

EVALUACIÓN DE UN BIOFUNGICIDA A BASE DEL EXTRACTO DE LA  
PLANTA *Melaleuca alternifolia* COMO ALTERNATIVA DE CONTROL DE LA  
PESTALOTIOPSIS EN PALMA DE ACEITE HIBRIDO O<sub>x</sub>G

EDWIN ALFREDO PIRATEQUE GUEVARA

MERCEDES ROA ROA

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE

PROGRAMA DE AGRONOMÍA

VILLANUEVA CASANARE

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 HIBRIDO O<sub>x</sub>G

EDWIN ALFREDO PIRATEQUE GUEVARA

MERCEDES ROA ROA

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR POR EL  
TÍTULO AGRÓNOMO

ASESOR

Ingeniera Agrónoma Mg. GENIDTH DIAZ RODRIGUEZ

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA

PROGRAMA DE AGRONOMÍA

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE

VILLANUEVA CASANARE

2017

## **Dedicatoria**

A Dios, mi guía, mi luz y mi fortaleza

A nuestros padres por sus consejos, sus valores, por la motivación constante a salir adelante, por la constancia, comprensión y apoyo incondicional durante el transcurso de esta etapa profesional.

A mi Familia y amigos

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Especialmente a los docentes por su gran apoyo

Ing. Genith Díaz

Ing. Adriana Lucia Díaz

Zootecnista Esp ESAD Dayro Enrique Cortes Martinez

## **Agradecimientos**

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a la Plantación Palmas del Casanare S.A.S por permitirnos contar con valiosa colaboración para adelantar el desarrollo de esta investigación.

Ing. Agrónoma Martha Lya Hernández por su orientación y aportes recibidos durante el desarrollo de esta investigación.

Ing. Agrónomo Fredy Villamil, Dipl. Gerencia de proyectos Profesional de la Organización Stockton Group, por su asesoría y apoyo en esta investigación.

A nuestro amigo Yamith Acosta por su gran apoyo incondicional en la culminación de este proyecto.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi
INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVOS .....	3
1. TEÓRICO-CONCEPTUAL .....	4
1.1 Importancia de la investigación .....	4
1.2 Planteamiento del problema .....	5
2. JUSTIFICACIÓN .....	6
3. MARCO REFERENCIAL.....	7
3.1 Marco teórico .....	7
3.2 Pestalotiopsis y el complejo <i>Pestalotia</i> spp. ....	8
3.3 <i>Leptopharsa gibbicularina</i> (chinche de encaje).....	9
3.3.1 Clasificación. ....	9
3.3.2 Biología y hábitos.....	11
3.4 Relación <i>Leptopharsa</i> - Pestalotiopsis .....	12
3.5 Historia del árbol de té, la <i>Melaleuca alternifolia</i> , o Tea Tree .....	13
3.6 Uso de la <i>Melaleuca alternifolia</i> como fungicida natural Timorex Gold®.....	14
3.7 Uso del biofungicida en cultivo de plátano para el control de la Sigatoka negra ..	15
3.8 Modo de acción del extracto de la planta <i>Melaleuca alternifolia</i> .....	15

3.9 La actividad fungicida de Timorex Gold® contra la Sigatoka negra .....	16
3.10 La importancia de Timorex Gold® en el manejo de la resistencia.....	18
4. MARCO ESPACIAL.....	19
5. METODOLOGÍA.....	21
5.1 Tipo de estudio.....	21
5.2 Población objetivo.....	21
5.3 Técnicas de recolección de la información. ....	21
5.4 Instrumentos a utilizar.....	23
6. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	24
6.1 Metodología en campo.....	24
6.1.1 Área de estudio .....	24
6.1.2 Tratamientos y Repeticiones en campo.....	24
6.1.3 Descripción de los Tratamientos .....	25
6.1.4 Método de Aplicación .....	25
6.1.5 Toma de datos (evaluaciones).....	26
6.2. Metodología en laboratorio.....	28
6.2.1 Toma de muestras. ....	29
6.2.2 Aislamiento .....	29
6.2.3 Purificación y preparación del médium .....	30
6.2.4 Inoculación y Antibiograma.....	31

7. ANÁLISIS Y RESULTADOS .....	33
7.1 Presentación de resultados .....	33
7.2 Descripción de resultados en campo .....	33
7.2.1 Tratamiento 4. Testigo.....	34
7.2.2 Tratamiento 1. Timores 160 ml.....	34
7.2.3 Tratamiento 2. Timorex 230 ml.....	35
7.2.4 Tratamiento 3. Serenade.....	36
7.2.5 Tratamiento 4. (testigo) .....	36
7.3 Análisis estadístico de campo .....	37
7.3.1 Análisis escala de defoliación en hojas 1 – 9 – 17 – 25 .....	37
7.3.2 Graficas de escala de defoliación en Hoja Numero 1.....	38
7.3.3 Graficas de escala de defoliación en Hoja Numero 9.....	40
7.4 Descripción de resultados en laboratorio .....	42
7.4.1 Primera evaluación. ....	42
7.4.2 Segunda Evaluación .....	43
7.5 Análisis estadístico de laboratorio .....	44
7.5.1 Grafica .....	46
CONCLUSIONES .....	48
RECOMENDACIONES.....	50
BIBLIOGRAFÍA .....	51

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Daño avanzado de Pestalotiopsis. ....	8
<b>Figura 2.</b> Adulto de <i>Leptopharsa gibbicularina</i> .....	10
<b>Figura 3.</b> Ninfa de <i>Leptopharsa gibbicularina</i> .....	11
<b>Figura 4.</b> Ciclo de vida de <i>Leptopharsa gibbicularina</i> .....	12
<b>Figura 5.</b> Inhibición del desarrollo in vitro de ascosporas de <i>Mycosphaerella fijiensis</i> con Timorex Gold®.....	17
<b>Figura 6.</b> Control de la Sigatoka negra en el banano tratado con Timorex a base de la planta <i>Melaleuca alternifolia</i> .....	17
<b>Figura 7.</b> Ubicación del municipio de Villanueva Casanare al sur del departamento ....	19
<b>Figura 8.</b> Ubicación de la plantación Palmas de Casanare .....	20
<b>Figura 9.</b> Distribución de los tratamientos en campo .....	25
<b>Figura 10.</b> Método de aplicación .....	26
<b>Figura 11.</b> Tejido foliar afectado .....	27
<b>Figura 12.</b> Ilustración filotaxia foliar de la palma, Hojas a evaluar 1 – 9 – 17 – 25 .....	27
<b>Figura 13.</b> Ilustración de la escala de defoliación utilizada por Cenipalma para determinar el daño de la Pestalotiopsis en el área foliar.....	27
<b>Figura 14.</b> Ilustración del registro del crecimiento del signo del hongo .....	28
<b>Figura 15.</b> Toma de muestra de Pestalotiopsis para llevar a laboratorio .....	29
<b>Figura 16.</b> Aislamiento del hongo .....	30
<b>Figura 17.</b> Esporulación del hongo aislado de los tejidos vegetales.....	30
<b>Figura 18.</b> Preparación del médium para cada tratamiento .....	31
<b>Figura 19.</b> Proceso de inoculación.....	32



<b>Figura 20.</b> Registro fotográfico Tratamiento 4 .....	34
<b>Figura 21.</b> Registro fotográfico Tratamiento 1 .....	35
<b>Figura 22.</b> Registro fotográfico Tratamiento 2 .....	35
<b>Figura 23.</b> Registro fotográfico Tratamiento 3 .....	36
<b>Figura 24.</b> Registro fotográfico Tratamiento 4 .....	36
<b>Figura 25.</b> Análisis de varianza escala de defoliación .....	38
<b>Figura 26.</b> Grafica escala defoliación hoja 1 .....	39
<b>Figura 27.</b> Grafica Incidencia hoja 1. ....	39
<b>Figura 28.</b> Grafica Incidencia hoja 9. ....	40
<b>Figura 29.</b> Grafica Área afectada hoja 9 .....	41
<b>Figura 30.</b> Grafica Severidad hoja 9 .....	41
<b>Figura 31.</b> Hongo <i>Pestalotiopsis</i> en cajas Petri de izquierda a derecha T4–T3–T1–T2.	42
<b>Figura 32.</b> Resultados de la primera evaluación .....	43
<b>Figura 33.</b> Resultados de la segunda evaluación .....	44
<b>Figura 34.</b> Análisis de Varianza evaluación 1 en Laboratorio.....	46
<b>Figura 35.</b> Análisis de Varianza evaluación 2 en Laboratorio.....	46
<b>Figura 36.</b> Grafica análisis estadístico en Laboratorio .....	47

## RESUMEN

Esta investigación está basada en la evaluación de un producto comercial biológico a base de la planta *Melaleuca alternifolia* aplicado para controlar la enfermedad Pestalotiopsis en palma de aceite variedad híbrido OxG, la cual, ha sido muy susceptible a Pestalotiopsis causando baja de tasa fotosintética en las hojas debido al daño que causa el hongo.

El chinche de encaje (*Leptopharsa gibbicarina*), es el vector de la enfermedad ya que indirectamente permite la entrada del hongo de la Pestalotiopsis a los folíolos cuando se alimenta de la sabia de los mismos, para el control de esta enfermedad se han utilizado algunas estrategias tanto mecánicas como la poda y métodos químicos como la utilización de fungicidas e insecticidas por absorción radicular pero no ha sido posible su control debido a su alto sobre costo en dosis y manejo.

Para llevar a cabo la investigación con el producto biológico se seleccionaron 96 palmas de material híbrido ubicadas en la plantación de Palmas de Casanare de Villanueva Casanare, el objetivo era encontrar palmas afectadas, se diseñaron 4 tratamientos, en los cuales los 2 primeros son el producto biofungicida con diferentes dosis, el tercero un producto químico y finalmente el cuarto tratamiento testigo, en un diseño aleatorio con 4 repeticiones, 24 palmas por repetición, el objetivo fue realizar 4 aplicaciones ( cada 15 días ) y 6 evaluaciones ( 4 cada 15 días y 2 cada mes ) de manera cuantitativa y cualitativa del comportamiento del hongo en el área foliar tomando los debidos registros de longitud y fotográficos, con los datos obtenidos se realizo el análisis estadístico para concluir si el producto puede controlar la enfermedad y además si puede causar residualidad en hojas número 1 las cuales se encontraban sanas al momento de la primera aplicación.

## ABSTRACT

This investigation is based on the evaluation of a biologic commercial product based on the *Melaleuca alternifolia* plant. It has been put on to control the Pestaliosis disease that affects the oil palm. The hybrid palm has been very susceptible to the Pestaloptiosis.

This disease causes photosynthetic low rate in the leaves because the damage caused by the Pestaloptiosis fungus.

*Leptopharsa gibbicarina* is the vector insect of the disease, because when the bug lace is feeding on the sap in the leaflets, then the fungus gets in through the injury caused by the insect when it finishes eating.

Some strategies have been used to control the disease, such as pruning (mechanical management), chemical methods by using fungicides and insecticides, also by root absorption, but it has not been possible its control due to the high costs as to dose and management. To bring about the investigation with the biological product. Ninety six palms of hybrid material were selected.

These palms are located in the palm plantation Palmas del Casanare. This palm plantation is located in the municipality Villanueva (Casanare). The main objective was to find affected palms with Pestaloptiosis disease. Four kinds of treatments were designed. Two treatments consisted of using biofungicides in different dose. Another treatment consisted of using a chemical product, And a witness treatment. A random design with four repetitions.

The objective was to carry out four applications (Every fifteen days) and six evaluations (four every fifteen days and two monthly) in a quantitative and qualitative manner of the fungus behavior in the leaf area. Photographic and length registry were taken.

A statistical analysis with the obtained data is wanted to do. It is with the objective of concluding if the product controls the disease and moreover It is important to see if the product leaves residues on the leaf number 1. These leaves were healthy before the first application.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de la palma de aceite ha venido creciendo de manera exponencial en el país llegando a posicionarlo como el 4 productor de aceite de palma en el mundo, Colombia tiene aproximadamente 500.000 ha en producción, de las cuales 177.000 ha están localizadas en los llanos orientales y con algunos proyectos de siembra por realizar ya que las condiciones climáticas son favorables, además hay bastante mercado para el aceite de palma (Fedepalma, 2014).

Con este aumento de área cultivada los problemas sanitarios han aumentado y se pueden encontrar enfermedades y plagas que hace 15 años no se conocían, enfermedades letales como la marchitez letal y sorpresiva son las principales que afectan el cultivo ya que hasta el momento su único control es la erradicación de las palmas enfermas; gracias al cruce de las palmas *Elaeis guineensis* y *Elaeis oleífera* se creó el híbrido OxG el cual es resistente a la marchitez letal y la pudrición de cogollo (La Cabaña, 2009).

A pesar de esto hay una enfermedad a la cual ha sido muy susceptible y aunque no causa la muerte si afecta a la producción, conocida como Pestalotiopsis; esta es una enfermedad que afecta el follaje de la palma de aceite la cual es producida por un el hongo Pestalotiopsis el cual está presente en el ambiente por medio de esporas (Labarca, Sanabria, & Arcia, 2006).

Los fuertes daños ocasionados por el hongo foliar *Pestalotiopsis* sp, sobre una amplia extensión en la zona de Puerto Wilches (Colombia), motivaron el estudio sistemático en 1973 estableciéndose la responsabilidad de un hemíptero en el desarrollo de la enfermedad.

Este insecto de la familia Tingidae, llamado comúnmente chinche de encaje (*Leptopharsa gibbicarina*) es el vector que facilita la entrada de *Pestalotiopsis* sp y otros patógenos cuando se alimenta de los folíolos en la hoja de palma (Genty, Garzón, & García, 1984; Labarca *et al*, 2006).

Este proyecto busca evaluar la eficacia del biofungicida a base de la planta *Melaleuca alternifolia* para el control de la *Pestalotiopsis* en un lote de palma del híbrido OxG de 5 años de edad (Siembra 2012) de la empresa Palmas del Casanare S.A.S. de Villanueva-Casanare. Para llevar a cabo el experimento se aplicaron cuatro tratamientos; dos con diferentes dosis del biofungicida *Melaleuca alternifolia* (Timorex Gold®), un tratamiento con *Bacillus subtilis* (Serenade®) y un testigo absoluto. El diseño fue completamente aleatorio con cuatro repeticiones, 24 plantas por tratamiento para una muestra total de 96 plantas. Se evaluó la escala de daño sobre las hojas las palmas y el avance de crecimiento de manchas sobre una hoja marcada.

Adicionalmente se llevó a cabo una fase de laboratorio elaborando un antibiograma utilizando los mismos cuatro tratamientos propuestos en campo. Al llevar muestras de tejido afectado, se purificó el hongo y se evaluó su crecimiento sobre los medios tratados con los biofungicidas.

## OBJETIVOS

### Objetivo general

Evaluar la eficacia de un biofungicida a base de la planta *Melaleuca alternifolia* para el control de la Pestalotiopsis, en palma de aceite Híbrido OxG. En la plantación Palmas Casanare S.A.S

### Objetivos específicos

- Evaluar en condiciones de campo la eficacia del biofungicida natural extraído de la planta *Melaleuca alternifolia*.
- Evaluar los tratamientos planteados para el manejo de la enfermedad, en relación a la escala de defoliación.
- Comparar la efectividad en el control de la Pestalotiopsis utilizando el método químico vs la aplicación de un biofungicida a base de la planta *Melaleuca alternifolia*.
- Evaluar en laboratorio la eficacia del control del hongo de la Pestalotiopsis, con el uso de un biofungicida extraído de la planta *Melaleuca alternifolia*.

## 1. TEÓRICO-CONCEPTUAL

### 1.1 Importancia de la investigación

La Pestalotiopsis es uno de los problemas más serios que enfrentan algunas plantaciones de la zona Norte y centro de Colombia cuyo principal inductor es la chinche *Leptopharsa gibbicarina*. De acuerdo con su severidad se han reportado bajas importantes en la producción y han generado altos sobrecostos en su control; siendo la Pestalotiopsis una de las principales enfermedades que impacta negativamente al cultivo. Esta enfermedad afecta directamente el área foliar provocando defoliaciones completas en casos severos, lo más común es que ataca principalmente el tercio inferior de la planta ascendiendo hacia la parte de superior (primera corona) según el avance de la misma y el grado de afectación (Méndez, 2000; Cenipalma, 2010).

Al verse afectado todo el follaje de la planta el proceso de fotosíntesis se reduce, por consiguiente la planta no pueda fabricar su propio alimento e impacta negativamente tanto al desarrollo de la planta misma y a la producción de racimos (Escalante, *et al*, 2010).

~~Por otra parte~~, este ensayo se realizó con base a un producto biológico lo que conlleva a que si los resultados son positivos es posible dar cumplimiento a las principales normas que protegen el medio ambiente y mostrar que será producto orgánico que tendría igual o mejor impacto en el control de problemas fitosanitarios siendo viables para cualquier entidad que lo requiera.



## 1.2 Planteamiento del problema

La Pestalotiopsis en Palmas del Casanare es un problema relevante y preocupante por su avance y propagación en el cultivo híbrido OxG, desde sus primeras apariciones significativas en el año 2010, al hoy en día que se encuentra afectado un 45% de la plantación, de un total de 700 ha sembradas en híbrido. Los daños de Pestalotiopsis no están calculados exactamente pero se han encontrado distintos focos en los cuales se puede evidenciar el daño causado por la enfermedad en el área foliar así como las heridas ocasionadas por el chinche *Leptopharsa gibbicularina*.

Se busca evaluar el producto biológico, registrar su comportamiento frente a la enfermedad; para ello en el ensayo se seleccionaron manchas que causan el necrosamiento en los folíolos, estas manchas confluyen de forma paralela a la nervadura central, coincidiendo con las mayores densidades de daño.

## 2. JUSTIFICACIÓN

La Pestalotiopsis es el principal problema fitosanitario que afecta el desarrollo y la producción del cultivo de la palma de aceite híbrido OxG en Palmas Casanare se opta por evaluar la eficacia de un producto biofungicida a base de la planta *Melaleuca alternifolia*, para determinar y concluir que este producto sea más eficaz que los productos químicos usados actualmente y así controlar esta enfermedad definitivamente y de una manera biológica.

Este proyecto se realiza pro al beneficio de la empresa frente a la solución a la problemática presentada y para ayudar al medio ambiente dejando de aplicar productos químicos que afectan al mismo y demostrar que los productos biológicos son amigables con el medio ambiente y son iguales o mejores que los productos químicos, es decir que si los resultados son positivos la plantación podría conseguir una solución a esa problemática aplicando a los focos del problema y de manera preventiva a las palmas no afectadas; igualmente con la utilización del biofungicida la empresa estaría fortalecimiento su criterio de calidad de RSPO (Roundtable on Sustainable Palm Oil) con el principio de mejores prácticas agrícolas.

### 3. MARCO REFERENCIAL

#### 3.1 Marco teórico

La palma de aceite (*Elaeis guineensis Jacq*) es un cultivo de climas cálidos que crece por debajo de los 500 m. s. n. m. La expansión del cultivo en Colombia inició en la década de 1960 y hoy ya cuenta con casi 500.000 ha sembradas, distribuidas en 105 municipios y 16 departamentos, que a su vez conforman las cuatro zonas palmeras del país (MAVDT, 2011; Fedepalma, 2014):

- Zona Norte: Magdalena, Norte del Cesar, Atlántico, Guajira, Norte de Bolívar, Córdoba, Urabá antioqueño y Sucre.
- Zona Central: Santander, Norte de Santander, Sur del Cesar, Sur de Bolívar.
- Zona Oriental: Meta, Cundinamarca, Casanare, Caquetá.
- Zona Occidental: Nariño y Cauca.

Siendo este un cultivo que se destaca por su rentabilidad y por su mayor producción de aceite convirtiéndose en una gran fuente de mano de obra, donde sus terrenos permiten la reutilización para otros cultivos agrícolas. Pero este cultivo ha generado un gran impacto ambiental y social debido a que se han erradicado grandes extensiones de bosques de arbustos y árboles maderables para afectando el equilibrio biológico del ecosistema y las propiedades del microclima (Henson, 1995).

Esta erradicación de bosques también ha traído la aparición de enfermedades que no se habían visto antes en otras zonas cultivadas, uno los casos más conocidos la alta incidencia de pudrición del cogollo en palma sembradas en áreas que una vez fueron bosque tropical

húmedo (Sánchez, 1990). Por otro lado, es el cambio a variedades con alguna susceptibilidad en particular lo que causa la expresión de la enfermedad, como en el caso del híbrido OxG y la Pestalotiopsis.

### 3.2 Pestalotiopsis y el complejo *Pestalotia* spp.

La Pestalotiopsis no es una enfermedad letal, sino que es causada por un complejo de hongos del género *Pestalotia* spp. que por lo común se consideran patógenos débiles que aprovechan las heridas causadas por insectos como *Leptopharsa gibbicularina* o los daños mecánicos, para penetrar y establecerse en los tejidos de la hoja. Esta enfermedad puede disminuir los rendimientos hasta el 40 %, así como causar pérdidas en el área foliar entre el 19 y el 66% (Figura 1). Se puede controlar la enfermedad con control biológico del chinche de encaje estableciendo colonias de la hormiga depredadora *Crematogaster* sp. (Sánchez, 1990; Martínez, 2010).



**Figura 1.** Daño avanzado de Pestalotiopsis. Fuente Cenipalma (2010).

Inicialmente, los síntomas de infección se presentan en el envés de los folíolos como pequeñas manchas casi circulares de color oliva, rodeadas por un borde amarillo, indefinido

y de aspecto aceitoso. La lesión luego aumenta en tamaño y se torna de color pardo rojizo, rodeada por un borde amarillo, toda el área decolorada se necrosa y el centro cambia a marrón oscuro, al final las manchas toman un color gris y al necrosarse los tejidos, se observan puntos negros correspondientes a los acérvulos del hongo (Barrios-Trilleras, Cuchimba-Triana, & Bustillo-Pardey, 2015)

### **3.3 *Leptopharsa gibbicarina* (chinche de encaje)**

La chinche de encaje, *Leptopharsa gibbicarina*, es una plaga muy importante de la palmicultura porque ha causado serios daños en las zonas Norte y Central de Colombia. Este insecto, que se encuentra en el follaje de las palmas, tiene un aparato bucal chupador que le permite alimentarse del follaje succionando la savia de las hojas; este daño abre la entrada a varios hongos oportunistas que penetran el follaje y causan manchas pardo-oscuro que se denominan Pestalotiopsis. Al final, el daño se traduce en una defoliación y reducción de la fotosíntesis, que conlleva a una merma en la producción de aceite (Barrios-Trilleras *et al*, 2015)

#### **3.3.1 Clasificación.**

Orden: Hemiptera

Familia: Tingidae

Especie: *Leptopharsa gibbicarina* Froeschner

Nombre vulgar: Chinche de encaje

**Adulto:** Es un típico representante de la familia Tingidae. Mide de 2,6 a 2,9 mm de largo y 1,2 mm de ancho (Figura 2). Presenta antenas largas tipo claviforme, ojos

prominentes color rojo, aparato bucal con una proboscis larga, que pliega sobre una cavidad formada en su parte ventral, pronoto giboso, los hemiélitros se prolongan más allá del extremo abdominal, son reticulados y transparentes, aparentan un encaje muy característico de su familia, al cual deben su nombre común (Cenipalma, 2010).

Cerca de la región central de los hemiélitros, nace una franja angosta de color negro que termina en el ángulo apical y un proceso alar constituido por un conglomerado de escamas blancas, las alas posteriores son traslúcidas y membranosas; presentan dimorfismo sexual poco marcado (Cenipalma, 2010).



**Figura 2.** Adulto de *Leptopharsa gibbicarina*. Fuente Barrios-Trilleras *et al* (2015)

**Huevo:** Es de forma elipsoide y voluminoso, mide 0,6mm de largo y 0,1 a 0,18mm de ancho; es de consistencia gelatinosa; inicialmente es de color blanco crema, cuando está próximo a eclosionar es de color crema con manchas anaranjadas cerca del opérculo (Cenipalma, 2010).

**Ninfa:** Recién emergida puede medir 0,5 mm de largo y 0,12 a 0,2 mm de ancho, de cuerpo cilíndrico y color blanco traslúcido (Figura 3). Al avanzar su desarrollo, las espinas que posee sobre el cuerpo se vuelven negras, gruesas y abundantes. Las ninfas de último instar pueden medir 1,8 mm de longitud y 0,8 mm de ancho (Cenipalma, 2010).



**Figura 3.** Ninfa de *Leptopharsa gibbicarina*. Fuente Cenipalma (2010)

### 3.3.2 Biología y hábitos

Los adultos pueden desplazarse a otras palmas, favorecidos por corrientes de viento. Tanto adultos y ninfas se ubican normalmente en el envés de los folíolos donde pueden cumplir todo su ciclo, prefieren las áreas y niveles con menor incidencia de la luz. La hembra tiene un período de preoviposición de 11 a 12 días. Los huevos son depositados en el envés de los folíolos, en forma aislada y dentro del parénquima, los cuales recubre

parcial o totalmente con sus excreciones. También, pueden colocarlos superficialmente acostados cerca de la nervadura central del folíolo. La hembra prefiere la parte media del folíolo para la oviposición, puede colocar un huevo en promedio por día. La emergencia de las ninfas ocurre a los 14 días, pasan por cinco instares ninfales. La longevidad de los adultos varía dependiendo de las condiciones ambientales, durante la época de lluvias pueden vivir hasta 14 días y en época seca entre 17 y 24 días (Barrios-Trilleras *et al*, 2015).

### 3.3.3 CICLO DE VIDA.



**Figura 4.** Ciclo de vida de *Leptopharsa gibbicularina*. Fuente Barrios-Trilleras & Bustillo-Pardey (2014).

### 3.4 Relación *Leptopharsa* - Pestalotiopsis

Las picaduras de *Leptopharsa* provocan una lesión que no cicatriza y que queda abierta por varios días, después de los cuales se aprecia el desarrollo de manchas foliares.



Inicialmente se observa en el envés del foliolo y por transparencia, manchas pequeñas de color azul verdoso, rodeadas por un halo clorótico indefinido, que en fondo opaco presentan un aspecto aceitoso. Con el transcurso del tiempo, las manchas toman un color marrón rojizo, con un halo amarillento que corresponde a la fase evolutiva del hongo dentro del parénquima. En cada foliolo manchas están dispuestas en forma coalescente siguiendo una dirección paralela a la nervadura central, en donde coinciden las mayores densidades de picaduras de *Leptopharsa*. Finalmente, las lesiones toman un color marrón grisáceo, con un total necrosamiento de los tejidos (Genty *et al*, 1984).

### **3.5 Historia del árbol de té, la *Melaleuca alternifolia*, o Tea Tree**

El árbol de té, la *Melaleuca alternifolia*, o Tea Tree, como se le conoce, es una planta autóctona de la costa oriental de Australia, de cuyas hojas se produce uno de los aceites esenciales más activos desde el punto de vista medicinal. Desde tiempos remotos, los aborígenes de ese continente utilizaban el Tea Tree para curar heridas abiertas, ulceraciones de la piel, irritaciones cutáneas y muchos otros padecimientos (Texeira, s.f.).

Hoy sabemos que el aceite de Tea Tree se caracteriza por sus propiedades antisépticas, antivirales y micóticas. Adicionalmente, se le atribuyen propiedades antiinflamatorias, cicatrizantes y analgésicas (Texeira, s.f.).

Los estudios sobre el Tea Tree en Occidente se iniciaron a partir de 1770, en los viajes de exploración por la costa sureste de Australia del célebre Capitán británico James Cook, quien observó la abundancia de una planta en forma de arbusto de hojas densas, pegajosas y aromáticas que, puestas en cocción, producían un sabroso té (Texeira, s.f.).

De regreso en Inglaterra, Sir Joseph Banks, botánico que acompañaba la expedición, llevó muestras de estas hojas para ser estudiadas en detalle. Sin embargo, las propiedades antisépticas del aceite de Tea Tree se comenzaron a identificar hace unos setenta años, y estableciendo gradualmente sus distintos usos. Ya para 1930, se había determinado que el aceite de Tea Tree disolvía el pus de las infecciones dejando limpias las superficies de heridas infectadas sin irritar los tejidos aledaños sanos. También se comprobó que era muy efectivo en afecciones de la garganta y boca y que daba muy buenos resultados en el tratamiento de trastornos ginecológicos (Texeira, s.f.).

El aceite de Tea Tree llegó a ocupar un lugar tan prominente en la medicina de la época que, durante la Segunda Guerra Mundial, y se convirtió en un medicamento obligatorio en los equipos de primeros auxilios de las unidades del ejército y de la marina australianos. Sin embargo, con la aparición de los medicamentos sintéticos, como la penicilina, la demanda del aceite de Tea Tree comenzó a decrecer hasta ser reemplazado por completo por productos sintéticos menos efectivos fabricados en gran escala. No fue hasta los años 70 que resurgió la demanda de este producto con el renovado interés por los productos naturales (Texeira, s.f.).

### **3.6 Uso de la *Melaleuca alternifolia* como fungicida natural Timorex Gold®**

Es un fungicida natural extraído de la planta *Melaleuca alternifolia* que actúa en forma preventiva y curativa, mediante la inhibición del desarrollo de la germinación de esporas, inhibición del crecimiento del micelio y lesión expansiva; inhibición en la producción de esporangios, mediante supresión y erradicación de colonias de los patógenos presentes en

los frutos y hojas. Timorex Gold es un fungicida que posee un amplio espectro de acción, que se utiliza en el control preventivo y curativo de enfermedades (Stockton, 2010).

### **3.7 Uso del biofungicida en cultivo de plátano para el control de la Sigatoka negra**

Timorex Gold® es la nueva generación de biofungicidas para el control de la Sigatoka negra. Timorex Gold® es un biofungicida basado en el extracto de la planta *Melaleuca alternifolia* desarrollado por Biomor de Israel, miembro del Grupo Stockton. Timorex Gold® tiene las capacidades fungicida de la *Melaleuca alternifolia* que trae consigo un nuevo concepto y dimensión para un control altamente efectivo y sostenible de la Sigatoka negra en el banano. Con el uso de Timorex Gold® en forma regular dentro los programas de manejo de la enfermedad en plantaciones comerciales, se minimiza la carga tóxica de los residuos que dejan los fungicidas de síntesis química (Stockton, 2010).

Timorex Gold® es un biofungicida ecológico no residual, inocuo para insectos benéficos, que ofrece seguridad para el entorno humano y el medio ambiente. Timorex Gold® proporciona a la industria bananera la oportunidad de obtener un mejor control, más seguro y eficaz (Stockton, 2010).

### **3.8 Modo de acción del extracto de la planta *Melaleuca alternifolia***

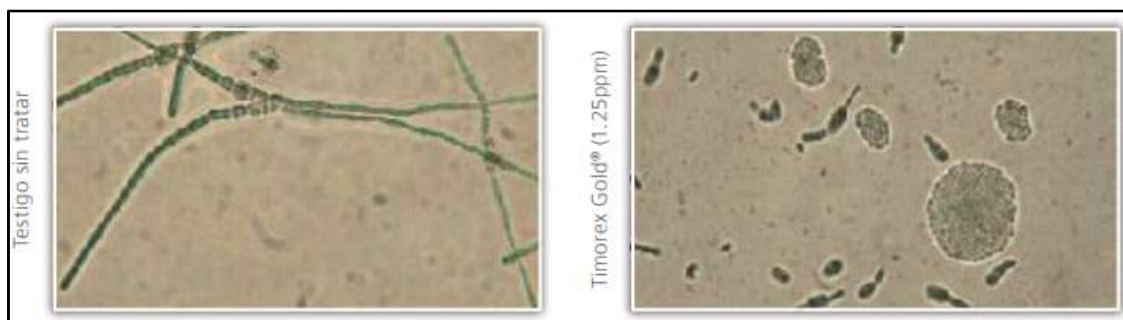
Los científicos del Grupo Stockton descubrieron las potentes y únicas propiedades de este extracto natural de *Melaleuca alternifolia* para el control de enfermedades en cultivos agrícolas. Ha demostrado ser eficaz contra un amplio espectro de enfermedades en hortalizas, bananos, plátanos, árboles frutales y viñedos (Stockton, 2010).

Los componentes naturales contenidos en *Melaleuca alternifolia* ofrecen múltiples modos de acción sobre las células de hongos y bacterias. La actividad fungicida y antimicrobiana del extracto de *Melaleuca alternifolia* contra hongos patógenos es consecuencia de su capacidad de alterar la barrera de permeabilidad de las estructuras de membrana de organismos vivos en diferentes sitios de acción (Stockton, 2010):

1. Destruye la integridad celular
2. Aumentan la permeabilidad de membranas
3. Causan pérdida de citoplasma
4. Inhiben la respiración y procesos de transporte de iones.

### **3.9 La actividad fungicida de Timorex Gold® contra la Sigatoka negra**

La actividad fungicida de Timorex Gold® contra la Sigatoka negra Inhibición de germinación de esporas Estudios in vitro hechos en Monreri Laboratorio Agrícola, Costa Rica, revelaron que Timorex Gold® eficazmente inhibe la germinación de ascosporas de *Mycosphaerella fijiensis* (Figura 5). Los resultados demostraron que Timorex Gold® también es eficaz sobre los conidios del mismo hongo en el cultivo de banano (Figura 6) (Stockton, 2010).



**Figura 5.** Inhibición del desarrollo in vitro de ascosporas de *Mycosphaerella fijiensis* con Timorex Gold®. Fuente Stockton (2010).



**Figura 6.** Control de la Sigatoka negra en el banano tratado con Timorex a base de la planta *Melaleuca alternifolia*.

Fuente Stockton (2010).

### **3.10 La importancia de Timorex Gold® en el manejo de la resistencia**

El extracto de *Melaleuca alternifolia*, un biofungicida de múltiples compuestos, tiene una actividad funcional multisitio y una probabilidad muy escasa o nula de desarrollo de resistencia o de resistencia cruzada por parte de los hongos patógenos de plantas.

Por consiguiente, Timorex Gold® es una herramienta de valor esencial que se debe incluir en los programas de aspersión de fungicidas para evitar la resistencia cruzada y aumentar la sensibilidad del hongo al control por otros fungicidas convencionales u orgánicos (Stockton, 2010).

#### 4. MARCO ESPACIAL

El proyecto de investigación es realizado en el municipio de Villanueva Casanare el cual se encuentra ubicado al sur del departamento (Figura 7), sobre la parte baja del piedemonte, a orillas de los caños Aguaclara y Perales o Arietes, a  $4^{\circ} 57''$  de latitud Norte y  $73^{\circ} 94''$  de longitud Oeste del meridiano de Greenwich.

El casco urbano del municipio se encuentra localizado sobre los 300 metros sobre el nivel del mar y presenta una temperatura promedio de  $25.7^{\circ}\text{C}$ , siendo los meses de enero a marzo los más calurosos; la temporada de lluvias se presenta a partir del mes de abril, prolongándose hasta octubre, de acuerdo con la estación del IDEAM Huerta La Granja. Estas características indican un clima cálido y húmedo o de bosque húmedo tropical para el Municipio de Villanueva (Alcaldía de Villanueva, 2017).



**Figura 7.** Ubicación del municipio de Villanueva Casanare al sur del departamento. Fuente Google (2017).

La actividad agropecuaria constituye el primer renglón económico del municipio, con el cultivo de palma africana (11.5% de su territorio), Las características agroecológicas de los suelos del municipio de Villanueva al igual que las experiencias del vecino Departamento

del Meta, han permitido el desarrollo de cultivos de palma africana para convertirse en un renglón de primera importancia para el desarrollo económico. La primera plantación de palma africana se estableció en el año 1978 con la empresa denominada Palmar del Oriente, posteriormente establecieron plantaciones las empresas Palmas Casanare en 1986 y Palmas Santana, en el año 1988 (Alcaldía de Villanueva, 2017).

La empresa Palmas del Casanare (Figura 8) se encuentra en la vereda la Libertad, resaltados con aro amarillo se señalan los lotes de híbrido y finalmente se señala con la flecha blanca el lote de la realización del ensayo



**Figura 8.** Ubicación de la plantación Palmas de Casanare. Fuente modificado de Google (2017)



## **5. METODOLOGÍA**

### **5.1 Tipo de estudio.**

La investigación realizada para el manejo de la Pestalotiopsis es de tipo exploratoria debido a que el tema elegido ha sido poco explorado y reconocido, y es difícil formular hipótesis precisas o de cierta generalidad, la investigación nos servirá para aumentar el grado de familiaridad con fenómenos relativamente desconocidos y obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa sobre un contexto particular de la vida real. Esta clase de estudios son comunes en la investigación del comportamiento, sobre todo en situaciones donde hay poca información.

### **5.2 Población y muestra**

La población objetivo corresponde a 700 ha de palma híbrido OxG de 5 años de edad, sembrados en el año 2012. La empresa Palmas del Casanare permitió llevar a cabo el experimento en un lote con grado de afección media de Pestalotiopsis. En este lote se seleccionaron 96 palmas para aplicarles los 4 tratamientos.

### **5.3 Técnicas de recolección de la información.**

Durante el desarrollo del proyecto de investigación la técnica de recolección de la información en campo en cada uno de los tratamientos fue mediante el registro sistemático del avance del hongo en las palmas la planta con una escala o índice de defoliación, evaluando la conducta del hongo frente a cada uno de los tratamientos, las evaluaciones

realizadas se registraban en formatos de tablas diseñadas (Tabla 1) en donde se anotaban los valores del índice de defoliación en hojas 1 – 9 – 17 – 25 y 33.

Además en algunas de las hojas de cada tratamiento se seleccionaron manchas o signos del hongo y para evaluación se midió su crecimiento para también registrarlos en las tablas (Tabla 2), luego de que toda la información se digitaba en tablas de Excel®, por ultimo con la información recolectada se realizó un análisis estadístico de análisis de varianza utilizando el programa InfoStat versión 2016.

**Tabla 1.** Tabla de Excel® para ingreso de registros tomados en campo para escala de defoliación.

# evaluaci	Fecha evaluació	Tratamien	Repeticio	Linea	Palmi	Hoja	Resultado evaluación SEVERIDA	% de area afectad	Incidenci
E0	13/10/2016	1	R3	10	14	1	0,0	0	0
E0	13/10/2016	1	R3	10	14	9	0,0	0	0
E0	13/10/2016	1	R3	10	14	17	0,025	0,5	1
E0	13/10/2016	1	R3	10	14	25	0,05	1	1
E0	13/10/2016	1	R3	10	15	1	0,0	0	0
E0	13/10/2016	1	R3	10	15	9	0,0	0	0
E0	13/10/2016	1	R3	10	15	17	0,025	0,5	1
E0	13/10/2016	1	R3	10	15	25	0,025	0,5	1
E0	13/10/2016	1	R3	10	16	1	0,0	0	0
E0	13/10/2016	1	R3	10	16	9	0,0	0	0
E0	13/10/2016	1	R3	10	16	17	0,05	1	1
E0	13/10/2016	1	R3	10	16	25	0,75	15	1
E0	13/10/2016	1	R3	10	17	1	0,0	0	0
E0	13/10/2016	1	R3	10	17	9	0,0	0	0
E0	13/10/2016	1	R3	10	17	17	0,46	6	1
E0	13/10/2016	1	R3	10	17	25	1,5	30	1

Fuente elaboración propia.

**Tabla 2.** Tabla de Excel para ingreso de registros de crecimiento de la lesión medida en foliolos.

# evaluación	Fecha evaluación	Tratamiento	Repetición	Línea	Palma	Lesión largo cm	Lesión ancho cm
E0	13/10/2016	3	R3	10	22	1,2	1,2
E0	13/10/2016	3	R3	10	22	1	0,5
E0	13/10/2016	3	R3	10	22	0,9	0,6
E0	13/10/2016	3	R3	10	22	1,5	1,4
E0	13/10/2016	3	R3	10	22	1,6	1,4
E0	13/10/2016	3	R3	10	22	1,6	1,2
E0	13/10/2016	3	R3	10	22	1,7	1,1
E0	13/10/2016	4	R4	9	21	0,9	0,8
E0	13/10/2016	4	R4	9	21	1,8	1,8
E0	13/10/2016	4	R4	9	21	2	1
E0	13/10/2016	4	R4	9	21	1	0,9
E0	13/10/2016	4	R4	9	21	1,5	1,3
E0	13/10/2016	4	R4	9	21	0,7	0,7
E0	13/10/2016	3	R4	9	15	2,1	1,1
E0	13/10/2016	3	R4	9	15	1,5	1,4
E0	13/10/2016	3	R4	9	15	1	1
E0	13/10/2016	3	R4	9	15	1,3	1
E0	13/10/2016	1	R3	10	15	1,6	1

Fuente elaboración propia.

#### 5.4 Instrumentos a utilizar

Los instrumentos utilizados son diversos y permitieron encontrar las diferencias  
diferencias significativas que nos ayuden a generar un valor, algunos de estos instrumentos  
fueron: formatos de registro, cuadernos de registros, guías de observación, regla  
milimetrada, cámaras fotográficas.

## 6. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

### 6.1 Metodología en campo

#### 6.1.1 Área de estudio

El desarrollo del trabajo de campo se realizó en un lote material híbrido de la plantación Palmas del Casanare ubicado en la vereda La Libertad en municipio de Villanueva departamento del Casanare en el oriente del país, región de la Orinoquia, localizado entre los  $04^{\circ}17'25''$  y  $06^{\circ}20'45''$  de latitud norte y los  $69^{\circ}50'22''$  y  $73^{\circ}04'33''$  de longitud oeste (Alcaldía de Villanueva, 2017). El ensayo en campo se desarrolló a una temperatura promedio de  $26^{\circ}\text{C}$  según las condiciones climáticas y en laboratorio se mantuvo un ambiente de  $17^{\circ}\text{C}$ .

Previo a realizar la identificación del área se procedió a la marcación para delimitar cada uno de los ensayos y repeticiones para realizar las aplicaciones.

#### 6.1.2 Tratamientos y Repeticiones en campo

El ensayo se realizó en un diseño aleatorio con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. La distribución de los tratamientos en campo se puede observar en la figura 9.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
<b>Repetición 1</b>	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Purple	Purple	Purple	Purple	Purple	Purple
<b>Repetición 2</b>	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Purple	Purple	Purple	Purple	Purple	Purple	Purple	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Red	Red	Red	Red	Red	Red
<b>Repetición 3</b>	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Purple	Purple	Purple	Purple	Purple	Purple	Purple	Green	Green	Green	Green	Green
<b>Repetición 4</b>	Purple	Purple	Purple	Purple	Purple	Purple	Purple	Purple	Purple	Purple	Purple	Purple	Purple	Purple	Purple	Purple	Purple	Purple	Purple	Purple	Purple	Orange	Orange	Orange	Orange

Orange	Tratamiento 1	Red	Tratamiento 3
Green	Tratamiento 2	Purple	Tratamiento 4

**Figura 9.** Distribución de los tratamientos en campo. Fuente elaboración propia.

### 6.1.3 Descripción de los Tratamientos

**T1:** Extracto obtenido de la planta *Melaleuca* nombre comercial Timorex Gold®. Dosis 160 ml; equivalente a 0.81 L/ha.

**T2:** Extracto obtenido de la planta *Melaleuca* nombre comercial Timorex Gold®. Dosis 230 ml; equivalente a 1.17 L/ha.

**T3:** Producto actualmente aplicado Serenade® (*Bacillus subtilis*), Dosis 230 ml, producido por Bayer; equivalente a 1.17 L/ha.

**T4:** Testigo absoluto (sin aplicaciones)

### 6.1.4 Método de Aplicación

Para este procedimiento se hizo uso de un equipo de aspersión con tanque y motobomba (Figura 10) en el que se preparó las mezclas con 180 litros de agua. Luego los tratamientos fueron aplicados de manera uniforme en todas las hojas de la palma.



**Figura 10.** Método de aplicación. (A) Tanque y motobomba. (B) Aplicación por aspersión en el área foliar. Fuente autoría propia.

### 6.1.5 Toma de datos (evaluaciones)

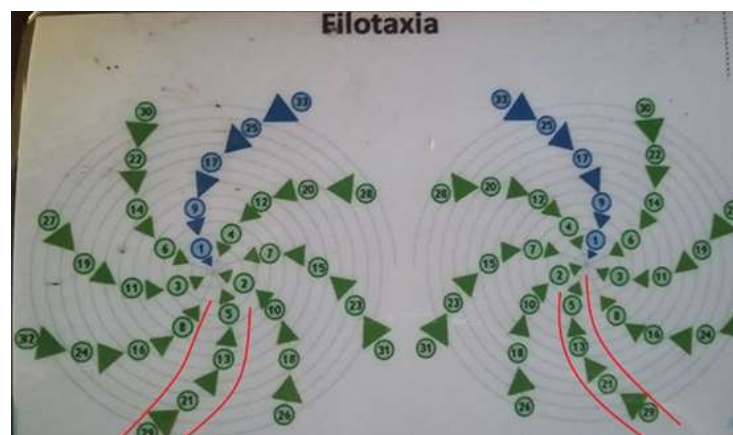
La muestra total del ensayo en campo fue de 96 palmas, para obtener así 24 palmas por tratamiento divididas en 6 palmas por repetición, para un mejor análisis proceso para cada palma por individual afectada (Figura 11) fue el siguiente:

Se tomaron 4 hojas de cada palma tomando una secuencia de hojas N° (1,9,17,25) según la filotaxia (Figura 12) de cada una de las palmas, se dio un porcentaje de daño (estado actual) de acuerdo a la escala de defoliación en la Figura 13.

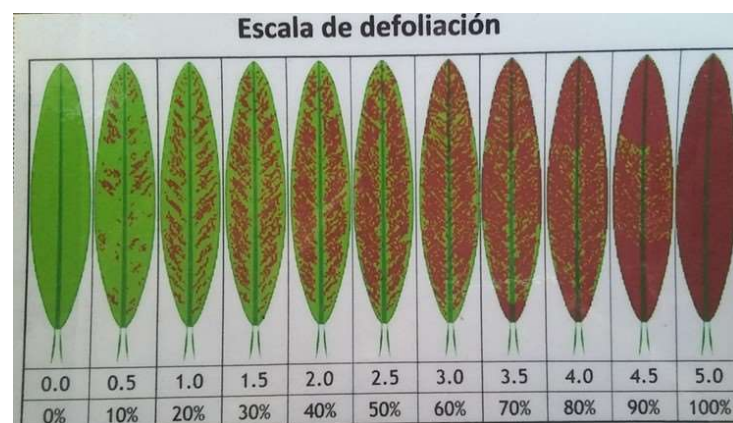
Posteriormente de cada repetición se escogió una palma evaluada, de cual esta se toma 1 hoja y se tomaron dos folíolos de la hoja, afectados inicialmente por el hongo y se midió la unidad de mancha por folíolo, anexando sus valores encontrados en centímetros.



**Figura 11.** Tejido foliar afectado. (A) Hoja a evaluar según escala de defoliación. (B) Medición signo del hongo. Fuente autoría propia.



**Figura 12.** Ilustración filotaxia foliar de la palma, Hojas a evaluar 1 – 9 – 17 – 25. Fuente Cenipalma (2012).



**Figura 13.** Ilustración de la escala de defoliación utilizada por Cenipalma para determinar el daño de la Pestalotiopsis en el área foliar. Fuente Cenipalma (2012).

Se realizaron 7 evaluaciones en total, 5 de las evaluaciones se realizaron cada 15 días y los 2 restantes cada 30 días, en la cual los evaluadores, con planillas en mano y la escala de defoliación daban un valor a cada hoja evaluada y además se medían el comportamiento del signo del hongo en los folíolos según cada tratamiento y se iban registrando su crecimiento y tomando su respectiva evidencia fotográfica (Figura 14) en cada respectiva evaluación.



**Figura 14.** Ilustración del registro del crecimiento del signo del hongo. (A) Registro con regla. (B) Acercamiento a un folíolo marcado para seguimiento. Fuente autoría propia.

## 6.2. Metodología en laboratorio.

Con el fin de obtener más bases sobre el análisis del biofungicida a base del extracto de la planta *Melaleuca alternifolia* se reforzó la investigación realizando el ensayo en un laboratorio localizado en Villanueva Casanare dotado con los equipos e instrumentos necesarios.



### 6.2.1 Toma de muestras.

Las muestras para el aislamiento se tomaron de foliolos (Figura 15) del mismo lote del ensayo de campo, cuando el hongo se encontraba en los principales estados de desarrollo y las manchas estuvieran en una pequeña circunferencia, de color amarillo-rojizo, se llevaron 25 foliolos con estas características.

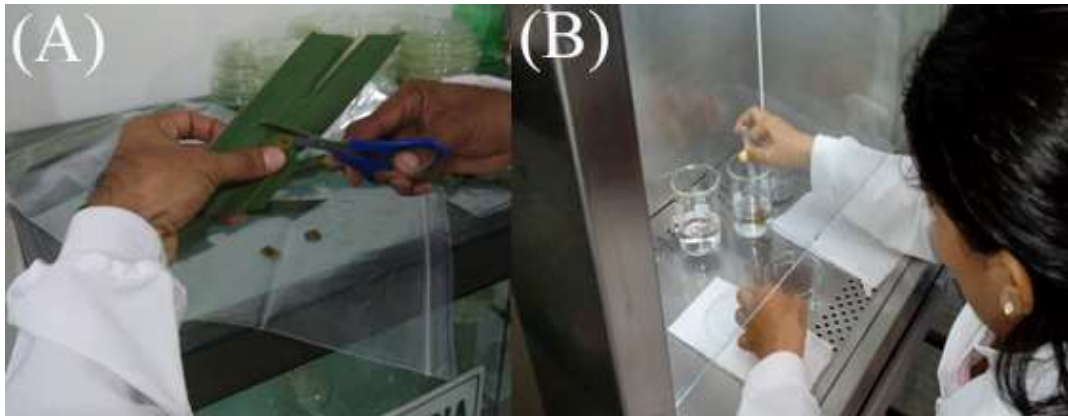


**Figura 15.** Toma de muestra de *Pestalotiopsis* para llevar a laboratorio. Fuente autoría propia.

### 6.2.2 Aislamiento

Luego de tener el material vegetal recolectado en campo con los signos de la enfermedad, los foliolos se cortaron en trozos estos se desinfectaron con agua destilada e hipoclorito de sodio al 0,5 % (NaClO) (Figura 16), para evitar el desarrollo de otros patógenos contaminantes, finalmente el material vegetal se secó con papel absorbente.

Estos trozos de tejido vegetal desinfectados se colocaron en 9 cajas de Petri con el objetivo empezar a aislar (Figura 17) al hongo *Pestalotiopsis* sp.



**Figura 16.** Aislamiento del hongo. (A) Corte de la muestra. (B) Desinfección de los tejidos vegetales. Fuente autoría propia.



**Figura 17.** Esporulación del hongo aislado de los tejidos vegetales. Fuente autoría propia.

### 6.2.3 Purificación y preparación del médium

Se prepararon cada uno de los médium para los tratamientos en 4 Matraz Erlenmeyer con los productos (Figura 18), luego se aislaron los hongos esporulados, tomando una pequeña porción de la colonia con un poco de medio de cultivo, éste se colocó en luz alterna, día tras día se realizaron observaciones del micelio y aparición de estructuras de fructificación, comenzando a ser notable a los 3 días.



**Figura 18.** Preparación del médium para cada tratamiento. Fuente autoría propia.

#### **6.2.4 Inoculación y Antibiograma.**

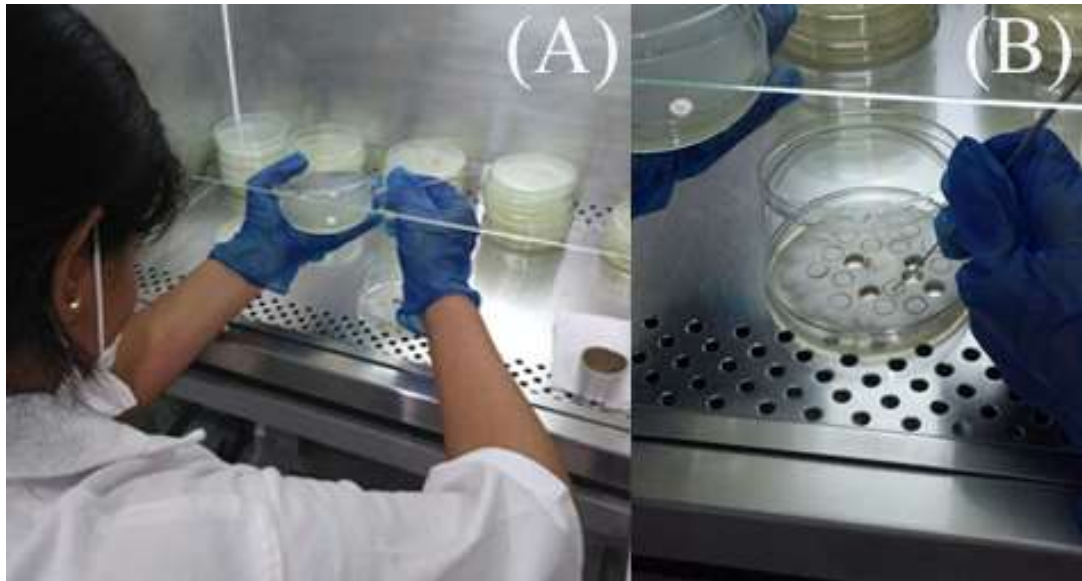
Luego de la purificación se utilizaron 16 cajas Petri para obtener 5 cajas por tratamiento divididas en 5 repeticiones, donde los tratamientos fueron los mismos que se realizaron en campo, es decir a 2 tratamientos (10 cajas Petri) se hizo la aplicación con el biofungicida a investigar en diferentes dosis, al tercer tratamiento Serenade y el cuarto tratamiento como testigo. Finalmente se procedió a inocular el hongo en las cajas de Petri (Figura 19).

Tratamiento 1. Timorex Gold®

Tratamiento 3. *Bacillus subtilis* (SERENADE®)

Tratamiento 2. Timorex Gold®

Tratamiento testigo (Agua)



**Figura 19.** Proceso de inoculación. (A) Inoculación del hongo en cada respectivo tratamiento. (B) Cultivo puro de *Pestalotiopsis* sp. Fuente autoría propia.

## 7. ANÁLISIS Y RESULTADOS

### 7.1 Presentación de resultados

Durante el desarrollo de la investigación sobre el biofungicida (Timorex) se pudo observar en campo que las plantas de tratamiento 1 y 2 (Timorex 160 y 230 ml) obtuvieron un color más verdoso y vigoroso a comparación al 3 tratamiento y testigo absoluto.

Desde que se empezó a realizar las primeras evaluaciones las hojas de las palmas número 1 y 9, especialmente el número 1, obtuvieron un porcentaje de 0 % en la escala de defoliación, esto es debido a que el avance de la enfermedad se localiza desde el tercio inferior hasta el tercio superior por el comportamiento del insecto *Leptopharsa gibbicarina* a alimentarse dejando la entrada para el hongo.

### 7.2 Descripción de resultados en campo

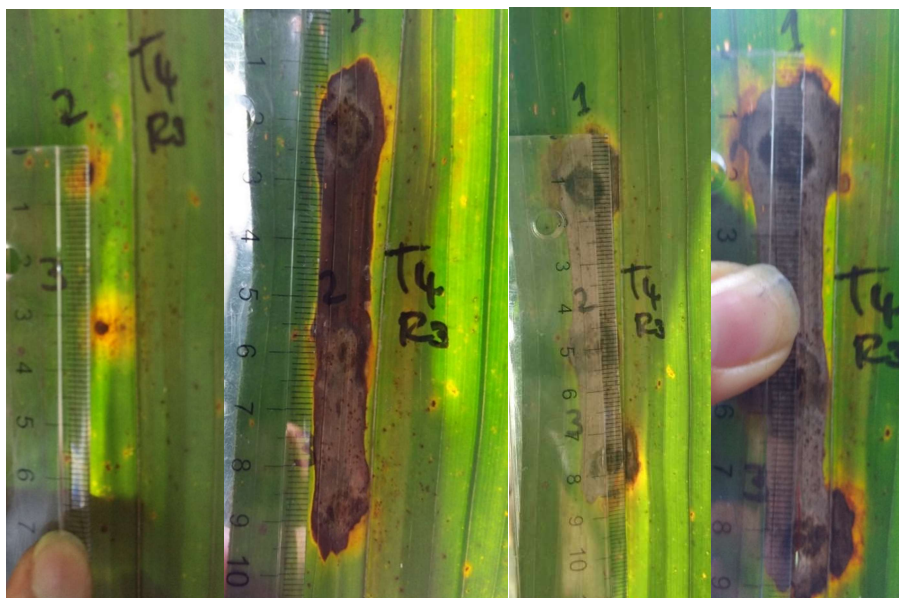
La característica de la Pestalotiopsis es su signo en los folíolos caracterizándose por anublos foliares, estos se fueron evaluado en campo con el objetivo de evaluar su comportamiento frente a cada tratamiento.

En las siguientes ilustraciones se describen detalladamente el paso al paso del comportamiento del hongo frente a los diferentes tratamientos, preferiblemente se seleccionaron signos del hongo del mismo diámetro diminuto inicial hasta la esporulación de hongo, de manera cualitativa el tratamiento que obtuvo mayor crecimiento de los signos de hongo fue el tratamiento 4 ya que a medida que se realizaban las medidas y observaciones el crecimiento

aumentó, igualmente se puede evidenciar el comportamiento de los demás donde se pueden observar diferencias significativas entre cada una de las evaluaciones.

### 7.2.1 Tratamiento 4. Testigo

En la figura 20 del tratamiento 4 (testigo) se puede observar el comportamiento del hongo *Pestalotiopsis* el cual tuvo un crecimiento acelerado, primeramente, se eligieron y se marcaron 3 signos del hongo para ir tomando el debido registro fotográfico hasta que el hongo esporulara.

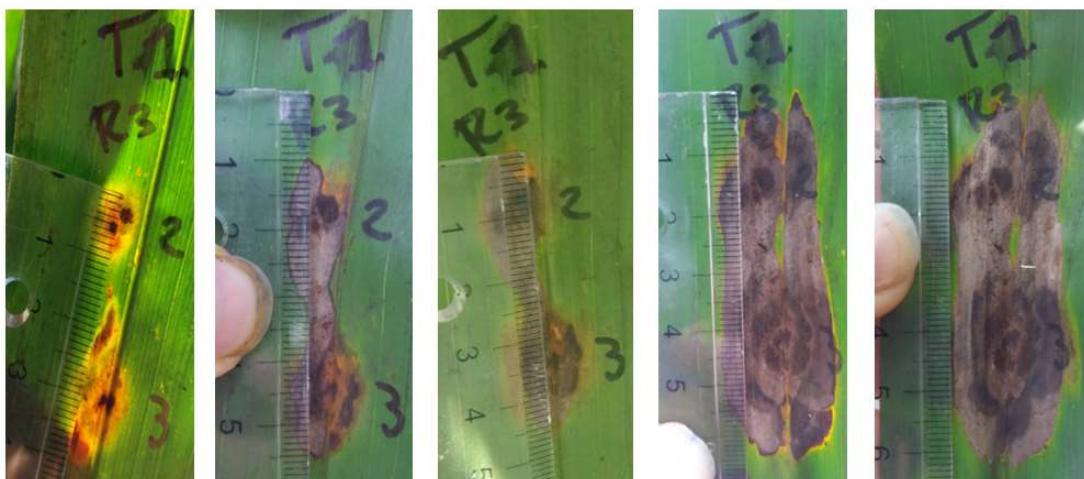


**Figura 20.** Registro fotográfico Tratamiento 4. Fuente autoría propia.

### 7.2.2 Tratamiento 1. Timorex 160 ml.

En este tratamiento igualmente se eligieron signos del hongo como muestras para ser evaluados con las mediciones y registro fotografico (Figura 21), en el cual se puede observar que

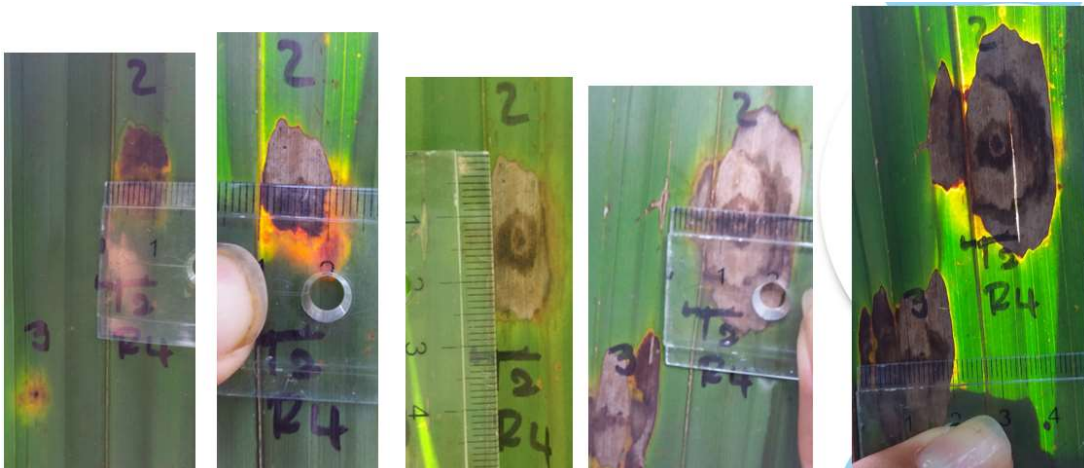
no hubo un crecimiento acelerado del hongo en comparación del tratamiento 4, si no que por el contrario llegó un momento donde el hongo detuvo su crecimiento y esporuló,



**Figura 21.** Registro fotográfico Tratamiento 1. Fuente autoría propia.

### 7.2.3 Tratamiento 2. Timorex 230 ml

En este tratamiento se observó (Figura 22) que el hongo obtuvo un crecimiento lento igual al tratamiento 1, donde el hongo finalmente esporuló.



**Figura 22.** Registro fotográfico Tratamiento 2. Fuente autoría propia.

### 7.2.4 Tratamiento 3. Serenade

Al igual que los tratamientos 1 y 2 pero con un crecimiento más lento, además de esto el hongo siempre se mantuvo de color amarillo-rojizo (Figura 23).

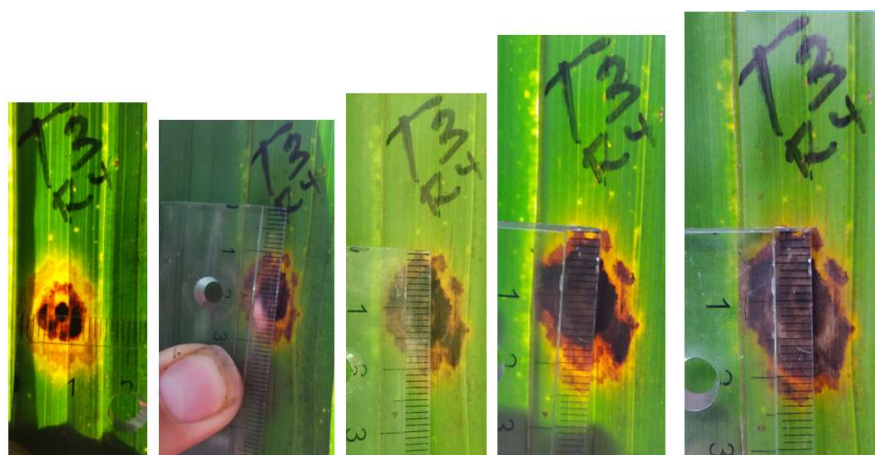


Figura 23. Registro fotográfico Tratamiento 3. Fuente autoría propia.

### 7.2.5 Tratamiento 4. (testigo)

Este es otro claro ejemplo del hongo cuando no se tiene ningún control sobre él (Figura 24).



Figura 24. Registro fotográfico Tratamiento 4. Fuente autoría propia.



### **7.3 Análisis estadístico de campo**

Para determinar la eficacia del biofungicida a base de la planta *Melaleuca alternifolia* evaluaron distintas hojas de área foliar de las palmas, para el procedimiento en campo con la ayuda de la escala de evaluación de Cenipalma se dio dando un valor a cada hoja en cada una de las evaluaciones, además de esto en algunos folíolos se marcaron varios signos de hongo para realizar las medidas correspondientes en cada evaluación, todos estos datos recolectados se digitaron en Excel® para hacer el respectivo análisis estadístico. A continuación, se describirán los resultados del análisis estadístico realizado con el programa InfoStat, ya que se recolectaron gran cantidad de datos.

#### **7.3.1 Análisis escala de defoliación en hojas 1 – 9 – 17 – 25**

En las respectivas evaluaciones realizadas antes de cada aplicación se determinó que la hoja número 1 siempre iba a tener un valor de defoliación de 0, esto debido a que el insecto realiza su daño al alimentarse y este lo hace de manera ascendente empezando por las hojas bajas, entonces los daños por el insecto obviamente pocos los encontramos desde el nivel 9, el tener un valor de defoliación de cero es bueno para análisis a largo plazo ya que podríamos igualmente determinar el efecto supresivo, curativo y preventivo con el que cuenta el Timorex a base de la planta *Melaleuca alternifolia*.

En los análisis de varianza (Figura 25) por la comparación de tukey vemos que hay diferencias significativas entre el tratamiento 1 en comparación a los tratamientos 2 – 3 y 4 lo que nos indica que la incidencia en este tratamiento fue baja.

**Incidencia**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Incidencia	2304	0.01	0.01	76.25

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4.89	3	1.63	7.06	0.0001
Tratamiento	4.89	3	1.63	7.06	0.0001
Error	531.78	2300	0.23		
Total	536.68	2303			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,07291**  
 Error: 0,2312 gl: 2300

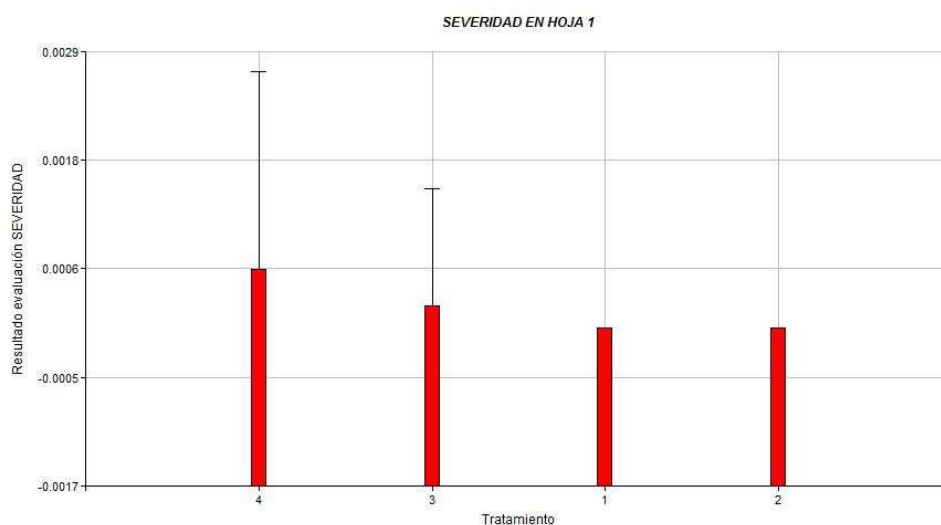
Tratamiento	Medias	n	E.E.	
1.00	0.55	576	0.02	A
2.00	0.64	576	0.02	B
3.00	0.66	576	0.02	B
4.00	0.67	576	0.02	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)*

**Figura 25.** Análisis de varianza escala de defoliación. Fuente elaborado con InfoStar versión 2016.

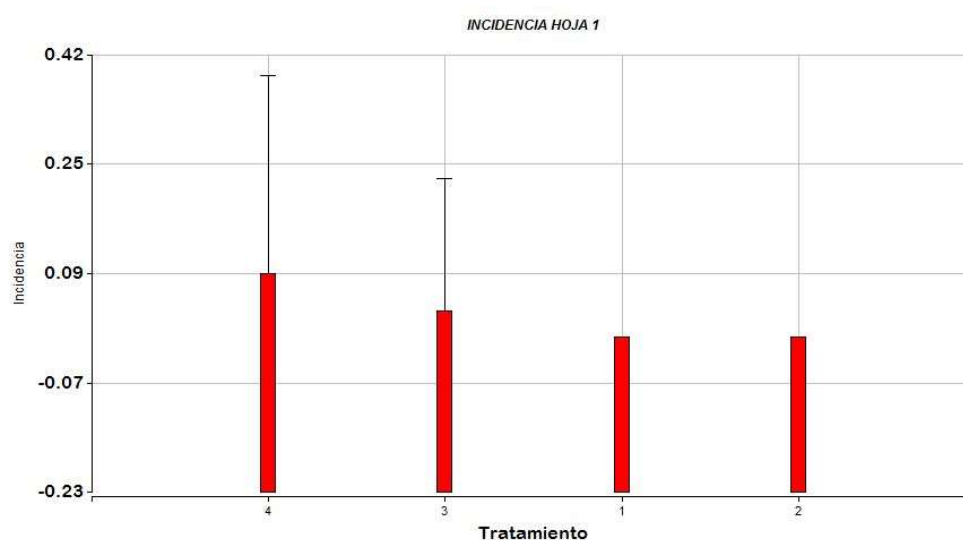
### 7.3.2 Gráficas de escala de defoliación en Hoja Numero 1

Analizando la escala de defoliación a partir de la evaluación 4 (Figura 26) se pudieron diseñar las gráficas donde se puede observar que la severidad en los tratamientos 1 – 2 y 3 fue baja en comparación al tratamiento (testigo) pero a pesar de esto los tratamientos del biofungicida demuestran que hubo un efecto y respuesta positiva de la planta para prevenir que fuera afectada por la Pestalotiopsis ya que para esta evaluación la hoja 1 que se encontraba en nivel superior ahora está en un nivel más abajo convirtiéndose en hoja número 9.



**Figura 26.** Grafica escala defoliación hoja 1. Fuente elaborado con InfoStar versión 2016.

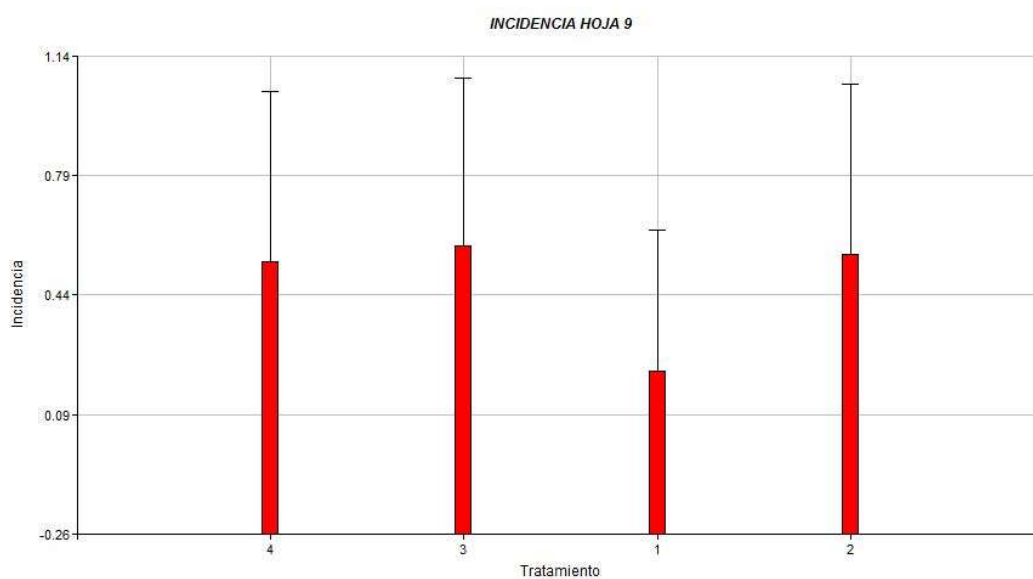
Igualmente, para la incidencia en la hoja 1 (Figura 27) el testigo nos demostró que luego de llegar a un nivel más abajo esta hoja fue contaminada y fue afectada por la Pestalotiopsis, incluso vemos que el tratamiento 3 también tuvo afectación e incidencia de la enfermedad, y se concluye que los tratamientos 1 y 2 no tuvieron incidencia de la enfermedad en la hoja 1 desde la evaluación 4.



**Figura 27.** Grafica Incidencia hoja 1. Fuente elaborado con InfoStar versión 2016.

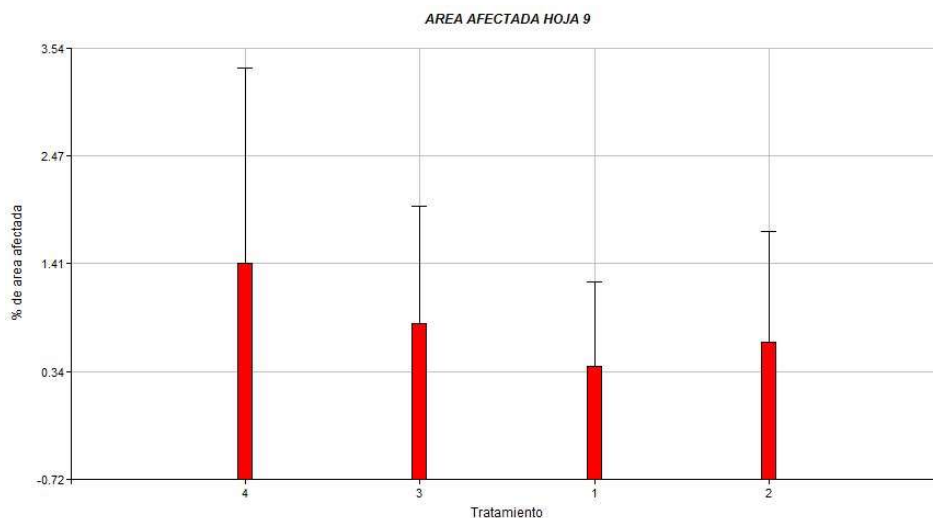
### 7.3.3 Graficas de escala de defoliación en Hoja Numero 9

La incidencia de la enfermedad se empezó hacer presente desde la primera evaluación donde ya que en ese nivel ya había daño (Figura 28), pero luego se todas las evaluaciones se concluyeron que el tratamiento 1 obtuvo baja incidencia de la enfermedad durante todas las evaluaciones.



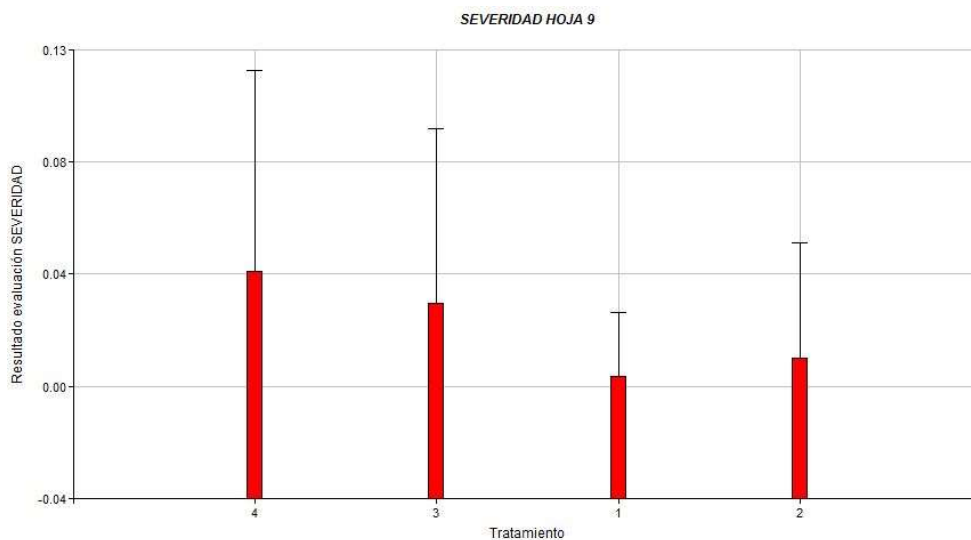
**Figura 28.** Grafica Incidencia hoja 9. Fuente elaborado con InfoStar versión 2016.

El porcentaje de área afectada al igual que la incidencia también estuvo presente desde la evaluación cero (Figura 29), el testigo obtuvo el más alto porcentaje de área afectada, y en cuanto a los tratamientos 1 y 2 del biofungicida el área afectada se comportó de manera controlada es decir el producto empezó a actuar desde la primera aplicación.



**Figura 29.** Grafica Área afectada hoja 9. Fuente elaborado con InfoStar versión 2016.

La evaluación de severidad en la hoja número 9 (Figura 30) se empezó a registrar desde la evaluación 0 a igual que el área afectada se puede concluir que el producto a evaluar obtuvo un efecto positivo en las palmas evaluadas actuando sobre las manchas o signos del hongo interviniendo en su crecimiento.



**Figura 30.** Grafica Severidad hoja 9. Fuente elaborado con InfoStar versión 2016.

## 7.4 Descripción de resultados en laboratorio

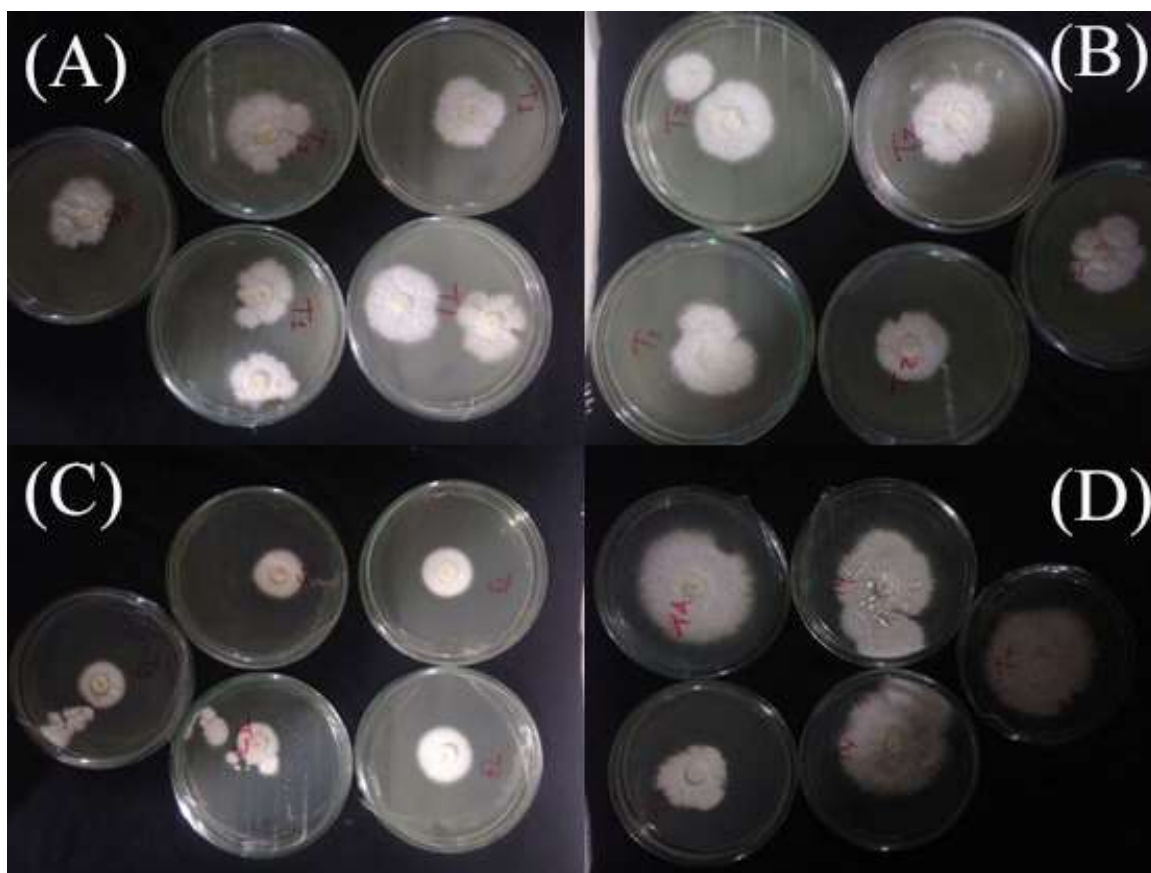
Este fue un proceso más corto pero que igualmente requirió de mucha dedicación, los resultados obtenidos muestran que luego de ser aplicada la dinámica, efectivamente hubo diferencias cualitativas significativas en la formación y crecimientos del hongo en los cuatro tratamientos.

### 7.4.1 Primera evaluación.

Esta se realizó a las 72 horas después de realizar el antibiograma en las 20 cajas de Petri (Figura 31), se realizaron las respectivas mediciones de área, desde ese momento las diferencias eran significativas entre los tratamientos (Figura 32), en el cual el testigo absoluto creció de manera exponencial a diferencia de los demás tratamientos,



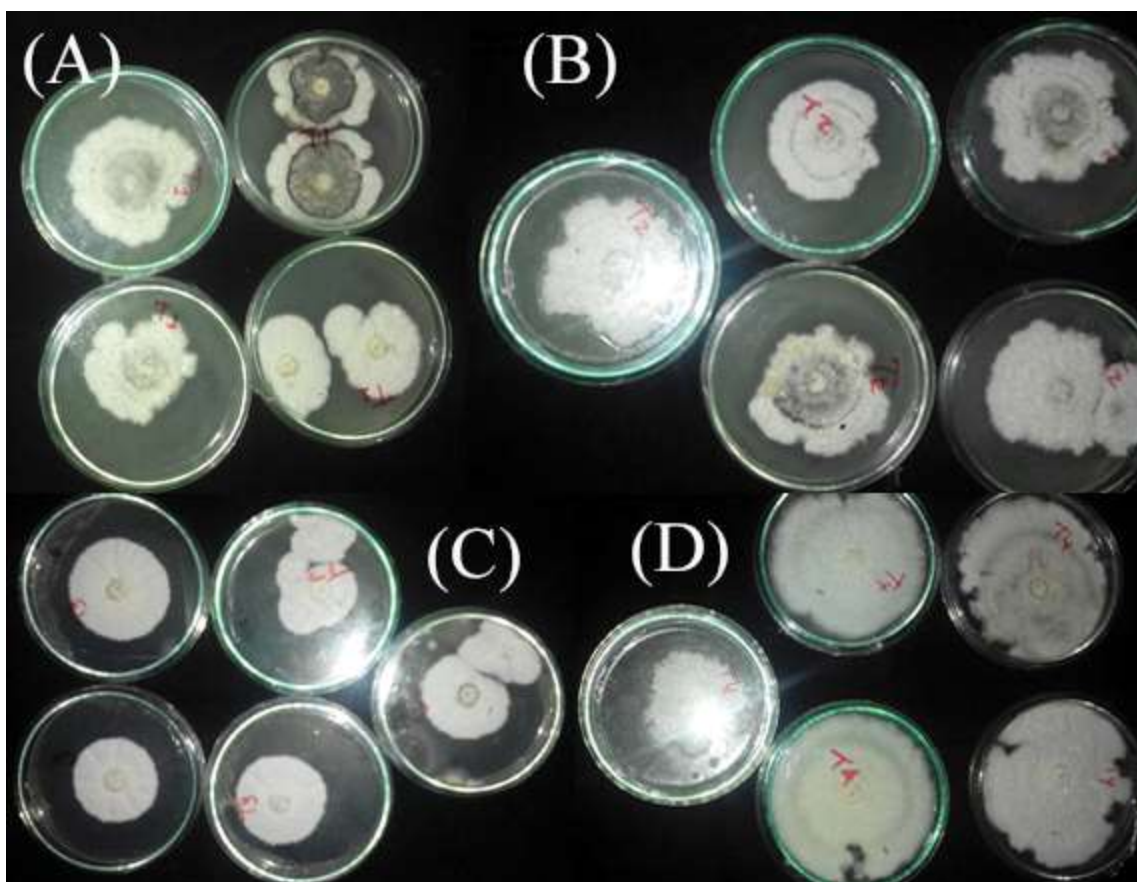
**Figura 31.** Hongo *Pestalotiopsis* en cajas Petri de izquierda a derecha T4 – T3 – T1 – T2. Fuente autoría propia.



**Figura 32.** Resultados de la primera evaluación. (A) *Pestalotiopsis* Tratamiento 1. (B) *Pestalotiopsis* Tratamiento 2. (C) *Pestalotiopsis* Tratamiento 3. (D) *Pestalotiopsis* Tratamiento 4. Fuente autoría propia.

#### 7.4.2 Segunda Evaluación

Esta se realizó 72 horas después de la primera evaluación, fue la última medición de área pues solo se evaluó hasta que el hongo en el tratamiento 4 (testigo) ocupara el área total de la caja Petri (Figura 33), en esta evaluación se puede concluir que los resultados son similares en campo, es decir el tratamiento 4 crece de manera acelerada mientras vemos que hay una respuesta del hongo ante los demás tratamientos ya que se crecimiento es lento.



**Figura 33.** Resultados de la segunda evaluación. (A) *Pestalotiopsis* Tratamiento 1. (B) *Pestalotiopsis* Tratamiento 2. (C) *Pestalotiopsis* Tratamiento 3. (D) *Pestalotiopsis* Tratamiento 4. Fuente autoría propia.

### 7.5 Análisis estadístico de laboratorio

Con los datos obtenidos en laboratorio del crecimiento (Tabla 3) de los hongos en las cajas Petri estos se insertaron en el programa InfoStat por el método tukey y se obtuvieron los siguientes resultados.



**Tabla 3.** Resultados mediciones de área del hongo en laboratorio.

Tratamiento	Repetición	Evaluación 1 (cm)	Evaluación 2 (cm)
T1	R1	12.56	19.62
T1	R2	12.56	19.62
T1	R3	13.81	30.17
T1	R4	11.33	28.15
T1	R5	12.56	16.61
T2	R1	13.81	28.26
T2	R2	13.84	19.62
T2	R3	11.33	24.61
T2	R4	13.81	38.46
T2	R5	12.56	24.61
T3	R1	7.06	16.61
T3	R2	10.17	24.61
T3	R3	6.15	19.62
T3	R4	6.15	12.56
T3	R5	10.17	19.62
T4	R1	12.56	19.62
T4	R2	34.19	69.36
T4	R3	28.26	50.24
T4	R4	28.26	78.5
T4	R5	32.15	66.44

Fuente elaboración propia.

Según el análisis de varianza vemos que no hay diferencias significativas entre los tratamientos 1 – 2 y 3 en la primera (Figura 34) y segunda evaluación (Figura 35), ya que la misma nomenclatura de letras nos indica que no hay diferencias, si lo vemos de manera cualitativa vemos que el tratamiento 3 es el que nos daría mejores resultados en campo, pero la estadística que es cuantitativa nos arroja un resultado diferente.

### Análisis de la varianza

#### Evaluacion 1

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Evaluacion 1	20	0,77	0,72	29,26

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1027,09	3	342,36	17,39	<0,0001
Tratamiento	1027,09	3	342,36	17,39	<0,0001
Error	315,05	16	19,69		
Total	1342,14	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=8,02938

Error: 19,6907 gl: 16

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T3	7,94	5	1,98	A
T1	12,56	5	1,98	A
T2	13,07	5	1,98	A
T4	27,08	5	1,98	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Figura 34. Análisis de Varianza evaluación 1 en Laboratorio. Fuente elaborado con InfoStar versión 2016.

#### Evaluacion 2

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Evaluacion 2	20	0,64	0,57	40,40

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4511,38	3	1503,79	9,38	0,0008
Tratamiento	4511,38	3	1503,79	9,38	0,0008
Error	2565,82	16	160,36		
Total	7077,19	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=22,91414

Error: 160,3635 gl: 16

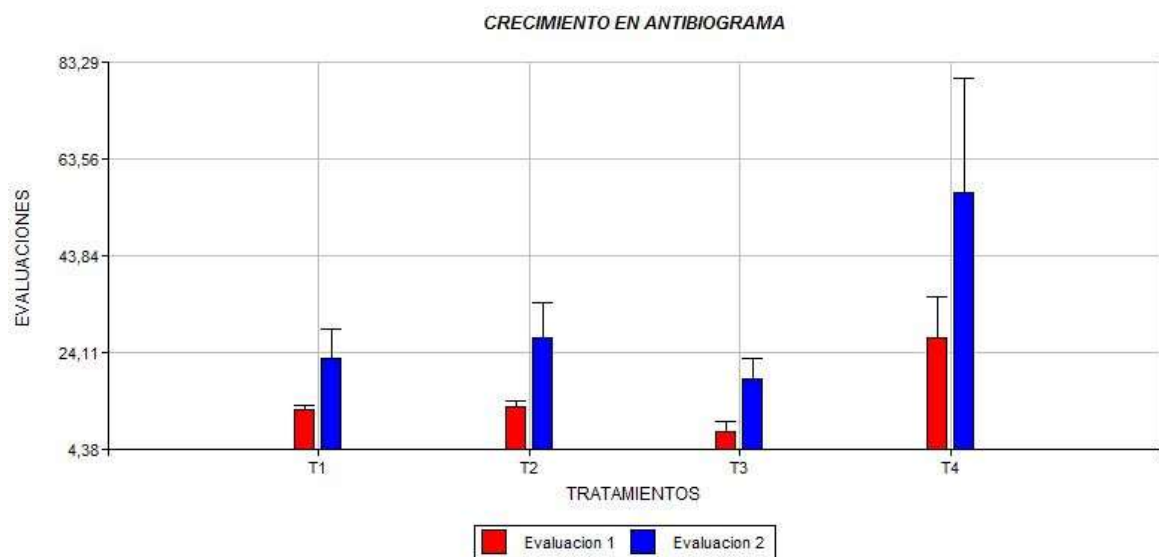
Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T3	18,60	5	5,66	A
T1	22,83	5	5,66	A
T2	27,11	5	5,66	A
T4	56,83	5	5,66	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Figura 35. Análisis de Varianza evaluación 2 en Laboratorio. Fuente elaborado con InfoStar versión 2016.

## 7.5.1 Grafica

En la siguiente grafica (Figura 36) se ilustra el crecimiento del hongo de *Pestalotiopsis* sp. en laboratorio en la primera y segunda evaluación.



**Figura 36.** Grafica análisis estadístico en Laboratorio. Fuente elaborado con InfoStar versión 2016.

Según los datos obtenidos en laboratorio y observación de cada tratamiento vemos que hay una breve diferencia entre los tratamientos 1 y 2 con el tratamiento 3, ya que en la primera evaluación el tratamiento 3 obtuvo un leve crecimiento en áreas incluso en las imágenes se puede observar la leve diferencia de tamaño en las cajas Petri en comparación a los tratamientos 1 y 2.

## CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de la investigación se pudo evaluar el biofungicida a base de la planta *Melaleuca alternifolia* para el control de la Pestalotiopsis, en palma de aceite Híbrido OxG. En la plantación Palmas Casanare S.A.S y podemos concluir de cada tratamiento que:

El tratamiento 1 Timorex Gold® 160 ml obtuvo una respuesta positiva hacia el control de la Pestalotiopsis, en cuanto a diferencias cualitativas como se describe en los registros fotográficos, se observaron pocas diferencias tanto en campo como en laboratorio, pero con el análisis se observan diferencias significativas frente a los demás tratamientos especialmente cuando se evaluó las hojas 1 y 9 ya que no hubo incidencia, lo que permite evidenciar las características curativas y preventivas del producto.

Al igual que el primer tratamiento, el tratamiento 2 como se demostró en las gráficas la incidencia en hojas 1 y 9 fue de cero, demostrando aún más la capacidad del biofungicida a base de la planta *Melaleuca alternifolia* para ser aplicado tanto a manera de control curativo de las machas en folíolos afectados y preventivo para proteger las hojas del nivel superior que no han sido afectadas por la Pestalotiopsis.

Con el tratamiento 3 (Serenade®) utilizado actualmente para el control de la Pestalotiopsis, cualitativamente se observó que en los registros fotográficos tuvo en algunos casos la capacidad de controlar el signo del hongo en folíolos deteniendo su crecimiento, pero en comparación estadísticamente con los tratamientos 1 y 2 del biofungicida se evidencia las diferencias significativas así como también se ven reflejadas en las gráficas.

El tratamiento 4 (testigo) nos demuestra que las palmas obtuvieron respuestas tanto negativas como positivas hacia cada uno de los tratamientos, ya que la incidencia y daño de este tratamiento siempre fueron altos, en los registros fotográficos se observa el crecimiento acelerado del hongo en los folíolos lo que permitió realizar los respectivos cálculos estadísticos.

## RECOMENDACIONES

Realizar las aplicaciones en época de verano para ver qué efecto tiene y el comportamiento del hongo al no haber humedad en el ambiente.

Aplicar el producto con hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* el cual ya es comprobado que parasita los adultos de *Leptopharsa gibbicularina* para mejorar el control de tanto del hongo como del insecto causante del problema.

Se puede utilizar otro medio de aspersión como una fumigadora jacto halada por tractor con capacidad de 400 litros la cual puede tener un mayor rendimiento.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía de Villanueva. (Agosto de 2017). *Geografía*. Obtenido de Nuestro municipio:  
[http://www.villanueva-casanare.gov.co/informacion\\_general.shtml](http://www.villanueva-casanare.gov.co/informacion_general.shtml)
- Barrios-Trilleras, C. E., & Bustillo-Pardey, A. E. (2014). Biología de la chinche de encaje *Leptopharsa gibbicularina* y su control con hongos entomopatógenos. *Ceniavances*(180), 1-4.
- Barrios-Trilleras, C. E., Cuchimba-Triana, M. S., & Bustillo-Pardey, A. E. (2015). Parámetros poblacionales de *Leptopharsa gibbicularina* (Hemiptera: Tingidae) plaga de la palma de aceite. *Revista Colombiana de Entomología*, 41(1), 1-4.
- Cenipalma. (2010). *Plagas de la Palma de Aceite en Colombia*. Bogotá, Colombia: Cenipalma.
- Cenipalma. (2012). *Guía de evaluación*. Colombia: Cenipalma.
- Escalante, M., Damas, D., Márquez, D., Gelvez, W., Chacon, H., Díaz, A., & Moreno, B. (2010). Diagnóstico y evaluación de Pestalotiopsis, e insectos inductores, en plantaciones de palma aceitera al sur del lago de Maracaibo, Venezuela. *Bioagro*, 22(3), 211-216.
- Fedepalma. (18 de Febrero de 2014). *Sector palmero le apuesta a la conservación de la biodiversidad, de la mano con el instituto Alexander von Humboldt y WWF*. Obtenido de Boletín de Prensa: [Http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Fedepalma/BOLETIN\\_FEDEPALMAYLABIODIVERSIDAD.pdf](Http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Fedepalma/BOLETIN_FEDEPALMAYLABIODIVERSIDAD.pdf)
- Genty, P., Garzón, A., & García, R. (1984). Daños y control del complejo *Leptopharsa-Pestalotiopsis* en la palma africana. *Revista Palmas*, 5(2), 9-15.

- Google. (2017). Mapa de Villanueva Casanare en Google Earth. Obtenido de <https://earth.google.com/>
- Henson, I. E. (1995). Impactos ambientales de las plantaciones de palma de aceite en Malasia. *Palmas*, 16(4), 49-66.
- La Cabaña. (2009). *Historia del Híbrido OxG*. Obtenido de <http://www.madfisher.info/Colombia/SENA/Palma/HISTORIA%20DEL%20HIBRIDO%20OxG.pdf>
- Labarca, M., Sanabria, N., & Arcia, A. (2006). Patogenicidad de *Pestalotiopsis palmarum* Cooke, sobre plantas de vivero de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Revista Facultad de Agronomía LUZ*, 23, 417-424.
- Martínez, G. (2010). Insectos como vectores de enfermedades en palma de aceite. *Palmas*, 31(1), 283-287.
- MAVDT. (2011). *Guía Ambiental de la Agroindustria de la Palma de Aceite en Colombia*. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Méndez, A. (2000). Manejo integrado de pestalotiopsis en una plantación comercial de palma de aceite. *Revista Palmas*, 21(1), 165-166.
- Sánchez, A. (1990). Enfermedades de la palma de aceite en América Latina. *Palmas*, 11(4), 5-38.
- Stockton. (2010). *Timorex Gold®*. Obtenido de <http://unicesar.ambientalex.info/infoCT/Concomsignegnuegenbioint.pdf>
- Texeira, P. (s.f.). *¿Qué es el Tea Tree?* Obtenido de El árbol de té, la *Melaleuca alternifolia*, o Tea Tree: <http://www.femeninas.com/productos-aceite-tea-tree/>