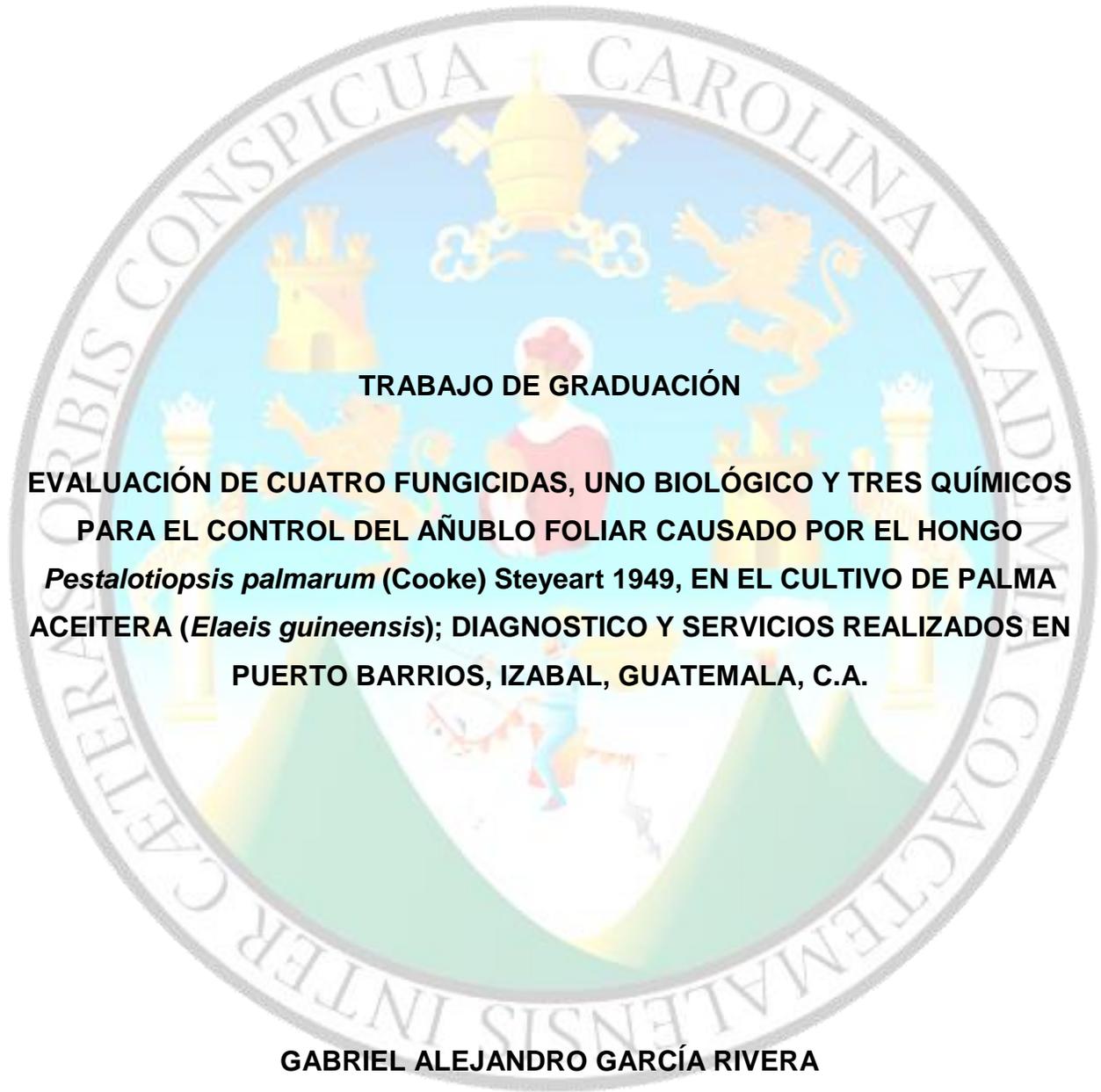


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**EVALUACIÓN DE CUATRO FUNGICIDAS, UNO BIOLÓGICO Y TRES QUÍMICOS
PARA EL CONTROL DEL AÑUBLO FOLIAR CAUSADO POR EL HONGO
Pestalotiopsis palmarum (Cooke) Steyeart 1949, EN EL CULTIVO DE PALMA
ACEITERA (*Elaeis guineensis*); DIAGNOSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN
PUERTO BARRIOS, IZABAL, GUATEMALA, C.A.**

GABRIEL ALEJANDRO GARCÍA RIVERA

GUATEMALA, FEBRERO 2021

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN EVALUACIÓN DE CUATRO
FUNGICIDAS, UNO BIOLÓGICO Y TRES QUÍMICOS PARA EL CONTROL DEL
AÑUBLO FOLIAR CAUSADO POR EL HONGO *Pestalotiopsis palmarum* (Cooke)
Steyart 1949, EN EL CULTIVO DE PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis*);
DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN PUERTO BARRIOS, IZABAL,
GUATEMALA, C.A.**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

POR

GABRIEL ALEJANDRO GARCÍA RIVERA

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRONOMO**

EN

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADEMICO DE
LICENCIADO**

GUATEMALA, FEBRERO 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Ing. M.Sc. Murphy Olympo Paiz Recinos

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL I	Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
VOCAL II	Dra. Gricelda Lily Gutierrez Alvarez
VOCAL III	Ing. Agr. M.A. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL IV	P. Agr. Marlon Estuardo González Álvarez
VOCAL V	Br. Sergio Wladimir González Paz
SECRETARIO	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria

GUATEMALA, FEBRERO 2021

Guatemala, febrero 2021

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación titulado: **“EVALUACIÓN DE CUATRO FUNGICIDAS, UNO BIOLÓGICO Y TRES QUÍMICOS PARA EL CONTROL DEL AÑUBLO FOLIAR CAUSADO POR EL HONGO *Pestalotiopsis palmarum* (Cooke) Steyeart 1949, EN EL CULTIVO DE PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis*), EN EL DEPARTAMENTO DE IZABAL, GUATEMALA, C.A.”** como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



GABRIEL ALEJANDRO GARCÍA RIVERA

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

Por darme fuerzas, sabiduría, entendimiento, perseverancia, paciencia y sobre todo por ser mi guía en la vida que me ha regalado.

MIS PADRES

Alicia Rivera Calderón y Celestino García Quiñonez, por su amor, su apoyo incondicional para llevar a cabo este sueño, sus palabras de aliento para seguir adelante cuando me sentía frustrado y desanimado, por sus consejos para buscar los caminos de Dios y su esfuerzo para verme triunfar.

MIS HERMANOS

Erika Rivera, Ingrid Rivera, Ruth Rivera, Verónica García, Daniel García, Saúl García y especialmente a mi hermana Andrea Celeste García Rivera que está en el cielo y por sus últimas palabras que la escuche decir, las cuales fueron que te vaya bien en la U Gabriel, sé que desde el cielo se siente orgullosa de mis logros; agradezco a todos mis hermanos porque siempre han cuidado de mí, por sus consejos, apoyo, confianza y amor que han demostrado.

MIS AMIGOS

Quienes han sido como mi familia, me demostraron su cariño y aprecio de diferentes maneras, me ayudaron a ver las cosas de diferentes puntos de vista, muchas gracias por sus consejos, amistad, compañerismo y confianza, valoro mucho esos momentos inolvidables.

AGRADECIMIENTOS

A:

Mi supervisor de EPS Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes. Por su amistad, confianza y consejos en el momento indicado para realizar un buen trabajo.

Ing. Agr. Filadelfo Guevara Por su asesoría inicial en el desarrollo del Ejercicio Profesional Supervisado.

Ing. Agr. Carlos Chávez Por su apoyo durante el proceso de EPS, consejos y amistad.

AGROCARIBE S.A. Por darme la oportunidad de realizar el EPS, confianza y aprendizaje en el cultivo de palma aceitera.

ÍNDICE GENERAL

TÍTULO	Página
CAPÍTULO I	
DIAGNÓSTICO REALIZADO EN LA ENFERMEDAD DEL AÑUBLO FOLIAR <i>Pestalotiopsis palmarum</i> (Cooke) Steyeart 1949, EN EL CULTIVO DE PALMA ACEITERA <i>Elaeis guineensis</i> , EN LAS DISTINTAS FINCAS DE LA EMPRESA AGROCARIBE S.A., EN EL DEPARTAMENTO DE IZABAL, GUATEMALA.	1
1.1 INTRODUCCIÓN	3
1.2 OBJETIVOS	4
1.2.1 General	4
1.2.2 Específicos	4
1.3 MARCO REFERENCIAL	5
1.3.1 Ubicación y extensión del lugar	5
1.3.2 Precipitaciones y humedad	5
1.3.3 Temperaturas	5
1.3.4 Zona de vida	5
1.3.5 Suelos	8
1.3.6 Clasificación taxonómica de la palma aceitera	8
1.3.7 Descripción	8
1.4 METODOLOGÍA	9
1.4.1 Gabinete	9
1.4.2 Campo	10
1.5 RESULTADOS	12
1.5.1 Tolerancia de los materiales sembrados	13
1.5.2 Comportamiento de la enfermedad	21
1.5.3 Factores que facilitan el ataque del añublo foliar	22
1.5.4 Síntomas visuales	23
1.5.5 Insectos plaga facilitadores de la enfermedad	24

	Página
1.5.6 Actividades agrícolas relacionadas con el control del añublo foliar.	28
1.6 CONCLUSIONES	31
1.7 RECOMENDACIONES	32
1.8 BIBLIOGRAFÍA	33
1.9 ANEXOS	34
 CAPÍTULO II	
EVALUACIÓN DE CUATRO FUNGICIDAS, UNO BIOLÓGICO Y TRES QUÍMICOS PARA EL CONTROL DEL AÑUBLO FOLIAR CAUSADO POR EL HONGO <i>Pestalotiopsis palmarum</i> (Cooke) Steyeart 1949, EN EL CULTIVO DE PALMA ACEITERA (<i>Elaeis guineensis</i>), EN EL DEPARTAMENTO DE IZABAL, GUATEMALA, C.A.	37
2.1 PRESENTACIÓN	39
2.2 MARCO TEÓRICO	42
2.2.1 Marco conceptual	42
2.2.2 Marco referencial	57
2.3 OBJETIVOS	61
2.3.1 General	61
2.3.2 Específicos	61
2.4 HIPÓTESIS	61
2.5 METODOLOGÍA	62
2.5.1 Caracterización del añublo foliar	62
2.5.2 Características de productos utilizados en esta investigación	62
2.5.3 Tratamientos	68
2.5.4 Determinación del área de establecimiento del experimento	69
2.5.5 Delimitación del área y establecimiento del experimento	73
2.5.6 Unidad experimental	75
2.5.7 Manejo de unidad experimental	76
2.5.8 Fumigación o aspersion	77

	Página
2.5.9 Muestreo de la enfermedad	80
2.5.10 Análisis de la información	81
2.5.11 Diseño experimental	82
2.5.12 Descripción de la variable de respuesta	82
2.5.13 Cálculo de crecimiento de la epidemia	83
2.5.14 Modelo estadístico	84
2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	85
2.6.1 Caracterización del añublo foliar	85
2.6.2 Análisis del área dañada por <i>P. palmarum</i> en el follaje	91
2.6.3 Cálculo de crecimiento de la epidemia de <i>P. palmarum</i>	96
2.6.4 Análisis de área dañada por pústulas de la enfermedad	97
2.7 CONCLUSIONES	98
2.8 RECOMENDACIONES	99
2.9 BIBLIOGRAFÍA	100
 CAPÍTULO III	
SERVICIOS REALIZADOS EN AGROCARIBE S.A, PUERTO BARRIOS, IZABAL. RECONSTRUCCIÓN DE INSECTARIO CON INSECTOS HABITANTES EN EL CULTIVO DE PALMA ACEITERA, ANÁLISIS DE PH Y DUREZA EN FUENTES DE AGUA EN LOS LOTES DEL CULTIVO Y ANÁLISIS DE RELACIÓN ENTRE LA SEVERIDAD DEL AÑUBLO FOLIAR CON LOS ELEMENTOS NUTRICIONALES APLICADOS EN ENSAYOS DE FERTILILDAD.	103
3.1 PRESENTACIÓN	105
3.2 SERVICIO 1: RECONSTRUCCIÓN DE INSECTARIOS CON INSECTOS BENÉFICOS Y PLAGAS HABITANTES EN EL CULTIVO DE PALMA ACEITERA EN LAS DISTINTAS FINCAS DE LA EMPRESA AGROCARIBE S.A.	107
3.2.1 Objetivos	107
3.2.2 Metodología	107
3.2.3 Material y equipo	110

	Página	
3.2.4	Resultados	111
3.2.5	Conclusiones	116
3.2.6	Recomendaciones	117
3.3	SERVICIO 2: LECTURAS DE PH Y DUREZA EN FUENTES DE AGUA UBICADAS EN EL CULTIVO DE PALMA ACEITERA DE LA EMPRESA AGROCARIBE S.A.	118
3.3.1	Objetivos	118
3.3.2	Metodología	118
3.3.3	Material y equipo	120
3.3.4	Resultados	121
3.3.5	Conclusiones	125
3.3.6	Recomendaciones	126
3.4	SERVICIO 3: ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE LA SEVERIDAD CAUSADA POR <i>P. palmarum</i> CON LA NUTRICIÓN DEL CULTIVO, EN LOS ENSAYOS DE POTENCIAL DE RESPUESTA Y LAS COMBINACIONES DE DOSIS DE NPK.	127
3.4.1	Objetivos	127
3.4.2	Metodología	127
3.4.3	Material y equipo	128
3.4.4	Resultados	128
3.4.5	Conclusiones	134
3.4.6	Recomendaciones	134
3.5	BIBLIOGRAFÍA	135
3.6	ANEXOS	136

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		Página
Figura 1.	Ubicación geográfica del distrito 1 de AGROCARIBE	6
Figura 2.	Ubicación geográfica del distrito 2 de AGROCARIBE	7
Figura 3.	Daño causado por añublo foliar en material CIRAD, bloque 432 de finca Eskimo.	14
Figura 4.	Daño causado por añublo foliar en material CIRAD, bloque 365 de finca Placa.	14
Figura 5.	Daño causado por añublo foliar en material Deli x Nigeria, bloque 434 de finca Eskimo.	16
Figura 6.	Daño causado por añublo foliar en material Deli x Ghana en el bloque 436 de finca Eskimo.	16
Figura 7.	Daño causado por añublo foliar en material Compacta x Nigeria, bloque 118 de finca San Fernando.	17
Figura 8.	Daño causado por añublo foliar en material Deli x Ekona, bloque 354 de finca Placa.	18
Figura 9.	Daño causado por añublo foliar en material CIRAD, bloque 432 de finca Eskimo y en el material Dami Las Flores, bloque 444 de finca Bordas Mariana.	19
Figura 10.	Daño causado por añublo foliar en material Dami Las Flores en el bloque 407 de finca Yolanda, a un costado del cultivo de banano.	20
Figura 11.	Daño causado por añublo foliar en el material híbrido en el bloque 365 de finca Placa I, en el cuadro de color rojo se puede observar el daño en el material CIRAD.	21
Figura 12.	Síntomas visuales del añublo foliar en diferentes etapas de desarrollo de <i>P. palmarum</i> .	23
Figura 13.	Heridas causadas por larvas de lepidóptero en el follaje de palma aceitera, infectadas por <i>P. palmarum</i> causante del añublo foliar.	24
Figura 14.	Larvas de <i>O. cassina</i> (A), <i>E. elaeasa</i> (B), <i>Automeris</i> sp. (C y D) y <i>Sibine</i> sp., facilitadores de <i>P. palmarum</i> .	25

	Página	
Figura 15.	Adulto (A) y larva (B) de <i>Calyptocephala</i> sp., y heridas (C) causadas facilitando la entrada de <i>P. palmarum</i> (D) causante del añublo foliar.	26
Figura 16.	Adulto de <i>P. perseae</i> (A y B), heridas causadas al alimentarse facilitando la entrada de <i>P. palmarum</i> causante de la enfermedad del añublo foliar (C y D).	26
Figura 17.	Adulto homóptero en las hojas bajas posible facilitador de añublo foliar.	27
Figura 18.	Plantas nectaríferas sembradas en las orillas de las carreteras dentro de los lotes de palma aceitera.	29
Figura 19A.	Lupa adaptable a la cámara del celular para observar plagas y enfermedades del follaje de las plantas.	34
Figura 20A.	Herramienta de corte empleada en el cultivo de palma aceitera.	34
Figura 21A.	Función del silicio en el follaje de las plantas para el ataque plagas y enfermedades.	35
Figura 22.	Colonias de conidios y acérvulos de <i>P. palmarum</i> , aislado de lesiones de hojas de <i>Washingtonia robusta</i> . A: apariencia macroscópica del hongo en medio de cultivo; (B, C y D): apariencia microscópica del hongo (Gx400).	42
Figura 23.	Síntoma inicial del añublo foliar y manchas aceitosas.	44
Figura 24.	Lesión provocada por añublo foliar y manchas de color marrón oscuro.	45
Figura 25.	Lesión provocada por añublo foliar y manchas con puntos negros.	46
Figura 26.	Ataque del añublo foliar y secamiento en un 95 % del follaje.	46
Figura 27.	Ataque del añublo foliar en las hojas bajas o inferiores.	47
Figura 28.	Adulto de <i>P. perseae</i> y heridas causadas al alimentarse facilitando la entrada de <i>P. palmarum</i> causante de la enfermedad del añublo foliar.	49
Figura 29.	Daño causado por adulto de <i>Calyptocephala</i> sp., el cual propicia el desarrollo del patógeno responsable del añublo foliar.	50
Figura 30.	Daño causado por <i>S. cecropia</i> que facilita el desarrollo del patógeno responsable del añublo foliar.	50

	Página	
Figura 31.	Control de añublo foliar con <i>Trichoderma</i> sp., antes de iniciar el manejo, seis meses después y dos años después del manejo.	54
Figura 32.	Ubicación geográfica de las fincas del sector 2, distrito 1 y aldeas aledañas, el bloque de color rojo representa el bloque 132 de la finca San Fernando; escala 1:14,000.	58
Figura 33.	Bomba motorizada para aplicaciones terrestres.	60
Figura 34.	Filotaxia de palma de aceite espiral izquierda (A) y derecha (B).	72
Figura 35.	Croquis de diseño experimental (DCA con submuestreo).	74
Figura 36.	Unidad experimental.	75
Figura 37.	Marcación de hojas 9, 17, 25 y 33 en el primer muestreo (color blanco).	76
Figura 38.	Aspersión con bomba motorizada, para control del añublo foliar.	78
Figura 39.	Aspersión con bomba motorizada, para control del añublo foliar.	79
Figura 40.	Escala de daño provocado en el follaje por añublo foliar.	80
Figura 41.	Marcación de pústulas evaluadas y medición de área dañada.	81
Figura 42.	Síntomas del añublo foliar en la fase inicial o primaria, herida provocada por <i>P. perseae</i> (A), herida provocada por <i>Calyptocephala</i> sp. (B).	85
Figura 43.	Síntomas del añublo foliar, en su fase secundaria.	86
Figura 44.	Síntomas finales o terciarios del añublo foliar.	87
Figura 45.	Signo del añublo foliar, cuerpos fructíferos en forma de acérvulos (puntos negros sobre el secamiento).	88
Figura 46.	Acumulación de hojas con presencia de añublo foliar en las paleras después de la poda o cosecha.	89
Figura 47.	Encharcamiento entre las calles de cosecha de la palma, que facilita las condiciones para el desarrollo y crecimiento del añublo foliar.	90
Figura 48.	Gráfica de área dañada por <i>P. palmarum</i> en datos logarítmicos.	95
Figura 49.	Insectario antes de ser reconstruido.	111
Figura 50.	Insectario después de la reconstrucción e identificación de insectos por orden.	112

	Página
Figura 51.	Insectario reconstruido con adultos de Lepidóptera. 113
Figura 52.	Plagas de lepidóptera en palma aceitera, <i>O. cassina</i> (A), <i>Dirphia</i> sp. (B), <i>O. kirbyi</i> (C), <i>Sibine</i> sp. (D). 114
Figura 53:	Insectario de Plagas que atacan al cultivo de palma aceitera. 115
Figura 54:	Larvas de insectos plaga preservados con alcohol al 75 % en tubos de ensayo. 116
Figura 55.	Escala de coloración para muestras de pH (0 a 14). 119
Figura 56.	Tiras de medición de dureza 0.70 a 4.20 mol/m ³ (ppm/m ³). 120
Figura 57.	Relación nutricional del cultivo con la severidad del añublo foliar en el ensayo NPK en la finca Eskimo. 130
Figura 58.	Relación nutricional del cultivo con la severidad del añublo foliar en el ensayo NPK en la finca Barcelona. 131
Figura 59.	Relación nutricional del cultivo con la severidad del añublo foliar en el ensayo NPK en la finca Barcelona. 132
Figura 60.	Correlación entre el ensayo de PR con la severidad de daño causado por el añublo foliar, evaluada en los años 2016, 2017 y 2018. 133
Figura 61A.	Trampa para captura de adultos de <i>O. cassina</i> , plaga del follaje de importancia en la zona norte de Guatemala. 136
Figura 62A.	Trampa para captura de adultos de <i>R. palmarum</i> , causante de la Pudrición de Cogollo y vector del agente causal del An illo Rojo. 137
Figura 63A.	Montaje de Insectos capturados en el cultivo de palma aceitera. 137
Figura 64A.	Plancha de Duroport para montaje de Mariposas. 137
Figura 65A.	Flor masculina de palma de aceite y polinizadores. 138
Figura 66A.	<i>Crematogaster</i> sp. encontrada en el follaje del cultivo de palma aceitera. 138

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		Página
Cuadro 1.	Severidad promedio en las fincas del distrito 1 y 2 de AGROCARIBE en el censo de <i>P. palmarum</i> , agente causal del añublo foliar.	12
Cuadro 2:	Análisis FODA sobre la situación del añublo foliar en la región nororiente de Guatemala en el cultivo de palma aceitera.	30
Cuadro 3.	Características de MANCOCEB 80 WP.	64
Cuadro 4.	Características de HALT 10 SL.	65
Cuadro 5.	Características de ALFAN 45 EC.	66
Cuadro 6.	Características de TRI-HB 2WP.	67
Cuadro 7.	Tratamientos utilizados para controlar el añublo foliar, con dosis de producto por palma, solución y volumen de solución por palma.	68
Cuadro 8.	Severidad de <i>P. palmarum</i> evaluada en un rango de 0 a 5, por lote en la finca San Fernando, siembra año 2012, variedad Compacta x Nigeria.	70
Cuadro 9.	Aleatorización de tratamientos y repeticiones.	75
Cuadro 10.	Análisis de varianza (ANDEVA) para la severidad de <i>P. palmarum</i> .	91
Cuadro 11.	Comparación múltiple de medias del área dañada.	92
Cuadro 12.	Cálculo de la tasa de crecimiento de <i>P. palmarum</i> para cada tratamiento.	97
Cuadro 13.	Análisis de la Varianza en cuanto al área dañada por pústulas de la enfermedad.	98
Cuadro 14.	Valores promedio de pH y dureza por finca	123
Cuadro 15.	Valores de pH y dureza de diferentes fuentes de agua en los lotes de palma.	124
Cuadro 16.	Dosis de NPK en cada parcela experimental en el ensayo NPK en la finca Eskimo.	130
Cuadro 17.	Dosis de NPK en cada parcela experimental en el ensayo NPK en la finca Barcelona.	131

DIAGNÓSTICO REALIZADO EN LA ENFERMEDAD DEL AÑUBLO FOLIAR *Pestalotiopsis palmarum*, EN EL CULTIVO DE PALMA ACEITERA *Elaeis guineensis*, **INVESTIGACIÓN** EN EVALUACIÓN DE CUATRO FUNGICIDAS, UNO BIOLÓGICO Y CUATRO QUÍMICOS PARA EL CONTROL DE *Pestalotiopsis palmarum* EN EL CULTIVO DE PALMA ACEITERA *Elaeis guineensis*., Y **SERVICIOS** REALIZADOS EN PUERTO BARRIOS, IZABAL, GUATEMALA, C. A.

RESUMEN

En el siguiente trabajo de graduación se dan a conocer los resultados obtenidos durante el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) en la empresa AGROCARIBE S.A., dedicada a la producción y procesamiento de la fruta de palma de aceite, produciendo como derivados aceite de almendra de palma, aceite crudo de palma y harina de almendra de palma.

Se inició con un diagnóstico realizado en el cultivo de palma aceitera en una enfermedad que ataca el follaje, conocida como el añublo foliar de la palma o bien conocida en el área local como *Pestalotiopsis*, en este documento se denomina como añublo foliar, esta enfermedad se considera como una de las más importantes en la zona por el daño que causa en el follaje, generando pérdidas en la producción aun no cuantificadas en el lugar, afectando la producción de fruta expresada en toneladas por hectárea al año.

Para llevar a cabo el diagnóstico de esta enfermedad se realizaron recorridos en los lotes reportados con alta severidad de añublo foliar causado por el hongo *Pestalotiopsis palmarum*, identificando los síntomas que presentan las manchas en el follaje, las posibles causas de la enfermedad y asociación con los insectos plaga del follaje. Como alternativa de control amigable con el ambiente se realizó una evaluación de productos químicos y biológicos aplicados al follaje, para combatir el agente causal del añublo foliar *P. palmarum*, en la variedad Compacta X Nigeria una variedad que se catalogó como una de las más susceptibles en los resultados del diagnóstico realizado en distintos lotes del cultivo de palma aceitera en diferentes materiales de diferentes edades.

Generalmente la infección por el añublo foliar se genera en heridas provocadas por los insectos plaga del follaje por ello se le denomina oportunista, estudios realizados para el control de los vectores o facilitadores de la enfermedad han generado resultados favorables para el control de la dicha enfermedad, sin embargo tiene sus desventajas pues las aplicaciones de insecticidas al follaje no solo controlan las plagas sino que también afectan las poblaciones de insectos polinizadores e insectos benéficos que controlan naturalmente algunas plagas del cultivo, lo cual obliga a los Palmicultores a utilizar más agroquímicos para controlar otras plagas, además de acudir a la polinización asistida al perjudicar las poblaciones de insectos polinizadores del cultivo.

Una medida de control de insectos plaga del follaje causantes del añublo foliar que ha demostrado buenos resultados es la inyección de productos sistémicos en el tallo de la planta, es decir al estipe, actuando sobre las poblaciones de insectos plaga por medio de la ingestión al alimentarse del follaje sin perjudicar las poblaciones de insectos benéficos, sin embargo este método de control ha incrementado la aparición de pudrición basales en plantaciones de palma en Colombia, obligando a los Palmicultores a la eliminación de cientos de hectáreas del cultivo por esta enfermedad que causa una pudrición en el estipe de las palmas que conlleva a la muerte de las palmas.

La evaluación se realizó en el departamento de Izabal, donde las condiciones son óptimas para el cultivo de palma aceitera, en dicha plantación el principal agente vector de la enfermedad es la conocida chinche de encaje de la palma *Pseudacysta perseae*, insecto chupador del follaje que prefiere los tejidos jóvenes, causando heridas que permiten la entrada *P. palmarum* en las hojas nuevas del follaje.

La investigación se montó por medio de un arreglo estadístico completamente al azar por submuestreo, obteniendo resultados favorables con la aplicación de *Trichoderma harzianum* y *Bacillus subtilis* al follaje ante los demás productos. Además del diagnóstico realizado y la investigación se realizaron tres servicios en la empresa los cuales consistieron en realizar mediciones de pH y dureza en distintas fuentes de agua, la reconstrucción de insectarios y se analizó la relación entre la severidad del añublo foliar con diferentes dosis de fertilizantes.



CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO REALIZADO EN LA ENFERMEDAD DEL AÑUBLO FOLIAR *Pestalotiopsis palmarum* (Cooke) Steyeart 1949, EN EL CULTIVO DE PALMA ACEITERA *Elaeis guineensis*, EN LAS DISTINTAS FINCAS DE LA EMPRESA AGROCARIBE S.A., EN EL DEPARTAMENTO DE IZABAL, GUATEMALA.

1.1 INTRODUCCIÓN

La palma aceitera es uno de los cultivos de importancia social y económica en Guatemala, como todo cultivo se ve afectado por plagas y enfermedades, una de ellas es la enfermedad del añublo foliar *P. palmarum*, esta enfermedad ha tomado gran importancia en el cultivo de palma aceitera, pues se estima que afecta hasta en un 40 % la producción de frutos (Genty *et. al.*, 2002).

En AGROCARIBE se realizan censos de las plagas y enfermedades que atacan al cultivo en las unidades de muestreo foliar identificadas dentro de los lotes del cultivo, con el fin de identificar la presencia de alguna plaga o enfermedad en los lotes del cultivo, para monitorear la enfermedad del añublo foliar se evalúa la severidad del daño causado en el follaje, actualmente la enfermedad del añublo foliar está causando pérdidas aun no cuantificadas en el lugar, el departamento técnico es el encargado de monitorear las diversas plagas y enfermedades que atacan al cultivo, recopilando información que es digitada en una base de datos en Excel para generar registros (AGROCARIBE, 2018).

Esta plaga se presentó por primera vez a finales del año 2013 en una de las fincas de la empresa, donde año con año la plaga se ha presentado en las demás fincas, esta enfermedad está conformada por hongos débiles oportunistas, los cuales inician una infección en heridas provocadas en el follaje generalmente por plagas, es decir el añublo foliar no puede infectar el material vegetal por sí solo, así que necesita de un facilitador que genere esas puertas de entrada en el follaje del cultivo (AGROCARIBE, 2018).

La producción de frutos se ve afectada por la disminución del área fotosintética, ya que las estructuras del hongo colonizan el tejido foliar y liberan toxinas que degradan las paredes celulares de los tejidos para alimentarse de la clorofila causando la muerte de la misma, la cual se denota como una clorosis en el follaje. En este capítulo se describe la situación actual en el año 2,018 sobre el añublo foliar, además se describen las causas principales, síntomas y los materiales susceptibles a la enfermedad.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 General

Conocer las principales causas de incidencia de *P. palmarum* en el cultivo de palma aceitera (*E. guineensis*) y los métodos de control que se realizan en las plantaciones de la zona nororiente de Guatemala.

1.2.2 Específicos

1. Identificar los síntomas que presenta *P. palmarum* causante de la enfermedad del añublo foliar en el cultivo de palma aceitera.
2. Identificar las fincas de palma aceitera más afectadas por *P. palmarum* causante del añublo foliar utilizando la base de datos sobre el censo de la enfermedad.
3. Identificar los materiales genéticos de palma aceitera más susceptibles al ataque del añublo foliar.
4. Identificar las condiciones que favorecen el desarrollo y aparición de la enfermedad del añublo foliar.
5. Identificar los principales insectos plaga facilitadores de la aparición del añublo foliar.
6. Conocer las actividades agrícolas que se encuentran relacionadas con el control del añublo foliar.

1.3 MARCO REFERENCIAL

1.3.1 Ubicación y extensión del lugar

Las oficinas de la empresa AGROCARIBE S.A., se encuentran ubicadas en finca Dublín en el kilómetro 273.3 carretera a Puerto Barrios CA-9, las fincas de dicha empresa se encuentran distribuidas en tres distritos, donde el distrito 1 y 2 pertenecen a AGROCARIBE y el distrito 3 pertenece a AGROFRANCIA, ambas empresas pertenecen a la Corporación AGROCARIBE S.A., con aproximadamente 12,500 hectáreas del cultivo de palma aceitera *E. guinnensis*, sembradas en el municipio de Morales y Puerto Barrios, la mayor parte de fincas se encuentran ubicadas en las orillas del río Motagua, en las Figuras 1 y 2 puede observarse los mapas de las fincas (AGROCARIBE, 2018).

1.3.2 Precipitaciones y humedad

Precipitación pluvial de 2,000 mm/año a 3,500 mm/año

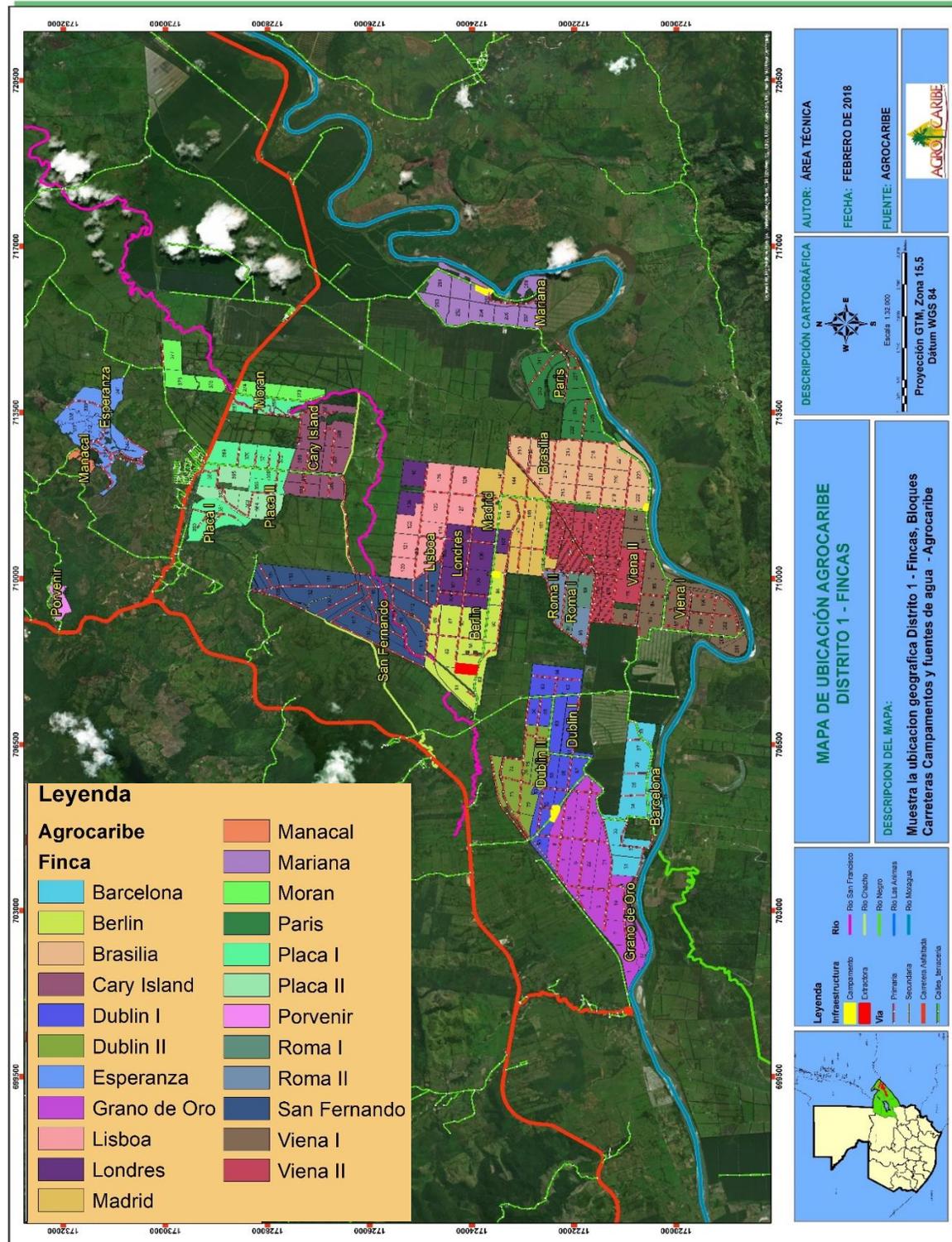
Humedad Relativa (HR): 75 % a 85 % promedio anual (INSIVUMEH, 2018).

1.3.3 Temperaturas

Mínima 21 °C y máxima 35 °C (INSIVUMEH, 2018).

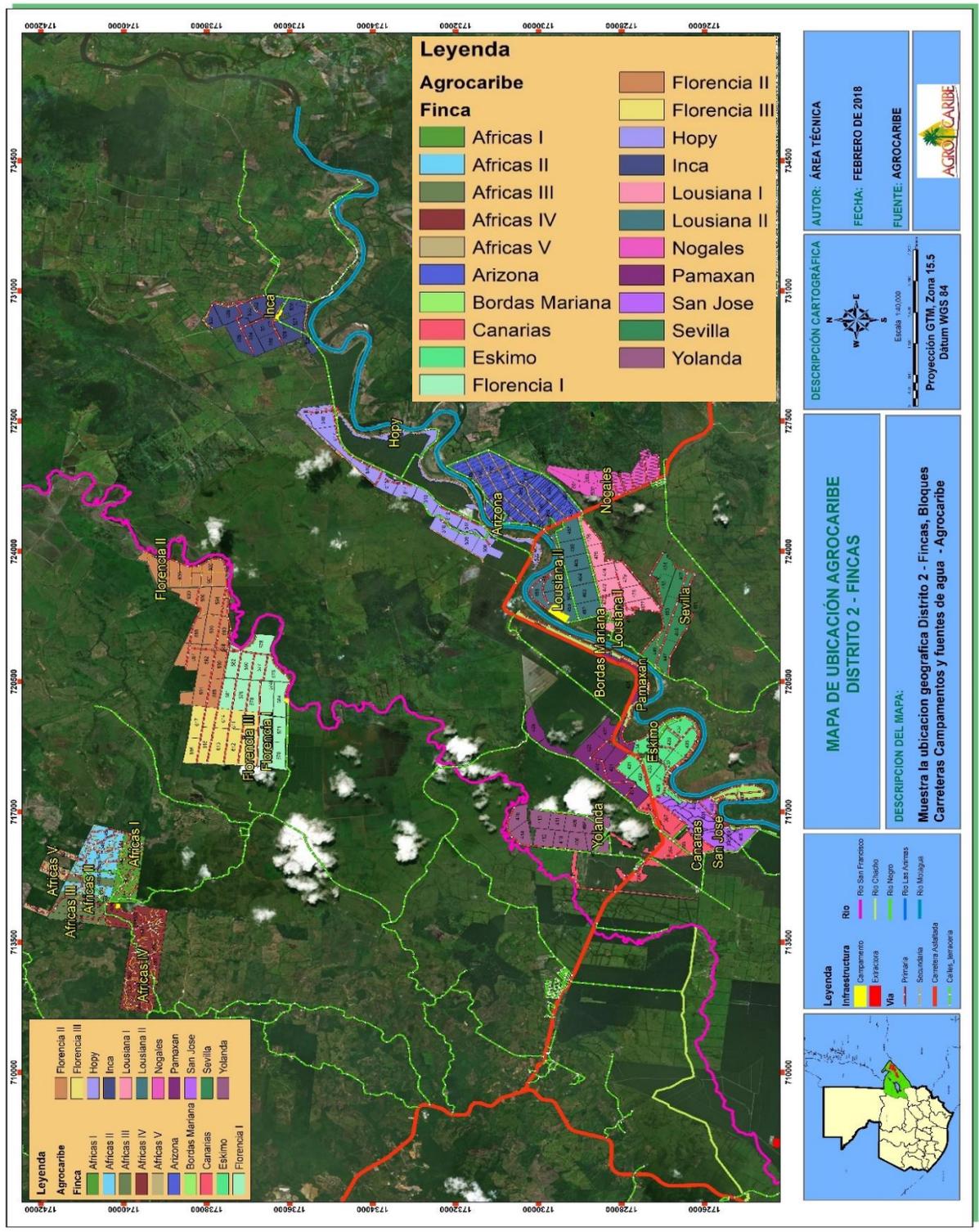
1.3.4 Zona de vida

Izabal posee diferentes zonas de vida, en las que predominan en extensión territorial bosque húmedo tropical (bh-T) y bosque muy húmedo tropical (bmh-T) (IARNA-URL, 2018); las fincas de AGROCARIBE se ubican dentro de la zona bh-T, donde las condiciones climáticas son óptimas para el desarrollo del cultivo de palma aceitera.



Fuente: (AGROCARIBE, 2018)

Figura 1. Ubicación geográfica del distrito 1 de AGROCARIBE



Fuente: (AGROCARIBE, 2018)

Figura 2. Ubicación geográfica del distrito 2 de AGROCARIBE

1.3.5 Suelos

Los suelos de las fincas son de múltiples texturas que van desde arcillosos, francos y arenosos, sin embargo, los suelos aluviales predominan en la mayoría de las fincas donde se cultiva la palma aceitera, estos se caracterizan por ser suelos profundos por el arrastre de sedimentos de algún río, en esta área las inundaciones provocadas por el río Motagua han generado estos suelos, la mayoría de las fincas se encuentran ubicadas en las orillas del río, siendo estos suelos ideales para el cultivo de palma aceitera por su alta profundidad que va de 0.8 m a 1.5 m; en la mayoría de las fincas el uso anterior de la tierra es banano y ganadería (AGROCARIBE, 2018).

1.3.6 Clasificación taxonómica de la palma aceitera

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Liliopsida
- Subclase: Commelinidae
- Orden: Arecales
- Familia: Arecaceae
- Subfamilia: Coryphoideae
- Género: *Elaeis*
- Especie: *E. guineensis* Jacq.

1.3.7 Descripción

Jacquin la describió en 1763 y le dio el nombre de *Elaeis guineensis*, este género incluye tres especies: *E. guineensis*, de África occidental; *E. oleífera* (*Elaeis melanococa*), que se extiende de Centro América a Brasil, y *E. odora*, una especie poco conocida en América del Sur (Ortiz Vega y Fernández Herrera, 2000).

Es una palmera monoica (las flores femeninas y masculinas, se producen independientes, en una misma planta) con tronco solitario de 10 -15 (20) m de altura y 30-60 cm de diámetro con cicatrices de las hojas viejas, hojas pinnadas de 4-5 m de longitud, con 100-150 pares de folíolos de 50-100 cm de longitud, se insertan en el raquis en varios planos, dándole a la hoja aspecto plumoso, de color verde en ambas caras, pecíolo de 1-1.5 m de longitud con los folíolos de la base convertidos en espinas y con fibras, inflorescencia corta pero muy densa de 10-30 cm de longitud, frutos ovoides muy abundantes en racimos con brácteas puntiagudas, son de color rojizo y de hasta 4 cm de diámetro, es alógama, pues su polinización es cruzada y es una planta perenne (Ortiz Vega y Fernández Herrera, 2000).

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Gabinete

Esta fase consistió en revisar la base de datos con la que cuenta el Departamento Técnico de AGROCARIBE sobre el censo de enfermedades, con el fin de conocer el registro de los censos realizados sobre la enfermedad del añublo foliar en las distintas fincas del cultivo, el censo consiste en evaluar la severidad en un rango de 0 a 5, donde 0 indica que no hay presencia de la enfermedad, 1 indica una severidad de daño del 1 % al 20 % en la hoja, 2 indica una severidad de 21 % a 40 % y así sucesivamente hasta llegar a 5 que indica una severidad del 81 % a 100 % de daño en el follaje (AGROCARIBE, 2018).

Para este censo se toman las hojas 9, 17, 25 y 33 como representativas de la palma, en el cultivo de palma las hojas de las palmas se numeran gracias a que sus hojas son compuestas por folíolos, la emisión foliar puede ser de 2 a 3 hojas compuestas por mes, esto depende de las condiciones climáticas de la zona, la hoja más nueva se numera como 1 y la hoja que antes era 1 se numera como 2 y así las demás hojas cambian de posición. Con la base de datos en Excel se realizó una tabla dinámica mostrando los datos de la severidad promedio del añublo foliar por finca, con el fin de identificar las fincas más afectadas por la enfermedad, con ello se logró identificar las variedades más susceptibles al ataque del añublo foliar y así mismo las variedades tolerantes a la enfermedad.

1.4.2 Campo

De acuerdo con los resultados generados en la fase de gabinete se visitaron las fincas que presentaron mayor severidad del añublo foliar y las que menos severidad presentaron en las evaluaciones, con el fin de validar los datos reportados en el censo y observar las condiciones que facilitan la aparición de la enfermedad en esas fincas.

Los recorridos que se realizaron en las distintas fincas permitieron identificar los lotes con mayor severidad, con los lotes identificados en campo se buscó la información en la base de datos que maneja la empresa donde se detalla toda la información de un lote que se desee conocer como la edad, fecha de siembra, material sembrado, entre otra información, en esta base se buscó el material genético sembrado en los lotes con mayor y menor presencia de la enfermedad para poder identificar los materiales genéticos más susceptibles y los más tolerantes a la enfermedad del añublo foliar, en algunos lotes con alta severidad de distintas fincas el material fue el mismo, confirmando que el material es susceptible al ataque del añublo.

Durante los recorridos que se realizaron en campo se observó cómo desarrolla y crece la enfermedad después de haber iniciado la infección hasta la liberación de esporas, se buscaron pústulas en diferentes estados de desarrollo para conocer su crecimiento y desarrollo; así mismo se evaluó e identificó en que parte del follaje la enfermedad es más severa y donde normalmente se inicia.

Se realizó la identificación de los síntomas que presenta la enfermedad en los diferentes estados de desarrollo con la ayuda de los síntomas descritos por Calvache Guerrero, 2017 en una presentación realizada por Grepalma, quien es un asesor e investigador del cultivo de palma aceitera; para la identificación de los síntomas se utilizó una lupa adaptable a la cámara del celular (Figura 19A), diferenciando el estado de las pústulas de acuerdo con el desarrollo de la enfermedad y daño ocasionado en el follaje entre otros aspectos.

Las evaluaciones realizadas en campo consistieron en localizar plantas con pústulas de la enfermedad en los diferentes estratos del follaje, con la ayuda de un cuchillo de malayo (Figura 20A), lapicero, libreta de apuntes y marcadores, se cortaron hojas con presencia de la enfermedad para realizar las respectivas evaluaciones las cuales consistieron en realizar la identificación de los síntomas e insectos que se relacionaran con las pústulas de la enfermedad.

Así mismo durante los recorridos en campo se observaron las prácticas de manejo que se realizan en el cultivo que se relacionan con el control del añublo foliar. Se realizó un análisis FODA con el objetivo de dar a conocer de manera resumida la situación sobre la enfermedad del añublo foliar en el cultivo de palma aceitera en el área nororiente del país.

1.5 RESULTADOS

Las evaluaciones realizadas en los censos se realizan en 4 niveles del follaje en las hojas 9, 17, 25 y 33, prácticamente el follaje se divide en cuatro partes y se hace una lectura en cada estrato, esto permite conocer cómo se distribuye el daño causado por el añublo foliar en follaje, donde la hoja 9 se encuentra cercana al cogollo y la 33 en el estrato bajero donde se encuentran las hojas más viejas (AGROCARIBE, 2018).

Cuadro 1. Severidad promedio en las fincas del distrito 1 y 2 de AGROCARIBE en el censo de *P. palmarum*, agente causal del añublo foliar.

Distrito	Sector	Finca	Promedio de SEVERIDAD HOJA 9	Promedio de SEVERIDAD HOJA 17	Promedio de SEVERIDAD HOJA 25	Promedio de SEVERIDAD HOJA 33
1	1	Barcelona	0.06	0.98	1.07	1.10
1	1	Dublin I	0.05	0.95	1.01	1.03
1	1	Dublin II	0.34	1.06	1.09	1.09
1	1	Grano de Oro	0.01	0.76	0.94	0.94
1	1	Roma I	0.31	0.99	1.18	1.20
1	1	Roma II	0.32	0.94	1.10	1.14
1	2	Berlin	0.00	0.26	0.98	1.12
1	2	Lisboa	0.00	0.54	1.07	1.45
1	2	Londres	0.00	0.52	1.01	1.45
1	2	Madrid	0.00	0.38	1.03	1.23
1	2	San Fernando	0.04	0.70	1.16	1.66
1	3	Brasilia	0.00	0.97	1.00	0.93
1	3	Mariana	0.00	1.00	1.00	0.93
1	3	Paris	0.00	1.00	1.00	0.96
1	3	Viena I	0.00	1.00	1.00	0.91
1	3	Viena II Híbridos	0.00	1.00	1.00	0.93
1	3	Viena II Irhos	0.01	1.01	1.03	0.90
1	4	Cary Island	0.00	1.07	1.26	1.39
1	4	La Esperanza	0.00	1.13	1.34	1.44
1	4	Moran	0.00	1.09	1.26	1.30
1	4	Placa I	0.00	1.14	1.29	1.39
1	4	Placa II	0.00	1.14	1.30	1.38
1	4	Porvenir y Manacal	0.00	1.07	1.24	1.34
2	1	Bordas Mariana	0.51	1.14	1.81	2.32
2	1	Canarias	0.54	1.25	1.91	2.40
2	1	Eskimo	1.29	2.30	2.83	3.34
2	1	Pamaxan	0.89	1.88	2.44	2.95
2	1	San Jose	0.77	1.71	2.35	2.84
2	1	Yolanda	0.87	1.76	2.38	2.81
2	2	Arizona Irhos	0.00	0.06	0.93	1.05
2	2	Arizona Deli x Ghana	0.00	0.00	0.81	1.00
2	2	Arizona Deli x Nigeria	0.00	0.11	0.96	1.23
2	2	Lousiana I	0.00	0.10	0.98	1.28
2	2	Lousiana II	0.00	0.16	1.03	1.38
2	2	Nogales Deli x Nigeria	0.00	0.15	0.99	1.30
2	2	Nogales Irhos	0.00	0.08	0.97	1.16
2	2	Sevilla	0.00	0.06	0.90	1.05
2	3	Hopy	0.01	0.17	0.45	1.01
2	3	Inca	0.00	0.08	0.60	1.17
2	4	Africas I	0.00	0.00	0.01	0.14
2	4	Africas II	0.00	0.00	0.02	0.13
2	4	Africas III	0.00	0.00	0.03	0.15
2	4	Africas IV	0.00	0.00	0.05	0.20
2	4	Africas V	0.00	0.00	0.01	0.16
2	5	Florencia I	0.80	1.30	1.97	2.44
2	5	Florencia II	0.76	1.09	1.78	2.25
2	5	Florencia III	0.28	0.94	1.48	2.04

Fuente: Elaboración propia datos obtenidos de Excel del censo *P. palmarum* (AGROCARIBE, 2018).

De acuerdo con el análisis realizado en Excel por medio de tablas dinámicas en la base del censo del añublo foliar se puede observar en el Cuadro 1 que la severidad es mayor en las hojas 25 y 33, las cuales se encuentran en el estrato intermedio y bajo, indicando que la severidad es mayor en el estrato bajero.

El Cuadro 1 demuestra que algunas fincas del distrito 2 presentaron la severidad más alta, con valores cerca de 3 en las hojas 25 y 33, es decir daño al follaje por encima del 40 % en las siguientes fincas: Bordas Mariana, Pamaxan, Eskimo, Canarias, Yolanda, San José y Florencia, mientras que la severidad fue menor en el distrito 1 con valores cercanos a 2, es decir daños entre el 20 % y 40 % de tejido dañado registrando las severidades más altas en las siguientes fincas: San Fernando, Londres, Madrid, Lisboa, Berlin, La Roma, Placa, Cary Island, la Esperanza, Moran, Porvenir y Manacal.

1.5.1 Tolerancia de los materiales sembrados

Al realizar los recorridos en campo en las fincas mencionadas anteriormente se determinó que los materiales más susceptibles al ataque de *P. palmarum* son: CIRAD (antiguo IRHO) (Figuras 3 y 4), Deli x Nigeria (Figura 5), Deli x Ghana (Figura 6) y Compacta x Nigeria (Figura 7) de los cuales el material más susceptible es CIRAD el cual es un material muy productivo, además se determinó que las variedades más resistentes al ataque del añublo foliar son Deli x Ekona (Figura 8), Dami las flores (Figuras 9 y 10) e Híbrido (Figura 11).

El material CIRAD es el más susceptible al ataque de *P. palmarum*, en las plantaciones de palma aceitera de AGROCARIBE bajo las condiciones de la región nororiente de Guatemala, en la Figura 3 y 4 se puede observar los síntomas y el daño en el follaje dando un aspecto plateado al follaje, aspecto causado por las pústulas de la enfermedad. En la Figura 4 se puede observar que el daño es más severo en el estrato inferior donde se concentran las hojas bajas y en el estrato intermedio, mostrando las hojas nuevas sin daños severos, las cuales se encuentran en el estrato superior de las plantas, por tanto, se define que el daño de la enfermedad es mayor en cuanto las hojas del follaje son más viejas.



Figura 3. Daño causado por añojo foliar en material CIRAD, bloque 432 de finca Eskimo.



Figura 4. Daño causado por añojo foliar en material CIRAD, bloque 365 de finca Placa.

Los materiales Deli x Nigeria y Deli x Ghana fueron identificados como los materiales más susceptibles al daño de *P. palmarum* después de CIRAD, en las Figuras 5 y 6 se puede observar el daño provocado por el añublo foliar, al igual que CIRAD el daño es más severo se presenta en el estrato inferior del follaje, las pústulas más viejas se observaron de color gris en las hojas bajas. Es necesario recordar que el añublo foliar está conformado por un complejo de hongos fitopatógenos oportunistas, es decir patógenos que necesitan de un facilitador para causar una infección por medio de heridas causadas por insectos plaga del follaje o bien por los estomas, los materiales susceptibles al ataque del añublo foliar indican que son materiales susceptibles al ataque de plagas, quienes generan la puerta de entrada para que el hongo causante del añublo foliar se establezca en el follaje.

En la Figura 6 del lado izquierdo se observa como las palmas presentan una coloración gris, lo cual denota la presencia del añublo foliar, con un secamiento severo en el follaje reduciendo el área fotosintética, como consecuencia la producción de alimento se ve limitada, afectando la producción ya que no se fabrica el alimento necesario para la formación de frutos; en la Figura 6 se puede apreciar que solamente son 5 o 6 hojas las que se encuentran verdes y sanas en el estrato superior, en las observaciones se determinó que es en el estrato superior donde generalmente se inicia la infección del añublo foliar y conforme las hojas se extienden hacia el estrato inferior por la emisión foliar las pústulas de la enfermedad se desarrollan y crecen en tamaño necrosando más tejido foliar y por tanto reduciendo el área fotosintética.

Cabe mencionar que las hojas del estrato inferior se ven con secamiento avanzado causado por el añublo foliar, este secamiento no solo está influenciado por el daño provocado por el añublo foliar, sino también la senescencia de las hojas viejas, esta senescencia se acelera cuando la planta sufre algún estrés, en este caso por el ataque del añublo, la senescencia celular es el proceso iniciado como respuesta al estrés y daño ocurrido en las células como respuesta a la muerte natural al alcanzar la madurez foliar.



Figura 5. Daño causado por añublo foliar en material Deli x Nigeria, bloque 434 de finca Eskimo.



Figura 6. Daño causado por añublo foliar en material Deli x Ghana en el bloque 436 de finca Eskimo.

El material Compacta x Nigeria es uno de los materiales más jóvenes sembrados en las fincas de AGROCARIBE, este material se caracteriza por presentar un crecimiento lento en el estipe, mientras que otros materiales crecen hasta 60 cm en promedio por año en cuanto al tallo, las compactas crecen 40 cm por año, lo cual es un beneficio en el manejo del cultivo porque las palmas tardan más años en alcanzar alturas en las cuales el manejo y cosecha se complica, sin embargo, es un material muy susceptible al ataque de *P. palmarum*, aunque es un material un poco más tolerante que CIRAD, Deli x Nigeria y Deli x Ghana (Figura 7).

En la Figura 7 puede observarse al lado izquierdo la apariencia del follaje por completo, observando que las hojas bajas presentan un daño muy severo y las del estrato superior se observan verdes y sanas, en la Figura derecha se observa el secamiento causado por las pústulas de color marrón oscuro de *P. palmarum*.



Figura 7. Daño causado por añublo foliar en material Compacta x Nigeria, bloque 118 de finca San Fernando.

El material Deli x Ekona se catalogó como un material tolerante al ataque de *P. palmarum*, pues al realizar el recorrido en los lotes con este material, se observó que el daño provocado no es tan severo comparado con los materiales mencionados anteriormente, como puede observarse en la Figura 8 las hojas de las palmas en todos los estratos tienen un aspecto verde oscuro, lo cual indica la sanidad de las plantas, sin embargo se observa una que otra pústula de la enfermedad en el follaje pero no es significativo; Deli x Ekona es uno de los materiales más viejos sembrados en las plantaciones de palma de AGROCARIBE, en los recorridos también se identificó como material tolerante el material de siembra Deli x Avros otro de los materiales más viejos en los lotes de la empresa.



Figura 8. Daño causado por añublo foliar en material Deli x Ekona, bloque 354 de finca Placa.

En la Figura 9 se puede observar dos materiales sembrados en diferentes lotes que son vecinos, el bloque 432 con el material CIRAD se puede observar el daño causado por el añublo foliar en las hojas bajas, con una coloración gris y en el bloque 444 con el material Dami las Flores se puede observar que las palmas están más sanas que las que se encuentran en bloque 432, pues las hojas bajas se observan más sanas y la sombra en el lote 444 es más densa que la que se observa en el 432 si se observa a detalle.



Figura 9. Daño causado por añublo foliar en material CIRAD, bloque 432 de finca Eskimo y en el material Dami Las Flores, bloque 444 de finca Bordas Mariana.

En la Figura 10 se observa nuevamente el material Dami Las Flores, donde el follaje se ve totalmente sano, en los recorridos en campo se observó que los lotes que colindan con el cultivo de banano presentaron incidencia y severidad baja en cuanto al ataque del añublo foliar, en algunas plantas no se presentaron síntomas de la enfermedad, seguramente se debe al efecto de borde que se genera al momento de realizar las aplicaciones aéreas en el cultivo de banano para controlar la Sigatoka, la cual al igual que el añublo foliar es una enfermedad causada por hongos fitopatógenos que atacan el follaje.



Figura 10. Daño causado por añublo foliar en material Dami Las Flores en el bloque 407 de finca Yolanda, a un costado del cultivo de banano.

En la Figura 11 se puede observar el follaje del material Híbrido el cual se determinó como tolerante al ataque de *P. palmarum*, a pesar de que el follaje presenta una que otra pústula de la enfermedad el follaje se observa sano, como puede observarse en el círculo amarillo, cabe mencionar que estas palmas del material Híbrido se encuentran a la par de un lote con material CIRAD el cual se observa en la Figura 4 donde se mostró el daño causado por añublo foliar en el material CIRAD, donde se tiene material Híbrido sembrado se encuentran surcos de CIRAD dentro de lote, pues este material proporciona el polen viable al Híbrido.

En la Figura 11 se observa claramente que hay materiales más resistentes al ataque de la enfermedad que otros, ya que se observó que el material Híbrido es más tolerante que CIRAD el cual presenta daño severo en el follaje como se puede observar en el cuadro rojo, estando ambos materiales sembrados uno a la par del otro.



Figura 11. Daño causado por añublo foliar en el material híbrido en el bloque 365 de finca Placa I, en el cuadro de color rojo se puede observar el daño en el material CIRAD.

1.5.2 Comportamiento de la enfermedad

Esta enfermedad se reportó por primera vez en la finca Londres a finales del año 2013, en el material CIRAD, luego se fue presentando en las fincas cercanas hasta presentarse en la mayoría de las fincas de palma aceitera.

Esta enfermedad se presenta con mayor frecuencia en el estrato bajo del material vegetativo según lo observado en campo donde se genera un microclima que facilita el desarrollo de la enfermedad, en las hojas bajas la humedad es mayor por la sombra que generan las hojas de arriba, normalmente la infección se da en el estrato superior y en el estrato medio, raramente en el estrato bajo, es decir por lo general en el estrato bajo se observan pústulas bien desarrolladas.

Conforme las hojas se extienden hacia el estrato inferior las pústulas crecen en tamaño y se desarrollan dañando mayor área fotosintética, llegando incluso a unirse varias pústulas en los folíolos obstruyendo el paso de nutrientes, agua y alimento fabricado en el follaje, causando en ocasiones el secamiento completo de las hojas en el estrato bajo acelerando la senescencia foliar, esta reducción del área foliar disminuye la actividad fotosintética y por tanto la producción de fruta.

1.5.3 Factores que facilitan el ataque del añublo foliar

Entre los factores climáticos que facilitan el desarrollo de la enfermedad está la precipitación la cual proporciona las condiciones adecuadas junto con la temperatura, ya que este hongo necesita de una alta humedad relativa para desarrollarse.

Las condiciones climáticas en Izabal son propicias para el desarrollo de esta enfermedad fungosa, las precipitaciones en la región son altas y constantes, llueve al menos 180 días en el año, por ello se recomienda tener un buen drenaje en los lotes con el fin de disminuir el exceso de humedad; durante las observaciones en campo se comprobó que las áreas que se inundan en la época lluviosa presentaron mayor incidencia y daño por añublo foliar.

Además, se observó que los lotes que abundante maleza, donde no se realiza el control de malezas constantemente las palmas presentan alta severidad de daño causado por el añublo foliar.

Las paleras donde se depositan los restos de hojas en la cosecha sirven como fuente de inóculo de la enfermedad, donde *P. palmarum* puede completar su ciclo como saprofito en el material en descomposición, liberando esporas para causar nuevas infecciones al follaje.

1.5.4 Síntomas visuales

Entre los síntomas se pueden mencionar las manchas en los folíolos, que inicialmente se presentan como manchas de color amarillo, las cuales van creciendo en tamaño, dañando el área fotosintética y se tornan de un color marrón con un halo clorótico que rodea la necrosis generada por el patógeno, generalmente su crecimiento se da en forma circular, aunque este crecimiento depende del ancho del folíolo y la abertura por donde se inició la infección, las pústulas cambian en forma y color al llegar a la fase final (Figura 12).

Cuando el hongo cumple su ciclo empieza a formar puntos negros sobre el secamiento, los cuales indican la presencia de los cuerpos fructíferos del hongo que liberan esporas al ambiente para causar nuevas infecciones en el follaje, por último, la necrosis se torna de color gris dándole un aspecto de color plateado al follaje, cuando las pústulas son numerosas en una hoja estas se unen unas con otras acelerando el secamiento en el follaje, en algunos casos hasta secar por completo la hoja (Figura 12).



Figura 12. Síntomas visuales del añublo foliar en diferentes etapas de desarrollo de *P. palmarum*.

En la Figura 12 se puede observar que cuando el tejido se necrosa por el ataque de pestalotiopsis este se vuelve frágil y con cualquier roce entre las hojas este se rompe y se cae, generando ventanas en el follaje, llegando a observar en ocasiones únicamente la nervadura central de los folíolos.

1.5.5 Insectos plaga facilitadores de la enfermedad

Entre las plagas facilitadoras que se encuentran relacionadas con el ataque del añublo foliar se encontraron zompopos los cuales cortan porciones del follaje, esta plaga puede llegar a causar serios daños al cultivo si no se controla a tiempo, en las evaluaciones se observaron larvas de lepidópteros (Figura 14) que generan una herida al alimentarse del follaje, donde las esporas del hongo caen oportunamente en la herida y aprovechan para penetrar el tejido del material vegetal e iniciar una infección en el follaje, se encontraron daños en el follaje causados por larvas de lepidóptera principalmente por *Opsiphanes cassina*, *Stenoma cecropia* y *Euprosterina elaeasa* asociados con *P. palmarum* (Figura 13).



Figura 13. Heridas causadas por larvas de lepidóptero en el follaje de palma aceitera, infectadas por *P. palmarum* causante del añublo foliar.

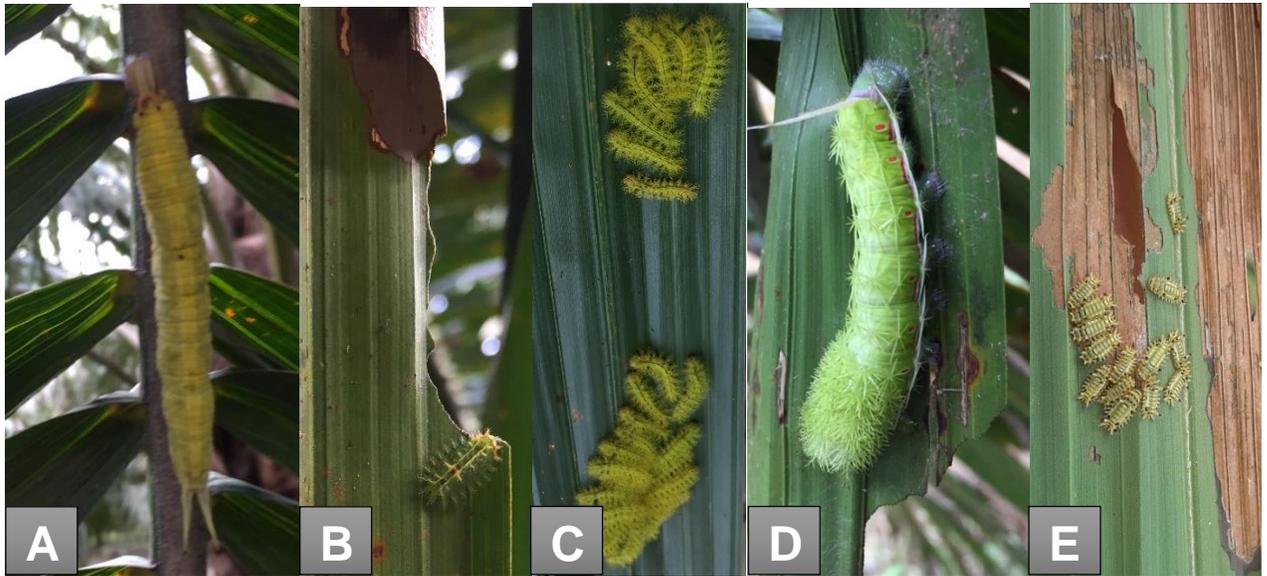


Figura 14. Larvas de *O. cassina* (A), *E. elaeasa* (B), *Automeris* sp. (C y D) y *Sibine* sp., facilitadores de *P. palmarum*.

En los muestreos realizados en campo se encontró que los principales insectos facilitadores son *Calyptocephala* sp. (Figura 15) tanto el adulto como la larva se alimentan de las hojas generando un raspado a lo largo del foliolo, el raspado de ambos son generados a lo largo del foliolo y se diferencia uno del otro en que el raspado que genera el adulto es delgado y la larva genera un raspado similar pero más ancho que el del adulto; así mismo se identificó a *P. perseae* como el principal facilitador y posible vector de *P. palmarum* el cual es una chinche (Figura 16) tanto el adulto como la ninfa causan serios daños al follaje, generando cientos de puntos dispersos en el follaje de apariencia aceitosa lo cual incrementa las infecciones causadas por *P. palmarum*.

P. perseae pertenece a la familia Tingidae, la misma familia a la que pertenece *Leptopharsa gibbicularina* F., conocida como la chinche de encaje y catalogada como uno de los principales enemigos de los Palmicultores en Colombia, esta plaga genera serios daños al cultivo en Colombia por las heridas provocadas en el follaje y vector de *P. palmarum*.



Figura 15. Adulto (A) y larva (B) de *Calyptocephala* sp., y heridas (C) causadas facilitando la entrada de *P. palmarum* (D) causante del añublo foliar.

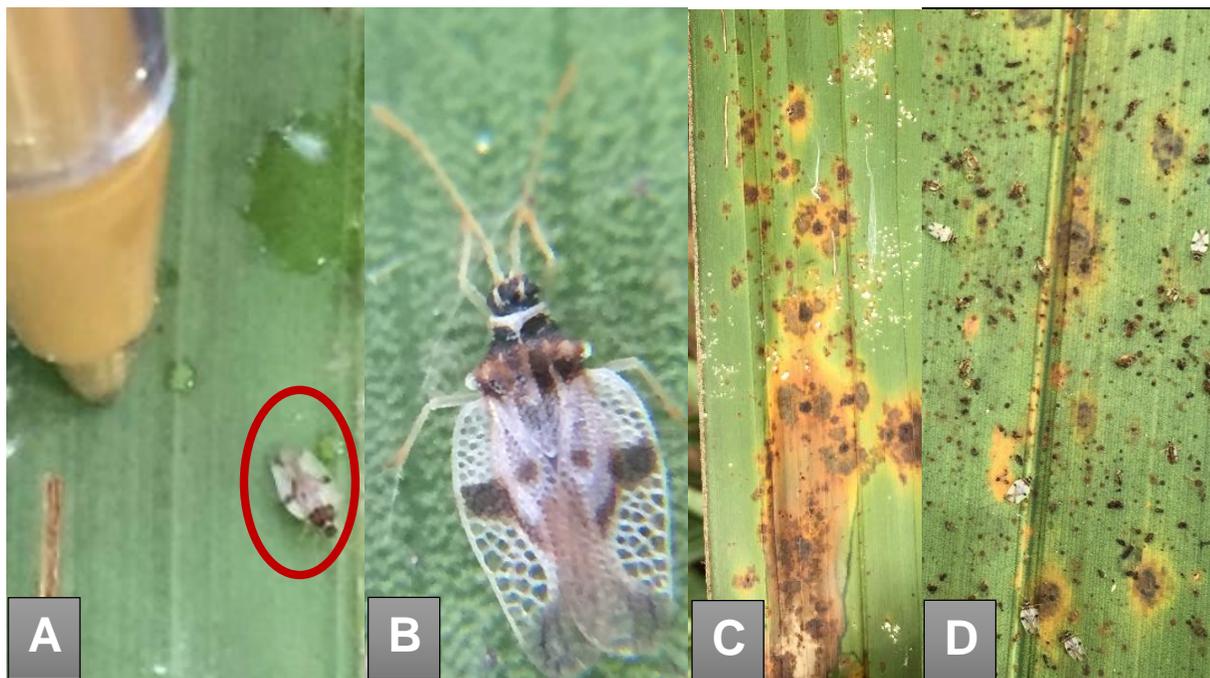


Figura 16. Adulto de *P. perseae* (A y B), heridas causadas al alimentarse facilitando la entrada de *P. palmarum* causante de la enfermedad del añublo foliar (C y D).

En los muestreos realizados se encontró con mayor frecuencia las poblaciones de *P. perseae*, así mismo se determinó que las heridas provocadas por *P. perseae* se relacionan más con la infección del añublo foliar ya que en repetidas ocasiones se encontraron heridas causadas por *Calyptocephala* sp. cicatrizadas sin infección por el agente causal del añublo foliar, por tanto *P. perseae* es el principal facilitador y posible vector de *P. palmarum* causante del añublo foliar en la región nororiente de Guatemala en el cultivo de palma aceitera.

Además, en las observaciones de campo se encontró un insecto perteneciente a los homópteros el cual se encontró en repetidas ocasiones alimentándose del tejido de las hojas bajas del cultivo, este insecto chupador puede generar heridas que faciliten la entrada de *P. palmarum*, sin embargo, al mantenerse en las hojas bajas el daño podría no ser significativo, pues las hojas bajas tienen un corto tiempo de vida en la planta ya que son cortadas en la cosecha o poda (Figura 17).



Figura 17. Adulto homóptero en las hojas bajas posible facilitador de añublo foliar.

1.5.6 Actividades agrícolas relacionadas con el control del añublo foliar.

Durante los recorridos realizados en las distintas fincas se observaron las actividades que se encuentran relacionadas con el control de la enfermedad, entre estas se pueden mencionar la fertilización la cual debe ser rica en potasio para fortalecer las paredes celulares de las células que conforman los tejidos ante el ataque de plagas y enfermedades, además una fertilización rica en silicio genera resistencia al ataque de plagas en el follaje, ya que el silicio forma una pared protectora entre la epidermis y tejidos fotosintéticos la cual es una lámina de silica o fitolitos que ganan masa en la estructura de la epidermis (Figura 21A), la cual es dura y hace que los tejidos foliares sean resistentes al ataque de plagas y enfermedades.

El drenaje en el suelo es muy importante para el cultivo, en suelos con exceso de humedad las palmas tienen un sistema radicular superficial, es decir el sistema radicular no es profundo y las palmas son vulnerables al volcamiento, además de facilitar las condiciones para el desarrollo de *P. palmarum*, en los recorridos se observó que en las áreas donde hay encharcamientos las palmas cercanas presentan varias pústulas de la enfermedad del añublo foliar.

Otra de las actividades muy importantes en el manejo del cultivo que se relaciona con el control del añublo foliar es la poda, al cortar las hojas no funcionales para la planta que presentan síntomas del añublo foliar se reduce la severidad en la planta, estas hojas en la planta sirven como fuente de inóculo de *P. palmarum* hasta que libere nuevas esporas.

La siembra de plantas nectaríferas en los lotes del cultivo contribuyen al control biológico del añublo foliar indirectamente (Figura 18), pues estas plantas proporcionan alimento y hospedaje a parasitoides de plagas de palma aceitera y hormigas del género *Crematogaster* insecto que ha demostrado control en la aparición del añublo foliar, un estudio realizado en Colombia demostró que la introducción de colonias de *Crematogaster* en los lotes del cultivo reduce significativamente en el ataque de plagas que facilitan la aparición del añublo foliar.

Las plantas nectaríferas producen exudados de azúcares en órganos nectarios extraflorales que se encuentran en las hojas, los cuales atraen insectos benéficos para el cultivo de palma aceitera, ya que se alimentan de sustancias dulces y depositan sus huevos en larvas de lepidópteros que al eclosionar los huevos las larvas de parasitoides se alimentan del cuerpo de las larvas que defoliar el follaje del cultivo.



Figura 18. Plantas nectaríferas sembradas en las orillas de las carreteras dentro de los lotes de palma aceitera.

En el Cuadro 2 se presenta un análisis FODA, el cual consiste en resumir las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas sobre la enfermedad del añublo foliar, con el fin de analizar el principal problema para encontrar un método de control eficiente.

Cuadro 2: Análisis FODA sobre la situación del añublo foliar en la región nororiente de Guatemala en el cultivo de palma aceitera.

Fortalezas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> - Diversos materiales genéticos de palma aceitera sembrados. - Control natural de plagas del follaje por insectos benéficos. - Suelos aluviales, es decir suelos profundos en su mayoría francos. - Cultivo de plantas nectaríferas dentro de los lotes del cultivo de palma, que atraen insectos benéficos para el control de plagas. - Personal capacitado para el monitoreo constante de la enfermedad. - Abundante cobertura del suelo con la leguminosa Pueraria. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dispersar las hojas cortadas del cultivo alrededor del plato a manera de que no se amontonen, contribuye a la descomposición rápida del inoculo. - Realizar recaba de drenajes y drenajes nuevos donde sea necesario. - Aplicaciones de raquis al suelo, proveniente del proceso de extracción en los lotes más afectados por la enfermedad. - Identificación y reproducción de posible hongo antagonista del añublo foliar en las hojas de las palmas.
Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> - No existen pérdidas estimadas por los daños provocados por añublo foliar. - No existen estudios en el área que comprueben la efectividad del aumento de dosis de fertilizantes para reducir la aparición del añublo foliar. - Equipo de aplicación al follaje de baja eficiencia en la cobertura del follaje. 	<ul style="list-style-type: none"> - Baja productividad en los lotes más afectados. - El empleo de plaguicidas para controlar las plagas que faciliten la aparición de la enfermedad. - Utilización de fungicidas que afecten al control natural de posibles hongos antagonistas nativos. - Resistencia del patógeno ante agroquímicos.

1.6 CONCLUSIONES

1. Los síntomas identificados de la enfermedad del añublo foliar son manchas en el follaje de aspecto aceitoso y de color marrón cuando inicia la infección, conforme la infección va desarrollando estas manchas causan una necrosis en el follaje y están rodeadas por un halo clorótico, cuando el hongo completa su ciclo se observan manchas necrosadas de color gris y un punteado en la necrosis de color negro que denota la presencia de los cuerpos fructíferos del patógeno, los cuales liberan esporas para causar nuevas infecciones en el follaje, en las hojas bajas el secamiento puede incluso llegar a secar por completo la hoja afectada.
2. Las fincas más afectadas por el añublo foliar fueron Eskimo, San José, San Fernando, Placa, La Roma, entre otras pertenecientes al distrito 1 y 2, siendo más severo el daño causado por añublo foliar en el distrito 2.
3. Algunos materiales genéticos de palma aceitera son más susceptibles al ataque del añublo tales como CIRAD, Deli x Nigeria, Deli x Ghana Compacta x Nigeria, así mismo se identificaron materiales tolerantes al ataque del añublo foliar siendo estos Deli x Avros, Dami Las Flores e Híbrido, considerando que la enfermedad del añublo foliar está conformada por hongos oportunistas, es decir que no pueden causar una infección por sí solos y que necesitan una puerta de entrada en el follaje, lo cual indica que los materiales susceptibles al añublo foliar son también susceptibles al ataque de plagas del follaje.
4. Las condiciones para el desarrollo de la enfermedad son favorables cuando se presentan constantes precipitaciones, ya que en la época seca se ve una baja en la severidad de la enfermedad, además se observó que en los lotes donde no se ha realizado poda y por la sombra generada las condiciones para el desarrollo de la enfermedad son favorables.

5. Entre los insectos facilitadores del añublo foliar se encontraron larvas de lepidóptero, zomposos, insectos chupadores y raspadores, identificando que los principales facilitadores son *P. perseae* y *Calyptocephala* sp., determinando que *P. perseae* se encuentra más relacionado con las infecciones causadas por añublo foliar.
6. Entre las actividades agrícolas que se encuentran relacionadas con el control de *P. palmarum* está la recaba de drenajes, la fertilización rica en potasio y silicio, poda, siembra de plantas nectaríferas para atraer insectos benéficos que controlen naturalmente las plagas del cultivo.

1.7 RECOMENDACIONES

1. Realizar aplicaciones de fungicidas biológicos al follaje y a los restos de cosecha para disminuir la incidencia de la enfermedad y constante monitoreo de la enfermedad.
2. Realizar controles de insectos plaga con insecticidas biológicos, para evitar la muerte de insectos benéficos en las distintas fincas, ya que las aplicaciones de insecticidas químicos de amplio espectro causan efectos negativos en los insectos benéficos que habitan en los lotes de palma aceitera, tales como parasitoides, depredadores y polinizadores.
3. Realizar el control de malezas con mayor frecuencia, ya que la maleza conserva la humedad en las paleras, las cuales funcionan como fuente de inóculo del patógeno causante del añublo foliar, ya que puede sobrevivir como saprofito en el material en descomposición, además se recomienda no amontonar sino dispersar las hojas cortadas de las palmas, para facilitar la descomposición; establecer un manejo integrado de la enfermedad colocando trampas de insectos para la captura de insectos que faciliten la aparición de la enfermedad, aplicaciones de productos biológicos, siembra de plantas atrayentes y hospederas de insectos benéficos, poda, recaba, entre otras actividades.

1.8 BIBLIOGRAFÍA

1. AGROCARIBE (Corporación Agroindustrial del Caribe, Guatemala). 2018. Base de datos sobre el censo de *P. palmarum*. Izabal, Guatemala.
2. AGROCARIBE (Corporación Agroindustrial del Caribe, Guatemala). 2018. Base sobre la sectorización de los bloques en Excel. Izabal, Guatemala.
3. AGROCARIBE (Corporación Agroindustrial del Caribe, Guatemala). 2018. Ubicación geográficas de fincas del cultivo palma aceitera. Izabal, Guatemala.
4. AGROCARIBE (Corporación Agroindustrial del Caribe, Guatemala). 2018. Manual de prácticas de campo. Izabal, Guatemala.
5. Calvache Guerrero, H. 2017. Pestalotiopsis o añublo foliar de la palma (diapositiva). Guatemala, Grepalma. 68 diapositivas, color. Consultado 25 marzo 2018. Disponible en <https://www.grepalma.org/wp-content/uploads/2018/09/D1-C5-Anublo-foliar-o-Pestalotiopsis-de-la-palma-de-aceite-y-su-manejo.pdf>
6. Genty, P; Garzón, A; García, R. 2002. Daños y control del complejo Leptopharsa-Pestalotiopsis en la palma africana. Puerto Winches, Colombia, Centro de Información y Documentación Palmero. 15 p.
7. IARNA-URL (Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad de la Universidad Rafael Landívar). 2018. Ecosistemas de Guatemala basado en el sistema de clasificación de zonas de vida. Guatemala: 53-60.
8. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología). 2018. Normales climáticas por departamento. Izabal, Guatemala. Consultado 25 abril 2018. Disponible en: <http://historico.insivumeh.gob.gt/normas-climaticas/>
9. Ortiz Vega, RA; Fernández Herrera, O. 2,000. El cultivo de la palma aceitera, Características botánicas de la palma aceitera. 1ra ed. Costa Rica, Universidad Estatal a Distancia, San José. 188 p. 13-21.
10. Rivas Cancino, G. 2015. Beneficios de silicio en fresa. Consultado 25 abril 2018. Disponible en: <https://www.hortalizas.com/nutricion-vegetal/beneficios-del-silicio-en-fresas/>



 Rolando Barrios

1.9 ANEXOS



Figura 19A. Lupa adaptable a la cámara del celular para observar plagas y enfermedades del follaje de las plantas.



Figura 20A. Herramienta de corte empleada en el cultivo de palma aceitera.



Fuente: (Rivas Cancino, 2015).

Figura 21A. Función del silicio en el follaje de las plantas para el ataque plagas y enfermedades.

The seal of the University of Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a white background and a green base. On the shield, a figure in a red and white robe is seated on a white horse, holding a staff. Above the shield is a golden crown. The shield is flanked by two golden lions. The entire seal is surrounded by a grey border containing the Latin text "ACADEMIA COACTEMALTENSIS INTER CÆTERAS URBIS CONSPICUA CAROLINA" in a serif font.

CAPÍTULO II
EVALUACIÓN DE CUATRO FUNGICIDAS, UNO BIOLÓGICO Y TRES QUÍMICOS PARA
EL CONTROL DEL AÑUBLO FOLIAR CAUSADO POR EL HONGO *Pestalotiopsis*
palmarum* (Cooke) Steyeart 1949, EN EL CULTIVO DE PALMA ACEITERA (*Elaeis
***guineensis*), EN EL DEPARTAMENTO DE IZABAL, GUATEMALA, C.A.**

2.1 PRESENTACIÓN

El cultivo de palma aceitera es de gran importancia para la economía de Guatemala, ocupa el sexto lugar de los productos exportados del país y genera más de 400,000,000 de dólares al año; el sector palmicultor representa el 1 % del Producto Interno Bruto (PIB) del país, en el área norte del país representa el 15.5 % para el departamento de Petén y el 5.8 % del PIB en el departamento de Izabal. Actualmente la palma aceitera ocupa el 4 % del área total de cultivos sembrados en el país, es decir 150,000 ha, además el sector palmicultor genera 25,000 empleos directos y 125,000 empleos indirectos (CABI, 2016).

El proceso productivo de palma aceitera se enfrenta a una diversidad de plagas y enfermedades que afectan el rendimiento productivo del cultivo, una de ellas es conocida por los Palmicultores como la pestalotiopsis o añublo foliar causada por el hongo *Pestalotiopsis palmarum* (Cooke) Steyaert, 1949. Se encuentra distribuida en las plantaciones de palma aceitera del Centro y Suramérica, que se caracteriza por generar un secamiento en el follaje de la palma aceitera, esta enfermedad se presenta todo el año, siendo más agresiva en la época lluviosa, causando mermas en la producción por reducir el área fotosintética.

Actualmente esta enfermedad ha sido catalogada como una de las más importantes por la merma en la producción de fruta aun no cuantificada en las fincas de AGROCARIBE. Se reportó por primera vez a finales del año 2013 en una de las fincas con la variedad CIRAD, una de las variedades más susceptibles al añublo foliar según el conocimiento local. Actualmente se encuentra distribuida en la mayoría de las fincas de la empresa y en plantaciones de productores aledaños (AGROCARIBE, 2014).

La enfermedad se presenta con mayor severidad en terrenos con exceso de humedad, para ello el control que se ha venido implementando en las plantaciones de AGROCARIBE es la recaba de drenajes, con el fin de disminuir el exceso de humedad, sin embargo, el costo es muy elevado.

Duplicar la dosis anual de potasio en lotes con alta severidad es otra de las practicas que se ha realizado para disminuir la severidad del añublo foliar, el potasio es un elemento nutricional que forma parte de la pared celular de las plantas y genera resistencia al ataque de plagas que generan heridas en el follaje por las cuales el añublo foliar se establece (AGROCARIBE, 2014).

La enfermedad es conformada por un complejo de hongos débiles donde predomina *P. palmarum*, los hongos débiles también conocidos como oportunistas necesitan una puerta de entrada para infectar a su hospedero, esta puede ser una herida provocada por insectos plaga del follaje y natural como las estomas. En la zona norte de Izabal los insectos que se encuentran con mayor frecuencia y abundancia asociados al añublo foliar son *P. perseae* (Heidemann, 1908) insecto chupador que ataca el follaje joven el cual se encuentra en el estrato medio y superior, *Calyptocephala* sp., (Chevrolat, 1837) insecto raspador que ataca el follaje viejo es decir normalmente se encuentra en el estrato bajero del follaje, entre otras plagas defoliadoras como larvas de la orden Lepidóptera (AGROCARIBE, 2014).

La presencia de *P. palmarum* se encuentra distribuida generalmente en el tercio bajo e intermedio del follaje, presentándose con mayor severidad en el tercio bajo por la sombra que generan las hojas y la alta humedad en el suelo, favoreciendo las condiciones para el desarrollo de la enfermedad, normalmente la infección se da en el nivel superior y conforme las hojas se extienden hacia el nivel inferior la enfermedad desarrolla y crece en tamaño, observando mayor área de tejido dañado en el estrato inferior; la infección puede darse en cualquier estrato de las hojas, esto dependerá de los insectos plaga facilitadores, ya que algunas plagas prefieren el tejido foliar joven y otras el tejido viejo el cual se encuentra en las hojas bajas es decir en el estrato inferior.

Entre los síntomas que se pueden observar a nivel foliar son manchas normalmente redondas en la primera fase, de color pardo rojizo, necrosis en la segunda fase de color marrón y manchas de color gris con cuerpos fructíferos del hongo, como un punteado de color negro en el tejido necrosado en la tercera fase (Calvache Guerrero, 2017).

El tejido necrosado por acción del viento y movimiento de las hojas es arrastrado hacia otros sitios causando nuevas infecciones al encontrar puertas de entrada en el follaje nuevo, dejando como resultado mermas en el peso de los frutos y por tanto una baja en la extracción de aceite, ya que la síntesis de alimento disminuye al disminuir el área fotosintética (AGROCARIBE, 2014).

El añublo foliar genera pérdidas en la producción hasta un 40 %, además de incrementa los costos de producción por su control, estudios relacionados con el control de insectos facilitadores del añublo foliar por medio de inyecciones al estipe (tallo), revelan que cada año la dosis se debe incrementar por la resistencia que las plagas adquieren ante los productos químicos empleados, además al realizar heridas en el estipe para inyectar el producto se generan entradas para patógenos que causan la pudrición basal, una enfermedad que ha conllevado a la eliminación de muchas hectáreas de palma aceitera en las plantaciones de Colombia (Genty *et al.* 2002).

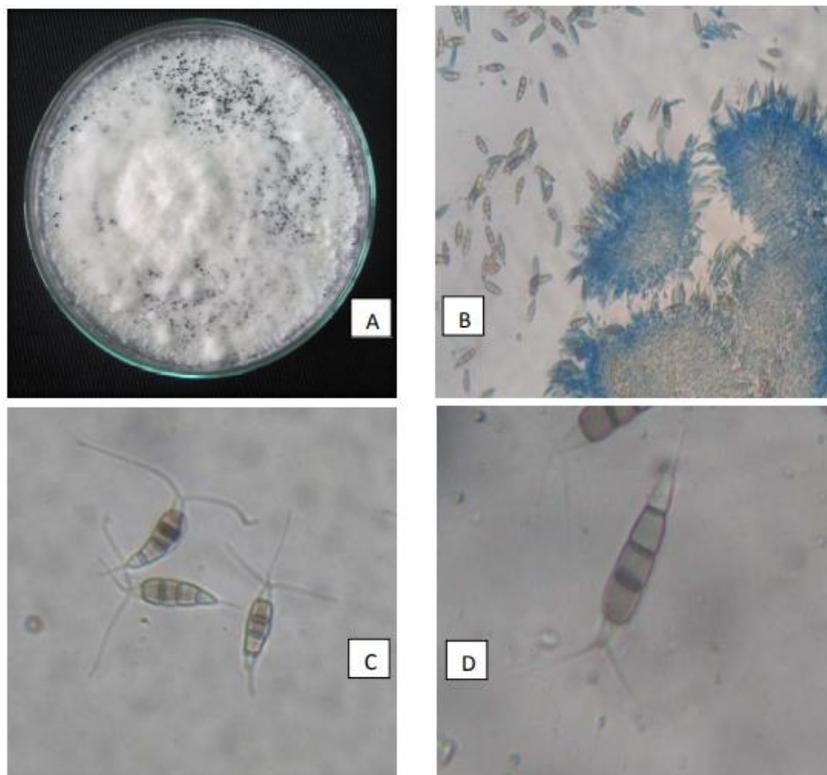
Se busca controlar de manera segura el agente causal del añublo foliar, atacando directamente al agente causal del añublo foliar, realizando aplicaciones a la palera de residuos de hojas y directamente al follaje con fungicidas químicos y biológicos, buscando reducir la severidad de la enfermedad de manera segura donde las palmas y las poblaciones de insectos benéficos no se vean afectados, con el fin de incluir esta metodología de control en un manejo integrado en el presente documento se describen las características principales de *P. palmarum*, las plagas relacionadas con dicha enfermedad y las características de los productos empleados en esta investigación.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Marco conceptual

A. Descripción del añublo foliar

Entre el complejo de hongos asociados responsables de la enfermedad sobresalen por su virulencia: *P. palmarum* (Figura 22) y *Pestalotiopsis glandícola*, pero también se ha encontrado alguna actividad de los hongos patógenos o saprofitos: *Helminthosporium* sp., *Curvularia* sp., *Colletotrichum* sp., *Phyllosticta* sp., *Macrophoma palmarum*, entre otros (Labarca *et al.* 2006).



Fuente: (Selmaoui *et al.* 2014).

Figura 22. Colonias de conidios y acérvulos de *P. palmarum*, aislado de lesiones de hojas de *Washingtonia robusta*. A: apariencia macroscópica del hongo en medio de cultivo; (B, C y D): apariencia microscópica del hongo (Gx400).

En la Figura 22 se muestra la morfología del hongo *P. palmarum* el cual se caracteriza por formar acérvulos globulosos, lenticelares o elipsoides, por lo que emergen los cirros a través de una abertura irregular y amplia, conidióforos anelídicos, conidios fusiformes, generalmente rectas, tienen tres células oscuras centrales y una terminal hialina en cada extremo, de 17-25 x 4.5-7.5 μm , generalmente con tres apéndices apicales y uno basal más corto (Labarca *et al.* 2006).

Es una enfermedad conocida por provocar un secamiento en las hojas de las palmas que afecta la actividad fotosintética, por la lesión causada en el parénquima (Labarca *et al.* 2006), las lesiones se encuentran en abundancia en el tercio del estrato inferior es decir en las hojas bajas, esto se debe al microclima que genera la sombra de las hojas, con humedad y temperatura favorable para el desarrollo de los hongos fitopatógenos que conforman al añublo foliar, sin embargo la infección puede darse en el estrato inferior, medio y superior, esto depende de la preferencia alimenticia de tejidos de los insectos facilitadores de la enfermedad, algunas plagas del follaje prefieren los tejidos jóvenes, el cual se encuentra en el estrato superior y otras los tejidos viejos es decir follaje bajero.

B. Clasificación taxonómica

Los hongos fitopatógenos son microorganismos que necesitan alimentarse de un huésped para sobrevivir causando enfermedades que producen en las plantas una variedad de tipos de síntomas, presentando como síntomas manchas cloróticas y necróticas, cribados, canchales, tizones, pudriciones húmedas o secas, entre otros.

El género *Pestalotiopsis* pertenece a la familia *Pestalotiopsidaceae* de la división *Ascomycota*, se caracteriza por producir ascosporas, las cuales forman parte de los cuerpos fructíferos del hongo, *P. palmarum* es una especie de hongo débil que necesita una puerta de entrada para poder causar una infección en sus hospederos, a continuación, se presenta la clasificación taxonómica según el Centro Nacional para la Información Biotecnológica, NCBI por sus siglas en inglés (NCBI, 2018).

- Reino: Fungi
- División: Ascomycota
- Subfilum: Pezizomycotina
- Clase: Sordariomycetes
- Subclase: Xylariomycetidae
- Orden: Amphisphaeriales
- Familia: Pestalotiopsidaceae
- Género: Pestalotiopsis
- Especie: *Pestalotiopsis palmarum*

C. Sintomatología de la enfermedad del añublo foliar

En los primeros estados del desarrollo de la afección, los síntomas se presentan en el envés de los folíolos, el añublo foliar presenta como síntomas iniciales manchas casi circulares de color oliva al inicio como puede observarse en la Figura 23, rodeadas por un borde amarillo, indefinido y de aspecto aceitoso (Calvache Guerrero, 2017).



Fuente: (Calvache Guerrero, 2017).

Figura 23. Síntoma inicial del añublo foliar y manchas aceitosas.

La lesión luego aumenta en tamaño y se torna de color pardo rojizo, rodea por un borde amarillo, toda el área decolorada se necrosa y se torna de color marrón oscuro, que se aclara en los bordes como puede observarse en la Figura 24 (Calvache Guerrero, 2017).



Fuente: (Calvache Guerrero, 2017).

Figura 24. Lesión provocada por añublo foliar y manchas de color marrón oscuro.

Al final las manchas toman un color gris y al necrosarse los tejidos, se observan puntitos negros correspondientes a los acérvulos del hongo (Figura 25); las manchas se hacen confluentes y gran parte de la lámina foliar se necrosa en más del 95 % (Figura 26), secándose toda la hoja, especialmente las hojas inferiores (Figura 27).



Fuente: (Calvache Guerrero, 2017).

Figura 25. Lesión provocada por añublo foliar y manchas con puntos negros.



Fuente: (Calvache Guerrero, 2017).

Figura 26. Ataque del añublo foliar y secamiento en un 95 % del follaje.



Fuente: (Calvache Guerrero, 2017).

Figura 27. Ataque del añublo foliar en las hojas bajas o inferiores.

D. Condiciones que facilitan la aparición del añublo foliar

a. Nutrición

La nutrición es otro tema que juega un papel muy importante en el manejo del añublo foliar, se han realizado estudios que demuestran que una nutrición rica y balanceada genera resistencia en las plantas de palma aceitera hacia añublo foliar, la aplicación de altas dosis de potasio reducen significativamente la aparición de la enfermedad en las plantas de cocotero e incrementan la producción, una evaluación que se realizó en Colombia con el fin de determinar el nivel óptimo de nutrientes para hacer más resistentes a las plantas definió los siguientes rangos: N/K menor de 2.3; Ca/K menor de 0.55; Ca/Mg menor de 2.3; y (K+Mg)/Ca mayor de 2.3 (Motta *et al.* 2004).

Entre los resultados de esta investigación se determinó que el K tiene una relación inversamente proporcional es decir, una correlación negativa que al aumentar la dosis de potasio la aparición del añublo foliar disminuye y que al aumentar la dosis de Ca foliar la aparición del añublo foliar aumenta dando como resultado una correlación positiva, el calcio sustituye al potasio en altas concentraciones, es decir en suelos ricos en calcio sustituirá al potasio y es probable que no se observe un efecto en la aparición del añublo foliar al aumentar la dosis de potasio (Motta *et al.* 2004).

b. Plagas facilitadoras

El complejo de hongos que conforman al añublo foliar son hongos débiles que necesitan una puerta de entrada generada por plagas insectiles del follaje de la palma, generalmente insectos chupadores y raspadores, en Guatemala los insectos plaga facilitadores más relacionados con *P. palmarum* son (Calvache Guerrero, 2017):

- *P. perseae*.
- *Calyptocephala* sp., Chevrolat (1837).
- *Durrantia* sp., Posarcanela August (1912).
- *Oiketicus kirbyi* Guilding (1827).
- *Sibine fusca* Stoll (1781).
- *Sibine megasomoides* Walker (1976).
- *E. elaeasa* Dyar (1906).
- *S. cecropia* Meyrick.
- *Anteotricha* sp. Zeller (1854) y muchas especies más.

Dependiendo del hábito de los insectos facilitadores la enfermedad se puede iniciar en cualquier sitio del follaje, es decir que el ataque de la enfermedad depende de los insectos plaga del follaje, algunas plagas prefieren el follaje viejo para alimentarse localizándose en el estrato bajo de las hojas, otros prefieren el follaje joven localizándose en el estrato superior y otros insectos se concentran en el estrato intermedio.

En AGROCARIBE los insectos plaga facilitadores que se encuentran con mayor frecuencia son *P. perseae* el cual es un insecto pequeño que pertenece a la familia de Tingidae del orden Hemiptera, el cual es un insecto chupador que deja heridas aceitosas en forma de puntos a lo largo de los folíolos (Figura 28) en el follaje tierno, es decir que las poblaciones de esta plaga se concentran con mayor frecuencia en el estrato superior e intermedio, y *Calyptocephala* sp., el cual es insecto pequeño que pertenece a la familia de Chrysomelidae del orden coleóptera con aparato bucal raspador, dejando a su paso un rayado a lo largo del folíolo (Figura 29) que se encuentra con mayor frecuencia en el estrato bajo e intermedio (AGROCARIBE, 2014).



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 28. Adulto de *P. perseae* y heridas causadas al alimentarse facilitando la entrada de *P. palmarum* causante de la enfermedad del añublo foliar.



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 29. Daño causado por adulto de *Calyptocephala* sp., el cual propicia el desarrollo del patógeno responsable del añublo foliar.

Es posible encontrar relación entre larvas de lepidóptera con añublo foliar (Figura 30), esta enfermedad como se mencionó anteriormente está compuesta por hongos oportunistas que necesitan una puerta de entrada en el follaje, que puede ser generada por cualquier plaga del follaje, incluso por daño ocasionado por el roce entre las hojas por el viento y cuando la plantación es joven las carretas de cosecha rozan en las hojas y las dañan.



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 30. Daño causado por *S. cecropia* que facilita el desarrollo del patógeno responsable del añublo foliar.

E. Daños

El daño se observa a nivel foliar y las pérdidas en la producción expresado en toneladas por hectárea por año, la importancia que esta enfermedad toma se debe a la disminución del área fotosintética, pues los hongos fitopatógenos al penetrar el tejido de los folíolos liberan toxinas que degradan los tejidos del follaje causando la muerte de la clorofila, el cual es un pigmento verde encargado de la captura de energía lumínica para transformarla en energía química, la cual la utiliza la planta para fabricar su propio alimento para la formación de frutos, la palma aceitera es muy sensible al estrés que la planta sufra y aborta los frutos que están por formarse para mantenerse, a la muerte de la clorofila se le denomina clorosis y se denota por un amarillamiento en las hojas (Genty *et al.* 2002).

El daño en el área fotosintética deja como resultado bajas en el peso de los frutos y número de racimos por palma, pues las palmas al sentirse estresadas producen más flores masculinas que femeninas, es decir producen más polen que racimos, por tanto, la cantidad de racimos por palma disminuye, causando mermas en la producción. Cuando el ataque del añublo foliar es fuerte puede llegar a disminuir los rendimientos en producción de fruta en cantidades superiores al 36 % y pérdidas del follaje comprendidas entre el 19 % y 66 %, esta enfermedad puede llegar a necrosar en un 95 % el tejido foliar de una hoja afectada (Genty *et al.* 2002).

F. Manejo integrado del añublo foliar

a. Manejo de plagas del follaje

En Colombia el problema del añublo foliar ha causado grandes pérdidas en la producción de aceite, por tal necesidad se han realizado diversos estudios e investigaciones con el fin de identificar los hongos causantes de esta enfermedad y medidas de control de los insectos plaga facilitadores.

En las plantaciones colombianas de palma aceitera la enfermedad se encuentra íntimamente asociada con insectos, considerándose como el más importante *Leptopharsa gibbicularina* F., insecto de la familia Tingidae que actúa presumiblemente como agente de inoculación y diseminación de la enfermedad por las heridas que causan con sus picaduras de ninfas y adultos en el envés de las hojas (Barrios Trilleras y Bustillo Pardey, 2014).

Un estudio publicado por el centro de investigación Cenipalma demuestra que la aplicación de hongos entomopatógenos puede ser incluida en el manejo integrado del principal facilitador del añublo foliar en las plantaciones de palma aceitera en Colombia, siendo *Purpureocillium lilacinum* el que mejores resultados demostró, controlando en un 80 % la población de *L. gibbicularina*; para mejorar este control debe ser acompañado con un manejo de poda, con el objetivo de eliminar las hojas dañadas por el añublo foliar, pues sirven como fuente de inóculo para las hojas nuevas.

En otras plantaciones de palma aceitera el control de los facilitadores se ha realizado con productos químicos que son inyectados al estipe o por medio de absorción radicular, a consecuencia de las inyecciones en el estipe, las apariciones de pudriciones basales han incrementado en las plantaciones de palma, por la herida causada en el estipe al momento de realizar las inyecciones de productos químicos, además los insectos plaga facilitadores de la enfermedad han desarrollado resistencia contra los productos utilizados, obligando a los Palmicultores al incremento de la dosis de los productos o acudiendo al cambio de productos más fuertes (Barrios Trilleras y Bustillo Pardey, 2014).

b. Enemigos naturales de las plagas facilitadoras del añublo foliar

Como todo insecto, los facilitadores del añublo foliar poseen enemigos naturales, para el control de chinche de encaje se realizó un estudio con hormigas del género *Crematogaster*, demostrando que existe una correlación negativa, es decir que, al aumentar las colonias de hormigas, las poblaciones de la chinche de encaje disminuyen, llegando a lograr un control hasta del 95 % al introducir colonias en los lotes con presencia de la plaga facilitadora (Aldana *et al.* 1998).

Para lograr que las poblaciones de hormigas se mantengan e incrementen naturalmente se deben preservar las plantas hospederas donde estas nidifican, además se pueden sembrar jardines de plantas hospederas dentro del cultivo de palma aceitera para incrementar el número de colonias de hormigas, entre las plantas hospederas de hormigas se pueden citar *Cassia reticulata* y *Urena trilobata*, que proporcionan alimento a insectos chupadores de los cuales las hormigas obtienen azúcares necesarios para alimentar a sus larvas.

Las hormigas del género *Crematogaster* se encuentran asociados con algunos homópteros que se alimentan de las hojas bajas de las palmas, secretando azúcares en el cuerpo de los cuales las hormigas se alimentan, estos homópteros pueden ser una plaga para la palma aceitera, sin embargo, no presentan una amenaza por mantenerse en las hojas bajas, las cuales están próximas a ser cortadas en la cosecha de frutos y se considera que el daño no es significativo (Aldana *et al.* 1998).

c. Control del añublo foliar con fungicida botánico natural

Un estudio realizado recientemente realizado por Piratique Guevara y Roa Roa (2017) afirman que la utilización de un fungicida botánico natural a base de *Melaleuca alternifolia* producto comercial Timorex, puede ser una alternativa de control sobre la enfermedad del añublo foliar, además en dicha evaluación se incluyó un producto a base de *Bacillus subtilis*, cuyos resultados demostraron que las aplicaciones aéreas con motobomba de Timorex, reducen el crecimiento de las manchas del añublo con respecto al testigo y a *B. subtilis*.

Sin embargo, no se logra un control del 100 % ya que solo retrasa el crecimiento, lo cual es favorable ya que con las aplicaciones de este producto se reduce el daño provocado en el follaje, al reducir el crecimiento de las pústulas en el follaje; en los resultados obtenidos las manchas marcadas en el tratamiento de Timorex al final de la evaluación presentaron un halo clorótico al igual que los demás tratamientos pero con una tasa de crecimiento baja en comparación a los demás tratamientos, además se determinó que las aplicaciones de *B. subtilis* no representan diferencias significativas con respecto al testigo (Piratique Guevara y Roa Roa, 2017).

d. Control del añublo foliar con *Trichoderma* sp.

Un estudio realizado por Cenipalma y Palmaceites S.A. en Colombia, determino que la aplicación de *Trichoderma* sp., a una razón de $3.5 \times 10^{13} \pm 1$ conidios/gr cada 20 días redujo significativamente la aparición del añublo foliar (Figura 31) después de seis meses, observando el crecimiento del hongo antagonista en los restos que se acumulan en las paleras y en materia orgánica, ya que este hongo puede ser antagonista y así mismo saprofito (Rodríguez Escobar y Martínez Caviedes, 2016).



Fuente: Rodríguez Escobar y Martínez Caviedes, 2016.

Figura 31. Control de añublo foliar con *Trichoderma* sp., antes de iniciar el manejo, seis meses después y dos años después del manejo.

e. Evaluación antagónica de cepas nativas de *Trichoderma* sp., para el biocontrol de *Phytophthora palmivora*.

La enfermedad de pudrición de cogollo (PC) es considerada la más importante en las plantaciones de palma aceitera en Colombia, ya que más de 120,000 ha., han sido afectadas por *P. palmivora*, un hongo fitopatógeno habitante del suelo (Sarria *et al.* 2017).

Cenipalma realizó un estudio sobre la capacidad antagónica de una sepa de *Trichoderma* sp., a una concentración de $1 \cdot 10^{13}$ esporas/ha., demostrando los primeros resultados dos meses después de la primera aplicación, en dicha evaluación las cepas nativas demostraron diferencias significativas ante el testigo y un producto comercial a base de *Trichoderma* (Sarria *et al.* 2017).

f. Control del añublo foliar con productos químicos

Un estudio realizado con diferentes fungicidas para el control del añublo foliar en Colombia, dejó en claro su baja eficiencia y altos costos de los tratamientos; razón por la cual, el control de este complejo de hongos se ha orientado a combatir los principales insectos inductores, máximo que los hongos solo logran penetrar en los tejidos foliares a través de las heridas provocadas por dichos insectos plaga. Con los fungicidas Mancozeb, Captafol, Captan, Propinab, Thiabendazole y Benomil se hicieron varios ensayos con resultados mediocres (Argemiro Reyes, 2012).

Por su parte, los estudios y observaciones hechas sobre los agentes naturales de control de insectos inductores permitieron demostrar que estos no son lo suficientemente efectivos para mantener reguladas las poblaciones lo cual, indujo a que durante años los esfuerzos se encaminaran al uso de insecticidas, por vía aérea o terrestre, lamentablemente poco selectivos, causando daños a la fauna benéfica (Argemiro Reyes, 2012).

g. Control de insectos facilitadores en Colombia del añublo foliar

Industrialmente se ha utilizado para el control de *L. gibbicularina*, Tricorfón 1.2 kg de i.a./ha., Phosphamidon 0.6 kg de i.a./ha., Clorfenamidina 0.7 kg de i.a./ha., y Propoxur 250 gr de i.a./ha., por vía aérea o terrestre. Este último ejerce buen control, pero por los graves daños que causa a la fauna benéfica, está vetado su uso. El control con insecticidas requiere dos tratamientos a intervalos de 15 a 26 días, con el fin de controlar los especímenes provenientes de las últimas oviposiciones de *L. gibbicularina* hechas antes del primer tratamiento (Argemiro Reyes, 2012).

En las plantaciones de palma aceitera de Colombia, se han evaluado varias técnicas para el control de insectos facilitadores del añublo foliar, especialmente para controlar las poblaciones de *L. gibbicularina*, una de ellas es el control de poblaciones con insecticidas por medio de inyecciones en el estipe, este es un método muy eficiente para el control de *L. gibbicularina* y otros insectos plaga del follaje de palma adulta, con ventaja de que es inocuo a los insectos benéficos (Argemiro Reyes, 2012).

Los mejores resultados han sido obtenidos con productos sistémicos tales como Monocrotophos (4.8 gr a 8.4 gr de i.a./árbol) y Dicrotophos (6.5 gr a 7.8 gr de i.a./árbol) con controles del 100 % y Acephato (7.0 gr de i.a./árbol) con control del 85 % a 95 % en palma mayor de 11 años y un solo sitio de perforación; en palma menor a esta edad ocurren problemas de distribución de los insecticidas, acudiendo a la doble perforación y mayor frecuencia de tratamientos, pues en estas la frecuencia es de cada 10 a 15 meses y en palma de mayor edad cada 18 a 28 meses (Argemiro Reyes, 2012).

En palmas menores de 6 años el control es deficiente aun con tres perforaciones, la técnica de inyección consiste en realizar una perforación sobre la base del estipe a 1 m, de inclinación de 45 ° con taladro preferencialmente con broca de media pulgada, con la ayuda de una jeringa se inyecta el producto en la perforación. Para impedir la penetración de agua, que después del cuarto día no se absorbe o de patógenos se taponan las perforaciones con una mezcla de 1:1, de arena y cemento. Con el uso de la técnica de inyección en plantación adulta se obtiene recuperación total del follaje entre los 12 y 18 meses y se logra mantener sano si se establece un plan adecuado de tratamiento (Argemiro Reyes, 2012).

La introducción y uso de la técnica de inyección permitió la mejora en los controles y una fuerte reducción en el total de hectáreas aplicadas anualmente por vía aérea. No obstante, con la técnica de inyección, no existe un control del 100 % en todas las hojas del follaje en palma joven y por el daño causado en el estipe por las perforaciones, el uso se vio limitado. En cambio, la técnica de absorción radicular de productos sistémicos dio solución a los problemas de distribución de insecticidas en el follaje, obteniéndose controles del ciento por ciento de *Leptopharsa* en todas las edades del cultivo.

Cabe mencionar que con esta técnica se han controlado al 100 % los defoliadores de *S. cecropia*, *Euclea diversa*, *O. cassina*, *Mesocia pusilla* y en un 75 % a 85 % *E. elaeasa* en Colombia (Argemiro Reyes, 2012).

2.2.2 Marco referencial

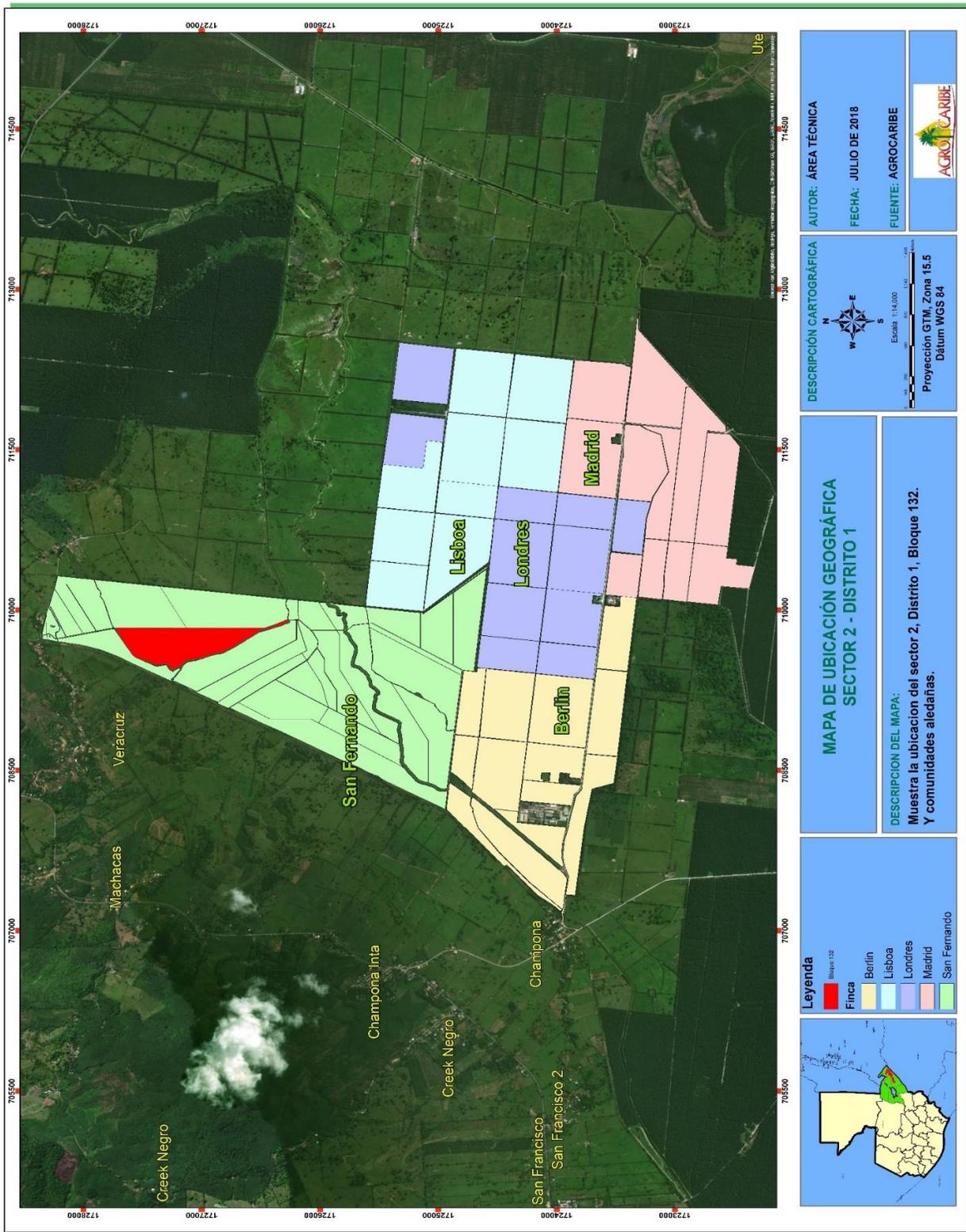
A. Ubicación geográfica de la finca San Fernando

La finca San Fernando de la empresa AGROCARIBE S.A. se encuentra ubicada cerca de la aldea Champona al suroeste y al noreste de la aldea Entre Ríos, del municipio de Puerto Barrios, en el departamento de Izabal, en la Figura 29 se muestra la ubicación de la finca San Fernando, en el sector 2 del distrito 1 de AGROCARIBE, el bloque de color rojo hace referencia al bloque 132 donde se realizó el experimento, con las coordenadas 15°35'50.78"N, 88°32'50.78"O (GOOGLE EARTH, 2018).

El bloque cuenta con 29.5 ha brutas y 29.3 ha netas, actualmente cuenta con 4,691 palmas del material Compacta x Nigeria, la densidad de siembra es de 160 palmas/ha., el material fue sembrado en campo en el año 2012 en el mes de julio, es decir la plantación cuenta con 6 años de edad, el uso anterior del suelo en la finca es ganadería (AGROCARIBE, 2018).

El lote se encuentra pegado a un canal que drena varias fincas de la empresa conocido como río Chacho, en invierno este se crece e inunda algunos lotes de la finca San Fernando, pero según el administrador de finca este lote es uno de los más altos y no es afectado por las inundaciones (AGROCARIBE, 2018).

El lugar tiene tres rutas de acceso principales, la primera es por la garita de la extractora del Atlántico donde se realiza el proceso de extracción de aceite, la segunda es por la garita de seguridad de la finca Placa I, Entre ríos y la tercera por la garita de seguridad de la aldea Veracruz (Figura 32) (AGROCARIBE, 2018).



Fuente: Departamento de SIG AGROCARIBE S.A.

Figura 32. Ubicación geográfica de las fincas del sector 2, distrito 1 y aldeas aledañas, el bloque de color rojo representa el bloque 132 de la finca San Fernando; escala 1:14,000.

B. Características climáticas y edáficas de la finca San Fernando

En el bloque 132 de la finca San Fernando donde se realizó el ensayo, la precipitación pluvial va de 2,400 mm/año a 3,200 mm/año, con una humedad relativa que varía de 60 % a 75 % y la temperatura máxima registrada desde el año 2008 a al año 2018 es de 32 ° C y la mínima de 21 ° C. Los suelos son francos arcillosos, aluviales, estos suelos se caracterizan por poseer profundidades de 0.80 m a 1.50 m y la topografía del lugar es plana (AGROCARIBE, 2018).

C. Material vegetal sembrado (CompactaxNigeria)

Esta variedad proviene del cruzamiento de palmas madres compactas (duras), originadas del retrocruzamiento sucesivo de un híbrido natural *E. oleifera* x *E. guineensis* de características excepcionales hacia líneas *E. guineensis*, con líneas paternas (pisífera), originarias de materiales introducidos de la estación experimental de Kade, Ghana, las cuales fueron desarrolladas por NIFOR de Nigeria (TerraSol, 2018).

Las palmas de esta variedad se caracterizan por tener hojas y tronco considerablemente más cortos que las variedades *E. guineensis*, por lo que se puede sembrar a una densidad de 170 palmas por hectárea. Otra característica distintiva de estas palmas es que producen tanto racimos virescens como nigrescens. Tiene tolerancia moderada en cuanto a baja luminosidad y frío, tolerancia moderada a alta en cuanto a sequía, el largo de la hoja mide de 6.60 m a 6.90 m, es de fruto pequeño (<13 kg), la pepa pesa de 9 gr a 11 gr, un 28 % de aceite en el racimo lo cual es excelente (TerraSol, 2018).

D. Conocimiento local

El añublo foliar es una enfermedad del follaje que causa un secamiento afectado la producción en altas infestaciones, en la época seca se puede observar una disminución en el ataque de la enfermedad, entre las alternativas de control se encuentra la recaba de drenajes que ha demostrado buenos resultados en la zona, ya que con esta labor se disminuye la humedad en los lotes comerciales y las condiciones óptimas para el desarrollo de la enfermedad se obstruyen al bajar la humedad en el suelo, además al aumentar la dosis de potasio anual, las palmas son más tolerantes a la enfermedad (AGROCARIBE, 2014).

E. Descripción de equipo motorizado

Es utilizada para realizar aplicaciones de agroquímicos y productos biológicos para el control de malezas, plagas y enfermedades, posee un pistón de doble anillo, que proporciona un mejor sellado, lo que se traduce en un mejor rendimiento y mayor potencia, libre de aceite y de grasa, cilindro cromado, fabricado en aluminio con impregnación de cromo otorgando así una mayor durabilidad y el más alto rendimiento, reduciendo emisiones. sistema hidráulico de agitación, regulador de presión ajustable dependiendo del tipo de producto a aplicar, alcanza una alta presión hasta 525 psi con flujo de 7.2 l/min. (Figura 33) (IDH S.A., MARUYAMA, Guatemala, 2020).



Fuente: IDH S.A., MARUYAMA, 2020.

Figura 33. Bomba motorizada para aplicaciones terrestres.

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 General

Evaluar cuatro fungicidas, uno biológico y tres químicos aplicados en 13 tratamientos incluyendo testigo, dirigidos al follaje y palera de restos de cosecha para el control de *P. palmarum* agente causal del añublo foliar, en el cultivo de palma aceitera *E. guineensis* en el municipio de Puerto Barrios, Izabal, Guatemala.

2.3.2 Específicos

1. Determinar la efectividad del fungida dietilditiocarbamato con nombre comercial MANCOZEB 80 WP de la familia ditiocarbamatos, aplicado al follaje, palera y follaje + palera para el control del añublo foliar.
2. Determinar la efectividad del fungida ciproconazole con nombre comercial HALT 10 SL de la familia triazol, aplicado al follaje, palera y follaje + palera para el control del añublo foliar.
3. Determinar la efectividad del fungida procloraz con nombre comercial ALFAN 45 EC de la familia imidazole, aplicado al follaje, palera y follaje + palera para el control del añublo.
4. Determinar la efectividad del producto biológico a base de un hongo antagonista *T. harzianum* y una bacteria *B. subtilis* con nombre comercial TRI-HB 2 WP, aplicado al follaje, palera y follaje + palera para el control del añublo foliar.

2.4 HIPÓTESIS

Las aplicaciones de *T. harzianum* y *B. subtilis* producirán un efecto significativo en la disminución de la severidad de *P. palmarum*, agente causal de la enfermedad del añublo foliar en las hojas nuevas del cultivo de palma aceitera (*E. guineensis*).

2.5 METODOLOGÍA

2.5.1 Caracterización del añublo foliar

A. Síntomas visuales

Se realizó un reconocimiento de los síntomas visuales de la enfermedad del añublo foliar en campo, comparando los síntomas con los descritos por Calvache Guerrero (2017). Para la identificación de la enfermedad se buscaron lotes con presencia de la enfermedad y se localizaron hojas con presencia de la enfermedad, tratando de identificar los síntomas visuales iniciales y finales, verificando así mismo como se manifiesta la enfermedad en los diferentes estratos del follaje.

B. Condiciones que favorecen el desarrollo del añublo foliar

Se realizaron recorridos en distintos lotes con presencia de la enfermedad, observado e identificando los principales factores que favorecen el establecimiento y desarrollo de la enfermedad del añublo foliar, tomando en cuenta la edad de las plantas, material de siembra, condiciones de suelo y tipo de suelo.

2.5.2 Características de productos utilizados en esta investigación

Uno de los productos químicos que se evaluó fue MANCOZEB el cual es un fungicida de amplio espectro y es utilizado por la empresa AGROCARIBE de manera curativa y preventiva al ataque de patógenos fúngicos que causan la pudrición de cogollo, este producto fue evaluado con la finalidad de validar si las aplicaciones de este producto al follaje contrarrestan el ataque del añublo foliar.

Los fungicidas HALT y ALFAN son productos utilizados en el cultivo hule en la zona de Izabal para controlar una enfermedad del follaje causada por *Microcyclus ulei*, por tal razón se tomó la decisión de evaluar estos productos en el cultivo de palma aceitera para conocer si existe control sobre el daño provocado por el añublo foliar.

Además, se evaluó un producto biológico a base de *Trichoderma harzianum* el cual es un hongo antagonista y parasito de muchos hongos en mezcla con *Bacillus subtilis* una bacteria enemiga natural de muchos hongos y bacterias, *Trichoderma* ha sido utilizado para controlar al añublo foliar en Colombia, demostrando resultados satisfactorios en un estudio reciente realizado por Cenipalma en el año 2016 después de 6 meses de las primeras aplicaciones; además de tener acción antagonista puede actuar como saprofito, una ventaja que permite el establecimiento rápido de este agente benéfico dentro de los lotes de palma, logrando reducir la severidad del añublo foliar y manteniendo el daño del agente patógeno en un nivel donde la producción de fruta no ha sido afectada.

A continuación, se detallan las características de cada producto utilizado en esta evaluación para conocer el efecto de cada producto sobre la severidad y daño causado por *P. palmarum* agente causante del añublo foliar, características de los productos MACOZEB 80 WP en el Cuadro 3, HALT 10 SL en el Cuadro 4, ALFAN 45 EC en el Cuadro 5 y TRI-HB 2 WP en el Cuadro 6.

Cuadro 3. Características de MANCOCEB 80 WP.

NOMBRE	MANCOCEB.
FORMULACIÓN	Polvo mojable (WP).
CLASE Y TIPO	Fungicida.
FABRICANTE Y PAIS DE ORIGEN	Duwest.
INGREDIENTE ACTIVO	Dietilditiocarbamato.
NOMBRE COMÚN	Mancozeb.
NOMBRE QUIMICO (IUPAC)	Complejo del ión Zn ⁺⁺ con 1,2-etilenbis(ditiocarbamato) de manganeso o etilenbisditiocarbamato de zinc y manganeso.
FAMILIA QUIMICA	Ditiocarbamatos.
FORMULA QUIMICA	C ₁₀ H ₁₁ CIN ₄ .
MECANISMO DE ACCIÓN	Actúa en la producción de energía al reaccionar con los grupos SH de proteínas, principales enzimas, dentro de la célula, ocurriendo una acción multisitio, formando una capa protectora sobre el follaje, que inhibe la germinación de esporas, deteniendo el crecimiento de tubo germinativo y formación de apresorios.
MODO DE ACCIÓN	Contacto.
FITOTOXICIDAD	Categoría IV, toxico, etiqueta verde.
ASPECTO	Polvo blanquecino.
COMPOSICIÓN	800 gr de i.a./kg de producto comercial.
DOSIS UTILIZADA	2 kg/ha.

Fuente: elaboración propia datos tomados de ficha técnica, Duwest, 2018.

Cuadro 4. Características de HALT 10 SL.

NOMBRE	HALT.
FORMULACIÓN	Concentrado soluble (SL).
CLASE Y TIPO	Fungicida.
FABRICANTE Y PAIS DE ORIGEN	Foragro, Guatemala.
INGREDIENTE ACTIVO	Ciproconazole.
NOMBRE COMÚN	Ciproconazole.
NOMBRE QUIMICO (IUPAC)	2-(4-Chlorophenyl)-3-cyclopropyl-1-(1H-1,2,4-triazol-1-yl)-2-butanol.
FAMILIA QUIMICA	Triazol.
FORMULA QUIMICA	C ₁₅ H ₁₈ ClN ₃ O.
MECANISMO DE ACCIÓN	Fungicida sistémico que posee una serie de propiedades únicas. El ciproconazole impide la biosíntesis de ergosterol, componente de la membrana celular de numerosos hongos, excepto Peronosporales. Como consecuencia tiene la acumulación de lanosterol con un incremento de la permeabilidad de la membrana citoplásmica con graves consecuencias en el intercambio osmótico y alteración de la nutrición celular, impidiendo la biosíntesis de quitina evitando el desarrollo de hifas y haustorios. Acción sistémica permitiendo un excelente control preventivo y curativo, sobre una amplia gama de hongos patógenos de las órdenes Ascomicetos, Basidiomicetos y Deuteromicetos.
MODO DE ACCIÓN	Sistémico.
FITOTOXICIDAD	Categoría IV, ligeramente toxico, etiqueta verde.
ASPECTO	Líquido, solubilidad 360 gr/l a 25 °C.
COMPOSICIÓN	100 gr de i.a./l.
DOSIS UTILIZADA	1.5 l/ha.

Fuente: elaboración propia datos tomados de ficha técnica, Foragro, 2018.

Cuadro 5. Características de ALFAN 45 EC.

NOMBRE	ALFAN.
FORMULACIÓN	Concentrado emulsionable (EC).
CLASE Y TIPO	Fungicida.
FABRICANTE Y PAIS DE ORIGEN	Foragro, Guatemala.
INGREDIENTE ACTIVO	Procloraz.
NOMBRE COMÚN	Procloraz.
NOMBRE QUIMICO (IUPAC)	N-propil-N-[2-(2,4,6-triclorofenoxi)etil]imidazol-1-carboxamida.
FAMILIA QUIMICA	Imidazol.
FORMULA QUIMICA	C ₁₅ H ₁₆ Cl ₃ N ₃ O ₃ .
MECANISMO DE ACCIÓN	Fungicida protector y curativo de contacto con cierto movimiento translaminar que actúa impidiendo la síntesis del ergosterol, componente esencial de la membrana celular, bloqueando la desmetilación en posición C14. Particularmente adecuado para controlar Ascomicetos y Deuteromicetes, no se degrada después de 30 d (pH 5 a 7 °C a 22 °C).
MODO DE ACCIÓN	Contacto y translaminar.
FITOTOXICIDAD	Categoría II, altamente toxico, etiqueta amarilla.
ASPECTO	Líquido.
COMPOSICIÓN	450 gr de i.a./l.
DOSIS UTILIZADA	1.5 l/ha.

Fuente: elaboración propia datos tomados de ficha técnica, Foragro, 2018.

Cuadro 6. Características de TRI-HB 2WP.

NOMBRE	TRI-HB.
FORMULACIÓN	Polvo mojable (WP).
CLASE Y TIPO	Fungicida y bactericida microbiológico.
FABRICANTE Y PAIS DE ORIGEN	AGROINDUSTRIAS SUCCESSO, S.A., Guatemala.
NOMBRE COMÚN	TRI-HB.
INGREDIENTE ACTIVO	<i>T. harzianum</i> , <i>B. subtilis</i> .
INGREDIENTE INERTE	Maltodextrina.
COMPOSICIÓN	<i>T. harzianum</i> (1x10 ⁹ conidios/kg), <i>B. subtilis</i> (1x10 ¹⁰ UFC/kg).
MECANISMO DE ACCIÓN	Trichoderma tiene acción antagonista parasitando otros hongos, además secreta encimas que ayudan a disolver la pared celular de las hifas del huésped, facilitando la inserción de estructuras, absorbiendo nutrientes del hongo o bacteria huésped. <i>B. subtilis</i> es una enemiga natural de muchos hongos y bacterias, además actúa como bioestimulante del crecimiento radicular, promoviendo el desarrollo más fuerte y sano debido a la secreción de fitohormonas.
MODO DE ACCIÓN	Contacto.
FITOTOXICIDAD	Categoría IV, ligeramente toxico, etiqueta verde.
ASPECTO	Polvo blanco.
COMPOSICIÓN	20 gr i.a./kg.
DOSIS UTILIZAD	2 kg/ha.
PRECAUCIONES DE MEZCLA	Recipiente limpio, agua sin cloro, pH entre 5.5 y 7.5, dureza no mayor a 200 ppm. Dilución de 1 kg/400 l de agua.

Fuente: elaboración propia datos tomados de ficha técnica, SUCCESSO, 2018.

2.5.3 Tratamientos

Los tratamientos que se presentan a continuación, se basan en los productos mencionados anteriormente, los cuales son fungicidas químicos y biológicos, con el fin de evaluar el efecto control sobre las pústulas de *P. palmarum*, por medio de aplicaciones a la palera donde se acumulan los restos de hojas cortadas en la cosecha o poda y aplicaciones al follaje con motobomba, se evaluaron tres sitios de aplicación en el cultivo, los cuales se dirigieron al follaje, palera y realizando aplicaciones a la palera y al follaje en las mismas parcelas experimentales.

En el Cuadro 7 se muestran los tratamientos, producto, dosis y volumen de solución aplicadas en cada tratamiento.

Cuadro 7. Tratamientos utilizados para controlar el añublo foliar, con dosis de producto por palma, solución y volumen de solución por palma.

Tratamiento	Producto	Ingrediente activo	Sitio de aplicación	Frecuencia de aplicación	Ciclos	Dosis comercial/Ha (Kg o l)	Dosis/palma y/o palera (gr o cc)	Solución g/l o cc/l	Volumen de solución (l)/palma y/o palera
1	TRI-HB 2WP	T. harzianum + B. subtilis	Palera	15 días	3	0.50	3.1	6.3	0.5
2	TRI-HB 2WP	T. harzianum + B. subtilis	Follaje	15 días	3	1.50	9.4	3.8	2.5
3	TRI-HB 2WP	T. harzianum + B. subtilis	Palera + Follaje	15 días	3	2.00	3.1 + 9.4	6.3 + 3.8	3.0
4	Mancozeb 80 WP	Mancozeb	Palera	15 días	3	0.67	4.2	8.4	0.5
5	Mancozeb 80 WP	Mancozeb	Follaje	15 días	3	2.00	12.5	5.0	2.5
6	Mancozeb 80 WP	Mancozeb	Palera + Follaje	15 días	3	2.67	4.2 + 12.5	8.4 + 5.0	3
7	Alfan 45 EC	Procloraz	Palera	15 días	3	0.13	0.8	1.6	0.5
8	Alfan 45 EC	Procloraz	Follaje	15 días	3	0.40	2.5	1.0	2.5
9	Alfan 45 EC	Procloraz	Palera + Follaje	15 días	3	0.53	0.8 + 2.5	1.6 + 1.0	3
10	Halt 10 SL	Ciproconazole	Palera	15 días	3	0.13	0.8	1.6	0.5
11	Halt 10 SL	Ciproconazole	Follaje	15 días	3	0.40	2.5	1.0	2.5
12	Halt 10 SL	Ciproconazole	Palera + Follaje	15 días	3	0.53	0.8 + 2.5	1.6 + 1.0	3
13	Testigo absoluto	----	----	----	----	----	----	----	----

Fuente: elaboración propia, 2018.

Las dosis aplicadas al follaje están basadas en las dosis recomendadas por la casa comercial de cada producto como se describe en el Cuadro 7, la finalidad de haber realizado aplicaciones en la palera fue con el fin de controlar el añublo foliar que se encuentra en los restos de hojas en descomposición las cuales son la principal fuente de inóculo de *P. palmarum* ya que puede sobrevivir como saprofito en la materia en descomposición o bien en estado de latencia liberando esporas al ambiente cuando las condiciones son favorables para atacar el nuevo follaje.

Para las aplicaciones a la palera la dosis se redujo a 1/3 de la dosis comercial aplicada al follaje, en base a que el volumen de hojas en descomposición en la palera es menor que el volumen en masa foliar en las palmas, se ajustaron los volúmenes de aplicación realizando aplicaciones previas con agua dirigidas al follaje y palera, se determinó que con 0.5 l de agua se cubre el área de la palera y que con 2.5 l de agua se logra una cobertura total del follaje para una palma con 40 hojas en promedio de 6 años de edad.

Las dosis que se presentan en el Cuadro 7 son las que se definieron para cada aplicación, se realizaron 3 aplicaciones cada 15 días, en los tratamientos donde se realizaron aplicaciones en la palera y follaje en las mismas parcelas experimentales las aplicaciones para cada sitio de aplicación se realizaron por separado, ya que las dosis varían en cuanto a la mezcla con agua.

2.5.4 Determinación del área de establecimiento del experimento

En esta fase se buscó los lotes más afectados en la base de datos que se maneja en la empresa sobre el censo que se realiza de la severidad del añublo foliar, se toma una palma por cada hectárea, las palmas están identificadas y se les denomina unidades de muestro foliar, el censo se realiza en intervalos de 25 a 60 días en cada lote, la evaluación consiste en una cuantificación visual del daño en el follaje causado por el añublo foliar en un rango de 0 a 5, tomando como referencia la ausencia de la enfermedad en el rango 0, un daño al follaje de 1 % a 20 % en el rango 1, cada rango incrementa en un 20 % de daño hasta llegar al rango 5 el cual se encuentra entre 81 % a 100 % de daño (Cuadro 8).

Cuadro 8. Severidad de *P. palmarum* evaluada en un rango de 0 a 5, por lote en la finca San Fernando, siembra año 2012, variedad Compacta x Nigeria.

Distrito	Sector	Finca	Bloque	Promedio de SEVERIDAD HOJA 9	Promedio de SEVERIDAD HOJA 17	Promedio de SEVERIDAD HOJA 25	Promedio de SEVERIDAD HOJA 33
1	2	San Fernando	111	0.07	0.89	1.23	1.84
1	2	San Fernando	112	0.08	0.86	1.26	2.03
1	2	San Fernando	113	0.04	0.79	1.31	1.85
1	2	San Fernando	114	0.13	0.93	1.43	2.04
1	2	San Fernando	115	0.04	0.68	1.20	1.78
1	2	San Fernando	116	0.03	0.74	1.10	1.58
1	2	San Fernando	117	0.05	0.86	1.18	1.76
1	2	San Fernando	118	0.04	0.74	1.09	1.74
1	2	San Fernando	119	0.07	0.93	1.22	1.88
1	2	San Fernando	129	0.03	0.80	1.17	1.72
1	2	San Fernando	130	0.07	0.75	1.16	1.66
1	2	San Fernando	131	0.00	0.38	1.03	1.26
1	2	San Fernando	132	0.04	0.47	1.09	1.42
1	2	San Fernando	133	0.00	0.56	1.08	1.40
1	2	San Fernando	134	0.00	0.38	1.05	1.26
1	2	San Fernando	135	0.00	0.38	1.06	1.31

Fuente: elaboración propia, AGROCARIBE, 2018.

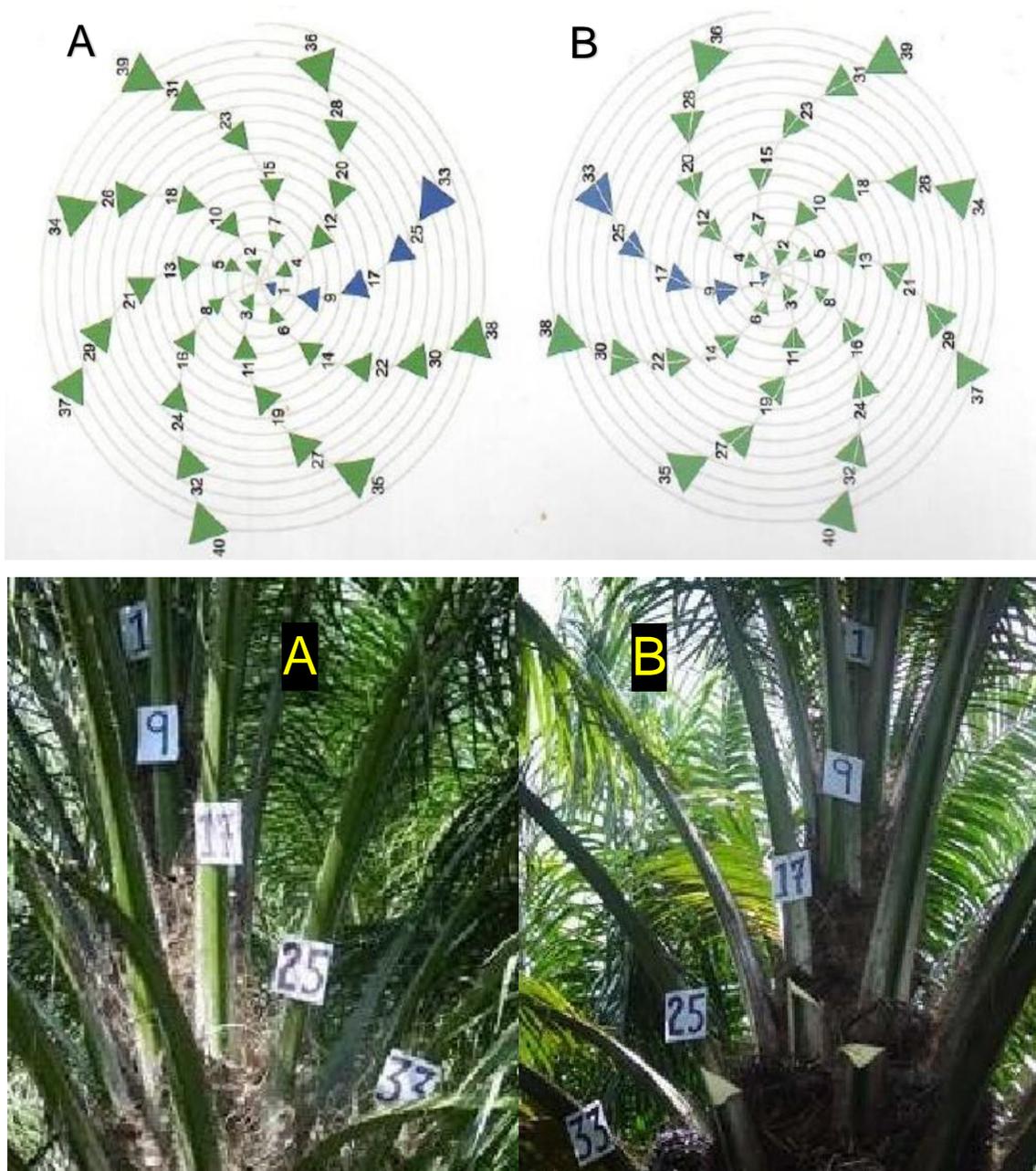
El objetivo de verificar los datos del censo realizado por lote sobre la severidad del añublo foliar fue buscar un lote de plantación joven con presencia de la enfermedad, dividiendo el follaje en tres estratos superior, medio e inferior.

Se buscó un lote con plantación joven por la facilidad del manejo de las unidades experimentales, pues una de las desventajas de utilizar las bombas de mochila motorizada es la baja eficiencia en la cobertura del follaje hasta el estrato superior, la eficiencia se reduce en plantas adultas y altas, utilizando productos de contacto la eficiencia de aplicación se reduce aún más.

En plantas de corta edad menores de 6 años las hojas bajas se encuentran a 1.5 m aproximadamente del suelo, donde las aplicaciones con bomba motorizada son más efectivas, así también el muestreo se facilita ya que el daño causado por la enfermedad se nota con mayor facilidad en palmas jóvenes, en cambio en palmas adultas el alcance de la vista para observar las pústulas de la enfermedad es limitado por la distancia y la sombra que generan las hojas de arriba sobre las bajas.

El efecto de los productos de contacto puede ser limitado, pues al momento de realizar las aplicaciones en el follaje, algunas hojas se encuentran sobre otras y es probable que la mezcla del producto no impacte directamente sobre algunas pústulas de la enfermedad, a diferencia de los productos sistémicos, aunque la cobertura no sea total estos se mueven en todo el follaje y el efecto control puede ser más efectivo.

En esta evaluación la severidad se midió en porcentaje de daño en intervalos de 10 en 10, en los niveles de hoja 9, 17, 25 y 33; en la Figura 34 se muestra la filotaxia de la palma de aceite para comprender los niveles o posiciones de las hojas.



Fuente: Calvache Guerrero, 2017.

Figura 34. Filotaxia de palma de aceite espiral izquierda (A) y derecha (B).

2.5.5 Delimitación del área y establecimiento del experimento

Se realizó un recorrido en el bloque 132, el cual es uno de los bloques que presento mayor severidad de la finca San Fernando, se escogió este bloque, por varias razones que favorecieron montar el experimento entre ellas se pueden mencionar la edad de la plantación la cual facilito la aplicación al follaje con motobomba, alta presencia de añublo foliar, tamaño del lote que facilito realizar la distribución de las parcelas experimentales al azar, topografía plana, fácil acceso, entre otras.

Luego de verificar la presencia de la enfermedad en dicho bloque se realizó la marcación de parcelas experimentales, cada una conformada por 16 palmas a manera de formar un cuadro, ocupando las cuatro líneas o surcos que conforman una calle de cosecha, cada calle de cosecha está dividida una de la otra por canales terciarios que drenan el exceso de humedad en el suelo, los cuales se encuentran distribuidos a cada cuatro surcos de palma.

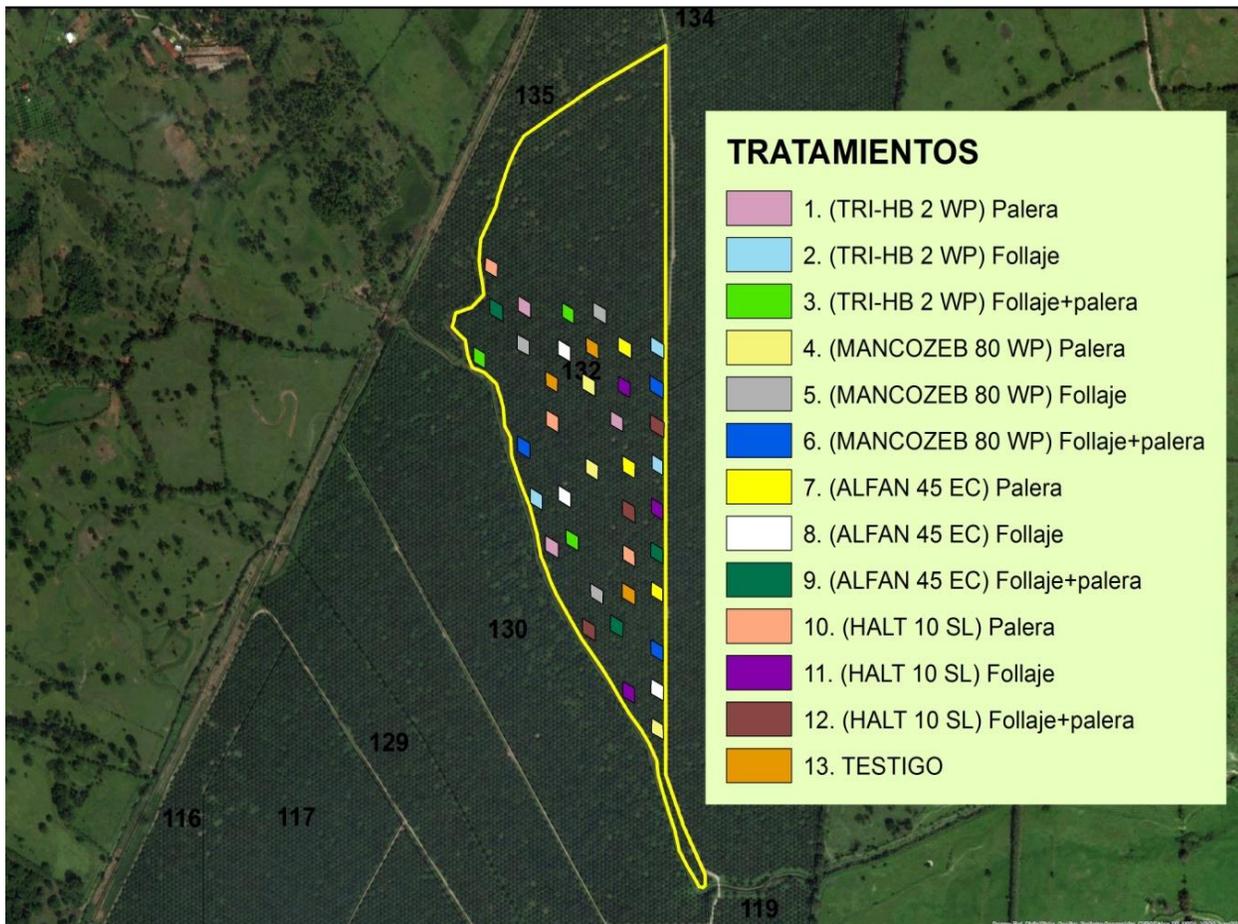
Para delimitar las parcelas, en cada calle se tomaron los cuatro surcos y se contaron 4 palmas por cada surco, a modo de formar un cuadro de 16 palmas; la distribución entre cada parcela se realizó a manera de que no quedara una parcela experimental a la par de otra en calles vecinas, con el fin de reducir el efecto de deriva al momento de realizar las aplicaciones con motobomba, quedando cada parcela separada una de otra por al menos dos palmas entre parcelas.

En la primera calle se marcó una parcela en la entrada de la calle, luego se dejó un espacio de ocho palmas entre la primera y segunda parcela de la misma calle, en la segunda calle la parcela tres se marcó entre la primera y la segunda tomando como limite el canal terciario y se dejó dos palmas de distancia de la primera y segunda parcela.

En la Figura 35 se puede observar la distribución de parcelas en campo, es importante mencionar que se evitó marcar parcelas experimentales donde se encontraron espacios de palmas eliminadas y palmas que estuvieran marcadas para ser eliminadas por alguna enfermedad o anomalía, para mantener las parcelas completas.

Cada parcela correspondió a una repetición de cada tratamiento, en total se manejaron 13 tratamientos incluyendo testigo y 3 repeticiones por tratamiento, por tanto, se marcó un total de 39 parcelas, en el Cuadro 9 se observa la aleatorización de tratamientos y repeticiones en campo.

Para identificar las parcelas se colocaron cintas bananeras de diferentes colores en cada palma de cada parcela para identificar por color las repeticiones de cada tratamiento.



Fuente: Elaboración propia, mapa obtenido del área de SIG de AGROCARIBE.

Figura 35. Croquis de diseño experimental (DCA con submuestreo).

2.5.7 Manejo de unidad experimental

La aplicación de los productos se realizó con bombas de mochila motorizadas Maruyama, realizando aplicaciones en la palera donde se amontonan los restos de las hojas cortadas en la cosecha y la poda, así mismo se realizaron aplicaciones al follaje procurando alcanzar una cobertura total del follaje.

Se realizaron 3 aplicaciones consecutivas, con un intervalo de 15 días entre cada aplicación, las aplicaciones se realizaron por la mañana en la hora fresca, finalizando la aplicación a las 11:00 am, para obtener una aplicación efectiva, pues cuando la temperatura aumenta la eficiencia de los productos biológicos aplicados puede ser afectada, además en los días lluviosos la aplicación se canceló y se realizó al siguiente día cuando no se registrará lluvia.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 37. Marcación de hojas 9, 17, 25 y 33 en el primer muestreo (color blanco).

Se pintó la base de cada hoja, en las hojas 9, 17, 25 y 33 (Figura 37) de color blanco en el primer muestreo, con el fin de realizar los muestreos posteriores en las mismas hojas, ya que el daño causado por el añublo foliar varía mucho de una hoja a otra.

2.5.8 Fumigación o aspersion

En el ensayo se evaluaron tres productos químicos y un producto biológico, con el fin de buscar alternativas para controlar la enfermedad del añublo foliar las cuales deben ser incluidas en un manejo integrado de la enfermedad, si alguno de los tratamientos es estadísticamente significativo se buscará un equipo de aplicación que permita realizar las aplicaciones de los productos exitosamente en palma alta, con el fin de obtener un mejor rendimiento y aplicaciones efectivas.

Las bombas de mochila motorizadas se lavaron antes de cada aplicación con el fin de evitar que los productos aplicados anteriormente con las bombas interfirieran en la eficiencia de los productos evaluados, pues las bombas son utilizadas en otras actividades de campo para el control de plagas.

En cada aplicación se realizó la entrega de mapas sobre la distribución de parcelas experimentales a cada aplicador, identificando el número de líneas en donde se localizaba cada parcela, lo cual facilitó la aplicación ya que en cada lote las líneas de palma están numeradas.

La identificación de palmas por línea y por número de palma facilita el muestreo de plagas y enfermedades, por ejemplo, si se encuentra una palma con síntomas pudrición de cogollo en el reporte de campo la palma se identifica por el número de línea y número de palma en la línea, con el fin de facilitarle la búsqueda al cirujano para realizar el tratamiento, así mismo los aplicadores identificaron con facilidad las parcelas.

En el mapa se identificó el producto que el aplicador debía aplicar en cada parcela y el sitio de aplicación, es decir si la aplicación se debía realizar al follaje, palera o follaje más palera, los tratamientos se identificaron por el color de cinta colocada en cada palma de cada parcela lo cual facilito la identificación de parcelas por tratamiento en el lote del cultivo.

Por otra parte, al aplicador se le asignó una persona en cada aplicación quien traslado la mezcla en canecas hacia el lugar donde el aplicador se encontraba realizando la aplicación, ya que la mezcla se realizó junto a la cisterna de agua para químicos, cuando mezcla se terminaba el aguatero vertía la mezcla realizada en la cisterna en la bomba motorizada.

A cada aplicador se le asignó una bomba y un producto para evitar la mezcla entre productos (Figura 38), ya que uno de los productos que se evaluó fue una mezcla biológica a base de un hongo antagonista y los demás productos aplicados fueron fungicidas químicos los cuales anularían el efecto del biológico al mezclarse con los fungicidas.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 38. Aspersión con bomba motorizada, para control del añublo foliar.

Para realizar la mezcla de los productos se necesitaron dos personas en cada aplicación quienes realizaron las mezclas de los productos en la cisterna de agua para químicos (Figura 39), uno se encargó del llenado de las canecas y el otro de medir la cantidad de producto a aplicar por bomba en cada tratamiento, a esta persona se le entregó un listado de las dosis por bomba de cada tratamiento, además se agregó 25 ml de INEX-A como adherente y 20 gr de ABLAN-87 para corregir el pH y dureza por cada 25 l de mezcla, antes de añadir el producto evaluado.



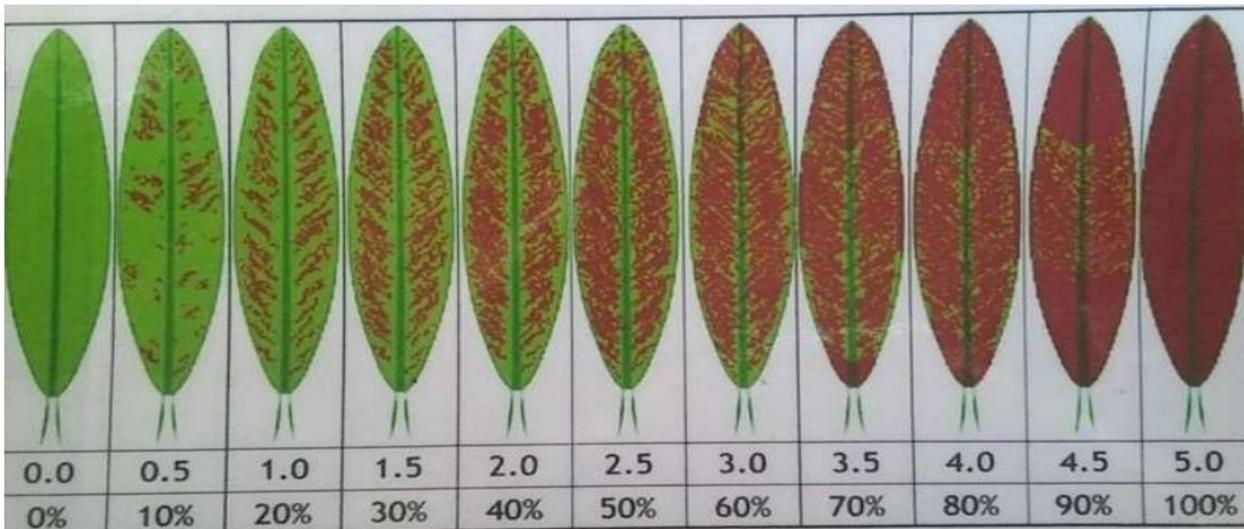
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 39. Aspersión con bomba motorizada, para control del añublo foliar.

En cada aplicación se verificó que todo el personal utilizara su equipo de protección personal (EPP) para evitar el contacto directo con los productos, además las aplicaciones se realizaron evitando coincidir con la cosecha, para evitar intoxicaciones al personal de cosecha.

2.5.9 Muestreo de la enfermedad

La metodología que se empleó para obtener los datos consistió en observaciones visuales y mediciones con regla sobre pústulas de la enfermedad, antes de la primera aplicación se realizó un muestreo visual sobre la severidad en los niveles de hoja 9, 17, 25 y 33, la cual se realizó evaluando porcentualmente el daño causado en las hojas, en porcentajes de 0 % a 100 % en intervalos de 10 % en 10 %, es decir 0 % lo cual indica la ausencia de daño, el 10 % representa un daño foliar entre el 1 % al 10 %, 20 % representa un daño del 11 % al 20 % y así sucesivamente, hasta observar daños del 100 % lo cual define un secamiento total en la hoja (Figura 40) (Pirateque Guevara y Roa Roa, 2017).



Fuente: Tomado de Pirateque Guevara y Roa Roa, 2017.

Figura 40. Escala de daño provocado en el follaje por añublo foliar.

En el muestreo de la enfermedad se tomaron cuatro palmas de cada parcela como muestra, se tomaron las palmas del centro de la parcela, dejando las 12 palmas restantes en el borde de la parcela, en dichas palmas centrales se realizaron muestreos sobre la severidad del daño causado por la enfermedad en las hojas 9, 17, 25 y 33.

Se localizaron y numeraron dos pústulas activas identificadas como 1 y 2, por palma evaluada en la hoja 17 (Figura 41), las pústulas activas se denotan por el halo clorótico que rodea la necrosis, lo cual indica la muerte de la clorofila causada por el agente causal del añublo foliar, en cada lectura se midió el ancho y el largo de las pústulas, abarcando el área necrosada y el halo clorótico, obteniendo un total de 8 pústulas por parcela.



Figura 41. Marcación de pústulas evaluadas y medición de área dañada.

2.5.10 Análisis de la información

Se digitaron los datos de campo en una base de datos elaborada en Excel, y con la ayuda de tablas dinámicas se realizaron gráficas para observar el comportamiento de la enfermedad ante cada tratamiento y mediante el paquete estadístico de Infostat se realizó el análisis de la respectiva prueba múltiple de medias.

En el paquete de Infostat al realizar la prueba múltiple de medias genera un p-valor, donde $p < 0.05$ se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna eventualmente, lo cual indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, de ser así se procede a realizar la prueba de Tukey la cual consiste en comparar las medias de cada tratamiento, para conocer cuáles de los tratamientos presentan diferencias significativas.

2.5.11 Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó fue completamente al azar con submuestreo, el cual se comprende de 13 tratamientos incluyendo testigo y 3 repeticiones por tratamiento, teniendo un total de 39 unidades experimentales, cada una conformada por 16 palmas de las cuales las cuatro centrales fueron tomadas como unidades de observación donde se realizó el muestreo (DCA por Submuestro).

2.5.12 Descripción de la variable de respuesta

Anteriormente se mencionó que se realizaron dos tipos de muestreo, por tanto, se evaluaron dos variables de respuesta, la primera corresponde a la severidad de *P. palmarum* evaluada en las hojas 9, 17, 25 y 33, para realizar el análisis estadístico se realizó un promedio de la severidad por palma, es decir se promediaron los datos de los cuatro niveles de hoja evaluados, luego se restó la severidad final menos la severidad inicial muestreada en cada palma, obteniendo un total de 12 datos por tratamiento.

$$\% \text{ de área dañada por añublo foliar} = \text{Sev}_f - \text{Sev}_0$$

Para poder realizar el análisis estadístico fue necesario transformar los datos con la siguiente fórmula.

$$X_{\text{transformada}} = \log_{10} \frac{x}{(1-x)}$$

Donde x representa el porcentaje de tejido dañado por *P. palmarum* y 1 representa la unidad de tejido, al restar 1 con x se obtiene el porcentaje de tejido sano, los datos medidos en porcentaje se distribuyen binomialmente y con la transformación se distribuyen normalmente, permitiendo realizar un análisis estadístico completo, esta ecuación fue propuesta por Vander Plank (1963) que permite comprender el crecimiento de la epidemia de cualquier enfermedad, en este caso el crecimiento de *P. palmarum* medida en severidad a través del tiempo.

La segunda variable de respuesta corresponde a la medición del área de pústulas, la cual para poder realizar el análisis estadístico se realizó una multiplicación del ancho por el largo para obtener el área dañada por la enfermedad, al igual que la variable anterior se realizó un promedio por palma y se restó el área necrosada final menos el área necrosada inicial.

$$\text{Área dañada por pústulas} = \text{Área}_f - \text{Área}_0$$

2.5.13 Cálculo de crecimiento de la epidemia

Se calculó el crecimiento de la epidemia de la enfermedad utilizando la fórmula de Vander Pank, donde t_2-t_1 es la diferencia de días entre la primera y última lectura, X_2 es la severidad en la última lectura y X_1 la severidad en la primera lectura.

$$r = \frac{2.3}{t_2-t_1} \left(\log \frac{X_f}{100-X_f} - \log \frac{X_i}{100-X_i} \right)$$

2.5.14 Modelo estadístico

Modelo estadístico: $Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{j(i)} + \eta_{k(ij)}$ (López Bautista, *et. al.*, 2013).

Donde:

Y_{ijk} = el valor de la variable de respuesta correspondiente a la K-ésima palma muestreada.

μ = Media general de la severidad del añublo foliar y las pústulas de la enfermedad.

τ_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

$\varepsilon_{j(i)}$ = Error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental.

$\eta_{k(ij)}$ = Error de muestro dentro de la ij-ésima unidad de observación.

Ho: Ninguno de los productos evaluados producirán un efecto significativo en el daño del tejido foliar en palma aceitera provocado por *P. palmarum*, patógeno causante de la enfermedad del añublo foliar.

Ha: Al menos uno de los productos evaluados producirá un efecto significativo en el daño del tejido foliar en palma aceitera provocado por *P. palmarum*, patógeno causante de la enfermedad del añublo foliar.

2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.6.1 Caracterización del añublo foliar

A. Síntomas visuales

El añublo foliar presenta como síntomas iniciales manchas circulares pequeñas cuando la herida es provocado por *P. perseae* y manchas indefinidas a lo largo del foliolo en heridas provocadas por *Calyptocephala* sp. al principio la infección es de aspecto aceitoso con halo clorótico (Figura 42), posteriormente las manchas aumentan en tamaño y se tornan de color pardo, rodeadas por un halo clorótico indefinido.

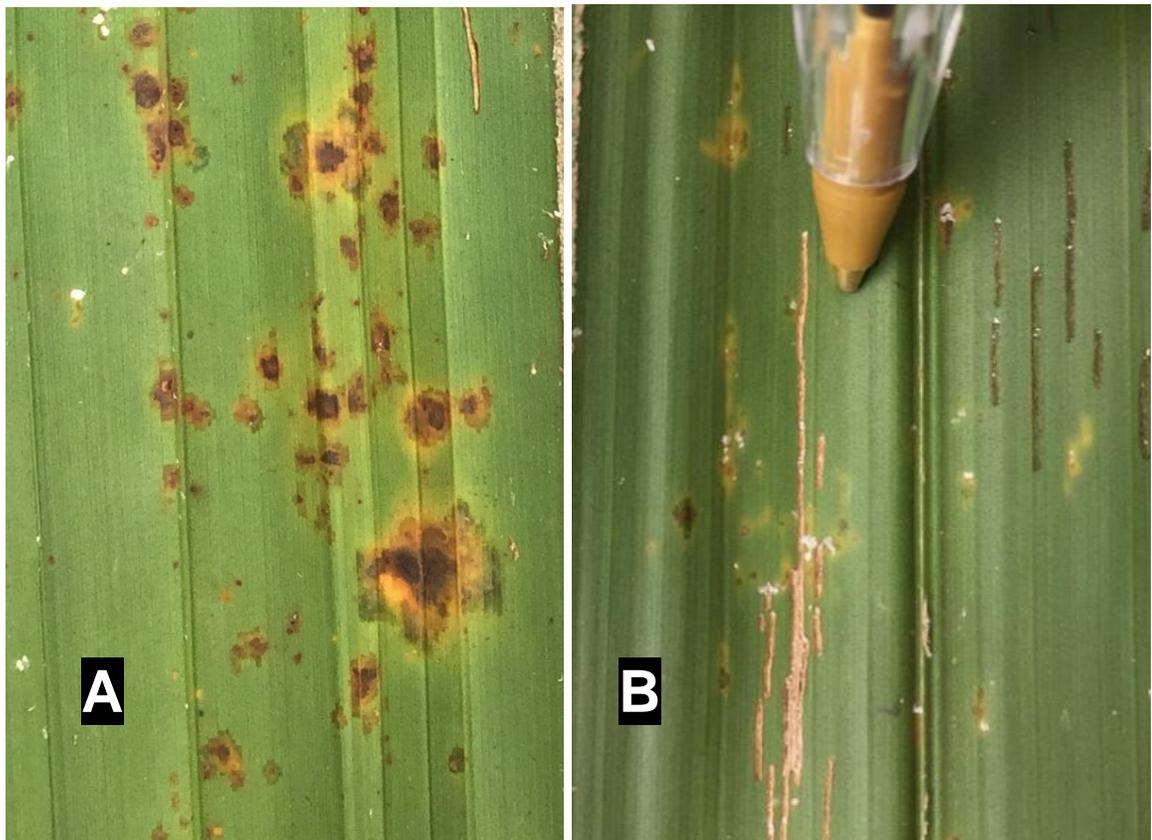


Figura 42. Síntomas del añublo foliar en la fase inicial o primaria, herida provocada por *P. perseae* (A), herida provocada por *Calyptocephala* sp. (B).

Una vez establecidos los hongos débiles la infección avanza y las manchas se tornan de color marrón oscuro que se aclaran en los bordes con un halo clorótico como síntoma secundario (Figura 43), el amarillamiento que rodea las manchas denota la muerte de la clorofila, los hongos fitopatógenos por lo general liberan toxinas que degradan la clorofila, pigmento fotosintético que se encarga de capturar la energía lumínica para ser transformada en energía química, al degradar la clorofila los hongo obtienen energía.

Como consecuencia de la muerte de la clorofila la actividad fotosintética disminuye, afectando la elaboración de energía química, la cual es empleada por las plantas para elaborar alimento, las palmas necesitan la energía elaborada para producir fruta, por tanto, con la disminución de la actividad fotosintética la producción de frutos disminuye, afectando la producción de racimos en número y peso.



Figura 43. Síntomas del añublo foliar, en su fase secundaria.

Al final las manchas toman un color gris con necrosis, que con el movimiento de las hojas por el viento y el roce entre hojas provoca la caída tejido dañado, dejando ventanas en los folíolos. En esta fase se liberan esporas del hongo en el ambiente las cuales caen oportunamente en tejido sano para causar nuevas infecciones (Figura 44).



Figura 44. Síntomas finales o terciarios del añublo foliar.

En las manchas de color gris presentan puntos de color negro sobre el tejido necrosado, el cual denota la presencia de cuerpos fructíferos del hongo conformados por un conjunto de conidios llamado acérvulo, el cual contiene las esporas que se liberan en el ambiente que infectan tejidos sanos (Figura 45).



Figura 45. Signo del añublo foliar, cuerpos fructíferos en forma de acérvulos (puntos negros sobre el secamiento).

Bajo las condiciones climáticas de la zona norte de Guatemala, en el departamento de Izabal la infección del añublo foliar se da con frecuencia en las hojas nuevas, es decir en el estrato superior del follaje, esto se debe al nivel de asociación de la enfermedad con *P. perseae*, catalogando este insecto plaga como el más asociado con la enfermedad, pues este tiene preferencia alimenticia por follaje nuevo.

Aunque la infección se da en las hojas nuevas el daño se observa más severo en el estrato bajero, esto se debe al microclima que se genera por la sombra de las hojas de arriba y la humedad del suelo que facilitan el desarrollo de las pústulas de la enfermedad; en ocasiones el daño causado por el añublo foliar acelera la senescencia de las hojas viejas, causando un secamiento total, se ha observado secamiento en las hojas del nivel 33, las cuales se encuentran recibiendo el peso de los racimos próximos a ser cosechados, en condiciones normales este fenómeno de secamiento no ocurre, es a causa del daño ocasionado por la enfermedad que se acelera la senescencia de las hojas.

B. Condiciones que favorecen el desarrollo del añublo foliar

a. Material en descomposición

Las hojas que son acumuladas en las paleras generan fuentes de inóculo de la enfermedad, cuando las hojas bajas con signos de la enfermedad son cortadas para cosechar los racimos, las hojas se amontonan una sobre otra (Figura 46), donde *P. palmarum* puede permanecer en un estado de latencia, es decir en un estado de inactividad esperando que se den las condiciones óptimas para la liberación de esporas, cabe mencionar que este hongo puede jugar un papel como saprofito en las hojas que se descomponen en el suelo.



Figura 46. Acumulación de hojas con presencia de añublo foliar en las paleras después de la poda o cosecha.

b. Humedad

Según el conocimiento local en la época seca se observa que el ataque del añublo foliar disminuye y aumenta en la época lluviosa, para reducir el exceso de humedad en el suelo se han realizado recabas de drenajes, lo cual ha reducido la incidencia del añublo foliar. Como la mayoría de los hongos, *P. palmarum* necesita de una alta humedad relativa para su crecimiento y desarrollo, el encharcamiento dentro de los lotes del cultivo favorece las condiciones para el establecimiento y desarrollo de *P. palmarum*, junto con la sombra y temperatura (Figura 47).



Figura 47. Encharcamiento entre las calles de cosecha de la palma, que facilita las condiciones para el desarrollo y crecimiento del añublo foliar.

2.6.2 Análisis del área dañada por *P. palmarum* en el follaje

Para analizar esta variable de respuesta se realizó la conversión de los datos a valores logarítmicos para de los cuales, los datos de área dañada más bajos fueron los más altos en valores negativos, por tanto, los valores negativos cercanos a cero representan mayor área dañada, el área dañada es la diferencia entre la lectura final y la lectura inicial, en el Cuadro 10 se puede apreciar el resultado del análisis ANDEVA para la variable de respuesta medida sobre la severidad del añublo foliar medida en porcentaje de daño.

Cuadro 10. Análisis de varianza (ANDEVA) para la severidad de *P. palmarum*.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	6.57	38	0.17	2.12	0.0011
Tratamiento	2.56	12	0.21	2.62	0.0040
Tratamiento>No. Parcela	4.01	26	0.15	1.90	0.0114
Error	9.53	117	0.08		
Total	16.09	155			

Al realizar el respectivo análisis ANDEVA, el resultado en el p-valor para en la interacción Tratamiento>No. parcela dio 0.0114 el cual es menor a 0.05 % de significancia, con este valor se comprueba que el análisis en submuestreo si fue necesario para realizar el análisis estadístico.

El análisis ANDEVA presento diferencias significativas en cuanto a la severidad del añublo foliar porque el p-valor es menor al 0.05 %, con un valor de 0.0040 % descrito en el Cuadro 10, por tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna, la cual nos indica que al menos uno de los tratamientos causo un efecto significativo sobre la severidad del añublo foliar, así que se procedió a realizar un análisis post ANDEVA (Cuadro 11).

Cuadro 11. Comparación múltiple de medias del área dañada.

Tratamiento	Medias	N	E.E.		
2	-1.29	12	0.08	A	
3	-1.20	12	0.08	A	B
13	-1.14	12	0.08	A	B
4	-1.12	12	0.08	A	B
10	-1.11	12	0.08	A	B
1	-1.08	12	0.08	A	B
12	-1.04	12	0.08	A	B
6	-1.02	12	0.08	A	B
5	-0.97	12	0.08	A	B
7	-0.94	12	0.08	A	B
9	-0.92	12	0.08	A	B
11	-0.87	12	0.08		B
8	-0.84	12	0.08		B

En el Cuadro 11 se observa el resultado de la prueba de Tukey, la cual consiste en una comparación múltiple de medias del tejido dañado por *P. palmarum*; medias con letra común no son significativamente diferentes ($p > \text{valor } 0.05$).

Según la prueba de Tukey el tratamiento dos que corresponde al producto TRI-HB 2 WP aplicado al follaje a una concentración de $1.5 \cdot 10^8$ conidios/ha., de *T. harzianum* y $1.5 \cdot 10^9$ UFC/ha., de *B. subtilis*, es significativamente diferente a los demás tratamientos formando parte del grupo (A), el cual es estadísticamente diferente de los tratamientos que son clasificados en el grupo (B), es decir el tratamiento ocho y once.

Se puede observar que varios tratamientos pertenecen al grupo (A) y al grupo (B) al mismo tiempo, por lo que estos tratamientos son clasificados en el grupo (AB), los tratamientos que conforman el grupo (AB) y grupo (B) no presentan diferencias significativas entre ellos ante el testigo el cual se encuentra en el grupo (AB) como tratamiento trece, es decir que da lo mismo aplicar estos tratamientos a no realizar ninguna aplicación curativa para controlar el añublo foliar.

El tratamiento dos (TRI-HB 2 WP aplicado al follaje) y el tratamiento 13 (testigo) pertenecen al grupo (A), pero el tratamiento 13 también pertenece al grupo (B), la diferencia entre ambos tratamientos no es mucha, sin embargo el análisis estadístico con los datos transformados en logaritmo demostró que existen diferencias significativas entre ambos, aunque existen diferencias significativas entre no aplicar y aplicar TRI-HB 2 WP no justifica la aplicación del producto en lotes comerciales del cultivo a la concentración que se empleó para esta investigación, ya que la disminución del área dañada no se compensa por el costo elevado de las aplicaciones, es recomendable seguir evaluando este producto a concentraciones altas.

Una de las ventajas de utilizar Trichoderma es el establecimiento definitivo en campo si no existen condiciones que impidan su establecimiento, a un largo plazo las aplicaciones de Trichoderma pueden llegar a surtir resultados satisfactorios ejerciendo un control biológico sobre añublo foliar, manteniendo la presencia de la enfermedad en niveles donde no causa pérdidas en la producción y las aplicaciones de dicho producto se justificarían para aumentar la producción de fruta en TM/ha., además Trichoderma presenta antagonismo ante otras enfermedades de la palma muy comunes en las plantaciones de AGROCARIBE como la Pudrición de Cogollo.

El daño que causa *P. palmarum* persiste por un largo periodo de tiempo en las hojas, suponiendo que la infección se da en la hoja 9 el daño persiste en la hoja hasta que esta sea cortada en cosecha o poda, un manejo adecuado del cultivo recomienda que una palma debe mantener un promedio de 38 hojas, para alcanzar un buen peso en la fruta y así aumentar la productividad en los lotes del cultivo, el tiempo que demora una hoja 9 en convertirse en una hoja 38 es aproximadamente de 15 meses, ya que una palma puede emitir dos hojas por mes en temporada seca y hasta tres hojas por mes en temporada lluviosa, es decir si el daño se genera en la hoja 9 este persistirá en el follaje hasta por 15 meses aproximadamente.

Durante el experimento las hojas que se marcaron como hoja 9 en las palmas, se convirtieron en hojas 17, en un periodo de tres meses, el cual es un periodo de tiempo corto para poder evaluar con precisión el desarrollo de la enfermedad, comparando este estudio con otros estudios realizados para el control del añublo foliar, los resultados de las medidas de control de esta enfermedad se observaron después de haber transcurrido seis meses de la primera aplicación, en esta investigación se observó una leve reducción en la aparición de la enfermedad en el follaje nuevo con el tratamiento 2 (TRI-HB 2 WP), cabe mencionar que la investigación se llevó a cabo en la época lluviosa cuando las condiciones para el desarrollo de la enfermedad son favorables.

En este experimento se midió el crecimiento de la enfermedad a través del desarrollo del daño en el follaje provocado por el añublo foliar, ante las aplicaciones de diferentes productos para controlar enfermedades en las plantas provocadas por agentes fúngicos, con el fin de conocer si alguno de los productos evaluados reduce significativamente el desarrollo epidemiológico del añublo foliar.

Un estudio realizado por Cenipalma en Colombia demostró que las aplicaciones de *Trichoderma* sp. Controlan el daño causado por *P. palmarum*, así mismo con este estudio se demuestra que bajo las condiciones de la zona norte de Guatemala, en el departamento de Izabal, las aplicaciones de *T. harzianum* reducen el desarrollo de la enfermedad, por tanto, las infecciones en el follaje nuevo disminuyeron.

Comparando la dosis utilizada en el estudio realizado por Cenipalma la cual fue de 3×10^{13} conidios/gr (Rodríguez Escobar y Martínez Caviedes, 2016), la dosis que se utilizó en esta investigación recomendada por la casa comercial del producto es relativamente baja comparada con la que se utilizó en el estudio realizado por Cenipalma, sin embargo, las aplicaciones a cada 15 días de *T. harzianum* en mezcla con *B. subtilis* al follaje a dosis de 1.5 kg/ha del producto comercial, redujeron significativamente el daño causado por el añublo foliar (Figura 48).

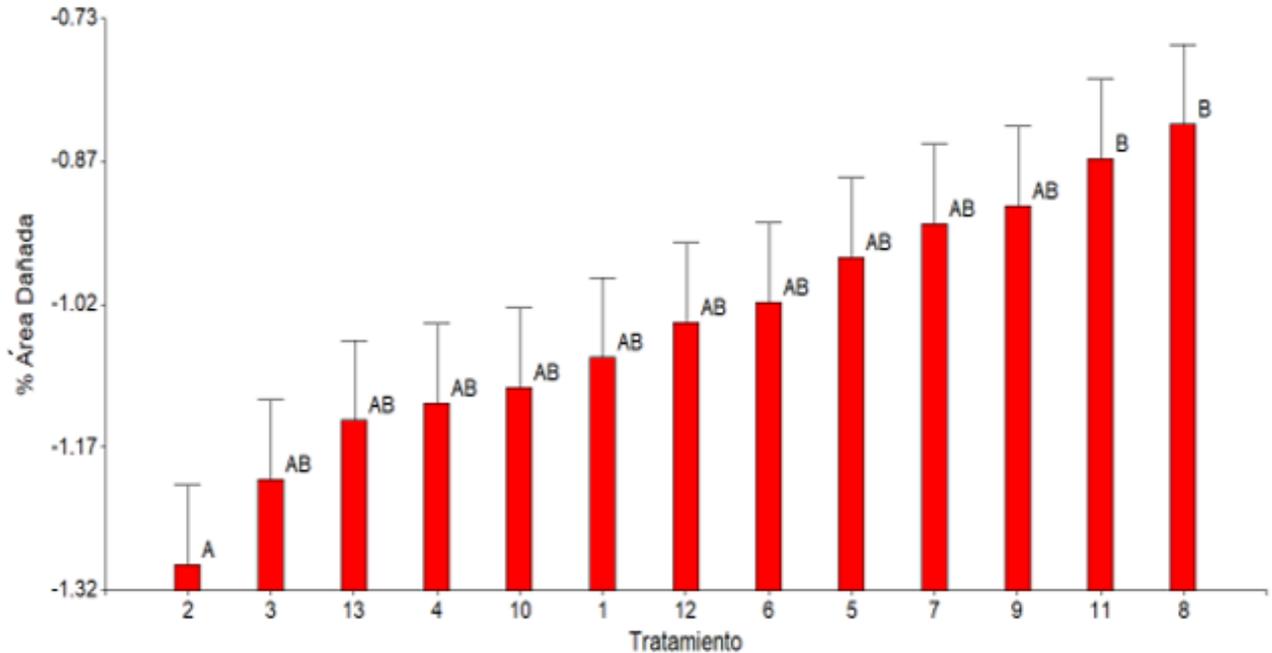


Figura 48. Gráfica de área dañada por *P. palmarum* en datos logarítmicos.

La mezcla TRI-HB está conformada por dos organismos de control biológico que se caracterizan por degradar la pared celular de su hospedero, *T. harzianum* penetra las hifas de su hospedero degradando la pared celular y *B. subtilis* libera enzimas que degradan la pared celular de su hospedero.

Cabe mencionar que Trichoderma puede sobrevivir como saprofito en material en descomposición, lo cual es favorable ya que estará presente en el cultivo cuando se presenten infecciones por añublo foliar, manteniendo a niveles bajos la presencia del patógeno donde el daño no comprometa la producción, otro de los beneficios de aplicar Trichoderma es que mejora la biosfera del suelo.

La utilización de agroquímicos conlleva a aumentar la dosis a través del tiempo por la resistencia que generan los patógenos ante el producto, además de eliminar hongos entomopatógenos que ayudan a mantener el equilibrio de plagas en el cultivo, el uso de cualquier producto químico genera desequilibrio en las plagas, obligando a los Palmicultores al sobre uso de agroquímicos.

Con este estudio se demuestra que las aplicaciones a la palera no surten un efecto en cuanto al control del agente causal del añublo foliar, por tanto, las aplicaciones deben dirigirse al follaje, esto probablemente se deba a que se necesiten más aplicaciones en el tiempo, para poder reducir el inoculo presente en los restos de hojas cortadas, cabe mencionar que se observó el crecimiento de micelio verde, característico de *Trichoderma*, en el raquis de hojas en descomposición, actuando como saprofito y favoreciendo la descomposición de los restos de cosecha.

2.6.3 Cálculo de crecimiento de la epidemia de *P. palmarum*

El siguiente cálculo es demostrativo y se realizó para el tratamiento trece el cual fue el testigo y no se realizó ningún control, la primera lectura se realizó el 13 de agosto del año 2018 con un valor promedio de 26.67 % de severidad por palma y la lectura final el 25 de octubre del año 2018 con un valor promedio de 33.88 % de severidad por palma.

$$r = \frac{2.3}{74} \left(\log \frac{33.88}{100-33.88} - \log \frac{26.67}{100-26.67} \right)$$

$$r = (0.03108) * ((-0.030109) - (-0.439258))$$

$$r = 0.00463 \text{ unidad/día} \approx 0.463\%/día$$

La tasa de crecimiento “r” indica que por cada 100 lesiones presentes en el follaje de una palma se generan 0.43 lesiones por día, es decir que se requieren como minimo 200 lesiones en el follaje para iniciar una nueva infección por día; en el Cuadro 12 se observa la tasa de crecimiento para cada tratamiento evaluado en esta investigación, de los cuales el tratamiento 8 presento la tasa más alta de crecimiento con 0.98, al interpretar este dato se puede decir que por cada 100 lesiones presentes en el follaje de este tratamiento se generó una infección diaria, superando la tasa de crecimiento del testigo, es decir las aplicaciones del tratamiento 8 no tuvieron ningún efecto sobre el control de añublo foliar, ahora bien para el tratamiento dos el cual fue estadísticamente significativo se necesitan 259 pústulas en el follaje para generar una nueva infección.

Cuadro 12. Cálculo de la tasa de crecimiento de *P. palmarum* para cada tratamiento.

Tratamiento	Lectura 0	Lectura 4	r calculada	% crecimiento
2	20.83	25.95	0.004	0.387
3	21.88	28.18	0.005	0.456
13	26.67	33.88	0.005	0.463
10	21.67	29.43	0.006	0.554
4	19.79	27.32	0.006	0.568
12	25.21	34.33	0.006	0.592
1	19.71	28.09	0.006	0.627
6	24.38	33.94	0.006	0.630
7	24.17	35.69	0.007	0.749
9	21.88	33.92	0.008	0.818
5	16.88	27.53	0.008	0.846
11	21.04	34.51	0.009	0.920
8	21.25	35.87	0.010	0.984

2.6.4 Análisis de área dañada por pústulas de la enfermedad

La medición de pústulas en cuanto al ancho y largo en centímetros se realizó con el objetivo de observar si existía algún efecto en el crecimiento de las pústulas de la enfermedad al aplicar los productos evaluados. Al realizar el respectivo análisis ANDEVA para el crecimiento de pústulas medido en cm^2 genero un p-valor de 0.6838 el cual es mayor a p-valor 0.05 % de significancia, por tanto, no existen diferencias significativas para esta variable de respuesta y no se procede a realizar un post ANDEVA (Cuadro 13).

Al realizar las aplicaciones de los productos con la bomba de mochila motorizada, se observó que, por la alta cantidad de hojas en las palmas, la mezcla alcanzo con dificultad el follaje del estrato superior, donde generalmente se inician las nuevas infecciones.

En el caso de los productos de contacto como MANCOZEB y TRI-HB, los cuales al ser aplicados deben impactar directamente sobre las infecciones para causar un efecto sobre la enfermedad, las aplicaciones con bombas motorizadas de mochila no favorecen las aplicaciones al follaje con productos de contacto y es difícil observar un efecto sobre el crecimiento de las pústulas, si las aplicaciones no cubrieron por completo el follaje, cabe la posibilidad de que a las pústulas seleccionadas no recibieron la mezcla de los productos aplicados por la barrera que generaron las hojas bajas, a causa de ello no se observaron diferencias significativas en el crecimiento de las pústulas.

Cuadro 13. Análisis de la Varianza en cuanto al área dañada por pústulas de la enfermedad.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	283.59	38	7.46	1.00	0.4807
Tratamiento	68.55	12	5.71	0.77	0.6838
Tratamiento>No. Parcela	215.04	26	8.27	1.11	0.3425
Error	872.39	117	7.46		
Total	1155.99	155			

2.7 CONCLUSIONES

1. Las aplicaciones de Dietilditiocarbamato con nombre comercial MANCOZEB 80 WP no causan ningún efecto significativo en el daño causado por *P. palmarum* patógeno causante del añublo foliar.
2. Las aplicaciones de Ciproconazole con nombre comercial HALT 10 SL no causan ningún efecto significativo en el daño causado por *P. palmarum* patógeno causante del añublo foliar.
3. Las aplicaciones de Procloraz con nombre comercial ALFAN 45 EC no causan ningún efecto significativo en el daño causado por *P. palmarum* patógeno causante del añublo foliar.

4. Las aplicaciones al follaje de la mezcla biológica a base de un hongo antagonista *T. harzianum* y una bacteria *B. subtilis* con nombre comercial TRI-HB 2 WP redujeron significativamente el crecimiento del añublo foliar, frenando el daño causado por *P. palmarum* patógeno causante del añublo foliar, bajo las condiciones de Izabal, Guatemala.
5. Con este estudio se demuestra que no existen diferencias significativas al realizar aplicaciones en material vegetal en descomposición, es decir las aplicaciones a la palera no interfieren a corto plazo en el control del añublo foliar en el follaje, por tanto, las aplicaciones solamente deben dirigirse al follaje, para atacar directamente las pústulas activas en el follaje y frenar el daño que estas generan.

2.8 RECOMENDACIONES

1. Utilizar otro equipo de aplicación que permita cobertura total del follaje de las palmas, para conseguir una buena eficiencia de aplicación y asegurar un buen control sobre las pústulas de la enfermedad, así mismo destinar este equipo únicamente para aplicar productos biológicos, para no interferir en el efecto de los agentes de control biológico.
2. Realizar las aplicaciones de *T. harzianum* en época lluviosa, ya que la humedad facilita las condiciones para el establecimiento de este agente y aumentar la dosis, para conseguir un rápido establecimiento en campo y con ello observar un control rápido.
3. Realizar control etológico para plagas facilitadoras de la enfermedad, introduciendo trampas con atrayentes y pegamento dentro de los lotes del cultivo para capturar los principales insectos plaga facilitadores y vectores del agente causal del añublo foliar, las cuales se recomienda sean evaluadas constantemente para verificar la eficiencia de las trampas.

2.9 BIBLIOGRAFÍA

1. AGROCARIBE (Corporación Agroindustrial del Caribe, Guatemala). 2014. Manual de prácticas de campo. Izabal, Guatemala.
2. AGROCARIBE (Corporación Agroindustrial del Caribe, Guatemala). 2018. Base de datos en Excel sobre histórico de precipitación y déficit hídrico de 2006 a 2018. Izabal, Guatemala.
3. 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 de Colombia. *Palmas* 8(4): 27-32.
4. Argemiro Reyes R. 2012. Añublo foliar de la palma africana (*Elaeis guinnensis* Jacq.) en Colombia: Importancia económica, etiología y control. Centro de Información y Documentación Palmero. 6 p. Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/201/201>
5. Barrios Trilleras, CE; Bustillo Pardey, AE. 2014. Biología de la chinche de encaje *Leptopharsa gibbicularina* y su control con hongos entomopatógenos. Colombia, Cenipalma. 180, 4 p.
6. CABI (Central American Business Intelligence, Guatemala). 2016. Impactos socioeconómicos del cultivo de palma de aceite en Guatemala (ficha técnica). Guatemala. 4 p. Consultado 10 abril 2018. Disponible en: <http://grupohame.com/wp-content/uploads/2017/02/Estudio-PALMA-CABI-Guatemala.pdf>
7. Calvache Guerrero, H. 2017. Manejo integrado de plagas defoliadoras: detección de focos iniciales (diapositiva). Guatemala, Grepalma. 68 diapositivas, color. Consultado 25 marzo 2018. Disponible en <https://www.grepalma.org/wp-content/uploads/2018/09/D1-C8-Insectos-defoliadores-de-la-palma-de-aceite-y-su-manejo.pdf>
8. Calvache Guerrero, H. 2017. Pestalotiopsis o añublo foliar de la palma (diapositiva). Guatemala, Grepalma. 68 diapositivas, color. Consultado 25 marzo 2018. Disponible en <https://www.grepalma.org/wp-content/uploads/2018/09/D1-C5-Anublo-foliar-o-Pestalotiopsis-de-la-palma-de-aceite-y-su-manejo.pdf>
9. Genty, P; Garzón, A; García, R. 2002. Daños y control del complejo *Leptopharsa-Pestalotiopsis* en la palma africana. Puerto Winches, Colombia, Centro de Información y Documentación Palmero. 15 p.
10. GOOGLE EARTH. 2018. Izabal, Guatemala. Consultado 12 mar. 2018. Disponible en: <https://www.google.com/intl/es/earth/>

11. Labarca, M; Sanabria, N; Arcia, A. 2006. Patogenicidad de *Pestalotiopsis palmarum* Cooke, sobre plantas de vivero de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.). Venezuela. Revista de la Facultad de Agronomía 23(4): 417-424.
12. López Bautista, EA; Gonzales Ramírez BH. 2013. Diseño y análisis de experimentos: Aplicados a la agronomía. 2 ed. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Centro de Telemática. 219 p.
13. IDH, S.A., MARUYAMA. 2020. Fumigadora MS0735W. Guatemala. Consultado 27 dic. 2020. Disponible en https://www.maruagro.com/productos/detalle/16/FUMIGADORA_MS0735W
14. Motta, F; Arias, A; Aldana, A; Córdoba, 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(No. Especial): 179-185.
15. NCBI. 2019. *Pestalotiopsis palmarum* (Cooke) Steyaert 1949. Taxonomy Browser: Consultado 25 mar. 2018. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?mode=Undef&name=Pestalotiopsis%20palmarum>
16. Pirateque Guevara, EA; Roa Roa, M. 2017. Evaluación de un biofungicida a base del extracto de la planta *Melaleuca alternifolia* como alternativa de control de la pestalotiopsis en palma de aceite híbrido O x G. Casanare, Colombia, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, escuela de ciencias agrícolas, pecuarias y del medio ambiente.
17. Rodríguez Escobar, J; Martínez Caviedes, R. 2016. Experiencias exitosas en el manejo de la pestalotiopsis con el hongo *Trichoderma* sp., producido en Palmaceite S.A. Medellín, Colombia, Cenipalma.
18. Sarria, G; García, A; Meztizo, Y; Medina, C; Varón, F; Rey, R; Ibagué, D. 2017. Avances en la evaluación antagónica de cepas nativas de *Trichoderma* sp., para el biocontrol de *Phytophthora palmivora* en la zona central. Colombia, Cenipalma.
19. Selmaoui, K; Touati J; Chliyeh, M; Touhamil, AO; Benkirane, R; Douira, A. 2014. Study of *Pestalotiopsis palmarum* pathogenicity on *Washingtonia robusta* (mexican palm) (en línea). Consultado 20 mayo 2018. Disponible en <http://www.ijpab.com/form/2014%20Volume%202,%20issue%206/IJPAB-2014-2-6-138-145.pdf>
20. TerraSol (Tierra Sol, Ecuador). 2018. Características de variedades de palma africana. Costa Rica, ASD. Consultado 11 mar. 2018. Disponible en <http://www.sistematterrasol.com/spa/palma004.html>





CAPÍTULO III

**SERVICIOS REALIZADOS EN AGROCARIBE S.A, PUERTO BARRIOS, IZABAL.
RECONSTRUCCIÓN DE INSECTARIO CON INSECTOS HABITANTES EN EL CULTIVO
DE PALMA ACEITERA, ANÁLISIS DE PH Y DUREZA EN FUENTES DE AGUA EN LOS
LOTES DEL CULTIVO Y ANÁLISIS DE RELACIÓN ENTRE LA SEVERIDAD DEL
AÑUBLO FOLIAR CON LOS ELEMENTOS NUTRICIONALES APLICADOS EN
ENSAYOS DE FERTILIDAD**

3.1 PRESENTACIÓN

Como parte del EPS se realizaron 3 servicios para contribuir con la investigación en el cultivo de palma aceitera, el cual forma parte de la economía de Guatemala y se ha catalogado como el sexto cultivo en exportaciones.

Uno de los servicios realizados durante el EPS fue la reconstrucción de insectarios con los insectos que habitan en los diferentes lotes del cultivo de palma aceitera bajo las condiciones de la zona nororiente del país, con el fin de facilitar el reconocimiento de la entomofauna asociada al cultivo de palma aceitera, es decir insectos plagas y benéficos que se encuentran en los lotes del cultivo, para la toma de decisiones ante el control de plagas, además de ser expuestos en cualquier tipo de exposición realizada en la empresa sobre el manejo del cultivo; las plagas tienen enemigos naturales que mantienen las poblaciones a bajo los niveles críticos, por tanto el reconocimiento e identificación de estos es importante.

Como parte de los servicios también se realizaron mediciones de pH y Dureza en el agua con el fin de conocer la calidad de agua de distintas fuentes que existen dentro en las distintas fincas de la empresa; existen zonas llamadas riparias que cumplen con las leyes ambientales del país donde no se realiza ninguna actividad agrícola que conlleve a la utilización de agroquímicos y fertilizantes, las actividades que se realizan en dichas áreas son manuales con el fin de preservar las fuentes de agua naturales, a las cuales se les realizó la respectiva prueba de campo, así mismo se midió la calidad de agua potable en los distintos complejos habitacionales del personal que labora en campo y el agua que se utiliza para mezclas de agroquímicos, la cual proviene de pozos mecánicos.

El pH juega un papel importante en la mezcla de agroquímicos, ya que las moléculas de los ingredientes de los agroquímicos son inestables si el pH es muy ácido o alcalino, la mayoría son estables entre 5.5 a 6.5, si las moléculas se desestabilizan se pierde la eficiencia del producto; así mismo se midió la dureza, la cual también es muy importante en la preparación de mezclas, si el agua presenta valores altos las moléculas tienden a precipitarse por el exceso de sales, el rango ideal está por debajo de 70 ppm.

Por último, se realizó un análisis empleando tablas dinámicas en Excel en una base de datos sobre el censo del añublo foliar que se maneja en dos ensayos de fertilidad, siendo estos el potencial de respuesta y NPK, el potencial de respuesta consiste en fraccionar y duplicar la dosis de los productos aplicados en lotes comerciales, con el fin de observar cómo se comportan las palmas reduciendo y aumentando la dosis, el NPK consiste en aplicaciones de los elementos primarios en diferentes dosis, en mezclas y solos, con el fin de conocer el nutriente que las plantas exigen con mayor demanda, o bien el elemento nutricional deficiente en el suelo; el objetivo de este servicio fue conocer si existe alguna relación en ambos ensayos en cuanto al daño ocasionado por *P. palmarum* en los diferentes ensayos.

3.2 SERVICIO 1: RECONSTRUCCIÓN DE INSECTARIOS CON INSECTOS BENÉFICOS Y PLAGAS HABITANTES EN EL CULTIVO DE PALMA ACEITERA EN LAS DISTINTAS FINCAS DE LA EMPRESA AGROCARIBE S.A.

3.2.1 Objetivos

A. General

Coleccionar insectos que habiten en los diferentes lotes del cultivo de palma aceitera para fines de reconocimiento.

B. Específicos

1. Clasificar los insectos plaga, benéficos e insectos que no tienen relación directa con el cultivo, en diferentes insectarios
2. Identificar los distintos insectos capturados en campo con su respectiva etiqueta.

3.2.2 Metodología

A. Fase de campo

Se realizaron recorridos en campo en diferentes lotes del cultivo, realizando capturas con la red entomológica en la maleza y en el cultivo de cobertura dentro de los lotes con plantaciones de palma aceitera, capturando toda clase de insectos, así mismo se realizaron capturas manuales de insectos plaga del follaje de las palmas que se encontraron oportunamente, en el caso de mariposas se capturaron con red entomológica y de inmediato se les presiono el tórax para inmovilizarlas, para luego montarlas en planchas de duroport sujetas con papel y alfileres para preservar las escamas de las alas.

Se buscaron palmas que presentaran pudriciones o palmas eliminadas, buscando insectos plaga que se alimentan del meristemo o bien del tallo de las palmas, con la ayuda de un machete para partir el material en descomposición, buscando larvas, pupas o adultos de los insectos plaga y los que ayudan a la descomposición de las palmas.

Dentro de los lotes del cultivo se colocan trampas con agua melaza para monitorear las poblaciones y controlar dos plagas del cultivo de suma importancia, siendo estas *O. cassina* y *Rhynchophorus palmarum* conocido como el picudo de la palma, el cual se alimenta del meristemo de las palmas, en el caso de trampas para mariposas de *O. cassina* (Figura 61A) son bolsas de plástico transparentes de 25 libras con un recipiente con agua melaza donde ingresan las mariposas y las trampas de *R. palmarum* (Figura 62A) consisten en canecas con agua melaza con ventanas por donde ingresan los adultos y no pueden salir, en campo se revisaron varias trampas y se recolectaron los mejores especímenes para la colección, los cuales se llevaron al laboratorio para proceder con la disección, en las trampas para picudos se buscaron ambos sexos, los machos tienen un penacho de pelos en el pico el cual es curvo a diferencia de las hembras.

Los insectos recolectados se colocaron en una cámara húmeda la cual contenía una esponja con alcohol para matar los insectos, los insectos capturados se llevaban al laboratorio para proceder con el proceso de disección y montaje con alfileres en las planchas de duroport; con las larvas de lepidóptera estas se colocaron en un recipiente con alimento y agujeros para permitir la respiración de las larvas con el fin de mantenerlas con vida hasta llegar al laboratorio.

Se realizaron recorridos en campo acompañando a los evaluadores de plagas, ya que ellos poseían herramientas de corte, para cortar y realizar el muestreo de plagas en las hojas, los insectos encontrados se capturaron y se llevaron al laboratorio; un evaluador de plagas revisa una palma por hectárea donde corta la hoja 17, se corta esta hoja porque la mayoría de las plagas del follaje se encuentran en el estrato medio de las plantas, así mismo se realizaron recorridos en lotes con plantas jóvenes donde no fue necesaria la herramienta de corte y se capturaron insectos oportunamente encontrados en las hojas bajas.

B. Fase de laboratorio

Los insectos recolectados en campo se montaron sobre las planchas de duroport con la ayuda de alfileres (Figura 63A), los alfileres se colocaron en distintas partes del cuerpo de acuerdo al orden de cada insectos como lo indicó el manual para montaje de insectos, antes de montarlos con el alfiler se sometieron a una cámara de disección la cual estaba conformada por un frasco cerrado, con una esponja en el asiento y formol, para conservar por más tiempo los insectos en el insectario, las mariposas se dejaron en planchas de duroport (Figura 64A), extendiendo sus alas con tiras de papel, extendidos sobre las alas con alfileres, a las cuales se les inyectó formol en el tórax y abdomen.

Para preservar las larvas se siguió el presente procedimiento, se colocó un recipiente con agua en una estufa eléctrica y al alcanzar el punto de ebullición las larvas pequeñas se sumergieron y de inmediato se apagó la estufa, se esperó por 30 segundos y se retiraron las larvas del recipiente, luego las larvas se colocaron en papel servilleta para secar el exceso de agua, una vez secas se colocaron en tubos de ensayo con alcohol al 75 %, el proceso se repitió de la misma manera con las larvas grandes, pero se manejaron diferentes tiempos en el agua hervida, cuando el agua alcanzó el punto de ebullición se sumergieron las larvas grandes y se esperó por 30 segundos para apagar la estufa y se dejaron 30 segundos más en el agua antes de retirarlas del recipiente, cabe mencionar que el color en alguna larvas cambió al sumergirlas en el agua hirviendo.

Para la identificación de los insectos se utilizó el manual de entomología de la universidad de Zamorano que posee la empresa, una vez identificados los insectos se procedió a realizar las etiquetas con la siguiente información: Orden, familia, nombre científico, nombre común, lugar donde se realizó la captura y fecha, las etiquetas se colocaron en el alfiler donde se montaron los insectos.

Así mismo se clasificaron los insectos plaga, benéficos e insectos que no interfieren directamente en el cultivo, se realizó un insectario exclusivamente de mariposas, separando las que son plagas del cultivo y las que no son plagas, pero que interfieren en el cultivo de palma aceitera; las mariposas que no son plaga benefician al cultivo ya que los parasitoides de Lepidóptera cumplen su ciclo en las mariposas que interfieren en el cultivo pero que no causan daños, lo cual ayuda a mantener poblaciones de parasitoides y que estos estén presentes en los lotes del cultivo cuando se presenten plagas. Se realizó un segundo insectario con insectos benéficos e insectos que no causan daños al cultivo y un tercer insectario con insectos plaga del cultivo.

3.2.3 Material y equipo

- Red entomológica.
- Machete.
- Cámaras de disección
- Alfileres.
- Tiras de papel.
- Estufa eléctrica.
- Recipiente con agua.
- Papel toalla.
- Planchas de duroport de ½ pulgada.
- Etiquetas de identificación.
- Manual de identificación de insectos.
- Manual de insectos plaga y benéficos en palma de aceite.
- Neftalina.
- Tubos de ensayo con tapón.
- Formol
- Alcohol al 75 %

3.2.4 Resultados

Se realizó la limpieza de los insectarios desechando todos los especímenes deteriorados, en la Figura 49 se observa un insectario antes de la reconstrucción, cabe mencionar que algunos especímenes se encontraban en buen estado y no se encontraron en las capturas en campo, por tanto, se limpiaron y se colocaron nuevamente.



Figura 49. Insectario antes de ser reconstruido.

A. Insectos plaga

Entre los insectos plaga que se capturaron se identificaron varios ordenes, entre ellos insectos adultos del orden Lepidóptera, tales como *O. cassina*, *E. elaeasa*, *O. kirbyi*, *Sibine* sp., *Automeris* sp., insectos del orden Coleóptera, tales como *R. palmarum*, *Calyptocephala* sp., entre otras plagas como zompopos y escamas. Además, en *Pueraria phaseoloides* la cual es una leguminosa que fija nitrógeno en el suelo, brinda cobertura y reduce el crecimiento de malezas, se encontraron plagas que atacan el follaje, en su mayoría los insectos identificados pertenecieron al orden Homóptera (Figura 50).

B. Insectos benéficos

Se identificaron varios insectos benéficos entre ellos parasitoides que pertenecieron al orden Himenóptera que ejercen control natural sobre larvas de Lepidóptera, también se encontraron polinizadores de la palma aceitera como *Elaeidobius kamerunicus* (Figura 65A) y *Apis mellifera*, abejorros del género *Bombus* polinizando flores de casia que son plantas potenciales para atraer insectos benéficos para el cultivo de palma aceitera como la hormiga *Crematogaster* (Figura 66A) que ejerce control natural sobre algunas plagas del cultivo, también se capturaron e identificaron depredadores como chinches asesinas, mantis y entre otros insectos (Figura 50).

Así mismo también se identificaron insectos que no favorecen o afectan directamente al cultivo de palma aceitera, en su mayoría los insectos capturados pertenecen a los órdenes Orthoptera, Odonata y Blattodea (Figura 50).

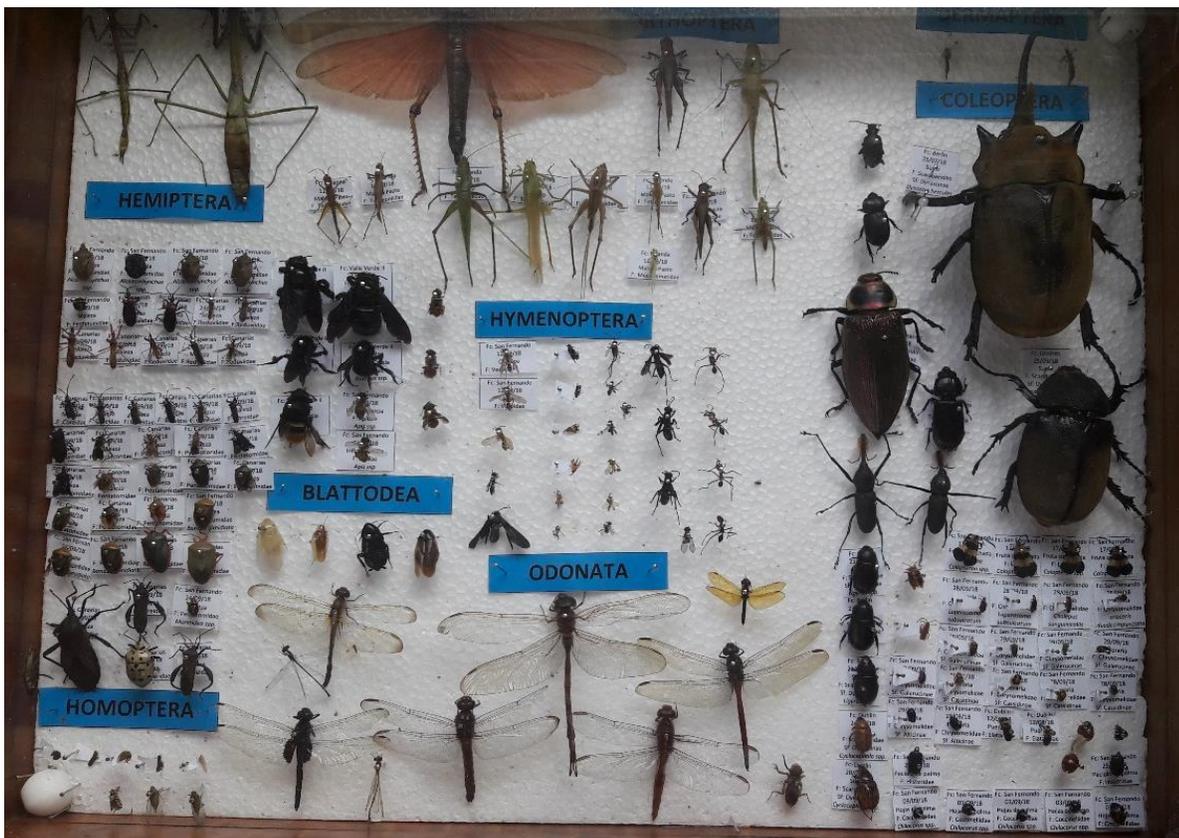


Figura 50. Insectario después de la reconstrucción e identificación de insectos por orden.

En la Figura 51 se puede observar el insectario de adultos del orden Lepidóptera, en el lado izquierdo se encuentran especímenes de *O. cassina* una plaga que ha tomado importancia en el cultivo de palma aceitera por el daño que causan las larvas al follaje, espécimen de *Automeris* sp. otra plaga de importancia en el cultivo de palma aceitera y especímenes de *Dirphia* sp. plaga de menor importancia en la zona, del lado derecho se encuentran especímenes de Lepidóptera que no afectan al cultivo. Los adultos de Lepidóptera no causan ningún daño al cultivo, pero depositan sus huevos en el follaje y las larvas pueden causar daños severos si no se detecta a tiempo la presencia de la plaga.



Figura 51. Insectario reconstruido con adultos de Lepidóptera.

En la Figura 52 se pueden observar distintas plagas pertenecientes al orden Lepidóptera, en estado larval, defoliando el follaje del cultivo, tales como, *O. cassina* la más importante en el departamento de Izabal, *Sibine* spp. plaga de importancia en la zona, la cual se observa parasitada por *Cotesia* sp.; la siembra de nectaríferas dentro de los lotes del cultivo, favorecen el control biológico de larvas, manteniendo la población de las plagas por debajo de niveles críticos, las plantas nectaríferas poseen nectarios en sus hojas que segregan néctar del cual los adultos de parasitoides se alimentan.



Figura 52. Plagas de lepidóptera en palma aceitera, *O. cassina* (A), *Dirphia* sp. (B), *O. kirbyi* (C), *Sibine* sp. (D).

En la Figura 53 puede observarse el insectario de varias plagas que atacan al cultivo de la palma aceitera, entre ellas una de las más importante en la zona nororiente del país es el *R. palmarum* conocido por los Palmicultores como el picudo de la palma, el estado larval es el que causa daños al cultivo, inicia el daño por el cogollo de la planta, mordiendo las nuevas flechas, barrenando el cogollo hasta llegar el meristemo, causando una pudrición de cogollo, además de ser el vector del agente causal del anillo rojo llamado *Bursaphelenchus cocophilus*, las palmas con anillo rojo deben eliminarse ya que sirven como fuente de inoculo, al buscar en troncos en descomposición se encontraron larvas, pupas y adultos de ambos sexos del picudo de la palma.

Se capturaron *Metamasius* sp. posible vector del nematodo causante del anillo rojo, como medida de control de estos insectos principalmente para *R. palmarum* es la captura mediante trampas fabricadas con canecas, con agua melaza y Rhynchophorol, en la cual se capturan ambos insectos, la cantidad de trampas por hectárea depende de la numero de capturas por semana. En la Figura 53 también se observan insectos plaga como *Calyptocephala* sp., *P. perseae*, zompopos y entre otras plagas de importancia.



Figura 53: Insectario de Plagas que atacan al cultivo de palma aceitera.

En la Figura 54 se aprecia cómo se preservaron las larvas de insectos en tubos de ensayo con tapón con alcohol al 75 %, en su mayoría las larvas son de lepidóptera tales como, *O. cassina*, *E. elaeasa*, *S. cecropia*, *Durrantia* sp., *Automeris* sp. *Sibine* sp. y entre otras plagas.



Figura 54: Larvas de insectos plaga preservados con alcohol al 75 % en tubos de ensayo.

3.2.5 Conclusiones

1. Se realizaron tres insectarios, uno adultos del orden Lepidóptera, se encontraron especímenes de plagas de importancia para el cultivo y especímenes que habitan en los lotes del cultivo, pero que no causan daños al cultivo, un segundo insectario con los diferentes insectos plaga capturados en los lotes del cultivo y un tercer insectario con insectos benéficos que habitan en el cultivo, tales como, polinizadores, depredadores, parasitoides de plagas, además en este insectario se montaron los insectos que habitan en el cultivo pero que no causan daños económicos.
2. La clasificación e identificación de los insectos se realizó con la ayuda del manual de plagas de la universidad del Zamorano, revistas de plagas en el cultivo de palma aceitera y con la ayuda de diapositivas de GREPALMA sobre las plagas del cultivo de palma aceitera en Guatemala.

3.2.6 Recomendaciones

1. Limpiar al menos cada 6 meses los insectarios y cambiar las pastillas de naftalina para conservar los insectarios, la naftalina sirve para ahuyentar insectos que puedan dañar los especímenes, además almacenar en un lugar fresco libre de humedad, para evitar la aparición de hongos en los especímenes.
2. Realizar capturas de los diferentes estados de la metamorfosis completa de las plagas más importantes en el cultivo de palma aceitera, para fines de reconocimiento y material de apoyo para capacitación constante del personal.

3.3 SERVICIO 2: LECTURAS DE PH Y DUREZA EN FUENTES DE AGUA UBICADAS EN EL CULTIVO DE PALMA ACEITERA DE LA EMPRESA AGROCARIBE S.A.

3.3.1 Objetivos

A. General

Conocer el valor de pH y dureza las diferentes fuentes de agua que se encuentran en los lotes del cultivo de palma aceitera, que mantienen agua durante la época seca, incluyendo agua para campamentos y plantas procesadoras.

B. Específicos

1. Realizar lecturas de pH y dureza en los distintos puntos de muestreo marcados en los mapas por distrito, en las diferentes fuentes de agua que se encuentran dentro de los lotes del cultivo de palma aceitera.
2. Identificar las fuentes de agua que mejor calidad presenten, en cuanto a consumo humano y para labores agrícolas.

3.3.2 Metodología

Se solicitaron mapas con la respectiva identificación de fuentes de agua en los diferentes lotes del cultivo, un mapa por distrito. Los muestreos se realizaron en ríos, campamentos, plantas procesadoras, pozos y quíneles que mantienen agua en la época seca.

En el mapa se marcaron puntos de muestreo los cuales, facilitaron la búsqueda de las fuentes de agua en las distintas fincas.

Para la toma de lecturas que se realizaron en los campamentos habitacionales se empleó el siguiente procedimiento.

Primero se tomaron muestras de agua antes del proceso de purificación y filtrado para agua de consumo humano en los campamentos, es decir directamente del agua del pozo y muestras después del proceso de filtrado, además se tomaron muestras en los chorros de agua para agroquímicos, cabe mencionar que estas aguas no pasan por el proceso de purificación y filtrado.

La toma de muestra en el a agua para agroquímicos se realizó con el objetivo de conocer la calidad del agua que se emplea en cada finca para las aplicaciones de agroquímicos en los lotes del cultivo.

Para realizar la medición en las muestras primero se tomó la muestra en un recipiente plástico abierto, luego se sumergió la tira indicadora de pH por 3 segundos en la muestra y se retiró del recipiente, seguidamente se sacudió la tira levemente para retirar el exceso de agua, 30 segundos después se observó el cambio de coloración en la tira indicadora, para determinar el pH, la tira se colocó sobre la barra de colores que el proveedor proporciono con el kit, buscando la escala de colores que se pareciera a la del resultado después de tiempo transcurridos, la escala de colores presenta 15 combinaciones de colores para definir el pH de 0 a 14 (Figura 55).



Figura 55. Escala de coloración para muestras de pH (0 a 14).

El mismo proceso se empleó para medir la dureza de las muestras de agua (Figura 56), a diferencia de la toma de muestra del pH, las tiras indicadoras de la dureza se sumergieron por un segundo en la muestra, luego se sacudió levemente la tira para retirar el exceso de agua y se esperó el cambio de coloración por 30 segundos y se comparó la tira utilizada con la escala de colores presente en el frasco, cada tira utilizada se desechó, se metió en un recipiente plástico y se llevó al laboratorio, donde luego se tiró a la basura.

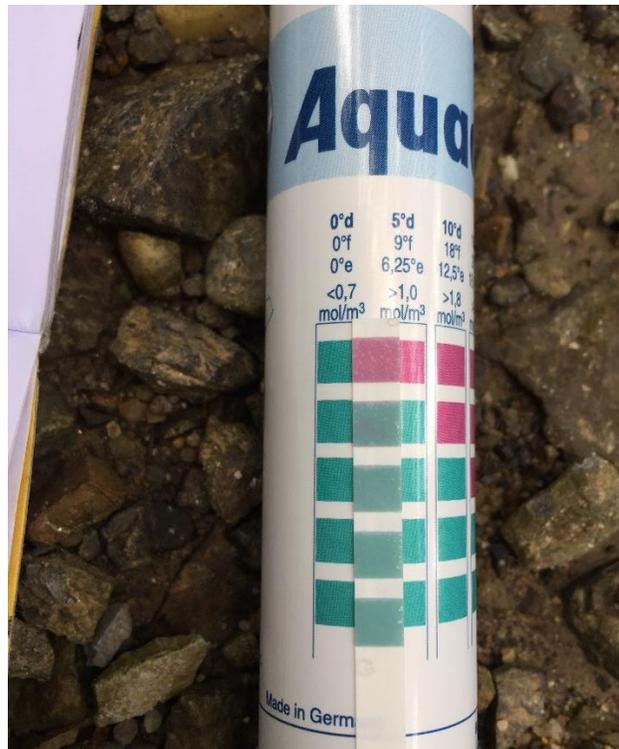


Figura 56. Tiras de medición de dureza 0.70 a 4.20 mol/m³ (ppm/m³).

3.3.3 Material y equipo

- Mapas.
- Bote de 1 galón de capacidad para recolección de muestra.
- Recipiente plástico para toma de muestra.
- Tiras indicadoras de pH y Dureza.
- Libreta de apuntes en campo.
- Computadora y Excel.

3.3.4 Resultados

Las aguas naturales difieren en su composición pH, temperatura, vida acuática y cantidad de orgánicos e inorgánicos suspendidos. Estos factores juegan un papel importante en la determinación de la persistencia de los pesticidas, el efecto del pH es un tema de suma importancia y en cuanto a la composición química del agua esta se convierte en dura por la presencia de carbonatos, sulfatos, cloruro de calcio, magnesio y hierro, las aguas duras contienen alto contenido de Ca y Mg, si un herbicida en forma de sal se diluye en el agua dura se ioniza y reacciona con los iones de Ca y Mg del agua dura, formando precipitados que pueden obstruir los filtros y las boquillas de las aspersores (Rico Parra, 1999).

La calidad del agua juega un papel muy importante en las labores agrícolas, ya que la mayoría de moléculas de los productos son estables entre 4 y 6, ya que a este pH la solución aplicada no sufre poca hidrólisis alcalina y en la mezcla se mantendrá la máxima cantidad de ingrediente activo; el pH indica la concentración de iones de hidrogeno en determinada solución, en una solución el pH puede ser ácido (H^+) o alcalino (OH). La dureza debe ser blanda para que no se formen precipitados al adicionar el agroquímico en la mezcla, la cual se encuentra por debajo de 75 ppm de CO_3Ca (Rico Parra, 1999).

Valores bajos de pH indican acidez en el agua o el suelo que solubiliza el aluminio, el cual es tóxico para las plantas y ocasiona problemas en el sistema radicular, un pH demasiado alto indica alcalinidad ocasionando deficiencias de los principales nutrientes en las plantas, por ello la calidad del agua determina el buen manejo de un cultivo.

El pH es muy importante para la preparación de mezclas de agroquímicos, si el pH es muy alto o bajo para la mezcla de agroquímicos sucede una hidrólisis, la cual consiste en la ruptura de las moléculas del ingrediente activo de los agroquímicos, es decir la molécula se degrada en el agua y se vuelve inestable, por tanto la eficiencia del producto se pierde, uno de los errores que se suelen cometer es creer que adicionando más producto se podrá corregir este problema y las plagas o malezas generan resistencia ante los productos al emplear altas concentraciones.

El pH y la dureza son parámetros que se miden en la calidad de agua para consumo humano, de acuerdo a la norma COGUANOR, establece como Límite Máximo Aceptable (LMA), el cual es el valor arriba de la cual las características son permisibles por los consumidores desde el punto de vista sensorial, sin que implique un daño en la salud del consumidor y Límite Máximo Permisible (LMP) arriba de la cual el agua no es adecuada para el consumo humano, estableciendo para el pH 7,0-7,5 (LMA) y 6,5-8,5 (LMP) y para la dureza total (CaCO_3) 100,0 ppm (LMA) y 500 ppm (LMP) (COGUANOR NTG 29001).

Las fincas que mejor calidad de agua poseen en cuanto al pH y dureza para labores agrícolas fueron, en el distrito uno finca Dublín con un valor de 6.2 de pH y 94 ppm de dureza, finca Viena con pH de 7.0 y 85 ppm de dureza; en el distrito dos las fincas de África con valores de pH de 5 a 6.3 y de 70 a 135 ppm de dureza y para el distrito tres las fincas La Francia, San Juan y Valle Verde presentaron valores de pH óptimo entre 5.0 y 6.0 y de 70 a 100 ppm de dureza (Cuadro 14).

En el caso de fuentes de agua de los campamentos los que mejor calidad de agua mostraron en los muestreos fueron el campamento Dublín, Viena y La Francia, presentando valores óptimos para labores agrícolas en el agua para agroquímicos, además también reflejan una buena calidad para consumo humano (Cuadro 15), así mismo se determinó que el agua de la extractora es de buena calidad y los riachuelos que se encuentran en las fincas de África también demostraron buena calidad en cuanto al pH y dureza.

Cuadro 14. Valores promedio de pH y dureza por finca

Distrito	Sector	Finca	pH	Dureza (ppm)
1	1	Dublin	6.2	94
1	2	Aldea Champona	5.0	70
1	2	Londres	7.0	125
1	2	San Fernando	5.0	85
1	3	Mariana	7.0	270
1	3	Viena	7.0	85
1	4	Cary Island	5.0	80
1	4	La Esperanza	5.1	73
1	4	Moran	5.0	70
1	4	Placa I	5.0	70
1	4	Porvenir	8.0	450
2	2	Arizona	7.0	100
2	2	Lousiana	7.0	153
2	3	Inca	8.0	243
2	4	Africa	6.3	123
2	4	Africa I	5.5	135
2	4	Africa III	5.0	70
2	4	Africa IV	5.3	133
2	4	Africa V	5.0	100
2	5	Florenia	6.3	117
3	1	San Juan	5.5	95
3	3	La Francia	5.5	78
3	4	Valle verde	5.0	70
3	4	Yalu	6.0	100

En los resultados del muestreo de los ríos que se muestran en el Cuadro 15, se puede apreciar que en algunos ríos solo hay un muestreo y en otros tiene más de 3 muestreos, por ejemplo el río San Francisco, este atraviesa varias fincas de la empresa por ello se realizaron varios muestreos; en base a los datos obtenidos, demuestran que los valores de pH y dureza de las muestras tomadas en los cuerpos de agua que atraviesan las fincas, se mantienen en los rangos óptimos por lo que demuestran que el agua de estos cuerpos de agua es de buena calidad en cuanto al pH y dureza.

Cuadro 15. Valores de pH y dureza de diferentes fuentes de agua en los lotes de palma.

Fuente de agua	Distrito	Sector	Finca	pH	Dureza (ppm)
Campamento	1	1	Dublin	6.3	93
Campamento	1	2	Londres	7.0	125
Campamento	1	3	Mariana	7.0	270
Campamento	1	3	Viena	7.0	85
Campamento	2	2	Lousiana	7.0	153
Campamento	2	3	Inca	8.0	243
Campamento	2	4	Africa	7.0	157
Campamento	2	5	Florenia	7.7	143
Campamento	3	1	San Juan	5.7	100
Campamento	3	3	La Francia	6.0	85
Cisterna para aplicación de químico	1	1	Dublin	6.0	100
Cisterna para aplicación de químico	2	2	Arizona	7.0	100
Extractora	3	3	La Francia	5.0	70
Charca	1	4	La Esperanza	6.0	70
Quebrada1	2	4	Africa IV	5.0	85
Quebrada2	2	4	Africa IV	5.0	70
Quebrada3	2	4	Africa IV	5.0	100
Quebrada4	2	4	Africa IV	6.0	270
Quebrada4	2	4	Africa V	5.0	100
Quebrada6	2	4	Africa I	5.0	70
Riachuelo	1	4	La Esperanza	5.0	100
Riachuelo2	2	4	Africa IV	5.0	70
Riachuelo3	2	4	Africa IV	5.0	100
Riachuelo4	2	4	Africa III	5.0	70
Riachuelo4	2	4	Africa IV	6.0	270
Riachuelo4	2	4	Africa V	5.0	100
Riachuelo5	2	4	Africa I	5.0	100
Riachuelo6	2	4	Africa I	6.0	180
Rio Chacho	1	2	Aldea Champona	5.0	70
Rio Chacho	1	2	San Fernando	5.0	70
Rio Chacho	1	4	Cary Island	5.0	80
Rio las Animas	3	4	Valle verde	5.0	70
Rio Negro	3	1	San Juan	5.3	90
Rio San Francisco	1	2	Aldea Champona	5.0	70
Rio San Francisco	1	2	San Fernando	5.0	100
Rio San Francisco	1	4	Moran	5.0	70
Rio San Francisco	1	4	Placa I	5.0	70
Rio San Francisco	2	5	Florenia	5.0	90

Como puede observarse en el Cuadro 15, los campamentos del distrito dos poseen los valores más altos en cuanto al pH y dureza, lo cual indica que estas aguas no son ideales para las labores agrícolas, sin embargo, se utilizan correctores de pH y dureza para mezcla de agroquímicos.

El muestreo realizado en los campamentos antes del proceso del potabilizador y después del proceso, demostraron diferencias en cuanto a los valores de pH y dureza efectivamente se observó un cambio favorable en los valores de pH y dureza, es decir que en algunos campamentos que mostraron altos valores de pH y dureza, al pasar por el proceso de purificación y filtrado en el potabilizador estos valores bajaron, mejorando la calidad del agua en cuanto al pH y dureza.

3.3.5 Conclusiones

1. De acuerdo con los resultados obtenidos, no todos los campamentos poseen buena calidad de agua para la mezcla de agroquímicos, los campamentos que poseen buena calidad para las aplicaciones de productos se encuentran en el distrito uno y tres, en el distrito dos todos los campamentos mostraron valores altos de pH y dureza, lo cual perjudica la estabilidad de la molécula del ingrediente activo de cualquier producto y se produce una precipitación de las moléculas, por tanto la eficiencia de aplicación se puede ver afectada si no se utilizan correctores de pH y dureza.
2. El proceso de filtrado y purificación en el potabilizador para el agua de consumo humano mejora la calidad del agua en cuanto al pH y dureza, en todos los campamentos existe un sistema de potabilización y en todos los campamentos después del proceso de potabilización, la mediciones realizadas en el agua para consumo humano demostraron que la calidad es muy buena en cuanto al pH y dureza; en cuanto a los ríos, riachuelos y quíneles que atraviesan las fincas de la empresa, las evaluaciones realizadas demostraron que la calidad del agua es buena en cuanto al pH y dureza.

3.3.6 Recomendaciones

3. Implementar el proceso de filtrado de agua para agroquímicos, ya que mejora la calidad del agua proveniente de los pozos mecánicos, si la calidad de agua se mejora, se reduce el uso de correctores de pH y dureza, además que las aplicaciones de agroquímicos serán más afectivas.

4. Utilizar correctores de pH y dureza en las distintas fincas del distrito 2, o bien movilizar agua en las cisternas de agua para uso de agroquímicos para cada campamento, de los campamentos que presentaron buena calidad en cuanto al pH y dureza del agua.

3.4 SERVICIO 3: ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE LA SEVERIDAD CAUSADA POR *P. palmarum* CON LA NUTRICIÓN DEL CULTIVO, EN LOS ENSAYOS DE POTENCIAL DE RESPUESTA Y LAS COMBINACIONES DE DOSIS DE NPK.

3.4.1 Objetivos

A. General

Definir la dosis adecuada de NPK para contrarrestar el daño ocasionado por *P. palmarum*, agente causal del añublo foliar, en base a los censos realizados en los ensayos de fertilidad.

B. Específicos

1. Determinar el elemento nutricional que reduzca significativamente el daño causado por *P. palmarum* agente causal del añublo foliar, a través de una correlación entre las dosis de cada elemento con respecto al censo del añublo foliar.
2. Determinar la dosis adecuada de los elementos nutricionales que reduzcan el daño causado por *P. palmarum*, a través de una correlación de datos sobre la severidad.

3.4.2 Metodología

Empleando tablas dinámicas se correlacionó la severidad del añublo foliar, realizando una gráfica para cada ensayo, donde en el eje "X" se encuentran los tratamientos, en dicho ensayo existe una sola repetición por finca, en la finca Barcelona se encuentran 27 parcelas experimentales y 48 en la finca Eskimo en el ensayo de NPK, cada parcela experimental tiene diferentes dosis de NPK; en el eje "Y" se encuentra el rango de severidad de daño causada por *P. palmarum* al follaje, la cual se mide de 0 a 5, donde 0 indica la ausencia de daño en el follaje, el siguiente rango calificativo es 1 el cual indica la presencia de la enfermedad entre un daño de 1 % a 20 %, así sucesivamente hasta llegar al indicador 5 el cual indica un daño de 81 % a 100 %, cuando existe un secamiento total (AGROCARIBE, 2018).

Las evaluaciones se realizan en los niveles de hoja 9, 17, 25 y 33, en las tablas dinámicas se realizó un promedio general por palma en cada parcela, es decir se promediaron todos los niveles de hoja y todas las palmas censadas en cada parcela.

La base de datos presenta datos de los últimos tres años, del año 2016 al 2018, cada curva en el grafico hace referencia al promedio de la severidad de daño causada por añublo foliar por año en cada parcela, si alguno de los tratamientos ejerce un efecto sobre el daño del añublo foliar, a diferencia de los demás tratamientos este mantendrá el daño o bien disminuirá a través de los años.

3.4.3 Material y equipo

- Base de datos del censo del añublo foliar en los ensayos de fertilidad.
- Tratamientos de los ensayos de potencial de respuesta y NPK.
- Computadora y Excel.

3.4.4 Resultados

A. Correlación en el ensayo de NPK, entre las dosis aplicadas con la severidad promedio del añublo foliar.

En las Figuras 57 y 58 se puede observar como la severidad de la enfermedad ha aumentado a través del tiempo, del año 2016 al 2018, la curva del año 2016 representada con el color verde la cual es la más baja en cuanto al promedio de daño causado por añublo foliar, luego sigue el año 2017 con la curva de color amarillo y la curva más alta es la del año 2018 con coloración roja, se observa que a través de los años la severidad ha aumentado.

Un estudio realizado en la zona norte y central de Colombia, precisamente sobre la nutrición del cultivo con la incidencia de *P. palmarum* en la palma aceitera, genero datos interesantes sobre como la concentración de nutrientes en el follaje afecta la incidencia de la enfermedad.

Demostrando que el daño causado por el añublo foliar fue menor a medida que aumento la concentración foliar de Potasio (K), es decir existe una correlación negativa entre este elemento nutricional con el daño causado por el añublo foliar, los resultados indicaron que al pasar de un nivel foliar de K de 0.75 % a 0.90 %, el índice de daño se redujo en un 35 %; en un cultivo con un manejo adecuado y una buena fertilización el nivel de K foliar se encuentra cerca de 1.1 % en la hoja 17, los suelos de las zonas donde se realizó el estudio indican que el suelo es pobre en K, por lo que los Palmicultores pueden reducir el daño ocasionado por el añublo aumentando las dosis de K en el programa de fertilización del cultivo (Motta *et al.* 2004).

En dicho estudio también se dio a conocer que el Calcio (Ca) foliar tiene correlación positiva con el daño ocasionado por el añublo foliar, es decir que al aumentar el nivel de Ca foliar el daño en el follaje aumenta, en cuanto a la relación de $(Ca+Mg)/K$ al pasar de 1.40 a 1.05 el índice de daño disminuyo en un 46 %, en general como relación ideal se recomienda 0.80, dicho estudio menciona que el daño causado por *P. palmarum* en el follaje se debe a una deficiencia de K (Motta *et al.* 2004).

En la Figura 57 la cual pertenece a la finca Eskimo se puede apreciar que la curva del año 2016 presenta picos altos en algunas parcelas que no volvieron a suceder en los años 2017 y 2018, probablemente en el año 2016 existieron focos de alta severidad en el lote donde se tiene el ensayo; el objetivo de este análisis fue validar si al aumentar la dosis de K se reduce el daño causado por el añublo foliar, en la finca Eskimo la dosis más alta de K fue de 3,000 gr por palma, la cual se encuentra distribuida en las parcelas que son múltiplos de 4, sin embargo, al observar la Figura 57 no se observa que la severidad sea menor en estas parcelas, sino que se mantiene al igual que las parcelas que tienen la dosis de 300 gr de K por palma (Cuadro 16), por tanto, en este ensayo se descarta que al aumentar la dosis de aplicación de K, el daño causado por el añublo se reduce.

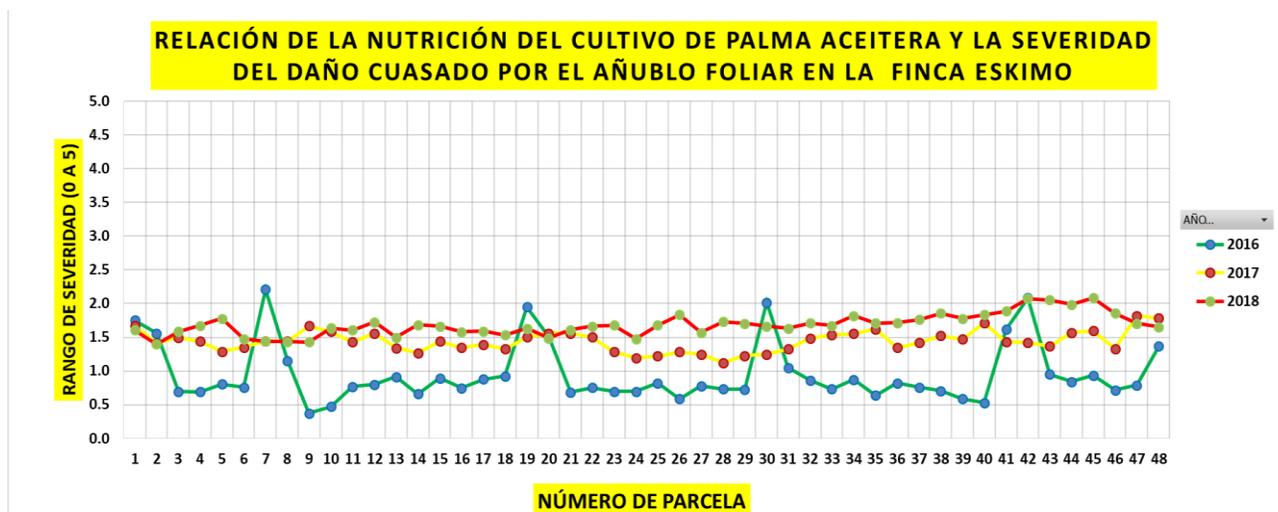


Figura 57. Relación nutricional del cultivo con la severidad del añublo foliar en el ensayo NPK en la finca Eskimo.

Cuadro 16. Dosis de NPK en cada parcela experimental en el ensayo NPK en la finca Eskimo.

Proporciones				Elementos g/palma			Proporciones				Elementos g/palma			Proporciones				Elementos g/palma		
Parcela	N	P	K	N	P	K	Parcela	N	P	K	N	P	K	Parcela	N	P	K	N	P	K
1	1	0	0	300	100	300	17	2	0	0	600	100	300	33	3	0	0	900	100	300
2	1	0	1	300	100	1200	18	2	0	1	600	100	1200	34	3	0	1	900	100	1200
3	1	0	2	300	100	2100	19	2	0	2	600	100	2100	35	3	0	2	900	100	2100
4	1	0	3	300	100	3000	20	2	0	3	600	100	3000	36	3	0	3	900	100	3000
5	1	1	0	300	175	300	21	2	1	0	600	175	300	37	3	1	0	900	175	300
6	1	1	1	300	175	1200	22	2	1	1	600	175	1200	38	3	1	1	900	175	1200
7	1	1	2	300	175	2100	23	2	1	2	600	175	2100	39	3	1	2	900	175	2100
8	1	1	3	300	175	3000	24	2	1	3	600	175	3000	40	3	1	3	900	175	3000
9	1	2	0	300	350	300	25	2	2	0	600	350	300	41	3	2	0	900	350	300
10	1	2	1	300	350	1200	26	2	2	1	600	350	1200	42	3	2	1	900	350	1200
11	1	2	2	300	350	2100	27	2	2	2	600	350	2100	43	3	2	2	900	350	2100
12	1	2	3	300	350	3000	28	2	2	3	600	350	3000	44	3	2	3	900	350	3000
13	1	3	0	300	520	300	29	2	3	0	600	520	300	45	3	3	0	900	520	300
14	1	3	1	300	520	1200	30	2	3	1	600	520	1200	46	3	3	1	900	520	1200
15	1	3	2	300	520	2100	31	2	3	2	600	520	2100	47	3	3	2	900	520	2100
16	1	3	3	300	520	3000	32	2	3	3	600	520	3000	48	3	3	3	900	520	3000

En la Figura 58 se observa el mismo comportamiento a través de los años que se observa en la Figura 57, la severidad fue menor en el año 2016, que en el año 2017 y 2018, así mismo no se observa ninguna parcela que presente menor severidad en cuanto al daño causado por el añublo foliar, sino que el daño se manifiesta de manera similar en todas las parcelas, para conocer las dosis de NPK en cada parcela observe el Cuadro 17.

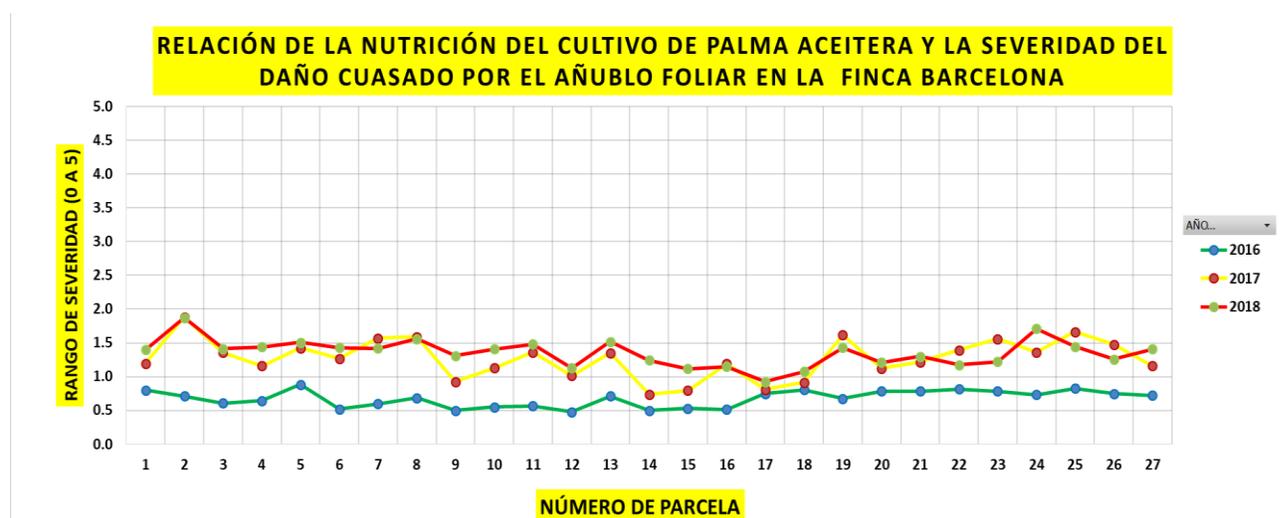


Figura 58. Relación nutricional del cultivo con la severidad del añublo foliar en el ensayo NPK en la finca Barcelona.

Cuadro 17. Dosis de NPK en cada parcela experimental en el ensayo NPK en la finca Barcelona.

Proporciones			Elementos g/palma			Proporciones			Elementos g/palma			Proporciones			Elementos g/palma					
Parcela	N	P	K	N	P	K	Parcela	N	P	K	N	P	K	Parcela	N	P	K	N	P	K
1	3	3	1	900	520	1200	10	2	3	1	600	520	1200	19	3	1	2	900	175	2100
2	2	2	1	600	350	1200	11	1	1	2	300	175	2100	20	2	2	0	600	350	300
3	1	2	0	300	350	300	12	2	1	0	600	175	300	21	1	3	1	300	520	1200
4	2	1	2	600	175	2100	13	2	2	2	600	350	2100	22	1	2	2	300	350	2100
5	3	2	2	900	350	2100	14	3	2	0	900	350	300	23	3	2	1	900	350	1200
6	1	3	2	300	520	2100	15	3	1	1	900	175	1200	24	3	3	0	900	520	300
7	2	3	0	600	520	300	16	1	3	0	300	520	300	25	1	1	0	300	175	300
8	1	1	1	300	175	1200	17	3	3	2	900	520	2100	26	2	1	1	600	175	1200
9	3	1	0	900	175	300	18	1	2	1	300	350	1200	27	2	3	2	600	520	2100

Con los datos de la finca Eskimo se realizó una gráfica sobre la relación N/K del cultivo de palma aceitera y el daño ocasionado por *P. palmarum*, definiendo que en cuanto la relación aumenta la severidad aumento en el año 2,018, la relación se realizó con una dosis fija de 300 gr de K con dosis igual y mayores de N, en relaciones a 1, 2 y 3, al aumentar la relación de 1 a 3, se observó un incremento del 17 % en el daño causado por el añublo foliar; Motta *et al.*, 2004 determinaron que el nivel de N foliar estuvo relacionado con la enfermedad a través de la relación N/K, de tal forma que al aumentar esta relación, el porcentaje en la hoja 17 aumento. Cuando el valor de esta relación cambio de un nivel de desbalance de 3.75 al valor considerado como óptimo de 2.2, el índice de daño disminuyo en un 43 %. Una relación de similar magnitud en el índice de daño se observó al pasar de una relación Ca/K altamente desbalanceada (1.60) a su valor óptimo de 0.54.

En cultivos de palma aceitera en la zona norte y central de Colombia donde se presentan deficiencias nutricionales, se puede favorecer la protección del cultivo manteniendo los niveles de nutrientes balanceados en los siguientes rangos: N/K menor de 2.3; Ca/K menor de 0.55; Ca/Mg menor de 2.3; y (K+Mg)/Ca mayor de 2.3 (Motta *et al.* 2004).

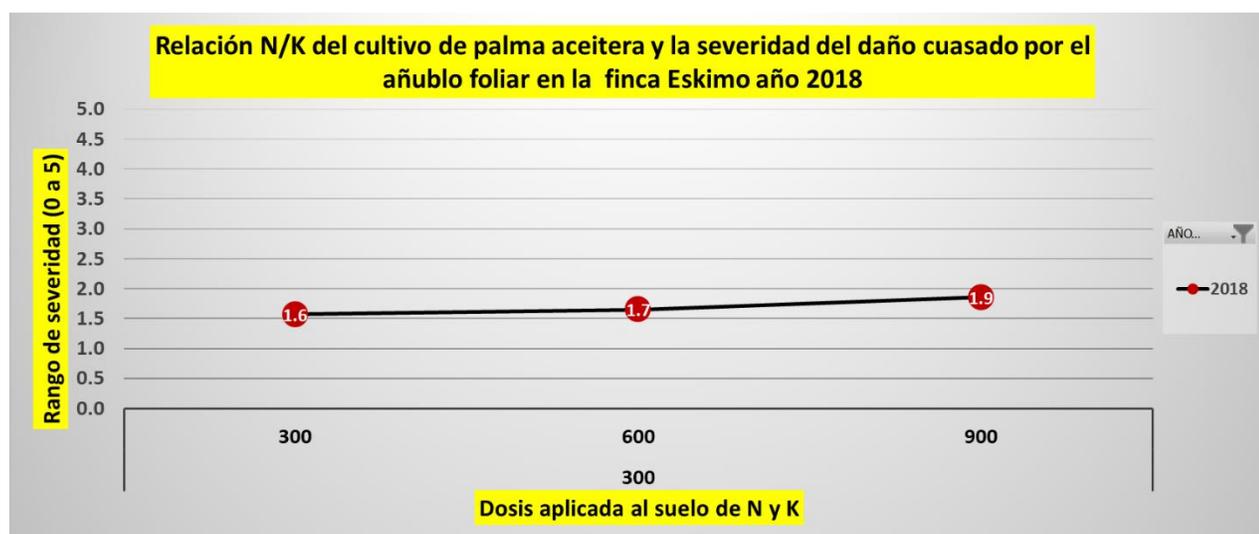


Figura 59. Relación nutricional del cultivo con la severidad del añublo foliar en el ensayo NPK en la finca Barcelona.

B. Relación nutricional del cultivo en el ensayo de potencial de respuesta (PR) con la severidad del daño causado por el añublo foliar.

El ensayo de PR consiste en la aplicación de los diferentes fertilizantes que se utilizan en el cultivo de palma aceitera en dosis menores y mayores a la dosis comercial recomendada, la dosis 0 % representa el tratamiento sin aplicación de fertilizantes, en el tratamiento 50 % se aplica la mitad de la dosis comercial, por tanto el tratamiento 100 % es la dosis comercial que se emplea en el programa de fertilización del cultivo, el tratamiento 150 % es el aumento en un 50 % de la dosis comercial y en el tratamiento 200 % se aplica el doble de la dosis comercial (AGROCARIBE, 2018).

Con el fin de conocer si el aumento de dosis disminuye el daño causado por *P. palmarum* se realizó una correlación con el registro del censo del añublo foliar realizado en cada parcela experimental con los tratamientos (Figura 60). Donde se observó que la severidad ha aumentado a través del tiempo y que ninguno de los tratamientos ejerce algún efecto sobre el daño causado por la enfermedad, es decir que para el daño causado por el añublo da lo mismo entre aplicar y no aplicar fertilizante.

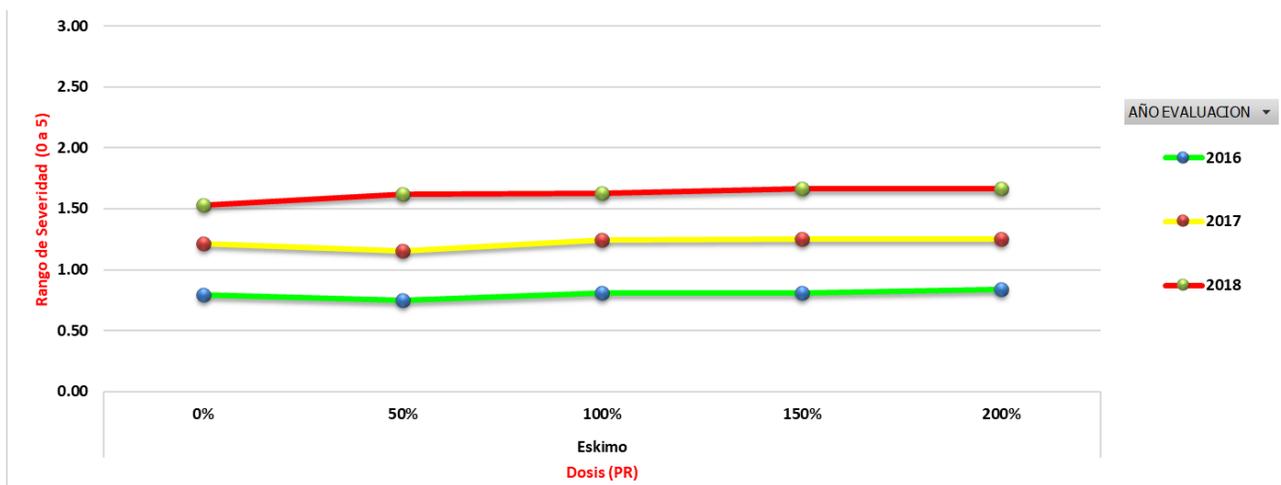


Figura 60. Correlación entre el ensayo de PR con la severidad de daño causado por el añublo foliar, evaluada en los años 2016, 2017 y 2018.

3.4.5 Conclusiones

1. No se encontró relación de la nutrición del cultivo con el daño causado por *P. palmarum*, agente causal del añublo foliar, enfermedad que causa secamiento en el follaje y por tanto reduce el área fotosintética de las palmas, en el ensayo de NPK, ningún tratamiento afectó la severidad del daño causado por la enfermedad, sin embargo, se determinó que la severidad aumentó en todos los tratamientos a través del tiempo; en la finca Eskimo se encontró una correlación positiva entre la relación N/K aplicada al suelo, pues al aumentar la relación de 1 a 3 se determinó que la severidad aumenta en un 17 %.
2. En el ensayo de potencial de respuesta de la finca Eskimo donde se aplican diferentes dosis de los fertilizantes aplicados en el ciclo de fertilización anual, no se encontró ninguna relación en cuanto a aumentar o disminuir la dosis comercial de cada fertilizante con la severidad del daño causado por el añublo foliar, es decir entre aplicar y no aplicar fertilizantes no se ve afectada la severidad del daño causado por *P. palmarum*.

3.4.6 Recomendaciones

1. Se debe montar un ensayo donde las aplicaciones de fertilizantes sean individuales, es decir en una sola parcela aplicar un solo fertilizante y no en mezclas, lo cual permitirá conocer que elemento nutricional tiene relación con el añublo foliar y realizar análisis foliares antes de montar el ensayo y después de finalizar el experimento, con ello comparar los niveles nutricionales descritos en este servicio para validar datos.
2. Definir un método de muestreo de la enfermedad y un solo criterio si este se realiza de manera visual, capacitar al personal para que todos tengan un solo criterio de evaluación y así reducir la variación en los datos en cuanto al censo de la enfermedad.

3.5 BIBLIOGRAFÍA

1. AGROCARIBE (Corporación Agroindustrial del Caribe, Guatemala). 2018. Base de datos sobre el censo de *P. palmarum* y ensayo NPK y PR. Izabal, Guatemala.
2. Calvache Guerrero, H. 2017. Manejo integrado de plagas defoliadoras: detección de focos iniciales (diapositiva). Guatemala, Grepalma. 68 diapositivas, color. Consultado 25 marzo 2018. Disponible en <https://www.grepalma.org/wp-content/uploads/2018/09/D1-C8-Insectos-defoliadores-de-la-palma-de-aceite-y-su-manejo.pdf>
3. Aldana de la Torre, RC; Aldana de la Torre, JC; Calvache Guerrero, H; Franco Bautista, PN. 2009. Manual de plagas de palma de aceite en Colombia. 4 ed. Sena-Cenipalma. 194 p.
4. Rico Parra, JG. 1999. Efecto del pH del agua sobre los agroquímicos. México, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". 55 p.
5. COGUANOR NTG 29001. Agua para consumo humano (agua potable). Especificaciones. Comisión Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía. Consultado 12 de julio 2020. Disponible en <https://www.mspas.gob.gt/images/files/saludambiente/regulacionesvigentes/AguaConsumoHumano/NormaTecnicaGuatemaltecaNTG29001.pdf>
6. Motta, F; Arias, A; Aldana, A; Córdoba, 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(No. Especial): 179-185.


Rolando Barrios

3.6 ANEXOS



Figura 61A. Trampa para captura de adultos de *O. cassina*, plaga del follaje de importancia en la zona norte de Guatemala.



Figura 62A. Trampa para captura de adultos de *R. palmarum*, causante de la Pudrición de Cogollo y vector del agente causal del Anillo Rojo.



Figura 63A. Montaje de Insectos capturados en el cultivo de palma aceitera.



Figura 64A. Plancha de Duroport para montaje de Mariposas.



Figura 65A. Flor masculina de palma de aceite y polinizadores.



Figura 66A. *Crematogaster* sp. encontrada en el follaje del cultivo de palma aceitera.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA –FAUSAC–
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS
Y AMBIENTALES –IIA–



REF. Sem. 51/2019

EL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO:

“EVALUACIÓN DE CUATRO FUNGICIDAS, UNO BIOLÓGICO Y TRES QUÍMICOS PARA CONTROLAR EL AÑUBIO FOLIAR CAUSADO POR EL HONGO *Pestalotiopsis palmarum* (Cooke) STEYEART 1949, EN EL CULTIVO DE PALMA ACEITERA (*Eleais guineensis*), EN LA FINCA SAN FERNANDO, ENTRE RIOS, PUERTO BARRIOS, IZABAL, GUATEMALA, C.A.”

DESARROLLADO POR EL ESTUDIANTE:

GABRIEL ALEJANDRO
GARCÍA RIVERA

CARNE:

201400423

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES:

Ing. Agr. Carlos Godínez
Dr. David Monterroso Salvatierra
Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes

Los Asesores y la Dirección del Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales de la Facultad de Agronomía, hace constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y el Reglamento de este Instituto. En tal sentido pase a la Dirección del Área Integrada para lo procedente.

Dr. David Monterroso Salvatierra
ASESOR ESPECIFICO



Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes
DOCENTE-ASESOR EPS

Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
DIRECTOR DEL IIA



WNR/nm
c.c. Archivo

Ref. SAIEPSA.05.2021

Guatemala, 28 de enero de 2021

TRABAJO DE GRADUACIÓN: EVALUACIÓN DE CUATRO FUNGICIDAS, UNO BIOLÓGICO Y TRES QUÍMICOS PARA CONTROLAR EL AÑUBIO FOLIAR CAUSADO POR EL HONGO *Pestalotiopsis palmarum* (Cooke) STEYEART 1949, EN EL CULTIVO DE PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis*), EN LA FINCA SAN FERNANDO, ENTRE RÍOS, PUERTO BARRIOS, IZABA, GUATEMALA, C.A.

ESTUDIANTE: GABRIEL ALEJANDRO GARCÍA RIVERA

No. CARNÉ 201400423

Dentro del Trabajo de Graduación se presenta el Capítulo II que se refiere a la Investigación Titulada:

“EVALUACIÓN DE CUATRO FUNGICIDAS, UNO BIOLÓGICO Y TRES QUÍMICOS PARA CONTROLAR EL AÑUBIO FOLIAR CAUSADO POR EL HONGO *Pestalotiopsis palmarum* (Cooke) STEYEART 1949, EN EL CULTIVO DE PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis*), EN LA FINCA SAN FERNANDO, ENTRE RÍOS, PUERTO BARRIOS, IZABAL, GUATEMALA, C.A.”

LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Carlos Godínez
Dr. David Monterroso Salvatierra
Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes

Los Asesores de Investigación, Docente Asesor de EPSA y la Coordinación del Área Integrada, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y Reglamento de la Facultad de Agronomía. En tal sentido, pase a Decanatura.

“Id y Enseñad a Todos”



Vo. Bo. Ing. Agr. M.A. Pedro Peláez Reyes
Profesor docente Asesor de EPS y Coordinador Area Integrada – EPS

cc.archivo
PPR/azud



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



No. 04.2021

Trabajo de Graduación: "EVALUACIÓN DE CUATRO FUNGICIDAS, UNO BIOLÓGICO Y TRES QUÍMICOS PARA EL CONTROL DEL AÑUBLO FOLIAR CAUSADO POR EL HONGO *Pestalotiopsis palmarum* (Cooke) Steyeart 1949, EN EL CULTIVO DE PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis*); DIAGNOSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN PUERTO BARRIOS, IZABAL, GUATEMALA, C.A. "

Estudiante: Gabriel Alejandro García Rivera

Carné: 201400423

"IMPRÍMASE"

Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
DECANO

