptopharsa*, Especie: *Leptopharsa gibbicularina* Froeschner (1976).

3.3.1. Morfología del insecto

Diversos trabajos describen este insecto de la siguiente manera; es un chinche que pertenece a la familia *Tingidae* (Hemiptera), mide de 2,6 a 2,9 mm de largo y 1,2 mm de ancho. Presenta antenas largas, tipo claviforme; ojos prominentes de color rojo; aparato bucal con una proboscis larga que pliega sobre una cavidad formada en su parte ventral. Pronoto giboso, los hemélitros se prolongan más allá del extremo abdominal, son reticulados, transparentes y semejan un encaje muy característico de su familia, a lo cual deben su nombre común. Cerca de la región central de los hemélitros nace una franja angosta de color negro que termina en el ángulo apical y un proceso alar constituido por un conglomerado de escamas

blancas. Las alas posteriores son translúcidas y membranosas (Reyes y Cruz, 1996; Barrios-Trilleras *et al.*, 2015; Casarrubia, 2020).

5.3.1.2. Huevos: Es de forma elipsoide y voluminoso, mide 0,6 mm de largo y 0,1 a 0,18 mm de ancho; es de consistencia gelatinosa; inicialmente es de color blanco crema, cuando está próximo a eclosionar es de color crema con manchas anaranjadas cerca del opérculo (Genty *et al.*, 1978; Barrios-Trilleras *et al.*, 2015; Casarrubia, 2020).

5.3.1.3. Ninfa: Recién emergida puede medir 0,5 mm de largo y 0,12 a 0,2 mm de ancho, de cuerpo cilíndrico y color blanco traslúcido. Al avanzar su desarrollo, las espinas que posee sobre el cuerpo se vuelven negras, gruesas y abundantes. Las ninfas de último instar pueden medir 1,8 mm de longitud y 0,8 mm de ancho (Genty *et al.* 1983; Barrios-Trilleras *et al.*, 2015; Casarrubia, 2020).

5.3.1.4. Adultos: Los adultos pueden desplazarse a otras palmas, favorecidos por corrientes de viento (aire). Tanto adultos y ninfas se ubican normalmente en el envés de los folíolos donde pueden cumplir todo su ciclo, prefieren las áreas y niveles con menor incidencia de la luz. La hembra tiene un período de pre-ovoposición de 11 a 12 días. Los huevos son depositados en el envés de los folíolos, en forma aislada y dentro del parénquima (Genty *et al.*, 1978; Barrios-Trilleras *et al.*, 2015). Los cuales recubre parcial o totalmente con sus excreciones. También, pueden colocarlos superficialmente acostados cerca de la nervadura central del folíolo. La hembra prefiere la parte media del folíolo para la ovoposición, puede colocar un huevo en promedio por día. La emergencia de las ninfas ocurre a los 14 días, pasan por cinco instares ninfales. La longevidad de los adultos es dependiente de las condiciones ambientales, durante la época de lluvias pueden vivir hasta 14 días y en época seca entre 17 y 24 días (Reyes y Cruz, 1996).

3.3.2. Daño

El daño directo lo ocasiona el insecto cuando pica en el envés del folíolo, para alimentarse al succionar el jugo celular del parénquima foliar. De esta manera, produce unos puntos cloróticos en el haz que conducen a secamientos o

necrosamientos del tejido. El principal daño de la chinche es ocasionado de manera indirecta, al abrir el patio de infección a hongos de los géneros *Pestaloptia*, *Pestalotiopsis*, *Colletotrichum*, *Gloeosporium* y *Helminthosporium* (Jiménez & Reyes, 1977). Su daño depende del potencial de inóculo del hongo en la zona, de las condiciones ambientales, del origen genético de la palma y del manejo agronómico de los lotes de palma. Los hongos se desarrollan en estos puntos de succión, donde se forma una zona de color pardo rojiza, rodeada por un halo indefinido de color amarillo, amarillamiento de hojas bajas, secamiento de folíolos, necrosis de tejido y lesiones foliares con ruptura de la lámina foliar (Betancourt *et al.*, 2016).

3.3.3. Biología y hábitos

El insecto pasa por los siguientes estados; huevo 15 días, ninfas 22 días y los adultos entre 14 a 22 días, para un total del ciclo de vida de insecto de 51 a 61 días (Jiménez y Reyes, 1977). Los adultos pueden desplazarse a otras palmas, favorecidos por corrientes de viento (aire). Tanto adultos y ninfas se ubican normalmente en el envés de los folíolos donde pueden cumplir todo su ciclo, prefieren las áreas y niveles con menor incidencia de la luz. La hembra tiene un período de preoviposición de 11 a 12 días. Los huevos son depositados en el envés de los folíolos, en forma aislada y dentro del parénquima (Genty *et al.*, 1978), los cuales recubre parcial o totalmente con sus excreciones. También, pueden colocarlos superficialmente acostados cerca de la nervadura central del foliolo. La hembra prefiere la parte media del foliolo para la oviposición, puede colocar un huevo en promedio por día. La emergencia de las ninfas ocurre a los 14 días, pasan por cinco instares ninfales. La longevidad de los adultos es dependiente de las condiciones ambientales, durante la época de lluvias pueden vivir hasta 14 días y en época seca entre 17 y 24 días (Reyes y Cruz 1996).

3.3.4. Distribución Geográfica

La presencia del insecto se ha registrado en Colombia y Venezuela (Escalante *et al.*, 2010). En Colombia se encuentra principalmente distribuido en plantaciones de la zona central y norte de Colombia (Jiménez, 1984), ha sido más notoria en los departamentos de Santander, Cesar, Magdalena y Antioquia. También se ha registrado en algunas plantaciones de los departamentos del Meta, Casanare y Córdoba (Jiménez, 1980; Casarrubia, 2020). Como plantas hospedantes solo se conocen las palmas *Elaeis guineensis* (palma africana), *E. melanococca* (Noli), *Cocos nucifera* (cocotero), *Aiphanes* sp. y *Bactris pillosa* (Genty *et al.*, 1978).

3.3.5. Manejo integrado del insecto

5.3.5.1 Enemigos naturales: Se conocen varios enemigos naturales de este insecto dentro de los cuales están un alto número de insectos y arañas depredadoras, especialmente de huevos y ninfas de la chinche, así como varias especies de hormigas depredadoras de los géneros *Crematogaster* spp, *Camponotus* sp y *Ectatomma* spp (Hymenoptera: Formicidae) (Aldana *et al.*, 1995), varias especies de *Chrysopa* (Neuróptera: Chrysopidae), coccinélidos y carábidos (Coleoptera), entre otros. En estado de huevo se ha encontrado al parasitoide *Erythmelus* sp. (Hymenoptera: Mymaridae) (Guzmán *et al.*, 1997; Aldana *et al.*, 1995; Reyes y Cruz, 1996). También se han aislado cepas de los hongos *Beauveria bassiana*, *B. brogniartii* y *Paecilomyces* sp., ejerciendo cierto control natural sobre el insecto en algunas plantaciones de Puerto Wilches (Reyes y Cruz, 1996; Genty *et al.*, 1984).

5.3.5.2. Control Biológico: Dentro de los entomopatógenos, los hongos han sido los más estudiados como una alternativa de control biológico de *L. gibbicularina*. Para el control de *L. gibbicularina* se han evaluado cepas de los hongos *Sporothrix insectorum* (Ordoñez y Genty 1989), *Beauveria bassiana* y *Paecilomyces* sp. (Valencia y Benítez 2005) con resultados no concluyentes y en algunos casos

contradictorios. Posteriormente se evaluaron cepas de los hongos *Beauveria bassiana*, *Isaria fumosorosea* y *Purpureocillium lilacinum*, encontrando que una cepa de *P. lilacinum* (CPPI0601) es promisorio para el control de adultos de *L. gibbicularina*, generando controles superiores al 70% (Barrios *et al.*, 2016).

5.3.5.3. Control cultural: Los estudios sobre el desarrollo de prácticas agronómicas y su relación con el desarrollo del complejo *Leptopharsa – Pestalotiopsis*. Dentro de las prácticas agronómicas, la nutrición del cultivo juega un papel importante en incremento de las incidencias del complejo *Leptopharsa – Pestalotiopsis* (Motta *et al.*, 2004), los resultados de estos estudios demuestran que altas concentraciones de N y deficiencias de K estuvieron relacionadas con la alta severidad de la enfermedad (Motta *et al.* 2004). Otras prácticas culturales que se recomiendan son la siembra de plantas nectaríferas y la poda de hojas bajas afectadas severamente por la enfermedad (Méndez, 2000).

5.3.5.4. Control químico: Los estudios relacionados con el control químico de *L. gibbicularina*, se centran en el uso de insecticidas de síntesis, a través de absorción radicular. Encontrando que los insecticidas sistémicos Monocrotofos y Dicrotofos son los más eficientes para controlar poblaciones altas de *L. gibbicularina* (Reyes *et al.*, 1988). El control químico de *L. gibbicularina*, ha involucrado el uso de microinyección y absorción radicular, con insecticidas sistémicos (Reyes y Cruz, 1996). La buena selección de la raíz para efectos de la absorción es fundamental para el éxito de esta estrategia. Entre las estrategias del manejo del chinche de encaje se utilizaron, hasta 1982, productos químicos de amplio espectro aplicados por vía aérea y terrestre. Esto afectó el equilibrio natural de la fauna de insectos e incremento la población de insectos defoliadores, los cuales eran considerados como plagas secundarias. Posteriormente, los métodos de aplicación por absorción radicular o por inyección al estípite fueron más selectivos (Reyes, 1988). Sin embargo, *L. gibbicularina* continúa siendo una de las plagas más importante en Colombia, debido a la excesiva dependencia de insecticidas para su control (Reyes *et al.*, 1998). La introducción del sistema de inyección de productos sistémicos al tronco mejoró la eficacia del control, lo cual se redujo el total de hectáreas aplicadas por vía aérea. No obstante, las bondades del sistema de inyección en palma adulta,

el deficiente control de las plagas en toda el área foliar, acompañado por el daño de los troncos, impidió su aplicación en cultivo de palma joven. La técnica de control de plagas, por absorción radical de productos sistémicos permitió en palma de aceite; solucionar los problemas de distribución presentados por inyección en cultivos jóvenes, brindando un excelente control del chinche de encaje (Reyes *et al.*, 1988). La mayor velocidad de absorción ocurre entre las 8 am y 12 am, cuando se presenta la mayor transpiración. De esta manera, las plantas tratadas con 14 a 16 cm³ de la solución de insecticida, demoran entre 50 minutos y 4 horas para subir el producto. Mientras que las palmas tratadas en las horas de la tarde, pueden durar hasta 24 horas. Al parecer, hay mayor absorción cuando no hay sobresaturación de agua en el suelo (Reyes *et al.*, 1988). El uso continuo de insecticidas de síntesis química, actúa negativamente sobre los organismos benéficos. Incrementando las poblaciones de la chinche de encaje y haciendo que el problema cada vez, sea más grave. Además, la forma de aplicación de los insecticidas ha inducido cambios en los hábitos de *L. gibbicularina*, ya que está colonizando las hojas más jóvenes de la palma, si se tiene en cuenta que el ingrediente activo llega menos concentrado y más tardíamente a estas hojas que, a las inferiores, donde habitualmente se encuentra (Calvache, 2004).

3.4. Muestreo y dinámica poblacional

Los estudios sobre sistemas de muestreos de las poblaciones de *Leptopharsa gibbicularina* sugieren las evaluaciones en una hoja de los niveles foliares 9 y 25, siendo la hoja numero 17 la más recomendada, debido a que estructuralmente es la hoja más madura y representativa de la planta (Barrios *et al.*, 2015; Barrios, 2021). Se ha evidenciado que el sistema de muestreo más adecuado para estudios de dinámicas espaciales y temporales de *L. gibbicularina* es el de redes con intensidades mínimas de 0.4 palmas/ha (Villareal y Benítez, 2005). En el análisis espacial, se utilizan técnicas de la geoestadística, basada en variables regionalizadas; esta técnica estadística se ha utilizado en estudios de geografía, geología, entomología y fitopatología (Gumpertz y Ristaino, 1997). Estas herramientas de análisis

geoestadísticos ayudan al entendimiento de la fluctuación espacio-temporal de los insectos, siendo su interpretación, clave para establecer estrategias de manejo y control de insectos plaga. Con el uso de técnicas de estimación geoestadística "krigeado", se consiguió representar diariamente las distribuciones espaciales de las capturas de *Helicoverpa armígera* en plantaciones de tomate, lo que permitió analizar su evolución temporal, mediante la modelización de variogramas teóricos de tipo esférico o exponencial, con un importante efecto pepita (García *et al.*, 2004). Investigadores estudiaron la distribución espacio-temporal de las plagas y las larvas de sírfidos en lechuga con la metodología SADIE, encontrando que el Trips *Caliothrips phaseoli* como los pulgones, *Uroleucon sonchi* y *Macrosiphum euphorbiae*, presentaron patrones de distribución al azar, mientras que las larvas de *Pseudoplusia includens* presentaron un patrón agregado (Díaz y Maza, 2017). Estudios sobre la dinámica espacio-temporal de *Aenolemia* spp. en el cultivo de caña de azúcar en México, mediante isogramas, logró determinar los puntos críticos de las poblaciones del insecto, con un índice de agregación dentro de las parcelas experimentales (del Río, 2018).

En México, se buscó determinar la fluctuación poblacional de *Diaphorina citri* en *Murraya paniculata* en áreas urbanas y en huertas de *Tilo persa* y estimar el efecto de algunos factores ambientales. Los factores significativos que afectaron las capturas de las trampas fueron la temperatura y la humedad relativa (Hernández *et al.*, 2018). Con datos de capturas de *Diaphorina citri* se generaron mapas geoestadísticos del promedio de *D. citri* por trampas y se determinó el patrón de dispersión en agregados del adulto mediante el cálculo de tres índices de agregación, además de su relación con las variables ambientales de temperaturas y precipitación mensuales (Yzquierdo *et al.*, 2021).

El estudio de las fluctuaciones espaciotemporales sobre poblaciones de insectos mediante semivariograma, krigado y densidad Kernel se ha implementado con frecuencia en entomología. Por ejemplo, en tomate se comprobó que las poblaciones de huevos de *Bactericera cockerelli* Sulc presentan una distribución de tipo agregada, que fue corroborada por los mapas de densidad (Rivera *et al.*, 2018). Del mismo modo, estas técnicas geoestadísticas se usaron para estudiar a los

barrenadores del tallo (*Diatraea* spp.) en la caña de azúcar en Colombia; donde el análisis espacial evidenció una distribución agregada, concentrándose en los bordes de la cuadrícula de muestreo (Leyton *et al.*, 2018). Las especies de *Thrips simplex* que afectan el cultivo de gladiolo en México, mostraron un comportamiento espacial de tipo agregado, ajustándose a diferentes patrones espaciales y temporales, visualizándose con los mapas generados (Quiñones *et al.*, 2020). Investigaciones realizadas en México determinaron la distribución espacial de las poblaciones de araña roja (*Oligonychus punicae* Hirst) en aguacate, encontrando que las poblaciones de araña roja presentan una distribución de tipo agregada, ajustándose a los modelos de tipo Gaussiano, Esférico y Exponencial (Lara *et al.*, 2018). Con el objetivo de determinar la distribución espacial de las poblaciones de *Anastrepha* spp. en cultivos de ciruela, naranja, zapote, guayaba y mango, mediante la aplicación de técnicas de “krigeado”, se evidenció que las poblaciones del insecto plaga presentan una distribución de tipo agregada, corroborada por los mapas de densidad (Vanegas *et al.*, 2021).

Los factores climáticos influyen en la distribución espacial y temporal de las poblaciones de los insectos plaga, en los estudios de fluctuaciones poblacionales de insectos, se pueden incluir técnicas de exploración de datos, como análisis de correlación y análisis de componentes principales. Estas se han usado para estudiar los diferentes factores involucrados en la dinámica poblacional de los insectos (Alvarado, 2018; Gómez *et al.*, 2021; Marcano *et al.*, 2021).

A pesar de que existen diferentes técnicas para los estudios de análisis espaciotemporales, no se encontraron reportes de investigaciones enfocadas en conocer la fluctuación espacial y temporal de *L. gibbicularina* y los factores climáticos relacionados en la fluctuación del insecto en el cultivo de palma, siendo esta una herramienta muy útil en la toma de decisiones y en la creación de modelos que ayuden a planificar estrategias de manejo y actuar de forma preventiva.

4. OBJETIVOS

4.2. OBJETIVO GENERAL

- Contribuir en el manejo integrado de la Pestalotiosis de la palma de aceite, mediante el ajuste de un modelo espaciotemporal del chinche de encaje *Leptopharsa gibbicarina*

4.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el patrón de distribución espaciotemporal de las densidades poblacionales de *L. gibbicarina* en el cultivo de palma de aceite.
- Ajustar un modelo lineal generalizado a partir de variables climáticas que expliquen la tendencia poblacional *L. gibbicarina*.

5. HIPÓTESIS

La poblacionales de *L. gibbicularina* presentaran un patrón distribución en agregados en el cultivo de palma africana de aceite y su fluctuación dependerá de las condiciones climáticos de la zona.

6. METODOLOGÍA

6.2. LOCALIZACIÓN

La investigación se llevó a cabo en el municipio de San Pablo, sur de Bolívar. Ubicado a 70 msnm, con coordenadas 7° 09' 00" de latitud norte y 75° 56' 00" de longitud sur. Las temperaturas promedio oscilan entre los 28°C a 30°C, y una precipitación anual media de 1500 a 2000 mm año (IDEAM, 2022).

6.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población estudiada estuvo conformada por 265 plantas de palma africana de aceite, de la variedad guineensis, las cuales fueron sembradas en el año 2006 (13 años de edad). Estas se encuentran sembradas a una distancia de 9mx9m con un arreglo triangular (tresbolillo) en un predio de 28 ha.

6.4. VARIEBALES E INDICADORES

6.4.1. Variables independientes

- Humedad relativa (%)
- Precipitaciones (mm)
- Radiación solar (W/m^2)

6.4.2. Variables dependientes

- Número de adultos de *L. gibbicularina* por hoja
- Densidad poblacional del insecto
- Patrón de distribución en el lote

6.5. DISEÑO EXPERIMENTAL Y MUESTREO

Se estableció en un diseño muestral, el cual se basó fundamentalmente en la observación del comportamiento de la densidad poblacional del chinche de encaje *L. gibbicularina* en el cultivo de palma de aceite y la influencia de las variables climáticas de la zona de estudio.

Se realizó un muestreo sistemático implementando una cuadrícula o malla de 5x5, es decir, se tomaron lecturas cada cinco líneas y cada cinco plantas, para un total de 265 estaciones de lecturas. En cada planta seleccionada, se evaluaron las hojas número 9,17,25 y 33 según la filotaxia de la palma de aceite cada 30 días por un periodo de diez meses.

6.6. PROCEDIMIENTO

OBJETIVO 1. DETERMINAR EL PATRÓN DE DISTRIBUCIÓN ESPACIOTEMPORAL DE LAS DENSIDADES POBLACIONES DE *L. gibbicularina* EN EL CULTIVO DE PALMA DE ACEITE

6.6.1. Definición de las estaciones de muestreo

Se realizaron muestreos de adultos de *L. gibbicularina* en un área de 28 ha de palma africana de aceite, de la variedad guineensis con 13 años de edad. Durante muestreo no hubo aplicaciones de insecticidas y fungicidas. El área de estudio contenía 265 estaciones de lecturas distribuidos en una cuadrícula o malla de 5x5, es decir, se tomaron lecturas cada cinco líneas y cada cinco plantas. En cada planta seleccionada, se tomaron las hojas número 9, 17, 25 y 33 según la filotaxia de la palma de aceite (Escalante *et al.*, 2010). En esta, se contó desde el ápice hacia el centro, la cantidad de adultos del insecto presentes en la hoja. Las evaluaciones se realizaron cada 30 días, durante un periodo de diez meses. Cada planta

seleccionada, fue etiquetada y georreferenciada para conocer su posición exacta mediante el programa de código abierto Cybertracker versión 3.5.0.

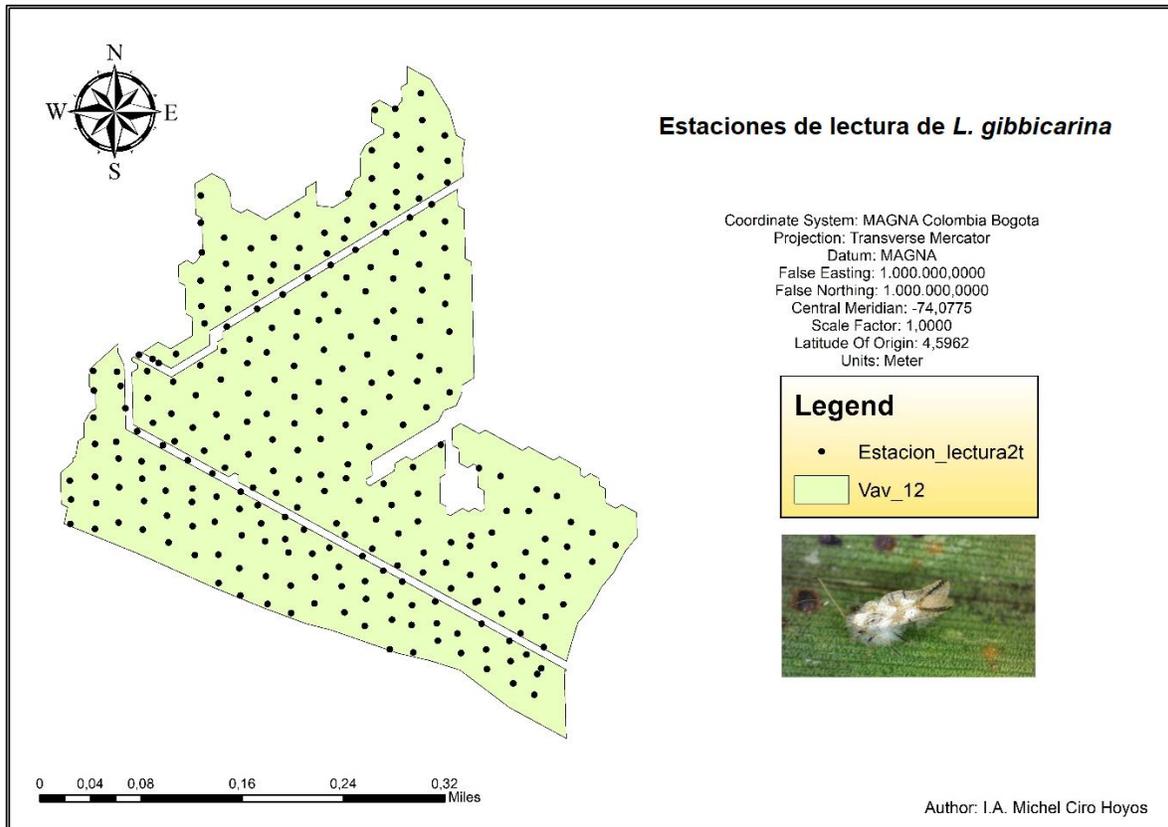


Figura 1. Predio y estaciones de lectura del área de estudio en el cultivo de palma de aceite

6.6.2. Distribución poblacional de *L. gibbicularina* en la planta

Se calcularon las estadísticas descriptivas de número de insectos, media, mediana, máximos y mínimos, incidencias y el porcentaje de adultos en cada uno de los niveles foliares 9, 17, 25 y 33 de acuerdo al total de individuos encontrados durante el experimento, posteriormente se utilizó el estadístico ji-cuadrado (χ^2), para comparar por pares las diferencias entre cada nivel foliar. Por último, la distribución y abundancia de adultos de *L. gibbicularina* fueron visualizados mediante la elaboración de mapas en el programa RStudio (versión 4.1.2).

6.6.3. Análisis de distribución espacial

En este estudio se utilizaron tres técnicas de distribución espacial diferentes (índice de distancia SADIE y Geary) para determinar la distribución espacial del insecto.

6.6.3.1. Índice de distancia (SADIE): SADIE mide la agregación general en función de la distancia a la regularidad (D), que representa la distancia total mínima que las muestras individuales tendrían que moverse para obtener el mismo número (es decir, la media) para los puntos de muestra individuales. La agregación se expresa en forma de áreas de agrupación con recuentos mayores (es decir, parches) o menores (es decir, lagunas) en comparación con la media. La magnitud de D se puede calcular mediante una prueba de aleatorización en la que se realizan permutaciones de todos los recuentos observados a partir de puntos de muestra. La evaluación proporciona un índice de agregación, I_a , y probabilidad, P_a . Los valores $I_a > 1$, $I_a = 1$ e $I_a < 1$ indican los patrones de agregación, aleatorios y de distribución uniforme. La probabilidad asociada (es decir, $P_a < 0,05$) determina la importancia estadística del patrón de distribución resultante (Shresth *et al.*, 2021).

6.6.3.2. Índice de Geary: el c de Geary sí incluye el valor de la unidad central en el análisis de autocorrelación. Su dominio es $[0, 2]$: cuando $0 \leq c \leq 1$, existe autocorrelación positiva; por el contrario, si $2 \geq c > 1$, indica autocorrelación negativa; finalmente, si $c = 1$, indica ausencia de autocorrelación, es decir, aleatoriedad en la distribución del fenómeno analizado (Siabato y Guzmán, 2019)

6.6.4. Elaboración de mapas

Se obtuvo el semivariograma experimental a partir del valor promedio mensual del número de adultos de *L. gibbicarina* obtenidos en las estaciones de muestreos (Anexo 1). El valor experimental del semivariograma se calculó con el programa

estadístico R-Studio, utilizando el paquete gstat. Se evaluaron siete modelos (esférico, exponencial, gaussiano, lineal, matern, bessel y pentaesférico) y se seleccionó el de menor error para posteriormente realizar la interpolación con kriging ordinario y graficar los mapas de riesgo en función de la densidad poblacional de *L. gibbicularina* (Rivera *et al.*, 2018; Leyton *et al.*, 2018).

OBJETIVO 2. AJUSTAR UN MODELO LINEAL GENERALIZADO A PARTIR DE VARIABLES CLIMÁTICAS QUE EXPLIQUEN LA TENDENCIA POBLACIONAL *L. gibbicularina*.

6.6.5. Toma de datos climáticos

Para el estudio se emplearon los registros climáticos comprendidos desde enero a diciembre del año 2019. Los datos fueron tomados de la estación meteorológica de puente Sogamoso, ubicada en las coordenadas, Latitud: 7.261929609 y Longitud: -73.78468873. Las variables evaluadas fueron Humedad relativa (%), Precipitaciones (mm), Brillo solar (h/año), Radiación solar (kWh) y numero de insectos.

6.6.6. Ajustar el modelo lineal generalizado (glm)

Se ajustó un modelo lineal aditivo con la ecuación generalizada para la densidad poblacional del insecto y el efecto de las variables climáticas de la zona de estudio, siguiendo la metodología propuesta por Guzmán (2020). A partir de las variables climáticas, se realizará una transformación logarítmica que linealiza los factores, para obtener la fórmula genérica:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_i X_i + \dots + \beta_n X_n$$

Dónde:

Y = Variable de respuesta o dependiente (número de insectos)

β_0 = El intercepto de la ecuación

β_1 = Coeficiente de X_1 ; β_n = coeficiente de X_n

X_i = Variable predictora o independiente (Variables climáticas)

6.6.7. Análisis de correlación múltiple

Se estimó el coeficiente de correlación entre las variables climáticas Humedad relativa (%), Precipitaciones (mm), Brillo solar (h/año), Radiación solar (W/m^2), Velocidad del viento (m/s) y número de insectos. Se aplicaron métodos no paramétricos para el análisis de los datos (Gómez *et al.*, 2021; Marcano *et al.*, 2021). De igual forma se determinó la significancia estadística de la correlación mediante una prueba de hipótesis al 95% ($p \leq 0,05$). Las pruebas se realizaron en el programa estadístico R versión 4.1.2.

6.6.8. Análisis de componentes principales (ACP)

Para conocer la relación entre las densidades del insecto y las variables climáticas, se empleó un análisis de Análisis de Componentes Principales (ACP) sobre la matriz de correlación de los datos, considerando como variables explicativas Humedad relativa (%), Precipitaciones (mm), Radiación solar (W/m^2) y número de insectos. El ACP se realizó en el programa estadístico R versión 4.1.2 (Gómez *et al.*, 2021; Marcano *et al.*, 2021).

6.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE PROCESAMIENTO DE DATOS

La técnica utilizada para la recolección de los datos en esta investigación fue de tipo observacional no experimental, con datos cuantitativos del número de insectos y las variables climáticas, las cuales fueron registradas mediante formularios digitales desarrollados por medio del software Cybertracker para la captura de la información. Los datos fueron procesados y analizados en el programa RStudio (versión 4.1.2) y se presentaron mediante gráficas, mapas, y tablas.

7. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Objetivo 1. Determinar el patrón de distribución espaciotemporal de las densidades poblaciones de *L. gibbicularina* en el cultivo de palma de aceite.

7.1. Distribución poblacional del *L. gibbicularina* en la planta

El número de adultos observados fue de 14934 individuos de *L. gibbicularina* (media $5,8 \pm 4,2$; 0-35 adultos por palma muestreada) para un total de 2654 incidencias, es decir, la cantidad de observaciones donde el número de insectos fue ≥ 1 durante todo el periodo de muestreo. En la hoja 33, se contabilizaron 58 adultos con seis incidencias, en la hoja 25 evidenciamos 8119 adultos con 1180 incidencias; por su parte, en la 17 se observaron 6740 con 1101 incidencias; mientras que, en la hoja 9 solo se presenciaron 17 ejemplares con 2 incidencias (figura 2).

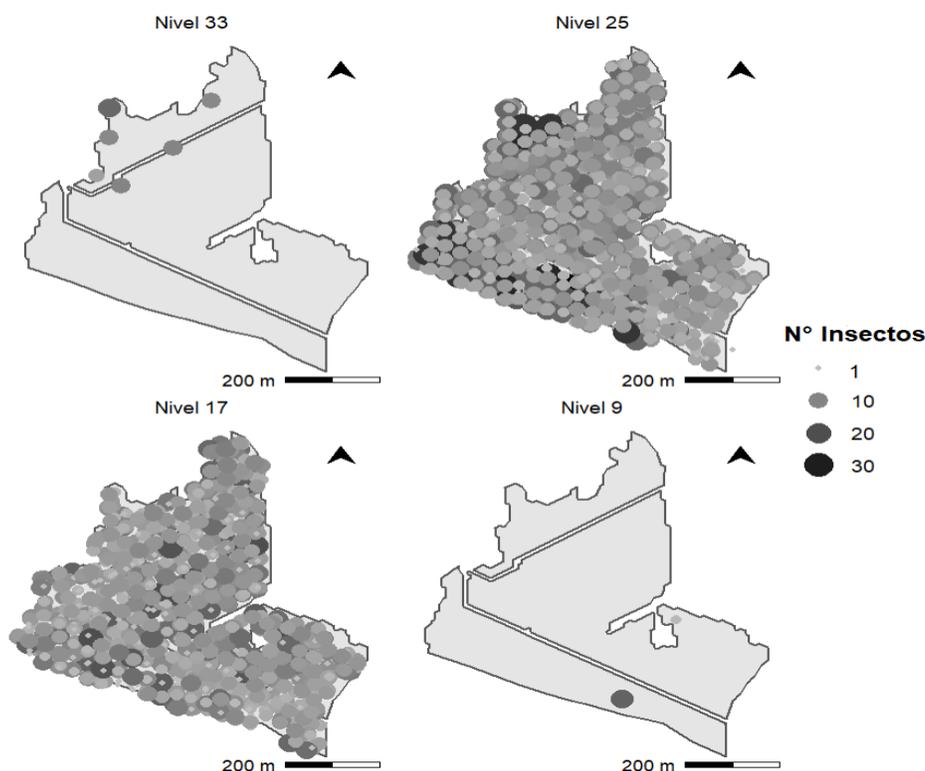


Figura 2. Distribución y abundancia de adultos de *L. gibbicularina* en las hojas número 33, 25, 17 y 9 en plantas de palma africana de aceite. Los círculos representan el número de adultos/planta.

Se calculó el porcentaje de insectos en cada nivel foliar, de acuerdo a total de individuos encontrados durante el experimento, posteriormente se utilizó el estadístico ji-cuadrado (χ^2), para comparar por pares las diferencias entre cada nivel foliar. Con esta prueba, evidenciamos que los mayores porcentajes de adultos se encontraron en la hoja 25, con valores de 54,37% (0-35 adultos/palma), seguido por el nivel foliar 17 con 45,13% (0-20 adultos/planta); mientras que, en las hojas 33 y 9 se evidenciaron los menores porcentajes de insectos, con valores de 0,39% (0-15 insectos / planta) y 0,11% (0-16 individuos/planta), respectivamente (tabla 1).

Los resultados de otras investigaciones sugieren que las mejores secciones y hojas para hacer el conteo de adultos de *L. gibbicularina* son la parte central de hoja 31, ápice de la hoja 25, ápice de la hoja 31, centro de la hoja 25, ápice de la hoja 24, centro de las hojas 24 en plantaciones de palma de aceite ubicadas en la zona norte palmera de Colombia (Barios, 2021). Resultados similares fueron encontrados por Escalante *et al.* (2010) donde encontraron que la abundancia de *L. gibbicularina* en el estrato superior (hoja 9) fue menor que la observada en los estratos medio e inferior (hoja 17 y 25) en el híbrido Deli x Avros, sembrada en el año 1991 en el estado de Zulia, Venezuela. Se ha evidenciado que el adulto se encuentra distribuido en toda la planta, pero la mayor concentración se presenta en las hojas bajas (Calvache *et al.*, 2000; Casarrubia, 2020). Estos resultados concuerdan con los presentados en esta investigación, donde observamos que la población del insecto se encontró con mayor presencia en la hoja 25. La evidencia sugiere que el insecto prefiere los niveles foliares bajos e intermedios de la planta, pero este puede migrar mediante el vuelo hacia los niveles superiores de la planta, en búsqueda de hojas nuevas para alimentarse y/u ovopositar. Este tipo de comportamiento también fue encontrado al estudiar la dinámica de diferentes chinches de encaje (Hemiptera: Tingidae) que afectan los cultivos de aguacate y yuca (Fernández *et al.*, 2005; de Souza Silva *et al.*, 2016).

Tabla 1. Número total de adultos de *L. gibbicularina*, en 265 palmas de aceite, variedad guineensis de 13 años de edad, en las hojas 25, 17, 33 y 9

Nivel foliar	Numero de insectos	Máximo	Incidencias*	Porcentaje (%)
25	8119	20	1180	54,37 a
17	6740	35	1101	45,13 b
33	58	15	6	0,39 c
9	17	16	2	0,11 d

Letras diferentes presentan diferencias estadísticas para la prueba de ji-cuadrado (χ^2) al 5% en la variable porcentaje.

*Las incidencias representan la cantidad de observaciones donde el número de insectos fue ≥ 1 .

7.2. Distribución espacial dentro del campo de *L. gibbicularina*

Debido a la poca población encontrada en las hojas 9 y 33, así como la baja incidencia de adultos de *L. gibbicularina* (Tabla 1), el estudio de la distribución espacial se determinó para las hojas 17 y 25 en los diez meses de monitoreo.

7.2.1. Patrón espacial de *L. gibbicularina* usando SADIE

El patrón de distribución de los adultos del chinche de encaje en el lote de palma africana de aceite fue de tipo agregado para ambos niveles foliares ($Ia > 1$); no obstante, fue estadísticamente significativo ($P < 0.05$) para todos los meses muestreados con excepción de los meses de febrero en la hoja 17 y octubre en la hoja 25 (tabla 2).

Tabla 2. Análisis espacial por parámetros de índices de distancia (SADIE) para la distribución de adultos de *L. gibbicularina* en las hojas 17 y 25 en plantas de palma africana variedad guineensis de 13 años de edad, en diez meses de muestreo.

Mes de muestreo	Hoja 17		Hoja 25	
	I_a	P_a	I_a	P_a
Enero	1,685	0,000**	1,326	0,030*
Febrero	1,179	0,150 ^{ns}	1,483	0,010**
Marzo	1,695	0,000**	1,591	0,000**
Abril	1,467	0,020*	1,403	0,010**
Mayo	1,440	0,020*	1,431	0,000**
Agosto	1,503	0,010**	1,460	0,000**
Septiembre	1,487	0,020*	1,539	0,010**
Octubre	1,390	0,030*	1,140	0,140 ^{ns}
Noviembre	1,424	0,000**	-	-
Diciembre	1,417	0,030*	-	-

* I_a : índice de agregación; P_a , P valor de I_a ; * Significativo a $P < 0,05$; ** Significativo a $P < 0,01$; ns: no significativo

**Los valores $I_a > 1$, $I_a = 1$ e $I_a < 1$ indican los patrones de agregación, aleatorios y de distribución uniforme.

***Las celdas que faltan indican que los recuentos de insectos fueron insuficientes para realizar el análisis de agregación.

El análisis espacial por índices de distancia (SADIE) se ha utilizado como técnica geoespacial para determinar el patrón de distribución espacial de insectos (Perry *et al.*, 1995). Usando SADIE, se caracterizó la distribución espacial del picudo de la alfalfa (*Hypera postica*), y sus enemigos naturales, encontrándose que estos presentaron distribución en agregados en diferentes momentos de muestreo de

adultos y larvas (Shrestha *et al.*, 2021). Con esta técnica se encontró que la distribución espacial de *Tetranychus urticae* en menta en California, mostró un patrón de distribución en agregado de infestación de ácaros en 11 de 17 fechas de muestreo del acaro (Rijal *et al.*, 2016). También fue usada para determinar si la cosecha afecta la dinámica espacio-temporal de plagas y enemigos naturales en los campos de alfalfa (Ghahramani *et al.*, 2019).

7.2.2. Patrón espacial de *L. gibbicarina* usando el coeficiente de Geary

De acuerdo con los valores del índice de autocorrelación obtenidos al aplicar el coeficiente de Geary, evidenciamos que en el nivel foliar 17, los individuos se distribuyeron en agregados en nueve de los diez meses estudiados; no obstante, en el mes de octubre, el patrón espacial fue aleatorio; sin embargo, la probabilidad fue estadísticamente significativa solo en cuatro meses. Por su parte, en la hoja 25, la distribución del insecto fue en agregados en siete de los ocho meses muestreados y fueron significativos en cinco meses. En el mes de septiembre, el patrón espacial fue aleatorio en este nivel foliar, pero no fue significativa (tabla 4).

Se realizaron análisis de la relación de la abundancia de tres especies de escarabajos con el espacio mediante la prueba C de Geary, encontrando que la abundancia de *Cucujus cinnaberinus* no estuvo influenciada por el espacio (C = 0,99; P = 0,22); mientras que, *C. haematodes* (C = 0,94; P < 0,001) y *Boros schneideri* (C = 0,94; P < 0,001) tenían un patrón agregado de distribución espacial (Jaworski *et al.*, 2019). Investigaciones sobre el efecto del manejo del hábitat y del suelo sobre los patrones de dispersión y distribución de nematodos entomopatógenos documentaron la agregación de *Heterorhabditis bacteriophora* y *Steinernema carpocapsae* en parcelas vegetales aplicando los índices de Gaery, Moran y SADIE (Bal *et al.*, 2017). Estudios sobre la comunidad de hormigas terrestres de un agroecosistema bananero, evidenciaron que la abundancia de cinco especies, tuvieron una autocorrelación espacial positiva (patrón en agregado) entre subparcelas vecinas que estaban separadas por hasta 6,0 m, y que los valores de C de Geary se asociaron positivamente con la distancia (Carval *et al.*, 2016).

Tabla 3. Análisis espacial por parámetros del coeficiente de Geary para la distribución de adultos de *L. gibbicarina* en las hojas 17 y 25 en plantas de palma africana variedad guineensis de 13 años de edad, en diez meses de muestreo.

Mes de muestreo	Hoja 17		Hoja 25	
	C	P	C	P
Enero	0,834	0,079 ^{ns}	0,783	0,001 ^{**}
Febrero	0,616	0,002 ^{**}	0,616	0,002 ^{**}
Marzo	0,940	0,251 ^{ns}	0,862	0,001 ^{**}
Abril	0,754	0,001 ^{**}	0,560	0,001 ^{**}
Mayo	0,482	0,001 ^{**}	0,944	0,078 ^{ns}
Agosto	0,919	0,116 ^{ns}	0,871	0,045 [*]
Septiembre	0,952	0,286 ^{ns}	1,014	0,637 ^{ns}
Octubre	1,013	0,600 ^{ns}	0,878	0,219 ^{ns}
Noviembre	0,964	0,238 ^{ns}	-	-
Diciembre	0,594	0,001 ^{**}	-	-

C: coeficiente de Geary; P: P valor de C Significativo a $P < 0,05$; ** Significativo a $P < 0,01$; ns: no significativo

**Los valores $0 \leq c \leq 1$; $2 \geq c > 1$; $c = 1$ indican los patrones de agregación, aleatorios y de distribución uniforme.

***Las celdas que faltan indican que los recuentos de insectos fueron insuficientes para realizar el análisis de agregación.

Con base en los resultados obtenidos al aplicar los índices SADIE y C de Geary, evidenciamos que las poblaciones de *L. gibbicarina* en el cultivo de palma africana de aceite, presenta distribución en agregados en el campo. No obstante, el patrón de distribución de los adultos difiere con respecto a los meses evaluados y la hoja monitoreada, observamos que los mayores grados de significancia se presentaron

en el nivel foliar 25. Esto puede estar correlacionado con que la mayor concentración de del insecto se encontró en las hojas del tercio medio. Estudios relacionados con la distribución espacial de *L. gibbicularina* sugieren que sus poblaciones se ajustan a un modelo de agregación y que la concentración de los focos es mayor en presencia de la hormiga *Crematogaster* spp. (Aldana de la Torre *et al.*, 2000; Calvache *et al.*, 2004). El uso de índices de dispersión en poblaciones del chinche de encaje *Vatiga* spp. que afecta el cultivo de yuca en Brasil, mostraron la presencia de adultos y ninfas del insecto en las hojas basales y medias de la planta, los cuales presentaron un patrón de distribución espacial en agregados (de Souza Silva *et al.*, 2016). Resultados similares fueron encontrados por Wei *et al.* (2013) al aplicar la ley de potencia de Taylor y la regresión de parches de Iwao sobre poblaciones del chinche de encaje *Corythucha ciliata* en *Platanus x acerifolia*(Ait.) Willd. donde caracterizaron que los adultos del insecto estaban agregados espacialmente, además establecieron el tallo como mejor objetivo de muestreo. Ensayos sobre el patrón espacial y la distribución de *Pseudacysta perseae* Heidemann (Hemiptera: Tingidae) en árboles de aguacate asociados a cafetales, demostraron que las ninfas y los adultos del insecto se distribuyen en agregados en el campo y estos tienden a ubicarse en el estrato inferior y a concentrarse en las hojas viejas del follaje de la planta (Fernández *et al.*, 2005). El chinche del caucho, *Leptopharsa heveae* en la región noroccidental del estado de São Paulo, Brasil, presenta una distribución agregada tanto para ninfas como para adulto (Simonato, 2014).

La dinámica espacial de *L. gibbicularina* en el cultivo de palma proporciona información relevante para el establecimiento de estrategias de control de plagas y pueden utilizarse para identificar puntos críticos de áreas afectadas. Hasta la fecha, existen pocos estudios del comportamiento del chinche en plantaciones de palma y se han realizado mediante técnicas no espaciales (basados en la media-varianza); sin embargo, estos métodos carecen de la "distribución espacial de muestras de ubicación" explícita en el análisis. La identificación de los patrones de distribución de insectos mediante análisis geoestadístico, que tenga en cuenta la posición de los puntos de muestra para el análisis es preferible a los métodos no espaciales

(Shrestha *et al.*, 2021). Con esto, buscamos mejorar la comprensión del comportamiento del insecto, que permita aplicar prácticas de control específicas del sitio, desarrollar planes de muestreo eficientes y predecir el daño de la plaga (Martins *et al.*, 2017).

7.3. Distribución temporal de la infestación por *L. gibbicularina*

El análisis de varianza (ji-cuadrado) mostró que, tanto los efectos principales (nivel foliar y mes) como la interacción fueron altamente significativos; es decir, la distribución general del insecto varió según el mes de muestreo y la hoja evaluada.

En la tabla 5 se observa el efecto de la interacción entre los meses de muestreo y las hojas monitoreadas de la planta; en esta, evidenciamos que el mayor número de insectos se encontraron en los meses de mayo y abril en el nivel foliar 25, con promedios de 9,89 y 9,53 adultos/hoja, seguido por los meses de febrero con 7,47 adultos en la hoja 17, y los meses de octubre, agosto y febrero para los niveles foliares 25 con promedios de 7,14, 6,27 y 6,20 adultos/hoja, respectivamente; en cuanto a los niveles más bajos de infestación por *L. gibbicularina* se evidenciaron en la hoja número 17, en los meses de marzo, noviembre y septiembre, con valores entre 2,58 y 4,16; mientras que, en los meses de diciembre y noviembre no hubo presencia de insectos en los niveles foliares 25.

Tabla 4. Promedio del número de adultos de *L. gibbicularina* en plantas de palma de aceite variedad guineensis de 13 años de edad, en los niveles foliares 17 y 25 en diez meses de muestreo.

Mes de muestreo	Nivel foliar	
	Hoja 17	Hoja 25
Enero	4,71 ^{bcdef}	4,64 ^{bcd}
Febrero	7,47 ^{fg}	6,20 ^{ef}
Marzo	4,16 ^{abcd}	5,37 ^{cdef}
Abril	5,83 ^{cdef}	9,53 ^g
Mayo	5,54 ^{cdef}	9,89 ^g
Agosto	4,69 ^{bcde}	6,27 ^{ef}
Septiembre	2,58 ^a	4,55 ^{bc}
Octubre	4,87 ^{bcde}	7,14 ^{cdefg}
Noviembre	3,91 ^{ab}	0,00 ^a
Diciembre	5,79 ^{def}	0,00 ^a

*Medias con una letra común son estadísticamente iguales para la prueba de Tukey ($p < 0,05$)

En el primer mes de muestreo (enero), hubo niveles medios de infestación de 4,7 y 4,6 adultos/hojas para los niveles foliares 17 y 25, respectivamente. En la segunda fecha de muestreo (febrero), hubo un aumento del 33 al 58% en el número medio de adultos en las hojas 17 y 25. En el tercer muestreo (marzo), los niveles de infestación del insecto disminuyeron en los dos niveles foliares estudiados. En los meses de abril y mayo los promedios de insectos encontrados aumentaron en la hoja 17 y 25; por lo contrario, en los meses de agosto y septiembre los promedios

de adultos de *L. gibbicularina* disminuyeron en ambos niveles foliares. A partir de este último mes, la fluctuación temporal del insecto fue variada para ambas hojas evaluadas. No obstante, en la hoja número 17 se observaron individuos en los meses de noviembre y diciembre, con tendencia al alza; mientras que, en el nivel foliar 25 no se encontraron ejemplares del insecto (figura 3).

Al observar el comportamiento de la densidad de los adultos del chiche, evidenciamos que no se presentó un patrón constante a través del tiempo, esto puede atribuirse al vuelo de los insectos hacia otras hojas o hacia otras plantas. Por otra parte, se notó un incremento en la densidad de las poblaciones del adulto en los últimos meses de evaluación, como posible respuesta a condiciones climáticas favorables para el insecto. En tal sentido, Calvache *et al.* (2000) expresan que el daño causado por el chinche depende de las condiciones ambientales de la zona, especialmente en época seca. La chinche normalmente se ubica en el tercio medio e inferior de la palma. Las poblaciones de la chinche tienen un comportamiento cíclico. A partir de diciembre las poblaciones tienen un crecimiento progresivo que alcanza su pico máximo entre los meses de febrero y marzo y declina de manera natural a mediados de año (Aldana *et al.*, 2010). Investigaciones sobre la dinámica espacial de *Diaphorina citri* demostró que el insecto estuvo presente durante todo el año con un pico poblacional en época de sequía (Yzquierdo *et al.*, 2021). Por su parte, investigaciones sobre la comunidad de insectos herbívoros indicaron que el clima determina la variación temporal local de las especies (Kuchenbecker *et al.*, 2021). A su vez, la diversidad y abundancia Dipteras y Auchenorrhynchas se produjeron a diferentes elevaciones y durante diferentes duraciones durante la estación húmeda, y finales del año (Plant *et al.*, 2018). La dinámica temporal de coccinélidos y pulgones en los campos de alfalfa varió a través del tiempo, la población de los insectos fue relativamente alta al inicio y al final del muestreo, la cual comprendió el intervalo de tiempo entre la primera y la última fecha de muestreo de cada año (Ghahramani *et al.*, 2019).

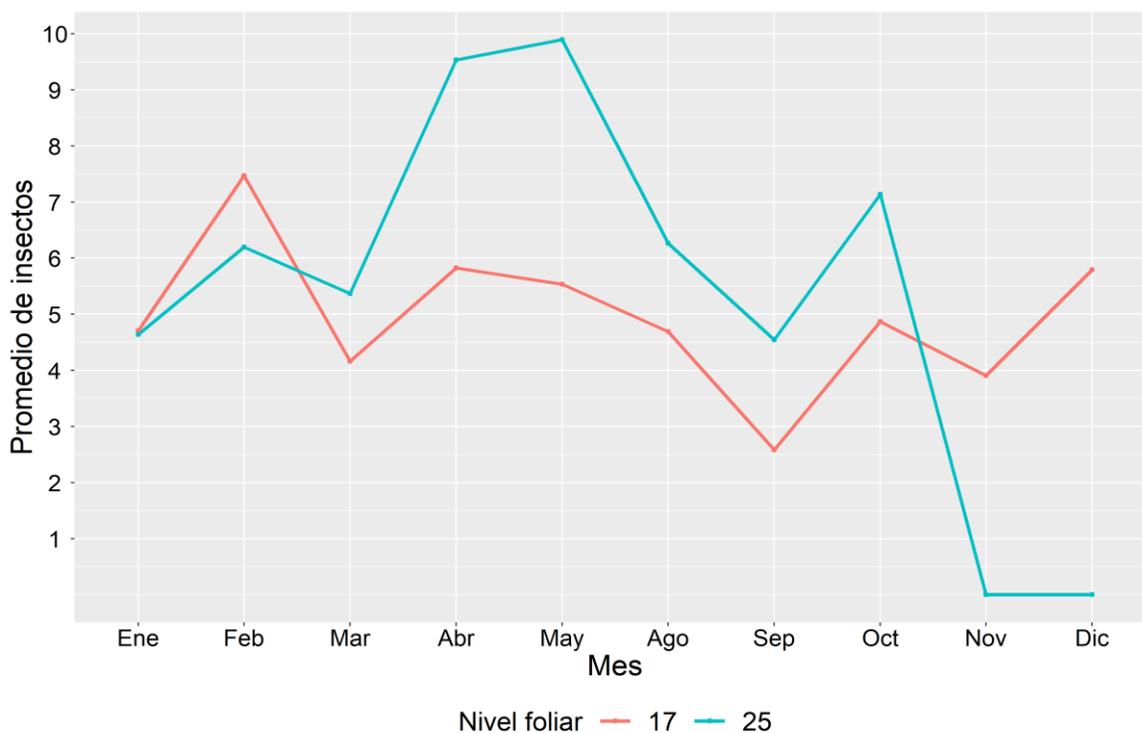


Figura 3. Número medio de adultos de *L. gibbicularina* en las hojas 17 y 25 en plantas de palma africana en diez meses de muestreo.

7.3.1. Zonas de riesgo en función de la densidad de *L. gibbicularina*

Los mapas de superficie se realizaron con la suma de los adultos encontrados en los dos niveles foliares (hoja 17 y 25) para cada mes de muestreo. Se realizó la interpolación de valores a través del krigeado ordinario, lo cual permitió la estimación insesgada de valores asociados a puntos que no fueron muestreados (figura 4). Los mapas de densidad obtenidos mostraron la ubicación de los diferentes centros de agregación, es decir, revelaron las áreas con mayor densidad de chinches de encaje en lote a través del tiempo. El comportamiento inicial del insecto muestra la colonización de los bordes del lote de la parcela experimental. Se evidencia que los centros de agregación del insecto se encuentran distribuidos en todo el lote; no obstante, la mayor densidad del insecto se muestra en los bordes en los meses de febrero, mayo, noviembre y diciembre. La ubicación en diferentes puntos dentro de la parcela se debe a que por lo regular ningún insecto presenta una distribución total al interior de la parcela y se agrupan en torno a las áreas donde

encuentran condiciones favorables para su supervivencia, generando pequeños nichos ecológicos de desarrollo (Weber *et al.*, 2018). La aplicación de las técnicas geoestadísticas para determinar la distribución espacio-temporal de insectos, ha mostrado ser una herramienta muy eficiente para comprender el comportamiento de las poblaciones de diferentes insectos plaga limitantes de los cultivos (Rivera *et al.*, 2018; Leyton *et al.*, 2018; Quiñonez *et al.*, 2020; Yzquierdo *et al.*, 2021). En este sentido, los mapas de superficie suelen ser más eficaces para identificar la ubicación de los insectos en el área de estudio y para mostrar la distribución espacial durante su establecimiento en el campo, y como esta puede relacionarse con diferentes prácticas de manejo o el estado de desarrollo del cultivo (Weber *et al.*, 2018; Ghahramani *et al.*, 2019; Costa *et al.*, 2019). La información de estos mapas proporciona un mayor conocimiento sobre la dinámica espaciotemporal que se puede aplicar para mejorar las estrategias de manejo integrado de plagas, el desarrollo de planes de muestreo y medidas de control focalizadas en las primeras etapas de infestaciones de *L. gibbicularina* en el cultivo de palma africana de aceite.

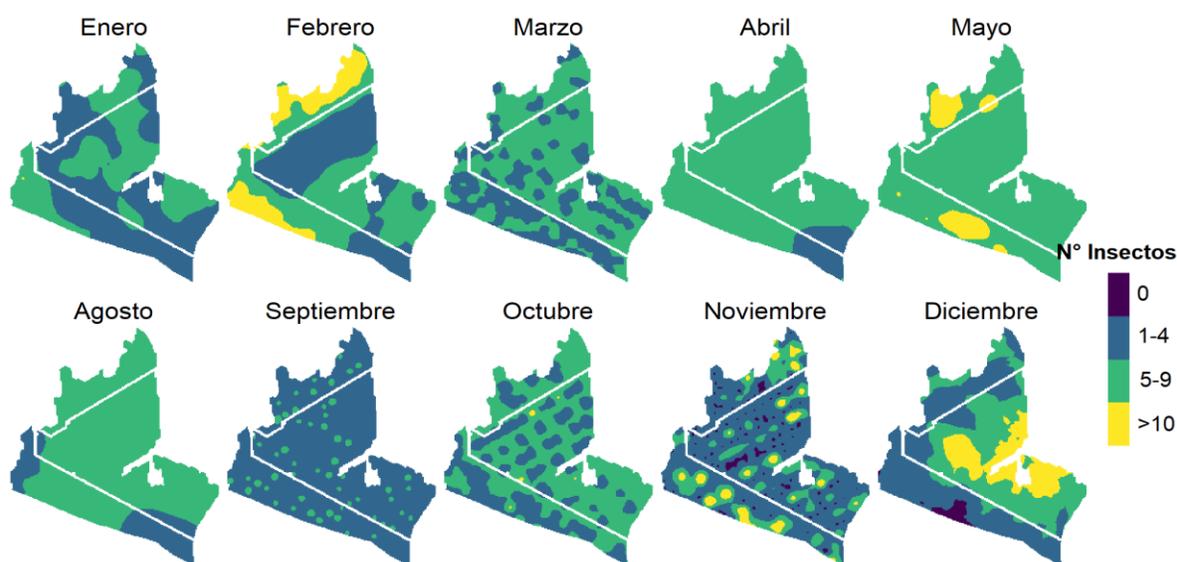


Figura 4. Mapas de superficie construidos con base en la interpolación del krigado ordinario muestran la distribución espacial de la densidad de *L. gibbicularina* en diez meses de muestreo en un lote de palma de aceite variedad guineensis de 13 años de edad.

Objetivo 2. Ajustar un modelo lineal generalizado a partir de variables climáticas que expliquen la tendencia poblacional *L. gibbicularina*.

7.4. Ajustar el modelo lineal generalizado (GLM)

Ajustamos un modelo binomial negativo para predecir la tendencia poblacional de *L. gibbicularina* a partir de variables climáticas (precipitación, temperatura, humedad relativa y radiación solar). El poder explicativo del modelo es moderado (R^2 de Nagelkerke = 0,18). El intercepto del modelo, correspondiente a precipitación = 0, temperatura = 0, humedad relativa = 0 y radiación solar = 0, se sitúa en -0,11 (IC 95% [-3,03, 2,80], $p = 0,940$). Dentro de este modelo: El efecto de la precipitación es estadísticamente significativo y positivo (beta = $9,02e-04$, IC del 95% [$5,05e-04$, $1,30e-03$], $p < 0,001$; beta estándar = 0,12, IC del 95% [0,07, 0,17]). El efecto de la temperatura es estadísticamente significativo y negativo (beta = -0,07, IC 95% [-0,11, -0,02], $p = 0,001$; beta estándar = -0,07, IC 95% [-0,12, -0,03]). El efecto de la humedad relativa es estadísticamente significativo y positivo (beta = 0,03, IC 95% [$7,10e-03$, 0,05], $p = 0,011$; beta estándar = 0,08, IC 95% [0,02, 0,14]) y el efecto de la radiación es estadísticamente significativo y positivo (beta = $1,30e-05$, IC 95% [$1,02e-05$, $1,58e-05$], $p < 0,001$; beta estandarizada = 0,18, IC 95% [0,14, 0,22]).

De estas cuatro variables, la temperatura, la humedad relativa y la radiación solar favorecieron positivamente el incremento en la densidad poblacional del insecto; por su parte, la temperatura, generó un efecto negativo sobre *L. gibbicularina*, quedando el modelo de la siguiente manera:

$$Y = -0,113 + (0,001) (\text{precipitación}) - 0,066 (\text{Temperatura}) + 0,029 (\text{Humedad relativa}) + 0,000 (\text{Brillo solar})$$

Tabla 5. Resultados del modelo lineal generalizado para *L. gibbicarina*, con variables climáticas.

Parámetro	Coefficiente	z	Pr(> z)	Error estándar	R ²
Intercepto	-0,113	-0,076	0,940	1,842	0,184
Precipitación	0,001	4,535	0,000	0,121	
Temperatura	-0,066	-3,224	0,001	-0,074	
Humedad relativa	0,029	2,545	0,011	0,080	
Radiación solar	0,000	9,353	0,000	0,184	

7.5. Análisis de correlación múltiple

La correlación de rango de Spearman entre el número de insectos y las variables climáticas fueron significativas. Observamos que las precipitaciones se correlacionaron positivamente con la densidad del insecto y fue estadísticamente significativa ($r = 0,20$, $p < 0,001$). Este comportamiento fue evidenciado con la humedad relativa, la cual fue positiva, estadísticamente significativa y media ($r = 0,28$, $p < 0,001$), la radiación solar es positiva, estadísticamente significativa y pequeña ($r = 0,15$, $p < 0,001$); por su parte, la temperatura es negativa, estadísticamente significativa y media ($r = -0,23$, $p < 0,001$).

Tabla 6. Coeficientes de correlación de rango de Spearman entre la densidad de *L. gibbicarina* y las variables climáticas

Variable	1	2	3	4
1. N° Insectos				
2. Precipitación	0,20**			
3. Temperatura	-0,23**	-0,67**		
4. Humedad relativa	0,28**	0,63**	-0,72**	
5. Radiación solar	0,15**	-0,14**	0,41**	-0,09**

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

7.6. Análisis de componentes principales (ACP)

El análisis de componentes principales (ACP) permite discriminar el efecto de los factores climáticos y su relación con la dinámica poblacional de *L. gibbicularina*. El ACP indica que el primer y el segundo componente explican el 44,9 y el 27,7% de la variación total de la densidad poblacional del chinche de encaje en el cultivo de palma africana de aceite. El resto de los componentes explican el 27,4% de la varianza.

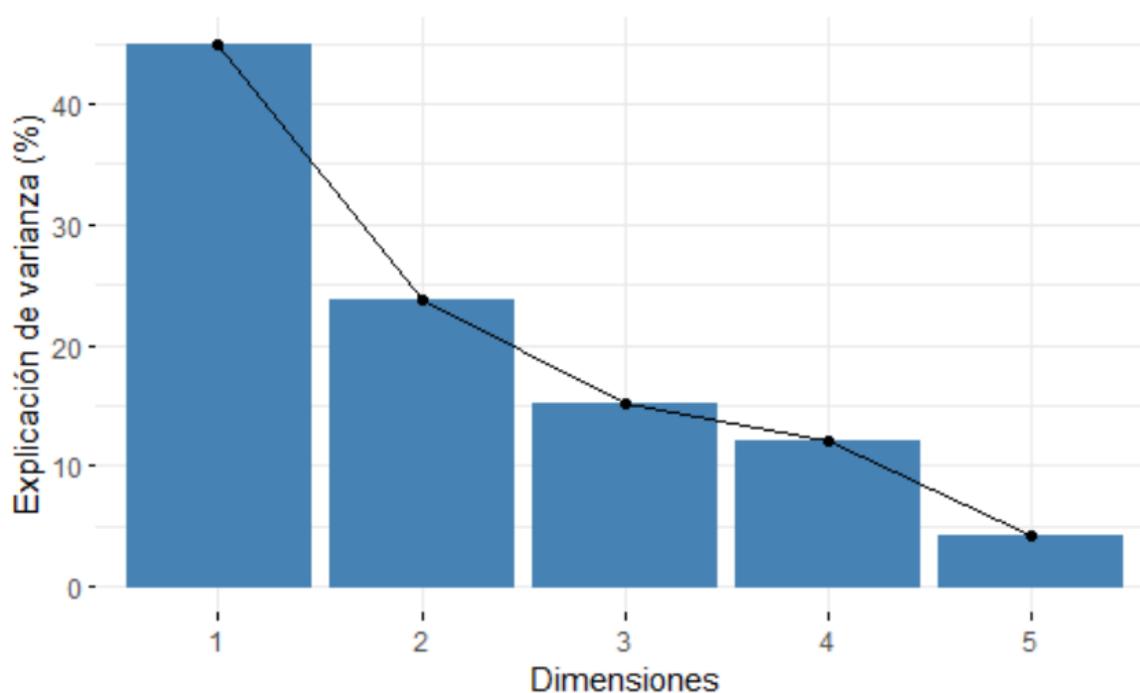


Figura 5. Explicación de la varianza del análisis de componentes principales (ACP) entre los factores climáticos y su relación con la dinámica poblacional de *L. gibbicularina*

El análisis de correlación de los eigenvalores con las variables iniciales indica que el primer componente está altamente relacionado con la humedad relativa ($r = 0,88$), la radiación solar ($r = -0,83$) y la precipitación ($r=0,77$); mientras que, el segundo componente estuvo correlacionado con la densidad poblacional del insecto.

Tabla 7. Coeficientes de correlación de rango de Spearman entre la densidad de *L. gibbicularina*, las variables climáticas y los componentes principales

Variable	1	2	3	4	5	6
1. N° Insectos						
2. Precipitación	0,20**					
3. Temperatura	-0,23**	-0,67**				
4. Humedad relativa	0,28**	0,63**	-0,72**			
5. Radiación solar	0,15**	-0,14**	0,41**	-0,09**		
6. Componente 1	0,44**	0,77**	-0,83**	0,88**	-0,27**	
7. Componente 2	-0,74**	-0,06*	-0,16**	-0,09**	-0,73**	-0,06*

*p < 0,05; ** p < 0,01.

En la figura 6, observamos la importancia relativa de las variables explicativas y su contribución en la explicación en la variabilidad de la densidad del chinche en el lote de palma. En esta observamos que la abundancia de *L. gibbicularina* se asoció principalmente con las precipitaciones y la humedad relativa, siendo esta última variable la que más contribuyó en la densidad poblacional de los adultos en el lote estudiado. Por su parte, la temperatura tuvo poco efecto sobre la población del insecto, esta variable contribuyó en un bajo porcentaje sobre la variación de la densidad de los adultos estudiados; a su vez, la radiación solar se correlacionó de manera negativa sobre la variable de respuesta, no obstante, tuvo una mayor contribución que la temperatura en la variación de la variable de respuesta.

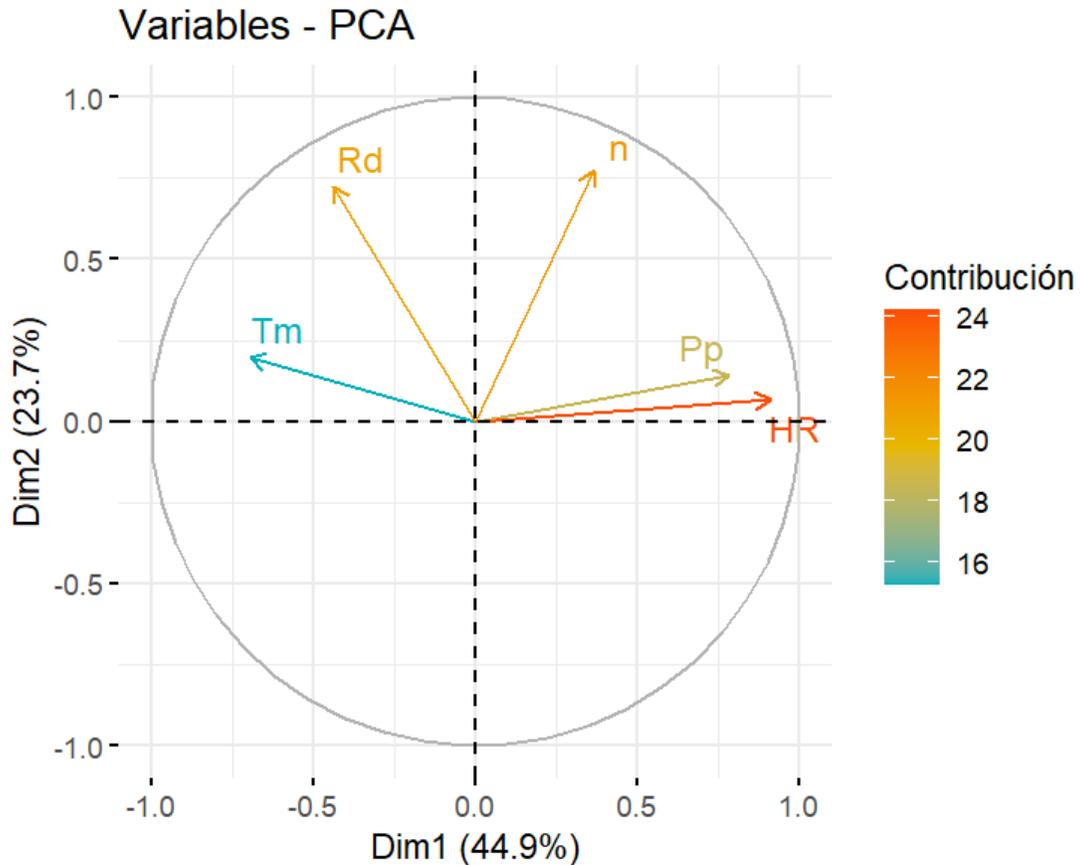


Figura 6. Análisis de componentes principales (ACP) de la densidad *L. gibbicularina* y las variables climáticas. N: número de insectos por plata; PP: precipitación (mm), HR: humedad relativa (HR), Rd: Radiación solar (kWh/Me): Tm: temperatura (°C)

7.7. Factores que afectan la densidad poblacional de *L. gibbicularina*

Los factores físicos ambientales como la humedad relativa, la precipitación, la temperatura y la radiación solar afectan a la estructura de la población de *L. gibbicularina*. En la Tabla 9 se muestran los datos agroclimáticos durante el muestreo de campo desde enero a diciembre del 2019. La precipitación promedio fue de 160,5 mm, los meses comprendidos entre enero y marzo fue cuando se presentaron las menores precipitaciones y porcentajes de humedad relativa fueron bajos, en estas épocas de muestreo hubo un descenso en las poblaciones del insecto; mientras que, en los meses de abril a septiembre, aumentaron las precipitaciones y la humedad con promedios de 289,2 mm y 85,8%, respectivamente. Estos meses se

caracterizaron por una alta abundancia de adultos en las plantas, con una tendencia a la baja al llegar en los últimos meses del año, donde tanto las precipitaciones como la humedad relativa bajaron. La temperatura y la radiación solar tuvieron promedios de 34,3°C y 124806,7 kWh, respectivamente.

Tabla 8. Promedios mensuales de variables climáticas obtenidas de la estación meteorológica de puente Sogamoso, Puerto Wilches.

Mes	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Radiación solar (kWh)
Enero	24	37,7	80,8	147975
Febrero	60	36,7	80,1	130880
Marzo	29	37,0	84,8	131140
Abril	254	35,8	86,4	136939
Mayo	352	36,3	87,7	140658
Agosto	259	36,6	83,4	148240
Septiembre	292	36,1	85,6	105677
Octubre	0	30,0	89,0	128685
Noviembre	235	28,0	90,0	125559
Diciembre	100	29,0	89,0	52314

Nuestros resultados indican que la densidad poblacional de *L. gibbicularina* en el cultivo de palma africana de aceite está influenciada por los factores ambientales. Observamos que el número de insectos aumentan principalmente con la humedad relativa y las precipitaciones. Por su parte, la radiación y temperatura tuvieron poco efecto sobre la población del insecto y estuvieron correlacionadas negativamente con la variable de respuesta. La distribución de especies y el tamaño de las poblaciones dependen de las interacciones entre factores físicos, químicos y biológicos (Sakata *et al.*, 2017). Los factores abióticos que regulan la distribución de las especies incluyen características climáticas como la temperatura, la humedad y la disponibilidad de macro y micronutrientes (Potts *et al.*, 2020). Las condiciones

ambientales juegan un papel importante en el ciclo de *L. gibbicarina*, la longevidad de los adultos es dependiente de las condiciones ambientales, durante la época de lluvias pueden vivir hasta 14 días y en época seca entre 17 y 24 días (Calvache *et al.*, 2010). Los chinches de encaje (Hemiptera: Tingidae), una vez establecidos, puede formar poblaciones bastante estables y de alta densidad; además, tienen mucho éxito en invadir nuevos lugares, esto se debe a que tiene una gran capacidad reproductiva y se dispersa fácilmente (Yang *et al.*, 2017). Estudios sobre la dinámica poblacional del chinche de encaje *Corythucha arcuata* y la relación entre los factores meteorológicos encontró que el insecto experimentó dos picos de población, en julio y agosto, y la actividad de los adultos estuvo influenciada tanto por la temperatura como por la humedad (Bălăcenoiu, *et al.*, 2021). Investigaciones sobre la fluctuación estacional de la chinche de encaje *Stephanitis Pyri* (hemiptera: Tingidae) en Erbil-Irak, mostraron que el cambio en el nivel de infestación del insecto se debió a la diferencia de temperatura ambiental y la humedad relativa (Muhammed, 2021). En busca de desarrollar un modelo de previsión meteorológica para la chinche del encaje, *Cochlochila bullita* (Stål) (Hemiptera: Tingidae), se evidenció que las precipitaciones determinan el nivel de población de los adultos del insecto (Rai *et al.*, 2018). La fluctuación poblacional de la chinche de encaje en la yuca se ve afectada por los factores climáticos en Brasil, se observó que las temperaturas medias, mínimas y máximas afectaron positivamente la población de ninfas; por su parte, la precipitación y la humedad relativa no se correlacionaron con la variación de la población de ninfas y adultos (Bellon *et al.*, 2018). Rahul *et al.* (2020) determinaron que la actividad del chinche de encaje *Cochlochila bullita* sobre *Ocimum spp.* estaba muy influenciada por diferentes variables ambientales, es decir, la temperatura, la humedad relativa y la velocidad del viento, respectivamente, en la región de Jammu, India. Los factores ambientales promueven la variación en la densidad del insecto, esto es explicado porque las variables agroclimáticas como la temperatura, humedad, fotoperiodo pueden afectar el ciclo de vida de los chinches de encaje. Por ejemplo, se encontró que la tasa reproductiva, la eclosión de huevos, la supervivencia de ninfas y adultos fueron mayores bajo condiciones de alta humedad relativa ($70 \pm 10\%$) en el chiche de encaje chinche de encaje

Gargaphia decoris (Falla *et al.*, 2019). Al estudiar los efectos del estrés por déficit de agua en el desempeño del chiche de encaje de la azufaifa, *Monosteira alticarinata* Ghauri (Hemiptera: Tingidae), evidenciaron la tasa intrínseca de aumento más baja (r), la tasa finita de aumento (λ), la tasa reproductiva neta (R_0), la tasa bruta de reproducción (GRR), la fecundidad total y el mayor tiempo de duplicación (DT) se midieron en el tratamiento con estrés por sequía severa, concluyendo que el estrés hídrico afectó las características del ciclo de vida del insecto (Moghadam *et al.*, 2022).

En otras interacciones planta-insecto se ha evidenciado el efecto de las condiciones ambientales sobre el desarrollo poblacional de adultos; por ejemplo, observaciones a largo plazo sobre la densidad poblacional de *Aphthona whitfieldi* (Coleoptera: Chrysomelidae), plaga de *Jatropha curcas* y factores ambientales que favorecen su abundancia, evidenciaron que las densidades de población del insecto y su daño en plantas fueron particularmente altas en la segunda mitad de la temporada de lluvias (Sawadogo *et al.*, 2015). La correlación de la población de insectos plaga en el cultivo de maíz con los factores ambientales y la edad de la planta reveló que las larvas de *Marasmia trapezalis* mostraron una correlación positiva significativa con la humedad relativa y las precipitaciones; mientras que, se correlacionaron negativamente con la temperatura máxima y la edad de la planta. La población de *Rophalosiphum maidis*, *Helicoverpa armigera* y *Chiloloba acuta* se correlacionó negativamente con la temperatura mínima, la humedad relativa y las precipitaciones (Singh y Jaglan, 2018). Con el objetivo de conocer la incidencia estacional de *Bemisia tabaci*, *Caliothrips indicus*, *Maruca vitrata*, *Aphis craccivora* y *Empoasca kerri* en el cultivo de frijol *Vigna mungo* (L.) se evidenció que el coeficiente de correlación de *Bemisia tabaci*, *Empoasca kerri*, *Aphis craccivora*, *Caliothrips indicus* y *Maruca vitrata* mostró relación negativa con la temperatura máxima, la humedad relativa (máxima y mínima) y las precipitaciones (Manoj y Singh, 2016).

En arroz, se investigó la fluctuación de la población de cinco especies de plagas *Scirpophaga innotata*, *Scirpophaga incertulas*, *Cnaphalocrocis medinalis*, *Sogatella furcifera* y *Sesamia inferens* y su relación con la temperatura, la humedad relativa y las precipitaciones, se encontró que la humedad relativa y las precipitaciones tienen

un efecto muy significativo en la fluctuación de la población de plagas de insectos del arroz (Haider *et al.*, 2020). Estudios sobre el crecimiento y desarrollo del escarabajo *Lasioderma serricorne* evidenciaron que la temperatura y la humedad relativa son indispensables para la puesta de los huevos, el crecimiento, desarrollo y la emergencia de los adultos (Mishra *et al.*, 2016).

Los factores físicos ambientales como la precipitación, la temperatura, la velocidad del viento y la humedad también afectaron a la estructura de la población de *Phenacoccus manihoti* (Hemiptera: Pseudococcidae) en el cultivo de yuca en Indonesia (Supartha *et al.*, 2022). En Colombia se usaron modelos lineales generalizados para describir la tendencia poblacional de *Heliothis subflexa* y *Copitarsia decolora*, en Uchuva a partir de 32 variables, entre climáticas, agronómicas y edáficas, con esto se encontró que *H. subflexa* se relacionó con la precipitación media y temperatura máxima; mientras que, *C. decolora* depende de la precipitación acumulada, humedad relativa media y temperatura mínima (Guzmán, 2020).

La disponibilidad de agua es un factor importante que influye en las interacciones planta-insecto, como los cambios en la disponibilidad de alimentos para los herbívoros, la competitividad de las plantas, la dinámica poblacional plantas e insectos (Ekholm *et al.*, 2020). Como resultado, los cambios en la disponibilidad de agua pueden tener un impacto potencial en toda la comunidad al alterar la tolerancia de las plantas, y su importancia probablemente aumentará según las predicciones del modelo de cambio climático (Andrade *et al.*, 2020). Hasta ahora, los estudios han identificado varios factores que impulsan los brotes de insectos, incluido el clima (Marini *et al.*, 2017). La menor disponibilidad de agua aumentó los niveles constitutivos e inducidos de dos proteínas defensivas, el inhibidor de la proteasa de tripsina y el polifenol oxidasa., disminuyendo los ataques de *Manduca sexta* en tomate (Lin *et al.*, 2021). Dado que la fenología de los insectos es sensible a las condiciones climáticas, una respuesta diferencial entre estas variables en diferentes niveles tróficos podría conducir a un cambio en la fuerza de interacción, lo que resultaría en un debilitado o fortalecimiento de la densidad poblacional del insecto (Thackeray *et al.*, 2016; Kharouba *et al.*, 2018). Por lo tanto, un cambio en las

condiciones climáticas puede permitir que algunas especies de brotes se sincronicen mejor con sus plantas hospedantes. Por ejemplo, Pureswaran *et al.* (2015) planteó la hipótesis de que, con un clima más cálido, el gusano *Choristoneura fumiferana* puede sincronizarse más con su planta huésped secundaria.

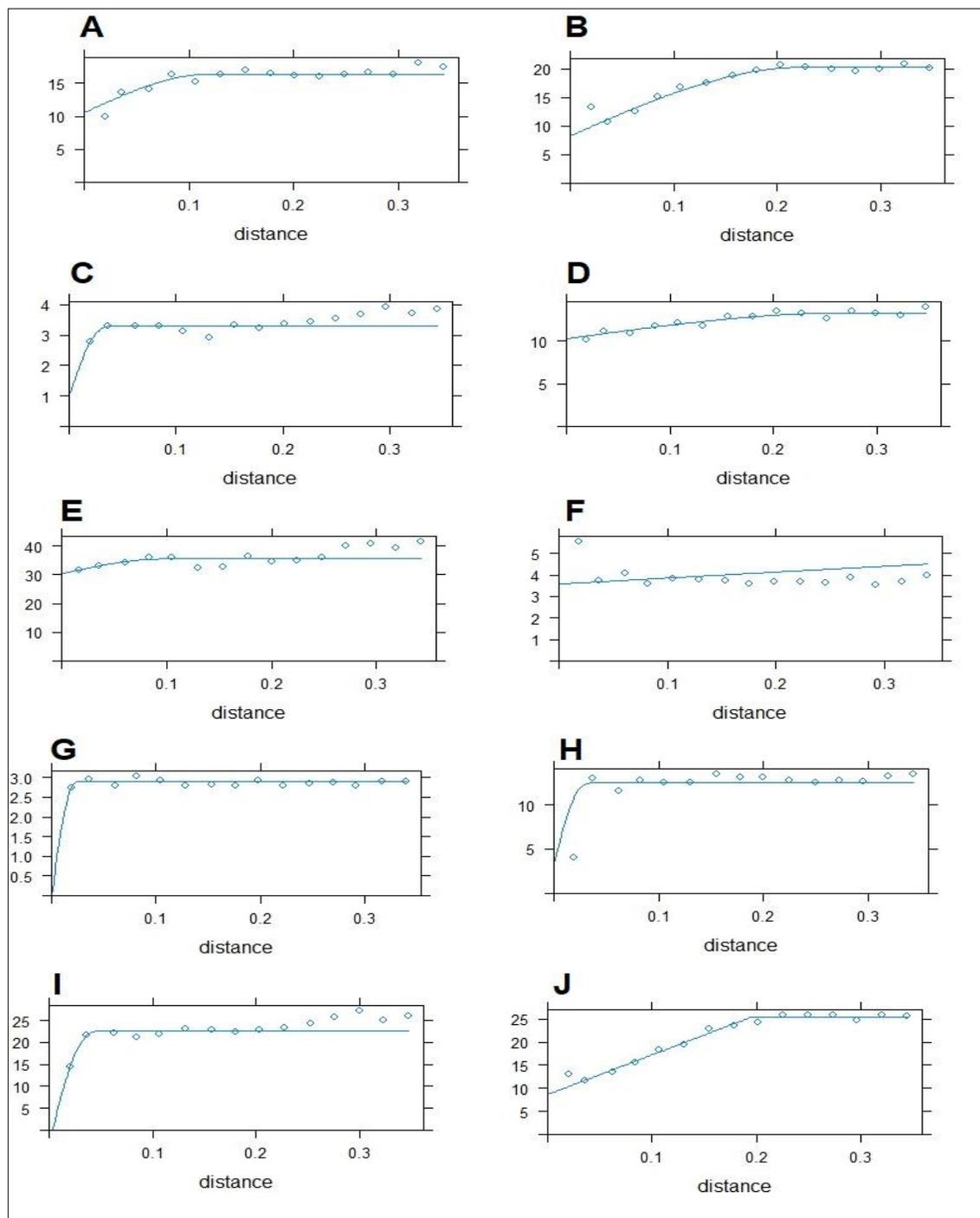
Es importante señalar que investigaciones con fluctuación poblacional de una plaga y su relación con factores climáticos presentan resultados diferentes de una región a otra, es decir, el factor que presenta una correlación significativa en una región puede no ser relevante en otra región, mostrando que la fluctuación poblacional es específica para cada sitio evaluado (Bellon *et al.*, 2018).

8. CONCLUSIONES

- La abundancia de adultos de *L. gibbicularina* en el cultivo de palma africana de aceite, presenta distribución en agregados en el campo y varía en función del mes y el nivel foliar estudiado. Lo que permite establecer planes de muestreo y prácticas de control focalizadas en épocas tempranas de infestación del adulto.
- Los mapas de densidad obtenidos mostraron la ubicación de los diferentes centros de agregación, los cuales se encuentran en todo el lote, con mayor densidad del insecto en los bordes en los meses de febrero, mayo, noviembre y diciembre. Por tanto, el monitoreo y la aplicación de estragáis de manejo se deben centrar en los bordes de los lotes con presencia del insecto.
- La densidad poblacional de *L. gibbicularina* en el cultivo de palma africana de aceite está influenciada por los factores ambientales y está relacionada principalmente con la humedad relativa y las precipitaciones; siendo importante, dirigir el control del insecto en épocas de mayor precipitación.

9. ANEXOS

Anexo 1. Semivariogramas experimentales a partir del valor promedio mensual del número de adultos de *L. gibbicarina* en diez meses de evaluación.



*A: enero; B: febrero; C: marzo D: abril; E: mayo; F: agosto; G: septiembre; H: octubre; I: noviembre; J: diciembre.

10. BIBLIOGRAFÍAS

- AGRONET. (2018). Área, Producción y Rendimiento Nacional por Cultivo. Recuperado de: <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>
- Aldana de la Torre, J, Calvache G., H y Arias, D. (2000). Programa de manejo comercial de *Leptopharsa gibbicularina* Froeschner (Hemiptera: Tingidae) con *Crematogaster* spp. en una plantación de palma aceitera. Fedepalma. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palms/article/view/779>
- Aldana, J., Calvache, H. y Arias, D. (2000). Programa comercial de manejo de *Leptopharsa gibbicularina* Froeschner (Hemiptera: Tingidae) con la hormiga *Crematogaster* spp, en una plantación de palma de aceite. Palmas 21 (1): 167 – 173.
- Aldana, J.; Calvache, H.; Méndez, A. (1995). Distribución de hormigas y su efecto sobre *Leptopharsa gibbicularina* en una plantación de palma de aceite. Palmas (Colombia) 16 (3): 19–23.
- Aldana, R.; Aldana, J.; Calvache, H.; Arias, D. (1998). Papel de la hormiga *Crematogaster* spp. en el control natural de *Leptopharsa gibbicularina* en una plantación de palma de aceite de la Zona Central. Palmas 19 (4): 25 – 32.
- Alvarado, V. (2018). Distribución espacial de *Hypothenemus hampei* Ferrari en agroecosistemas cafetaleros de la selva central del Perú. Bosques Latitud Cero, 8(1).
- Andrade, J. F., Alvarado, F., Carlos Santos, J., & Santos, B. A. (2020). Rainfall reduction increases insect herbivory in tropical herb communities. *Journal of Vegetation Science*, 31(3), 487-496. <https://doi.org/10.1111/jvs.12870>
- Bal, H. K., Acosta, N., Cheng, Z., Grewal, P. S., & Hoy, C. W. (2017). Effect of habitat and soil management on dispersal and distribution patterns of entomopathogenic nematodes. *Applied Soil Ecology*, 121, 48-59. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.08.018>

- Bălăcenoiu, F., Simon, D. C., Nețoiu, C., Toma, D., & Petrițan, I. C. (2021). The Seasonal Population Dynamics of *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Hemiptera: Tingidae) and the Relationship between Meteorological Factors and the Diurnal Flight Intensity of the Adults in Romanian Oak Forests. *Forests*, 12(12), 1774. <https://doi.org/10.3390/f12121774>
- Barcelos, E., Rios, S. D. A., Cunha, R. N., Lopes, R., Motoike, S. Y., Babiychuk, E., & Kushnir, S. (2015). Oil palm natural diversity and the potential for yield improvement. *Frontiers in plant science*, 6, 190.
- Barrios, C. E. (2021). Determinación de la unidad de muestreo adecuada para la estimación de la población de *Leptopharsa gibbicularina* Froeschner (Hemiptera: Tingidae) en plantaciones de palma de aceite. <http://repositorio.unimagdalena.edu.co/handle/123456789/5852>
- Barrios, C. E. (2021). Determinación de la unidad de muestreo adecuada para la estimación de la población de *Leptopharsa gibbicularina* Froeschner (Hemiptera: Tingidae) en plantaciones de palma de aceite (Master's thesis, Universidad del Magdalena).
- Barrios, C.; Bustillo, A.; Ocampo, K.; Reina, M.; Alvarado, H. (2016). Eficacia de hongos entomopatógenos en el control de *Leptopharsa gibbicularina* (Hemiptera: Tingidae) en palma de aceite. *Revista Colombiana de Entomología* 42 (1): 22-27.
- Barrios, C.; Cuchimba, M.; Bustillo, A. E. (2015). Parámetros poblacionales de *Leptopharsa gibbicularina* (Hemiptera: Tingidae) plaga de la palma de aceite. *Revista Colombiana de Entomología* 41 (1): 1-4.
- Barrios-Trilleras, C. E., Cuchimba-Triana, M. S., & Bustillo-Pardey, A. E. (2015). Parámetros poblacionales de *Leptopharsa gibbicularina* (Hemiptera: Tingidae) plaga de la palma de aceite. *Revista Colombiana de Entomología*, 41(1), 1-4.

- Bellon, P. P., Oliveira, H. N. D., Loureiro, E. D. S., Santana, D. R. S., Otsubo, A. A., & Mota, T. A. (2018). Populational fluctuation of lace bug in cassava. *Arquivos do Instituto Biológico*, 84. <https://doi.org/10.1590/1808-1657000602015>
- Betancourt, F., Torres, G., & Varón, F. (2016). Observaciones preliminares sobre la presencia de *Pestalotiopsis* sp. en el híbrido *E. oleifera* x *E. guineensis* de palma de aceite en Tumaco.
- Blom, P.E.; Fleischer, S.J.; Smilowitz, Z. (2002). Spatial and Temporal Dynamics of Colorado Potato Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) in Fields with Perimeter and Spatially Targeted Insecticides. *Entomological Society of America* (Published by BioOne), Lanham (Maryland), USA. *Environmental Entomology* 31:149–159.
- Bustillos, A. (2019). Impacto de los insectos desfoliadores en la producción de la palma de aceite en Colombia. *Revista Palmas*, 40(4), 151-160.
- Calvache G., H. (2004). Identificación inicial y control de puntos focales en el manejo eficiente de plagas en palma aceitera. Fedepalma. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1082>
- Calvache, G., Franco, B., & Pedro, N. (2009). Manual de plagas de la palma de aceite en Colombia. Recuperado el 06 de marzo de 2022, <http://repositorio.fedepalma.org/handle/123456789/107711>
- Carval, D., Cotté, V., Notaro, M., Ryckewaert, P., & Tixier, P. (2014). Spatiotemporal population dynamics of the banana rind thrips, *Elixothrips brevisetis* (Bagnall) (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Applied Entomology*, 139(7), 510–518. <https://doi.org/10.1111/jen.12190>
- Carval, D., Cotté, V., Resmond, R., Perrin, B., & Tixier, P. (2016). Dominance in a ground-dwelling ant community of banana agroecosystem. *Ecology and Evolution*, 6(23), 8617-8631. <https://doi.org/10.1002/ece3.2570>
- Casarrubia Herrera, F. J. (2020). Aspectos morfológicos y biológicos de *Leptopharsa gibbicarina* Froeschner (1976) (hemiptera: tingidae) en el Caribe húmedo Montería, Colombia.

- Cooman, A. (2019). Cenipalma hace un llamado al Gobierno para atender enfermedades de la palma de aceite. *Boletín El Palmicultor*, (574 Diciem), 14-15.
- Costa, H. D. S., Seidel, E. J., Pazini, J. D. B., Silva, A. M. D., Silva, F. F. D., Martins, J. F. D. S., & Barrigossi, J. A. F. (2019). Mapping of spatiotemporal distribution of *Tibraca limbativentris* Stal (Hem.: Pentatomidae) in flooded rice crop in Southern Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 63, 205-211. <https://doi.org/10.1016/j.rbe.2019.04.001>
- Daza, C. (2010). Correlación de larvas de *Opsiphanes cassina*, en hoja 9 y 17 de palma de aceite (especialización en cultivos perenne). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 34p.
- de Souza, A., Mota, T. A., Piñeyro, N. G., Fernandes, M. G., & Fagundes PEREIRA, F. (2016). Distribución espacial de *Vatiga* spp.(Hemiptera: Tingidae) en el cultivo de yuca. *Acta biológica colombiana*, 21(1), 195-200. <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v21n1.46762>.
- Díaz, B. M., & Maza, N. (2017). Dinámica espacio-temporal de insectos plaga y sírfidos en lechuga agroecológica asociada con aliso (*Lobularia maritima*) Spatio-temporal dynamic of insect pests and flower flies in agroecological lettuce associated with alyssum (*Lobularia maritima*).
- Ekholm, A., Tack, A. J., Pulkkinen, P., & Roslin, T. (2020). Host plant phenology, insect outbreaks and herbivore communities—The importance of timing. *Journal of animal ecology*, 89(3), 829-841. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13151>
- Escalante, M., Damas, D., Márquez, D., Gelvez, W., Chacón, H., Díaz, A., & Moreno, B. (2010). Diagnóstico y evaluación de pestalotiopsis, e insectos inductores, en plantaciones de palma aceitera al sur del lago de Maracaibo, Venezuela. *Bioagro*, 22(3), 211-216.
- Escalante, M.; Damas, D.; Márquez, D.; Gelvez, W.; Chacón, H.; Diaz, A.; Moreno, B. (2010). Diagnóstico y evaluación de Pestalotiopsis, e insectos inductores,

- en plantaciones de palma aceitera al sur del lago Maracaibo, Venezuela. *Bioagro* 22 (3): 211-216.
- Falla, C., Najar-Rodriguez, A., Minor, M., Harrington, K., Paynter, Q., & Wang, Q. (2019). Effects of temperature, photoperiod and humidity on the life history of *Gargaphia decoris*. *BioControl*, 64(6), 633-643. <https://doi.org/10.1007/s10526-019-09969-7>
- Fedepalma (2022). La versatilidad natural del aceite de palma. Disponible en: <https://lapalmaesvida.com/naturalidad/la-versatilidad-natural-del-aceite-de-palma/>
- Fedepalma. (2018). Anuario estadístico 2018. Bogotá – Colombia. 392 pp.
- Fernández, A., Cabrera, A., & Durán, J. I. (2005). Patrón espacial y distribución dentro de la planta de *Pseudocysta perseae* Heidemann (Hemiptera: Tingidae) en aguacateros asociados al cultivo del cafeto. *Revista de Protección Vegetal*. 20 (3): 173-178, 2005. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CU2006102043>
- Froeschner, R. C. (1976). Description of a new species of lace bug attacking the oil palm in Colombia (Hemiptera: Tingidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 78(1), 104-107.
- Furumo, P. R., & Aide, T. M. (2017). Characterizing commercial oil palm expansion in Latin America: land use change and trade. *Environmental Research Letters*, 12(2), 024008.
- García, J., Rodríguez, A., Arranz, A., De la Cruz, J., & Honorio, F. (2004). Técnicas geoestadísticas aplicadas al análisis de la distribución de capturas de *Helicoverpa armigera* (Hübner)(Lepidoptera: Noctuidae) mediante trampas con feromonas sexuales en una plantación de tomate. *Bol. San. Veg. Plagas*, 30, 733-744.
- Genty, P., Garzón, A., & García, R. (1984). Daños y control del complejo *Leptopharsa*-*Pestalotiopsis* en la palma africana. *Revista Palmas*, 5(2), 9-15.

- Genty, P.; Desmier De Chenon, R.; Morin, J. P. (1978). Las plagas de la palma aceitera en América Latina. *Oleagineux* 33 (7): 326–420.
- Ghahramani, M., Karimzadeh, R., Iranipour, S., & Sciarretta, A. (2019). Does harvesting affect the spatio-temporal signature of pests and natural enemies in alfalfa fields?. *Agronomy*, 9(9), 532. <https://doi.org/10.3390/agronomy9090532>
- Gómez, M. P., López, M., Escudero, F., & Gómez, M. Á. (2021). Estudio sobre las poblaciones de los insectos transmisores de la Leishmaniosis en el municipio de Torrelodones: riesgos en Salud.
- Green, R. H. (1966). Measurement of non-randomness in spatial distributions. *Researches on Population Ecology*, 8(1), 1-7.
- Guzmán, L.; Calvache, H.; Aldana, J.; Méndez, A. (1997). Manejo de *Leptopharsa gibbicarina* Froeschner (Hemiptera: Tingidae) con la hormiga *Crematogaster* sp., en una plantación de palma de aceite. *Palmas (Colombia)* 18 (4): 19–26.
- Guzmán, S. A. (2020). Modelos lineales para la determinación de la tendencia poblacional de nóctuidos asociados al cultivo de la uchuva. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/78116>
- Haider, I., Akhtar, M., Noman, A., & Qasim, M. (2020). Population trends of some insect pests of rice crop on light trap and its relation to abiotic factors in Punjab Pakistan. *Pakistan Journal of Zoology*, 53(3), 1015-1023. <https://dx.doi.org/10.17582/journal.pjz/20190822060844>
- Hernández-Landa, L., López-Collado, J., García-García, C. G., Osorio-Acosta, F., & Nava-Tablada, M. E. (2013). Dinamica espacio-temporal de *Diaphorina citri* Kuwayama (hemiptera: psyllidae) en *Murraya paniculata* (L.) Jack en Cuitlahuac, Veracruz. *Acta zoológica mexicana*, 29(2), 334-345.
- Hernández-Landa, L., Lopez-Collado, J., González-Hernández, H., Vargas-Mendoza, M., Osorio-Acosta, F., & Nava-Tablada, M. E. (2018). Fluctuation and synchronization of adults catches of *Diaphorina citri* Kuwayama

- (Hemiptera: Liviidae) in urban backyards and commercial citrus plantations. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 21(3), 745-753.
- Huang, H. (2017). The industrial survey of *Elaeis guineensis* in Malaysia. *World Trop. Agric. Inf.* 7, 7. doi: 10.3969/j.issn.1009-1726.2017.07.020
- IDEAM. (2022). Consulta y Descarga de Datos Hidrometeorológicos. Recuperado el 06 de marzo de 2022, de <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>.
- Jaworski, T., Plewa, R., Tarwacki, G., Sućko, K., Hilszczański, J., & Horák, J. (2019). Ecologically similar saproxylic beetles depend on diversified deadwood resources: From habitat requirements to management implications. *Forest ecology and management*, 449, 117462. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117462>
- Jiménez, O. (1984). El Añublo Foliar de la Palma Africana en Colombia. *Palmas* 5 (3): 89– 92.
- Jiménez, O. y Reyes, A. (1977). Estudio de la necrosis foliar que afecta varias plantaciones de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Colombia. *Fitopatología Colombiana* 6 (1): 15-32.
- Kharouba, H. M., Ehrlen, J., Gelman, A., Bolmgren, K., Allen, J. M., Travers, S. E., & Wolkovich, E. M. (2018). Global shifts in the phenological synchrony of species interactions over recent decades. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115, 5211– 5216. <https://doi.org/10.1073/pnas.1714511115>
- Konur, O. (2021). Palm oil-based biodiesel fuels: A review of the research. *Biodiesel Fuels Based on Edible and Nonedible Feedstocks, Wastes, and Algae*, 477-496.
- Kuchenbecker J, Macedo-Reis LE, Fagundes M y Neves FS. (2021). Distribución espaciotemporal de insectos herbívoros a lo largo de islas forestales siempre verdes en la cima de la montaña. *Frente. Para. globo Cambio* 4:709403. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2021.709403>

- Kumar, K. S. (2016). El aceite de palma en el mercado global y sus oportunidades en Estados Unidos. *Revista Palmas*, 37, 319-321.
- Labarca, M., Sanabria, N. y Arcia, A. (2006). Patogenicidad de *Pestalotiopsis palmarum* Cooke, sobre plantas de vivero de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Revista de la Facultad de Agronomía (Venezuela)*, 23: 417-424.
- Labarca, M., Sanabria, N., & Arcia, A.. (2006). Patogenicidad de *Pestalotiopsis palmarum* Cooke, sobre plantas de vivero de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 23(4), 420-428. Recuperado en 11 de noviembre de 2022, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182006000400005&lng=es&tlng=es.
- Lara-Vázquez, F., Ramírez-Dávila, J. F., Rubí-Arriaga, M., Morales-Rosales, E. J., Figueroa-Figueroa, D. K., Acosta-Guadarrama, A. D., & Rivera-Martínez, R. (2018). Distribución Espacial de Araña Roja *Oligonychus punicae* Hirst¹ en el Cultivo del Aguacate, en dos Municipios del Estado de México. *Southwestern Entomologist*, 43(3), 743-759.
- Leyton-Flor, S. A., Gordillo, M., González, P. A., Ospina, J. A., & Vargas, G. (2018). Distribución espacio-temporal de *Diatraea* spp.(Lepidoptera: Crambidae) en el valle del río Cauca, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 44(2), 177-186.
- Lin, P. A., Paudel, S., Afzal, A., Shedd, N. L., & Felton, G. W. (2021). Changes in tolerance and resistance of a plant to insect herbivores under variable water availability. *Environmental and Experimental Botany*, 183, 104334. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2020.104334>
- Manoj, K., & Singh, P. S. (2016). Seasonal incidence of major insect pests of blackgram [*Vigna mungo* (L.) Hepper] in relation to environmental factors. *Journal of Experimental Zoology, India*, 19(2), 831-834.

- Marcano, J. N. C., Sanoja, C., & Payares, G. (2021). Influencia de variables ambientales sobre la presencia de *Panstrongylus Genuiculatus* (Latreille, 1811) en domicilios del área metropolitana de Caracas, Venezuela. *I2D Revista Científica*, 1(1), 1-10.
- Marini, L., Okland, B., Jonsson, A. M., Bentz, B., Carroll, A., Forster, B., ... Schroeder, M. (2017). Climate drivers of bark beetle outbreak dynamics in Norway spruce forests. *Ecography*, 40, 1426–1435. <https://doi.org/10.1111/ecog.02769>
- Martins, J. C., Picanço, M. C., Silva, R. S., Gonring, A. H., Galdino, T. V., & Guedes, R. N. (2018). Assessing the spatial distribution of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) eggs in open-field tomato cultivation through geostatistical analysis. *Pest management science*, 74(1), 30-36. <https://doi.org/10.1002/ps.4664>
- Méndez, A. (2000). Manejo integrado de la *Pestalotiopsis* en una plantación comercial de palma de aceite. *Palmas (Colombia)* 21 (Número especial – tomo 1): 165–166.
- Midgarden, D.; Fleischer, S.J.; Weisz, R.; Smilowitz. (1997). Site-specific Integrated Pest Management Impact on Development on Esenvalerate Resistance in Colorado Potato Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) and on Densities of Natural Enemies. Entomological Society of America (Published by BioOne), Lanham (Maryland), USA. *Journal of Economic Entomology* 90: 855-867.
- Mishra, P. R., Patra, R., & Mohapatra, R. N. (2016). Influence of environmental factors on the growth and development of tobacco beetle, *Lasioderma serricorne* (Fab.) in storage. *Journal of Entomological Research*, 40(1), 53-57. <https://doi.org/10.5958/0974-4576.2016.00010.4>
- Moghadam, S. A. N., Sadeghi-Namaghi, H., & Moodi, S. (2022). Plant-mediated effects of water-deficit stress on the performance of the jujube lace bug, *Monosteira alticarinata* Ghauri (Hemiptera: Tingidae) on Jujube tree. *Journal*

of Asia-Pacific Entomology, 25(2), 101917.
<https://doi.org/10.1016/j.aspen.2022.101917>

Motta, D.; Arias, N.; Munevar, F.; Aldana, J.; Rairan, N.; Córdoba, H.; Esteban, L.; Calvache, H. (2004). Relación entre la nutrición del cultivo y la incidencia de la pestalotiopsis de la palma de aceite en las Zonas Norte y Central de Colombia. *Palmas* 25 (2): 179 – 185.

MUHAMMED, S. H. (2021). SEASONAL FLUCTUATION OF LACE BUG *Stephanitis pyri* (F)(HEMIPTERA: TINGIDAE) IN ERBIL-IRAQ. *Journal of Duhok University*, 24(2), 29-35. <https://doi.org/10.26682/sjuod.2021.24.2.3>

Murphy, D. J. (2009). Oil palm: future prospects for yield and quality improvements. *Lipid Technology*, 21(11-12), 257-260.

Norazliza, R., Fauziah, I., Ismail, R., & Hanysyam, M. (2016). Ecological interaction between insect pests, climatic factors and plant traits on abundance of beneficial insects in paddy field. *Asian Journal of Agriculture and Rural Development*, 6(4), 68-75. Doi: 10.18488/journal.1005/2016.6.4/1005.4.68.7

OECD (2018). Oilseeds and oilseed products.127–138p Disponible en: https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2018-en

Ordoñez, A. I.; Genty, P. (1989). Evaluación del hongo *Sporothrix insectorum* (Hoog, Evans) en la chinche de encaje *Leptopharsa gibbicularina* (Froeschner) en la palma africana de aceite. *Revista Colombiana de Entomología* 15 (2): 10-20.

Pacheco, P., Gnych, S., Dermawan, A., Komarudin, H., & Okarda, B. (2017). The palm oil global value chain: Implications for economic growth and social and environmental sustainability.

Perry, J. N. (1995). Spatial analysis by distance indices. *Journal of Animal Ecology*, 303-314. <https://doi.org/10.2307/5892>

Pertuz Martínez, A. P., & Santamaría Escobar, Á. E. (2014). La palmicultura colombiana: sostenibilidad económica, social y ambiental. *Tendencias*, 15(1), 173-186.

- Phalan, B., Bertzky, M., Butchart, S. H. M., Donald, P. F., Scharlemann, J. P. W., y Stattersfield, A. J. (2013). Crop expansion and conservation priorities in tropical countries. *PLoS ONE* 8:e51759. doi: 10.1371/journal.pone.0051759
- Pielou, E. C. (1959). The use of point-to-plant distances in the study of the pattern of plant populations. *The Journal of Ecology*, 607-613.
- Plant, A. R., Bickel, D. J., Chatelain, P., Hauser, M., Le Cesne, M., Surin, C., ... & Srisuka, W. (2018). Spatiotemporal dynamics of insect diversity in tropical seasonal forests is linked to season and elevation, a case from northern Thailand. *Raffles Bulletin of Zoology*, 66. <http://zoobank.org/urn:lsid:zoobank.org:pub:526A9DB2-310F-43C9-99EC-CBCD03DAD6A9>
- Potts, L. J., Gantz, J. D., Kawarasaki, Y., Philip, B. N., Gonthier, D. J., Law, A. D., ... & Teets, N. M. (2020). Environmental factors influencing fine-scale distribution of Antarctica's only endemic insect. *Oecologia*, 194(4), 529-539. <https://doi.org/10.1007/s00442-020-04714-9>
- Pureswaran, D. S., De Grandpre, L., Pare, D., Taylor, A., Barrette, M., Morin, H., ... Kneeshaw, D. D. (2015). Climate-induced changes in host tree-insect phenology may drive ecological state-shift in boreal forests. *Ecology*, 96, 1480–1491. <https://doi.org/10.1890/13-2366.1>
- Quiñones-Valdez, R., Sánchez-Pale, J. R., Castañeda-Vildozola, Á., Franco Mora, O., Johansen-Naime, R., & Mejorada-Gómez, E. (2020). Comportamiento espacial y temporal de *Thrips simplex* Morison (Thysanoptera: Thripidae) en la región norte del Estado de México. *Acta zoológica mexicana*, 36.
- Rahul, V. P., Kapoor, B., Sarkar, S., & Jeet, S. (2020). Seasonal incidence of *Ocimum* tingid bug, *Cochlochila bullita* Stal (Heteroptera: Tingidae) on three different species of *Ocimum* viz. *Ocimum basilicum* L., *Ocimum sanctum* L. and *Ocimum kilimandscharicum* Guerke. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(4), 3138-3144. <https://doi.org/10.22271/phyto.2020.v9.i4ae.12093>

- Rai, A. K., Kumar, R., & Yadav, M. K. (2018). Weather forecasting model for lace bug, *Cochlochila bullita* (Stål)(Hemiptera: Tingidae) on Tulsi crop. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(4), 1046-1051. <https://www.researchgate.net/publication/326913537>
- Ramírez-Dávila, J.F.; Porcayo-Camargo, E. (2008). Distribución espacial de las ninfas de *Jacobiasca lybica* (Hemiptera: Cicadellidae) en un viñedo en Andalucía, España. *Sociedad Colombiana de Entomología*, Bogotá, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología* 34 (2): 169-175.
- Ramos, F., Guzmán, J., Cruz, M. y Hernández, F. (2018). Dinámica espacio-temporal de mosca pinta de la caña de azúcar en la zona centro del estado de Veracruz. XL CONVENCIÓN y EXPOATAM 2018. 12, 13 y 14 de Septiembre. WTC Boca del Río, Veracruz México.
- Reyes, A. (1988). Añublo foliar de la palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Colombia: importancia económica, etiología y control. *Revista Palmas*, 9(3), 33-39.
- Reyes, A. (1988). Añublo foliar de la palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Colombia: importancia económica, etiología y control. *Revista Palmas*, 9(3), 33-39.
- Reyes, A., & Cruz, M. (1996). Principales plagas de la palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq en América tropical, su manejo y control. *Rev. Colomb. Entomol*, 23, 100-112.
- Reyes, A.; Cruz, M.; Genty, P. (1988). La absorción radicular en el control de plagas en palma africana. *Palmas* 9 (2): 19 - 23.
- Rijal, J. P., Wilson, R., & Godfrey, L. D. (2016). Characterization of spatial distribution of *Tetranychus urticae* in peppermint in California and implication for improving sampling plan. *Experimental and Applied Acarology*, 68(2), 155-171. <https://doi.org/10.1007/s10493-015-0006-1>
- Rivera-Martínez, R., Ramírez-Dávila, J. F., & Acosta-Guadarrama, A. D. (2018). Distribución espacial de las poblaciones de huevos de *Bactericera cockerelli*

- Sulc. en el cultivo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Acta universitaria*, 28(5), 24-33.
- Rivera-Méndez, Y. D., Rodríguez, D. T., & Romero, H. M. (2017). Carbon footprint of the production of oil palm (*Elaeis guineensis*) fresh fruit bunches in Colombia. *Journal of Cleaner Production*, 149, 743-750.
- Sakata, Y., Craig, T. P., Itami, J. K., Yamasaki, M., & Ohgushi, T. (2017). Parallel environmental factors drive variation in insect density and plant resistance in the native and invaded ranges. *Ecology*, 98(11), 2873-2884. <https://doi.org/10.1002/ecy.1978>
- Sawadogo, A., Nagalo, E., Nacro, S., Rouamba, M., & Kenis, M. (2015). Population dynamics of *Aphthona whitfieldi* (Coleoptera: Chrysomelidae), pest of *Jatropha curcas*, and environmental factors favoring its abundance in Burkina Faso. *Journal of Insect Science*, 15(1), 108. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iev084>
- Serje, M., & Steiner, C. (2011). La magia del petróleo: una aproximación a la historia social de Ecopetrol. *Ecopetrol, Energía limpia para el futuro*, 60, 319-360.
- Shen, H. F., Zhang, J. X., Lin, B. R., Pu, X. M., Zheng, L., Qin, X. D., ... & Xie, C. P. (2014). First report of *Pestalotiopsis microspora* causing leaf spot of oil palm (*Elaeis guineensis*) in China. *Plant Disease*, 98(10), 1429-1429.
- Shrestha, G., Rijal, J. P., & Reddy, G. V. (2021). Characterization of the spatial distribution of alfalfa weevil, *Hypera postica*, and its natural enemies, using geospatial models. *Pest Management Science*, 77(2), 906-918. <https://doi.org/10.1002/ps.6100>
- Siabato, W., & Guzmán, J. (2019). La autocorrelación espacial y el desarrollo de la geografía cuantitativa. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 28(1), 1-22. <https://doi.org/10.15446/rcdq.v28n1.76919>
- Simonato, A. L. (2014). Distribuição espacial, amostragem sequencial e dinâmica populacional de *Leptopharsa heveae* (Hemiptera: Tingidae) na cultura da

seringueira.

<http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2590691>

- Singh, G., & Jaglan, M. S. (2018). Seasonal incidence of different insect-pests in Kharif maize. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(3), 3666-3669. <https://www.researchgate.net/publication/332289855>
- Supartha, I. W., Widaningsih, D., Susila, I. W., Yudha, I. K. W., Utama, I. W. E. K., & Wiradana, P. A. (2022). Range of host plants, spatial distribution, and insect predator of *Phenacoccus manihoti* (Hemiptera: Pseudococcidae) as an emerging pest of cassava plants in Bali, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23(6). DOI: 10.13057/biodiv/d230629
- Thackeray, S. J., Henrys, P. A., Hemming, D., Bell, J. R., Botham, M. S., Burthe, S., Wanless, S. (2016). Phenological sensitivity to climate across taxa and trophic levels. *Nature*, 535, 241– 245. <https://doi.org/10.1038/nature18608>
- Valencia, C.; Benítez, E. (2005). Evaluación del efecto de hongos entomopatógenos como estrategia de control de *Leptopharsa gibbicularina*, principal inductor de la Pestalotiopsis en la Zona Central. *Ceniavances* 125, 4 p.
- Vanegas-Carrillo, R., Ramírez-Dávila, J. F., & Rivera-Martínez, R. (2021). Distribución espacial de mosca mexicana de la fruta (*Anastrepha* spp.)(Diptera: Tephritidae) en Michoacán, México. *Revista Colombiana de Entomología*, 47(1).
- Villareal, H., & Benitez, E. (2005). Elementos para el Manejo integrado de *Leptopharsa gibbicularina* Froeschner: muestreo, criterios de intervención y estrategias de control. 1-28.
- Weber, A. C., Degrande, P. E., SOUZA, E. P., Azambuja, R., & Fernandes, M. G. (2018). Spatial distribution of *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) in cotton (*Gossypium hirsutum* Linnaeus). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90, 3483-3491. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201820170396>

- Wei, H. P., Wang, F., & Ju, R. T. (2013). Spatial distribution and sampling of *Corythucha ciliata* (Hemiptera: Tingidae) in London plane trees. *Entomologica Fennica*, 24(1), 43-52. <https://doi.org/10.33338/ef.84596>
- Yang, W. Y., Tang, X. T., Ju, R. T., Zhang, Y., & Du, Y. Z. (2017). The population genetic structure of *Corythucha ciliata* (Say)(Hemiptera: Tingidae) provides insights into its distribution and invasiveness. *Scientific reports*, 7(1), 1-16. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-00279-5>
- Yzquierdo-Alvarez, M. E., Rincón-Ramírez, J. A., Loeza-Kuk, E., López-Olguín, J. F., Aceves-Navarro, L. A., & Ortiz-García, C. F. (2021). Fluctuación espacio-temporal de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) en limón Persa (*Citrus latifolia*) en la zona citrícola de Huimanguillo, Tabasco. *Acta zoológica mexicana*, 37.