

**Evaluación del efecto de controles biológicos contra la marchitez letal y su vector
(*Haplaxius crudus*), en cultivo de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq), Palmera la
Fortuna, Vistahermosa, Meta**

José David Salcedo González & Jhon Jairo López Arboleda

Trabajo de Grado Desarrollado en la Modalidad de Investigación, Presentado como
Requisito para Optar por el Título de Ingenieros Agrónomos

Tutor académico: I.A. Dr. Leónides Castellanos González

Tutor Empresarial: I.A. Esp. Miguel Hernández Peña

Universidad de Pamplona

Facultad de Ciencias Agrarias

Programa de Ingeniería Agronómica

2021

Agradecimientos

Primeramente, a DIOS por darnos la vida, la salud, la sabiduría y la Universidad de Pamplona por la oportunidad de educarnos profesionalmente. Seguidamente a nuestros padres que siempre han estado ahí para ser ese apoyo incondicional.

A los docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias, por haber sido parte importante y fundamental en nuestro proceso de formación profesional y para la vida.

Y a nuestro tutor de tesis, el I.A. Dr. Leónides Castellanos González, gracias infinitas por su aporte de conocimientos, confiar en nuestras capacidades y compartir con nosotros sus conocimientos en la ejecución de esta investigación.

A nuestros hermanos y amigos, que incondicionalmente han estado ahí como un apoyo importante durante este proceso.

Jose David Salcedo González & Jhon Jairo López Arboleda

Tabla de contenido

Resumen.....	11
abstract	12
1. Introducción	13
2. Problema	16
2.1 Planteamiento y Descripción del Problema	16
3. Justificación	18
Delimitación.....	23
4. Objetivos.....	24
Objetivo General.....	24
Objetivos Específicos.....	24
5. Marco Teórico.....	25
5.1 Antecedentes	25
5.1.1 Control de <i>H. crudus</i> con nematodos entomopatógenos (Guerrero & Bustillo , 2019).....	25
5.1.2 Evaluación de Hongos y Nematodos para el Control de <i>Haplaxius crudus</i> , Vector de la Marchitez Letal (ML) de la Palma de Aceite en Colombia (Cenipalma, 2014).....	26
5.1.3. Plantas hospederas del vector de la marchitez letal, <i>Haplaxius crudus</i> , en plantaciones de palma de aceite en san Carlos de Guaroa Meta.	28
5.2 Marco contextual	29
5.2.1 Departamento.....	29
5.2.2 Municipio.....	30

5.2.3 Origen y distribución de la palma de aceite.....	31
5.2.4 Clasificación Taxonómica de la Palma de Aceite.....	32
5.2.5 Descripción Botánica	34
5.2.5.1 Raíces	34
5.2.5.2 Tallo	35
5.2.5.3 Hojas	35
5.2.5.4 Inflorescencia.....	35
5.2.5.5 Fruto	36
5.2.6 Material vegetal	36
5.2.6.1 Dura.....	36
5.2.6.2 Pisífera	37
5.2.6.3 Tenera	37
5.2.7 Importancia	38
5.2.8 Requerimientos Edafoclimáticos	39
5.2.9 Manejo Agronómico	41
5.2.10 Enfermedades.....	45
Manejo biológico	56
Alternativas biológicas u orgánicas para el control de enfermedades en palma de aceite.....	62
5.3 Marco Legal	63
6. Metodología	67
6.1 Diseño metodológico	67
Tipo de investigación.....	67

6.1. Caracterización de la concentración final de la multiplicación de los microorganismos eficientes a emplear en la palmera la Fortuna.....	67
Multiplicación de los macroorganismos eficientes y los entomopatógenos en la Finca La Fortuna	68
6.2 Comparar la eficacia de los microorganismos eficientes y la incidencia de la Marchitez Letal en palma de aceite <i>Elaeis guinnensis</i> Jacq con prácticas de control biológico..	72
Frecuencia de aplicación de los entomopatógenos y EM.....	74
Método de aplicación.....	74
Métodos de monitoreo y muestreo.....	75
Descripción de las variables a evaluar de Marchitez Letal.....	75
Variables de la enfermedad marchitez letal	76
Variables de poblaciones del vector	76
Variables de ninfas de <i>Haplaxius crudus</i> por plantas en el lote experimental.....	77
Análisis estadístico.....	77
6.3. Valorar de la influencia de los microorganismos eficientes sobre el desarrollo de las plantas de palma de aceite tratadas en comparación con el testigo.	78
Método de aplicación.....	78
Análisis estadístico.....	78
7. Resultados y discusión.....	79
7.1 Caracterizar de la concentración final de la multiplicación de los microorganismos eficientes a emplear en la palmera la Fortuna.....	79

7.2 Comparar la eficacia de los microorganismos eficientes y la incidencia de la Marchitez Letal en palma de aceite <i>Elaeis guinnensis</i> Jacq con prácticas de control biológico..	82
8. Conclusiones	93
9. Recomendaciones	94
Referencias.....	95
10. Anexos	105

Lista de tablas

Tabla 1 <i>Clasificación Taxonómica de la palma de aceite</i>	33
Tabla 2 <i>Rendimiento obtenido de los Principales Aceites Agrícolas en Colombia</i>	39
Tabla 3 <i>Requerimientos Ambientales Para el Cultivo de la Palma de Aceite</i>	40
Tabla 4 <i>Estimados de Absorción de Nutrientes para la Producción Anual por Edad de la Planta</i>	45
Tabla 5 <i>Enfermedades más Comunes del Cultivo de la Palma de Aceite en Colombia</i> ..	46
Tabla 6 <i>Plagas de la Palma de Aceite en Colombia</i>	49
Tabla 7 <i>Plagas de la Palma de Aceite en Colombia</i>	49
Tabla 8 <i>Clasificación de aplicación de EM según tipo de cultivo</i>	59
Tabla 9 <i>Materiales que se utilizaron la multiplicación de microorganismos Bacillus subtilis en tanque de 200 L</i>	69
Tabla 10 <i>Materiales para realizar la multiplicación de microorganismos Lactobacillus en tanque de 200 L</i>	70
Tabla 11 <i>Croquis del bloque completamente aleatorizado 3 tratamientos x 4 réplicas</i> ..	73
Tabla 12 <i>Tratamientos a evaluar con las diferentes frecuencias de aplicación</i>	73
Tabla 13 <i>Ficha técnica solución stock de los EM a usar en la palmera la Fortuna</i>	79
Tabla 14 <i>Resultados de la concentración de microorganismos Eficientes al final de la reproducción final en el tanque de 200L</i>	80
Tabla 15 <i>Resultado del ANOVA para la incidencia de ML en % en los diferentes momentos de evaluación</i>	83
Tabla 16 <i>Resultado del ANOVA para ninfa/macollas en los diferentes momentos de evaluación</i>	84

Tabla 17 Resultado del ANOVA para insectos/trampa en los diferentes momentos de evaluación	86
Tabla 18 Resultado del ANOVA para la longitud de las hojas en los diferentes momentos de evaluación	88
Tabla 19 Resultado del ANOVA para número de hojas en los diferentes momentos de evaluación	90

Lista de figuras

Figura 1. Ubicación palmera la Fortuna	24
Figura 2 Departamento del Meta Colombia	30
Figura 3 <i>Vistahermosa, Meta vía a San Juan de Arama</i>	31
Figura 4 <i>Descripción botánica de la palma de aceite (Borrero, 2008)</i>	34
Figura 5 Saltahojas de la palma <i>Haplaxius crudus</i> (Van duzee).....	51
Figura 6 Trampas para el Monitoreo del Saltahojas <i>H. crudus</i>	52
Figura 7 <i>Gramínea Maciega Paspalum virgatum</i>	53
Figura 8 <i>Monitoreo del insecto vector de la marchitez letal (ML) en palma de aceite., A)</i> <i>Tamaño Real de Adulto Haplaxius crudus; B) Imagen Aumentada</i>	54
Figura 9 <i>Apariencia de la Genitalia de Haplaxius crudus, Vista Ventral. A) Hembra; B)</i> <i>Macho)</i>	55
Figura 10 Diseño tanques de multiplicación <i>Bacillus subtilis</i> y <i>Lactobacillus acidophilus</i> , palmera la Fortuna.	68
Figura 11 Tanques de multiplicación de microorganismos eficientes en tanques de 1000 litro.....	69

Lista de anexos

Anexo 1 Resultados de ANOVA para variables fitosanitarias.....	105
Anexo 2 ANOVAS de variables Morfométricas	116
Anexo 3 Aplicación de pegante para insectos en trampas amarillas	123
Anexo 4 Toma de peso promedio de racimos	124
Anexo 5 Medición de hoja N ^a 17 en los tratamientos.	124
Anexo 6 Preparación del biopreparado con los EM a aplicar	125
Anexo 7 Aplicación de EM en tratamiento 28 días	125
Anexo 8 Aplicación de pegante y monitoreo en trampas amarillas	126
Anexo 9 Resultados de la multiplicación de EM en tanque de 1000 litros	127

Resumen

Una problemática muy actual en el cultivo de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) son las enfermedades que pueden presentar en ocasiones considerables pérdidas en cosecha, entre las principales se tiene la marchitez letal. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de microorganismos eficientes (EM) y su reproducción contra la Marchitez Letal y su vector (*Haplaxius crudus*) en cultivo de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq), desarrollado en la palmera La Fortuna, Vistahermosa, Meta. La metodología estuvo estructurada en tres fases; para la primera fase se realizó una caracterización de la concentración final de la multiplicación de los microorganismos eficientes a emplear en la palmera la Fortuna a partir de una concentración stock de microorganismos eficientes; en una segunda fase se evaluó en campo un formulado comercial de ME para lo cual se empleó un diseño experimental completamente aleatorizado usando como tratamientos dos frecuencias de aplicación de los ME (14 y 28 días) y un testigo con 4 parcelas como repeticiones. Se comparó la eficacia de los ME evaluando cada 14 días el efecto sobre la enfermedad, el vector y para la tercera fase se realizó la valoración de la influencia de los microorganismos eficientes sobre el desarrollo las variables morfométricas de las plantas de palma. La práctica de control biológico con microorganismos eficientes para el manejo de la enfermedad marchitez letal, no mostró diferencia estadística para el control de la enfermedad, ni tampoco hubo diferencia significativa para el número y longitud de hojas hasta la semana 4 que presentó una diferencia estadística y las plantas no respondieron rápidamente a las aplicaciones, sin embargo, los resultados son alentadores ya que el tiempo de la investigación fue muy corto para garantizar que los microorganismos eficientes tenían un efecto duradero a las frecuencias que se estuvieron aplicando contra la marchitez letal y las variables morfométricas.

Palabras clave: marchitez letal, vector, control biológico, frecuencia.

abstract

A very current problem in the cultivation of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) Are the diseases that can present considerable losses in harvest, among the main ones is lethal wilt. The objective of the research was to evaluate the effect of efficient microorganisms (EM) and their reproduction against Lethal Wilt and its vector (*Haplaxius crudus*) in oil palm cultivation (*Elaeis guineensis* Jacq), developed in the La Fortuna palm tree, Vistahermosa, Goal. The methodology was structured in three phases; For the first phase, a characterization of the final concentration of the multiplication of efficient microorganisms to be used in the La Fortuna palm was carried out from a stock concentration of efficient microorganisms; In a second phase, a commercial formulation of EM was evaluated in the field, for which a completely randomized experimental design was used using two frequencies of application of EM (14 and 28 days) as treatments and a control with 4 plots as repetitions. The efficacy of the EMs was compared by evaluating the effect on the disease, the vector every 14 days and for the third phase, the evaluation of the influence of efficient microorganisms on the development of the morphometric variables of the palm plants was carried out. The practice of biological control with efficient microorganisms for the management of the lethal wilt disease did not show statistical difference for the control of the disease, nor was there a significant difference for the number and length of leaves until week 4, which presented a statistical deference and The plants did not respond quickly to the applications, however, the results are encouraging as the research time was too short to ensure that the efficient microorganisms had a lasting effect at the frequencies that were being applied against the lethal wilt and the variables morphometric.

Keywords: lethal wilt, vector, biological control, frequency.

1. Introducción

A partir del crecimiento de los monocultivos y el desarrollo de las actividades agrícolas a nivel mundial, los cultivos de palma se han posicionado como una de las prácticas agrícolas en crecimiento. Desde los años noventa, el área ocupada por el cultivo de palma de aceite se ha expandido mundialmente, aproximadamente alrededor de un 43%, debido principalmente a la demanda de India, China y la Unión Europea. Se espera que a 2021 la demanda de aceite de palma, se duplique, teniendo en cuenta que, en la actualidad, la palma de aceite es cultivada aproximadamente en 15 millones de hectáreas alrededor del mundo” (UNEP, 2011), brindando una producción de 50.518.000 millones de toneladas.

La palma de aceite está presente en cuatro zonas de Colombia: Norte, Oriental, Central y Suroccidente, que abarcan 122 municipios en 19 departamentos alrededor del país, siendo su área sembrada de 500.000 hectáreas aproximadamente (Cenipalma, 2015). La palmicultura es una de las actividades agrícolas más prometedoras como eje para alcanzar el desarrollo nacional. En Colombia, los cuestionamientos relacionados al cultivo de palma se han concentrado en conflictos de tierras en áreas puntuales; más, sin embargo, el país cuenta con una amplia disponibilidad de áreas para aumentar el cultivo sin sacrificar bosques primarios (Oviedo, 2020) El Departamento del Meta abarca 3 municipios con la mayor productividad de aceite de palma del departamento; correspondiente a San Martín, Acacias y Puerto Gaitán (Cenipalma, 2015).

Durante los últimos 100 años, la palma de aceite pasó de ser un cultivo agroforestal de pequeños productores a convertirse en el cultivo agroindustrial de aceite vegetal más importante del mundo. Hasta la última semana del mes de enero el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 2021), proyecta que la Producción Mundial Aceite de Palma 2020/2021 alcanzaría los 75.46 millones de toneladas, cerca de 0.01 millones de toneladas más que la

proyección del mes pasado. La Producción de Aceite de Palma del año 2020 fue de 73.23 millones de toneladas. Los 75.46 millones de toneladas estimados para el año 2021 podrían significar un incremento de 2.23 millones de toneladas o 3.05% en la producción de aceite de palma alrededor del mundo (USDA, 2021)

Considerando que la expansión del cultivo de palma de aceite podría conllevar al desplazamiento de bosques tropicales de gran biodiversidad (Gaveau et al., 2014), las estrategias más convenientes para satisfacer la demanda global de aceite de palma son la obtención de mayores cifras de productividad junto con una expansión del área de siembra hacia zonas previamente degradadas o intervenidas (Fairhurst, 2009).

Aumentar la productividad del cultivo conlleva a un aumento en las tasas de deforestación, a menos que se implementen políticas de apoyo adecuadas para aumentar la productividad. Por lo que esta medida se convierte además en un paso necesario para reducir la presión que ejerce la palmicultura sobre el suelo (Woittiez et al., 2018). Por lo anterior, se hace urgente contar con una comprensión y cuantificación robusta de los diferentes factores de producción que influyen en la productividad del cultivo, a fin de estimar el alcance de los programas en curso orientados a incrementar la productividad del cultivo y de los proyectos de siembra y renovación de siembras (Angelsen, 2010).

La Marchitez Letal ML se ha convertido en una de las patologías más amenazantes del sector palmero en Colombia, por carácter letal; se estima que durante el periodo transcurrido entre 1994 y junio del 2010 se han erradicado en la zona oriental algo más de 750 hectáreas afectadas. Sin embargo, gracias a las diferentes investigaciones que ha desarrollado Cenipalma en torno al tema, en la actualidad se disponen diferentes estrategias que, enmarcadas tras un programa de

manejo integrado resultan eficaces para controlar la ML en zonas donde la enfermedad ejerce alta y baja presión (Arango et al., 2011d).

Una enfermedad similar se presentó en la década entre 1965-1975 en Oleaginosas Risaralda, en el valle del río Zulia, Norte de Santander, donde destruyó alrededor de 288.000 palmas (Martínez et al., 1976).

Dentro de los síntomas característicos de la marchitez sorpresiva se evidencia un marchitamiento en orden ascendente de las hojas, asociado a protozoarios flagelados, pero, en el caso de la ML, hay ausencia en un orden definido en el marchitamiento de las hojas, la cual se presenta en los diferentes niveles del follaje. Buscando aclarar la confusión que se ha tenido con estas enfermedades, (López G. M., 1985), propuso el nombre de caso A para la hoy conocida marchitez letal y caso B para la Marchitez Sorpresiva asociada a la presencia de los flagelados (Arango et al., 2011a).

En el estudio de la marchitez en Oleaginosas Risaralda, se plantearon varias hipótesis para conocer su agente causante como *Fusarium* sp., *Phomopsis* sp., *Rhizoctonia* sp., *Macrophomina* sp., *Phytophthora* sp., y *Thielaviopsis* sp., sin embargo, ninguno de estos reprodujo los síntomas asociados con la enfermedad. (Sanchez, Enfermedades de importancia que afectan la palma de aceite en Colombia, 1973), (Genty, 1973) & (López G. , 2010), reportaron que la marchitez estaba relacionada con la presencia de insectos y como *Sagalassa valida*, era el más frecuente en las zonas afectadas, por ende, sería el responsable de la enfermedad, pero dentro del estudio evidenciaron que *Mindus crudus* era el responsable de transmitir la ML a palmas sanas (Arango et al., 2011a).

2. Problema

2.1 Planteamiento y Descripción del Problema

La Marchitez letal de la palma de aceite (ML) es una de las enfermedades más limitantes del cultivo en Colombia. Las investigaciones de Cenipalma han demostrado que el vector del agente causante de la ML es el insecto conocido como el saltahojas de la palma, *Haplaxius crudus*, siendo éste un insecto que se encuentra en todas las plantaciones. Cuando un individuo de *Haplaxius crudus* llega infectado con el patógeno causante de la ML y transmite la enfermedad a una palma y ésta sirve de alimento a otros *H. crudus* presentes, estos insectos se convierten en portadores del patógeno y son capaces de transmitir la ML a otras palmas al alimentarse de ellas (Arango et al., 2011a).

El control biológico es una alternativa muy eficiente para controlar enfermedades y plagas en palma, siendo una alternativa al control químico con plaguicidas. Colombia ocupa el tercer lugar como consumidor de plaguicidas en América Latina, después de Brasil y México (Hanna & Orozco, 2014).

Las formulaciones de plaguicidas registradas en el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), casi se han duplicado en los últimos treinta años, pasando de 770 productos en 1974 (formulados con base en 186 ingredientes activos), a 1.370 (formulados con base en 400 ingredientes activos) (Díaz et al., 2017). La Organización Mundial de la Salud, estima que cada año en el mundo se presentan unos tres millones de casos de intoxicaciones agudas con plaguicidas, de las cuales cerca de 220.000 tienen un desenlace fatal. Tan solo un promedio de 300.000 casos anuales de intoxicación es derivado de exposición ocupacional accidental. Los

intentos de suicidio son los responsables de las dos terceras partes del total de estas intoxicaciones y se presentan principalmente en países en vía de desarrollo (Diaz et al., 2017).

Uno de los mayores problemas que se presentan en la palmera La Fortuna es la presencia de Marchitez letal y su vector *Haplaxius crudus*, que dificultan la sanidad vegetal. El mal manejo de las arvenses y el uso indiscriminado de insecticidas durante mucho tiempo fue causal de incidencia altas del vector que ocasionaron daños directos e indirectos a la plantación, conllevando a la disminución del rendimiento y la productividad del cultivo, aunado a esto el poco manejo cultural y etológico que le otorgaban al cultivo. La palma de aceite es de gran importancia en el municipio de Vistahermosa, ya que la mayoría de los agricultores ocupan las tierras en este rubro económico, brindando empleo y sostenibilidad a muchas familias del municipio. La alta implementación indiscriminada de agentes químicos y la poca utilización de productos biológicos representaban una problemática para los cultivos de palma de aceite; pues se corría con el riesgo de crear resistencia en el vector *Haplaxius crudus*, y así aumentar considerablemente la Marchitez Letal.

De acuerdo al historial registrado en la plantación, se han realizado controles químicos con los siguientes ingredientes activos: clothianidin, dinotefuran, sulfoxaflor y cartap, siendo la primera y la última menos exitosas, sin embargo, en su momento se logró controlar y bajar el umbral de daño. Los ingredientes que mejor funcionaron fue dinotefuran y sulfoxaflor, pero siempre existió la controversia de que estos ingredientes activos también afectaban la microfauna existente en la palmera. Por estas razones se empezó a optar por buscar otras alternativas que llevaron a realizar ensayos y utilizar productos biológicos que ayudaran a contrarrestar la ML y su vector con un efecto residual y al mismo tiempo no se viera perjudicado el ecosistema que rodea la plantación.

3. Justificación

La marchitez letal (ML) es una de las principales enfermedades de la palma de aceite en Colombia y ha ocasionado la erradicación de 178.000 palmas en el año 2018 en la Zona Oriental palmera colombiana. El insecto vector del agente causante de la Marchitez letal es *Haplaxius crudus*, Hemiptera: Cixiidae). Las ninfas de *H. crudus* se desarrollan en las raíces de los pastos localizadas a niveles superficiales del suelo y el estado adulto se alimenta del follaje de varias especies de palmas, entre ellas, la palma de aceite, en la cual actúa como vector de la ML (Guerrero & Bustillo, 2019).

La tecnología EM está siendo utilizada para reemplazar agroquímicos y fertilizantes sintéticos, como fue la evaluación de la aplicación de EM en col de repollo (*Brassica oleraceae* L.), en condiciones de organopónico semiprotegido en el cual mostramos los mejores resultados en el rendimiento y sus componentes comparados con el testigo sin EM (Alvarez et al., 2012).

La aplicación de ME y *T. harzianum* favoreció la producción de posturas de cebolla con mayor calidad, expresada en las variables altura, número de hojas, diámetro del falso tallo, longitud radical, así como en la masa fresca y seca del sistema radical y del área foliar (Castro et al., 2015).

Efecto de los Microorganismos Eficientes (EM) en la producción de posturas de fruta bomba (*Carica papaya* L.) Con la aplicación de EM al sustrato de las bolsas, se produce un adelanto con relación al testigo, de entre siete y 10 días en el momento de estar la postura lista para el trasplante. Con relación al número de hojas por planta al momento del trasplante, todos los tratamientos evaluados, superan al testigo, sin diferencias en el valor alcanzado entre ellos (Almoguea et al., 2015).

El hongo *Metarhizium sp.* ha sido evaluado como controlador de larvas de *Strategus Aloeus*, que fue aislado de campo y que mostró una mortalidad hasta de 90% en condiciones de laboratorio., y el empleo de algunos aislamientos de *Beauveria bassiana* en épocas de alta humedad produce hasta un 70% de control en larvas de *Stenomacrus cecropia* (Aldana et al., 2010).

En otro estudio se evaluó la eficacia Para el control de adultos de *H. crudus*, con *Metarhizium anisopliae* cepa CPMa1309 y en el cual presento mortalidades superiores al 70 % bajo condiciones de una plantación comercial (Guerrero & Bustillo, 2019)

Los Microorganismos Eficientes (ME), son una combinación de microorganismos beneficiosos de cuatro grupos principales: bacterias foto tróficas, levaduras, bacterias productoras de ácido láctico, entre ellos, *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Saccharomyces cerevisiae* y *Pseudomonas fluoresce* y hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*. Estos microorganismos efectivos cuando entran en contacto con materia orgánica, secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales quelatos y fundamentalmente sustancias antioxidantes (Banco Interamericano de desarrollo, 2009)

Los microorganismos eficientes tienen numerosas aplicaciones agrícolas debido a que funcionalmente favorecen la germinación de semillas, incrementan la floración, aumentan el crecimiento y desarrollo de los frutos, incrementan la biomasa, garantizan una reproducción exitosa en las plantas, mejoran la estructura física de los suelos, incrementan la fertilidad química de los mismos y suprimen a varios agentes fitopatógenos causantes de enfermedades (Morocho & Mora, 2019)

La palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq) es la Oleaginosa más productiva del planeta, una hectárea sembrada produce entre 6 y 10 veces más aceite que las demás, donde, Colombia se

ubica como el cuarto productor de aceite de palma del mundo y el primero en América., lo cual enmarca la importancia de ampliar el área de estudio para mitigar a través del control de plagas y enfermedades que se presenten en el cultivo, ya que esto promueve la economía en el país, donde en Colombia representa más de 185.000 puestos de trabajo entre directos e indirectos que benefician a miles de familias, donde existe 68 núcleos palmeros con más de 6000 productores en más de 65.000 hectáreas sembradas de palma en 161 municipios de 21 departamentos (Fedepalma, La palma de aceite en Colombia. Infografía 2020, 2020)

La palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en el departamento de Meta, representa uno de los principales cultivos establecidos con muy buena aceptación por parte de los palmeros, que constituye un total de 269 (cifra según el RNP). En 2019 la producción de aceite de palma crudo alcanzó las 458.677 toneladas (30,03 % de la producción nacional). Es un cultivo que aporta 53.435 empleos entre directos e indirectos ayudando así a miles de familias a pesar de que hay 15.684 hectáreas en producción de 161.737 hectáreas sembradas ((Fedepalma, La palma de aceite en Colombia. Infografía 2020, 2020). presencia de la enfermedad marchitez letal en las plantaciones, determina una amenaza para la producción del departamento y para los miles de empleos directos e indirectos que se dan gracias a la palmicultura a lo largo de todo el departamento.

Con esta investigación se buscó evaluar la multiplicación de microorganismos eficientes (*Bacillus subtilis* y *Lactobacillus acidophilus*), y su efecto bajo aplicaciones en campo para el control de la ML, evaluando parámetros morfométricos en las palmas que permitieron evidenciar una respuesta de bioestimulación positiva por parte de las plantas, además, el control del vector con hongos entomopatógenos (*Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*) para mitigar y controlar a su vector *Haplaxius crudus* en la palmera La Fortuna.

Ante esta problemática se plantea el siguiente problema científico:

¿Cuál será el efecto de los microorganismos eficientes a base de *Bacillus subtilis* y *Lactobacillus* sp., y entomopatógenos representados por *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* sobre la marchitez letal y su vector *Haplaxius crudus* en la palmera la Fortuna?

Se proponen las siguientes hipótesis de investigación:

Los microorganismos eficientes a base de *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Pseudomonas fluorescens*) y entomopatógenos (*Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*), recomendados por Cenipalma tienen un efecto supresor sobre el complejo Marchitez Letal y su vector *Haplaxius crudus*, así como un efecto bioestimulador de las plantas de palma de aceite que repercuten en una mejor fitosanidad de las plantaciones.

El género *Bacillus* actúan como agente de control biológico y sus implicaciones en la diversidad metabólica asociada a la promoción del crecimiento vegetal y control de patógenos, además destaca su capacidad de producir endosporas (ovales o cilíndricas) como mecanismo de resistencia a diversos tipos de estrés de la planta. Entre las principales vías por las cuales estas cepas evitan el establecimiento y desarrollo de organismos fitopatógenos es a través de diferentes mecanismos, que incluyen A) la excreción de antibióticos, B) sideróforos, C) enzimas líticas, D) toxinas y E) induciendo la resistencia sistémica de la planta (Tejera & Rojas , 2011).

Su capacidad de producir una gran variedad de antibióticos con capacidad de inhibir el crecimiento de agentes fitopatógenos, entre éstos, los lipopéptidos cíclicos no ribosomales han sido los más estudiados, clasificándose en 3 diferentes familias (iturinas, fengicinas y surfactinas), de acuerdo con su secuencia de aminoácidos y longitud del ácido graso. Las familias de las iturinas, fengicinas y surfactinas, han sido ampliamente estudiadas por su actividad antibacteriana y antifúngica, La actividad antimicrobiana de estos LPs Lipopéptidos

tiene lugar por su interacción con la membrana citoplasmática de células bacterianas o fúngicas, provocando la formación de poros y un desbalance osmótico, lo que desencadena la muerte celular de los microorganismos fitopatógenos (Cira et al., 2018).

Bajo un enfoque dirigido a la sustentabilidad agrícola, se han realizado escasas investigaciones con el objetivo de comprender la diversidad y dinámica poblacional específica de *Bacillus* en suelos rizosféricos, donde las comunidades bacterianas que habitan la rizósfera responden particularmente a la fertilidad del suelo y los exudados de las raíces de las plantas, los cuales varían con la fenología y genotipo vegetal, por lo que bacterias que interaccionen con las plantas y presenten capacidades asociativas, endofíticas o procesos simbióticos para adaptarse a las condiciones rizosféricas, son reconocidas como potenciales inoculantes microbianos. Por otra parte, (Cira et al., 2018), señalan que diversas especies de *Bacillus* pueden ser residentes de tejidos internos en plantas de uva (*Vitis vinífera*) y algodón (*Gossypium barbadense* L). Estas características tienen un papel determinante en el desarrollo, colonización y función de *Bacillus* estimulando su asociación con la planta hospedera, cuyas características de control biológico son potenciadas. Además, destaca su capacidad de producir endosporas (ovales o cilíndricas) como mecanismos de resistencia a diversos tipos de estrés (Layton et al., 2011) (Tejera & Rojas , 2011).

En cuanto a los microorganismos de control biológico para el control del vector *H. crudus* se empleó *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* que son los hongos más estudiados y utilizados debido a la eficiencia y facilidad de multiplicación en laboratorio, constituyendo uno de los principales grupos de entomopatógenos utilizados en el control microbiano (Ibarra et al., 2006).

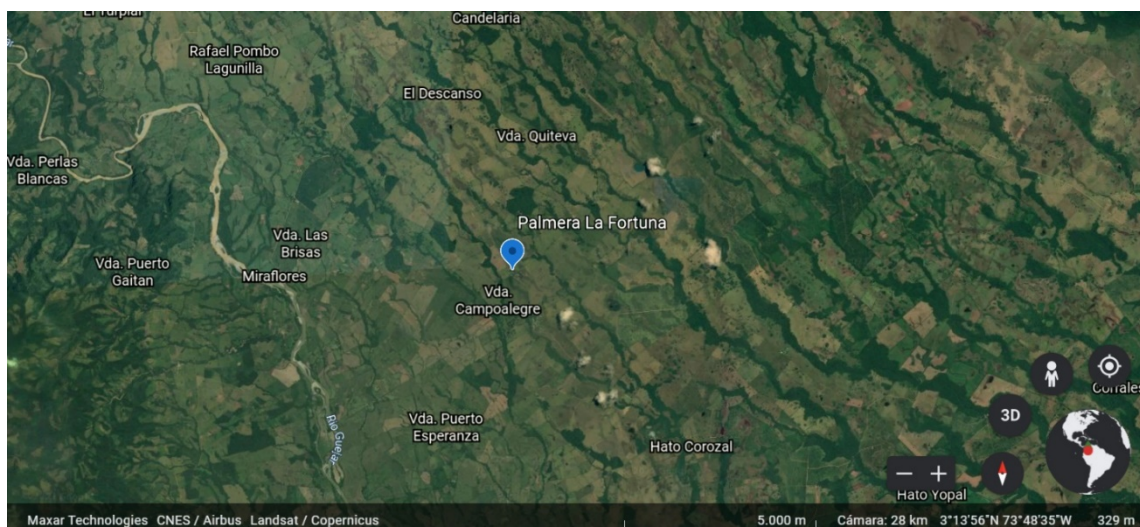
Estudio realizado sobre la patogenicidad de los hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae* con una concentración de 1.3×10^{10} conidios mL⁻¹ y *Beauveria bassiana* con una concentración de 2.1×10^6 conidios mL⁻¹ en poblaciones de adultos de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo condiciones de invernadero concluyeron que los tratamientos con entomopatógenos, provocaron una mortalidad sobre *Bemisia tabaci* igual a la causada por el insecticida químico, por otro lado en otro estudio se encontraron que el formulado en emulsión del hongo entomopatógeno *Paecilomyces fumosoroseus* presentó mayor mortalidad con una concentración de 1×10^7 conidios mL⁻¹ sobre *Bemisia tabaci* (Ramirez et al., 2013).

Delimitación

La investigación se ejecutó en el segundo semestre del año 2021, con una precipitación media de 920mm en los 4 meses de la investigación, datos obtenidos de mediciones por parte de los técnicos de la palmera. Se realizó la investigación en la palmera La Fortuna, cultivo *Elaeis Guineensis* Jacq en la Trocha 32 vía Vista Hermosa Meta (Figura 1), en el cual se evaluó la eficacia de un biopreparado con microorganismos eficientes producidos por Pajonales S.A.S para el control de ML y su vector *Haplaxius crudus* con prácticas biológicas de manejo.

Figura 1.

Ubicación palmera la Fortuna



Fuente. Vista aérea de la Palmera la Fortuna. Tomada de Google Earth (2021).

4. Objetivos

Objetivo General

Evaluar el efecto de microorganismos eficientes EM y su reproducción contra la marchitez letal y su vector (*Haplaxius crudus*) en cultivo de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq), palmera La Fortuna, Vistahermosa, Meta.

Objetivos Específicos

- Caracterizar de la concentración final de la multiplicación de los microorganismos eficientes a emplear en la palmera la Fortuna.
- Comparar la eficacia de los microorganismos eficientes y la incidencia de la marchitez letal en palma de aceite *Elaeis guinnensis* Jacq con prácticas de control biológico.

- Valorar de la influencia de los microorganismos eficientes sobre el desarrollo de las plantas de palma de aceite tratadas en comparación con el testigo.

5. Marco Teórico

5.1 Antecedentes

5.1.1 Control de *H. crudus* con nematodos entomopatógenos (Guerrero & Bustillo , 2019)

Esta investigación se realizó las palmeras el Palmar del Oriente S.A.S. y Palmeras del Llano, con el objetivo de controlar el estado ninfal de *H. crudus*. Se evaluó la eficacia de nueve especies de nematodos entomopatógenos: *Steinernema colombiense*, *S. websteri*, *Steinernema sp. 1*, *Steinernema sp. 2*, *Heterorhabditis bacteriophora*, *Heterorhabditis sp. (Gua 31)*, *Heterorhabditis sp. (Gua 236)*, *Heterorhabditis sp. (CPHsp1301)* y *Heterorhabditis sp. (CPHsp1302)* (Guerrero & Bustillo , 2019).

Todas las especies de nematodos evaluadas fueron patógenas a las ninfas de *H. crudus*, siendo el IV estadio ninfal el más susceptible, alcanzando mortalidades superiores al 80 %. Al evaluar la virulencia se presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($P \leq 0,05$), causando entre las nematodos mortalidades entre 28,3 y 88,2 %. (Guerrero & Bustillo , 2019), Seleccionaron *Heterorhabditis sp. (CPHsp1301)* colectado del suelo en plantaciones de palma, ya que causó una mortalidad del 78,4 % en dosis de 1.300 JI/cm² del área del suelo asperjada. Durante el desarrollo del estudio se observó que una vez las ninfas se transformaron en adultos, los nematodos entomopatógenos también pueden ejercer su acción sobre los adultos de este insecto mientras este se encuentre en el suelo (cenipalma, 2017).

En los experimentos de campo en plantaciones comerciales de palma de aceite, se observó una reducción superior al 70 % de adultos de *Haplaxius crudus*, después de 30 días de su

aplicación en La Plantación Palmeras del Llano S.A., en dosis de 1×10^{12} y 5×10^{12} conidias/ha, sin encontrar diferencias entre dosis. Este hongo además de causar mortalidad sobre adultos de *H. crudus*, también es patogénico a ninfas de este insecto (Cenipalma, 2017).

El Multibacter de la empresa Pajonales S.A.S posee EM (*Bacillus subtilis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Pseudomonas fluorescens*) los cuales se alojan en la rizosfera beneficiando el sistema radicular al promover el desarrollo de la planta mediante sustancias bioactivas como hormonas, enzimas y metabolitos generando una simbiosis, además de solubilizar minerales fijados en el suelo, y la aplicación de entomopatógenos (*Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*) para el control del vector *H. crudus*. Es recomendado para ser parte de un plan de manejo de fitosanitario (Pajonales, 2019)

5.1.2 Evaluación de Hongos y Nematodos para el Control de *Haplaxius crudus*, Vector de la Marchitez Letal (ML) de la Palma de Aceite en Colombia (Cenipalma, 2014).

Los experimentos con hongos se realizaron en el laboratorio del Palmar del Oriente S.A.S., y en casa de malla, en las instalaciones de Cenipalma en Villanueva, Casanare, mientras que los experimentos con nematodos se realizaron en las instalaciones de Villanueva. Se evaluaron 12 cepas de *M. anisopliae* y ocho especies de nematodos que correspondieron a cuatro especies de la familia Steinernematidae y cuatro a Heterorhabditidae. El experimento tuvo dos fases, una en laboratorio para seleccionar los entomopatógenos por patogenicidad y la otra, en casa de malla simulando condiciones de campo para establecer diferencias entre estos organismos por virulencia. En laboratorio se emplearon 14 raíces de maciega (*Paspalum virgatum* L.) como unidad experimental en una caja Petri de 9 cm de diámetro. En casa de malla se empleó como unidad experimental una plántula de *P. virgatum* sembrada en un tubo de PVC

de 88,3 cm², la cual se infestó con 10 ninfas de *H. crudus*. En una segunda etapa se evaluaron los hongos y nematodos más virulentos y se emplearon bandejas plásticas de 690 cm² con tres macollas de *P. virgatum*, infestadas con 17 ninfas de *H. crudus*, para simular una condición de campo (Torres & Tovar , 2004).

Los experimentos con hongos se realizaron independientemente de los experimentos de nematodos. El estudio se organizó bajo un diseño completamente aleatorio, con seis repeticiones por tratamiento. Para analizar los datos se hizo un análisis de varianza al 95 % de confiabilidad y las diferencias entre tratamientos se determinaron a través de la prueba de comparación de medias de Duncan con la ayuda del programa estadístico SAS 9.3. Las dosis empleadas en cada experimento fueron de *Metarhizium anisopliae* 1x10⁷ conidias/ml en laboratorio, 3,4 x10⁶ conidias/cm² en tubo PVC (casas malla) y 2,2 x10⁸ conidias/cm² en bandeja plástica (casa malla). Las dosis de *Steinermata spp.* y *Heterorhabditis spp.* fueron 100Jl/cm² en laboratorio, 100Jl/cm² en tubo PVC (casa malla) y 1304 Jl/cm² en bandeja plástica (casa malla). Estos estudios permitieron la selección del nematodo *Heterorhabditis sp.* (CPHsp1301), por causar mortalidades superiores al 70 % en ninfas de *H. crudus*. Para el control de adultos de *H. crudus*, se seleccionó a *Metarhizium anisopliae* cepa CPMa1309 por presentar mortalidades superiores al 70 % bajo condiciones de una plantación comercial. Es necesario continuar con experimentos en condiciones de plantaciones comerciales de palma de aceite con la finalidad de controlar poblaciones de *H. crudus* y así, brindar una alternativa de control (Cenipalma, 2014).

5.1.3. Plantas hospederas del vector de la marchitez letal, *Haplaxius crudus*, en plantaciones de palma de aceite en san Carlos de Guaroa Meta.

Con el propósito de establecer los hospederos de *H. crudus* en plantas asociadas al cultivo de la palma de aceite, se muestrearon especies de gramíneas, ciperáceas y de hoja ancha, en tres lotes de las plantaciones Unipalma de los Llanos, Guaicaramo y La Carolina. La plantación Unipalma de los Llanos está ubicada en el municipio de Cumaral (Meta) a 500 msnm, con una precipitación promedio de 2.878 mm/año; la plantación Guaicaramo se encuentra en el municipio de Barranca de Upía (Meta), situada a 190 msnm, con una precipitación promedio de 2.004 mm/año; y la plantación Palmeras La Carolina, a 260 msnm, en el municipio de San Carlos de Guaroa (Meta), con precipitación promedio de 2.437 mm/año (Cenipalma, 2014).

En cada plantación se seleccionó un lote de 5 ha, posteriormente en cada hectárea, se ubicaron seis sitios de muestreo, delimitados por cuatro palmas y distribuidos en zigzag desde la parte inicial hasta el final de cada hectárea.

La variable evaluada fue la presencia de ninfas de *H. crudus* en las raíces de arvenses presentes en cada sitio de muestreo, para lo cual se desagregó el suelo y se sacudieron las raíces de las plantas sobre plástico negro. Los muestreos se realizaron durante una semana por mes, entre abril y noviembre de 2013. La determinación de las especies hospederas de *Haplaxius crudus* se realizó con base en manuales de descripción de arvenses (Arango et al., 2011a) y se tuvieron en cuenta registros de familias y especies arvenses asociadas al cultivo de palma de aceite (Cantuca et al., 2001; (Ariza & Almansa, 2010). También, se llevaron registros fotográficos de las plantas. Al examinar las raíces de las plantas muestreadas se registró la zona, el sitio de muestreo, la especie de planta, y la presencia o ausencia de *H. crudus*. Durante los

reconocimientos de las plantas hospederas de *H. crudus* se revisó un total 12.610 plantas en las tres plantaciones de la Zona Oriental, entre abril y noviembre de 2013, encontrándose 89 especies de arvenses asociadas al cultivo de la palma, correspondientes a 24 familias. En la plantación Unipalma, se muestrearon 2.180 plantas, agrupadas en 18 familias y 48 especies de arvenses. En esta plantación se encontraron ninfas de *H. crudus* en cinco especies, pertenecientes a la familia Poaceae, permitiendo así identificar cuáles son las especies de plantas hospederas del vector de ML (Cantuca et al., 2001).

5.2 Marco contextual

5.2.1 Departamento

La investigación se desarrolló en el departamento del Meta, que se encuentra ubicado en el centro oriental del país, y pertenece a la región Orinoquia, la cual limita al norte con Bogotá DC, Cundinamarca, y Casanare, al este con Vichada, al sur con Guaviare y Caquetá, y al oeste con Huila. Esta entidad territorial tiene una extensión de 85.635 km, y está integrado por 29 municipios; su capital Villavicencio (ver figura 2), División política del Departamento del Meta (Sociedad geografica de cololmbia, 2016).

Figura 2

Departamento del Meta Colombia



Fuente: División política del departamento del Meta, Colombia. Consultado en la página Web.

COLOMBIA.MAPAS.NET <https://n9.cl/q91ge>

5.2.2 Municipio

La investigación se desarrolló en la palmera La Fortuna, es una finca ubicada entre los municipios de San Juan de Arama y Vista Hermosa, Meta. Según la figura 3, se evidencia que pertenece al corregimiento de San Juan De Arama, Trocha 32. El municipio cuenta con una altitud de 510 msnm., una temperatura promedio de 29°C. y un área total de 1558 km². La

principal economía se basa en la Ganadería con una tendencia en alza hacia la agricultura enfocada mayoritariamente al cultivo oleaginoso de la palma, la cual, les ha permitido a sus habitantes gozar de una economía estable (Sociedad geografica de colombia, 2016).

Figura 3

Vistahermosa, Meta vía a San Juan de Arama



Fuente: Municipios circundantes a la palmeta La Fortuna. Consultado en la Galería de mapas-Alcaldía Municipal de Granada-Meta. <https://n9.cl/tc2qw>

5.2.3 Origen y distribución de la palma de aceite

El origen de la palma de aceite se ubica en las costas del Golfo de Guinea en el África occidental, donde se introdujo a la América Tropical por los colonizadores y comerciantes de esclavos portugueses, en los viajes transatlánticos del siglo XVI, luego se estableció en San Salvador Brasil y en el año 1848, la palma de aceite entra a Asia por Java, y se dio comienzo a la

más grande expansión por el mundo y en el Año 1932, Florentino Claes, introdujo la palma africana de aceite a Colombia y fueron sembradas con fines ornamentales y el año 1945, se establece el primer cultivo comercial en Colombia, por la United Fruit Company, en la zona bananera del departamento del Magdalena (Borrero, 2008).

5.2.4 Clasificación Taxonómica de la Palma de Aceite

Elaeis es un género muy reducido de las palmáceas. Se consideran que existen dos especies: la primera africana (*E. guineensis*) y la segunda americana (*E. oleífera*). *Elaeis guineensis* crece principalmente en áreas húmedas, en suelos con mal drenaje, por debajo de 300 m, donde a menudo forma poblaciones de numerosos individuos. Con flores y frutos a lo largo del año del mesocarpio se prepara chicha o se extrae aceite de color rojizo, comestible o también usado para el cabello, y de la semilla se extrae aceite de color oscuro, utilizado en medicina popular como antihelmíntico. Los cogollos se usan para hacer escobas y para tejer esteras (Cortes & Torres , 2021).

El género *Elaeis* fue descrito sobre la base de material importado del África Occidental y cultivado en las Indias Occidentales. La descripción del fruto se basa en material obtenido en América Central y el norte de Suramérica. El material sobre el cual se obtuvo en Río Negro, en la Amazonia brasilera. La *Elaeis*, relacionada con la Cocos, género del cocotero, se clasifica en la tribu o subfamilia de las Cocoidae, algunas veces escrita Cocoeae (Evans, 1991), como se cita en la (tabla 1).

Tabla 1*Clasificación Taxonómica de la palma de aceite*

Nombre Científico	<i>Elaeis guineensis Jacq.</i>
Reino	Plantae
Subreino	Eukaryota
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Familia	Arecaceae
Tribu	Cocoeae
Genero	Elaeis
Especie	<i>Elaeis guineensis Jacq.</i>

Fuente: Notas taxonómicas, Etnobotánicas y de nomenclatura sobre *Elaeis*. Revista Palmas (Evans, 1991)

5.2.5 Descripción Botánica

Figura 4

Descripción botánica de la palma de aceite (Borrero, 2008)



Fuente: Borrero, 2008

5.2.5.1 Raíces

Por tratarse de una planta monocotiledónea, el sistema radicular se expande a partir de un bulbo que está ubicado debajo del tallo. Función: Absorción de nutrientes y agua del suelo (Borrero, 2008).

5.2.5.2 Tallo

También llamado estípite, es la estructura que comunica las raíces con el penacho de hojas que lo coronan. Contiene en su interior los haces vasculares (Floema y Xilema), por donde circula el agua y los nutrientes. En su parte central alberga el punto de crecimiento o meristemo apical. Las palmas crecen en promedio de 30 a 60 cm por año. La función del tallo es la conducción de nutrientes y agua hacia órganos (Borrero, 2008).

5.2.5.3 Hojas

En condiciones normales las palmas adultas tienen entre 30 y 49 hojas funcionales. Están compuestas de un pecíolo de 1.5m aproximadamente, con espinas laterales, luego está el Raquis, que soporta los 200 a 300 folíolos insertos en las caras laterales, donde se alternan. La filotaxia o distribución de las hojas indica que ellas están dispuestas en 8 espirales respecto del eje vertical. Su principal función es la fotosíntesis y producción (Borrero, 2008).

5.2.5.4 Inflorescencia

Cada hoja que produce la palma de aceite trae en su axila una inflorescencia sin sexo definido. Además, por su condición de Monoica, la palma de aceite produce separadamente flores masculinas y femeninas sobre el mismo árbol. Las flores masculinas, proveen polen, están compuestas de 100 a 160 espigas, cada una de ellas tiene entre 10 y 20 cm de largo y de 700 a 1200 flores, que en conjunto proveen entre 30 y 60 gramos de polen (Borrero, 2008).

5.2.5.5 Fruto

Son de forma ovoide, de 3 a 6 cm de largos y cuentan con un peso aprox. de 5 a 12 gramos. Tienen la piel lisa y brillante (Exocarpio), una pulpa o tejido fibroso que contiene las células con aceite (Mesocarpio), una nuez o semilla compuesta por un cuesco lignificado (Endocarpio), y una almendra aceitosa o palmiste (Endospermo). Los frutos insertados en las espiguillas que rodean el raquis en forma helicoidal, conforman los racimos. (con peso variable entre 5 a 40 Kg.) ((Borrero, 2008).

5.2.6 Material vegetal

La palma aceitera es una planta perenne, cultivada para la extracción de aceite. La especie de palma tiene tres variedades: Dura, Pisifera y Tenera. De ellas la variedad Tenera es la que se utiliza comercialmente para la extracción del aceite y es un cruce entre las otras dos variedades (Dura y Pisifera) (Cortes, 2009).

5.2.6.1 Dura

El porcentaje de mesocarpio de la fruta es variable; usualmente se encuentra en el rango de 35 - 50 %, pero en el material hallado en el Lejano Este (Deli dura) puede alcanzar 65 %. El endocarpio mide de 2 - 8 mm y tiene un anillo de fibras alrededor de este, el endospermo es usualmente largo. El contenido de aceite del mesocarpio en proporción al peso del racimo, pero es bastante bajo de 17 - 18 %. El material Deli Dura se ha originado de cuatro palmas que crecieron en Bongor, Indonesia y es superior a la mayoría del material Dura hallado en África. Dura es usado como madre en programas de hibridación (Cortes, 2009).

5.2.6.2 Pisífera

Este tipo de fruta se caracteriza por la ausencia de endocarpio, los vestigios de endocarpio están representados por un anillo de fibras alrededor del endospermo. Las pisíferas son usualmente descritas como hembras estériles, puesto que la mayoría de los racimos abortan en los primeros estados de desarrollo. Por esto es usado como padre, aunque se ha sugerido que ciertas pisíferas podrían ser usadas en escala comercial. Los cruces de dura por tipos de pisifera, producen un tercer tipo tenera (Cortes, 2009).

5.2.6.3 Tenera

Este tipo es el más usado en plantaciones comerciales, tiene combinadas las características de los padres (Dura x Pisífera). Endocarpio delgado con grosores de 0.5 mm a 4 mm alrededor del cual se observa un anillo de fibras. La proporción de mesocarpio es relativamente alta, usualmente se encuentra entre un rango de 60 - 96 %. Las palmas Teneras generalmente producen más racimos que las palmas duras, aunque el tamaño promedio de los racimos es más pequeño. La proporción de aceite por racimo es de cerca de 22 a 25 %, pero selecciones de las mejores teneras, han dado una extracción comercial de 30 % del peso del racimo en palmas de 20 - 30 años. La producción de aceite del pericarpio es de 5 a 8 ton/ha/año. (Cortes, 2009).

Las variedades dura y pisifera son básicamente los dos materiales usados en el mejoramiento genético de la palma aceitera además de los cruces interespecíficos de *E. guineensis* con la *E. oleífera*, dando como resultado una palma híbrida (Cortes, 2009).

5.2.7 Importancia

La palma de aceite es la oleaginosa más productiva del planeta; una hectárea sembrada produce entre 6 y 10 veces más aceite que las demás. Colombia es el cuarto productor de aceite de palma en el mundo y el primero en América. Actualmente, el cultivo de la palma de aceite se encuentra en 161 municipios de 21 departamentos (Fedepalma, 2020).

La palma de aceite en el departamento del Meta alcanzó las 458.677 toneladas (30,03 % de la producción nacional). Con 21 municipios palmeros de los 29 en el departamento del Meta. Con un área de 135.684 Ha. En producción y 161.737 Ha. sembradas y generando un beneficio económico para un total de 53.435 empleos, datos generados por (Fedepalma, 2019). La palma de aceite actualmente representa el 11,7% del PIB agrícola, cifra relevante para el país. Colombia ha logrado posicionarse como el cuarto productor de aceite de palma y el primero en Latinoamérica (Fedepalma, 2019).

El motivo principal para que Colombia empezara a sembrar y producir Palma de Aceite, fue por su alto rendimiento en unidad de superficie, además en la Palma de Aceite se encontró una gran variedad de productos generados por la planta y sus partes, los cuales se utilizaron en la alimentación, como, por ejemplo, la producción de margarina, manteca, aceite de mesa y de cocina; en la industria se produjo jabones. El aceite de pulpa se usa en la fabricación de acero inoxidable, concentrados minerales, aditivos para lubricantes, crema para zapatos, tinta de imprenta, velas. Se usa también en la industria textil y de cuero, en la laminación de acero y aluminio, en la traficación de metales y en la producción de ácidos grasos y vitamina A y ahora la gran innovación para la producción del biodiesel (Mujica, 2010).

Tabla 2

Rendimiento obtenido de los Principales Aceites Agrícolas en Colombia

Cultivo	Kg/Ha.
Palma Africana	3.583
Algodón	2.305
Soya	1.914
Ajonjolí	862

Fuente: Evaluaciones Agropecuarias Municipales, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, secretarías de Agricultura Departamentales. Umata- Fedepalma (Mujica, 2010).

5.2.8 Requerimientos Edafoclimáticos

Las palmas africanas necesitan características especiales de clima, cantidad de luz, y agua en el área a desarrollarse, con una luminosidad como mínimo 1,800-2,000 horas luz por año, 5 horas por día, Humedad ambiental Promedio mensual 75-80%, Altitud Rango de 0 a 500 msnm, Topografía Planos o ligeramente ondulados con pendientes menores a 15%, La palma necesita medios edáficos, bien drenados, con un perfil de 60-100 cm. de profundidad, textura franco arcilloso o franco arenoso, con pH entre 4.5 a 7.0, Temperatura medio 25.5 °C Precipitación Igual o superior de 1,800 mm, bien distribuido en todo el año y déficit hídrico inferior a 150 mm/año (Cortes, 2009). La tabla 3, muestra las necesidades ambientales básicas de la palma africana.

Tabla 3*Requerimientos Ambientales Para el Cultivo de la Palma de Aceite*

Parámetro	Rango Optimo
Altitud (msnm)	0-1000
Temperatura % anual °C	25-30 °C
Estación seca (meses)	Sin estación seca para el desarrollo normal de la palma, pero para el caso colombiano es importante la interrupción del ciclo biológico de enfermedades
Precipitación anual (mm)	2.000 - 4.000
Brillo solar (Hrs. de luz directa Min. Anual)	> 2.000
Humedad Relativa %	75- 80
Velocidad del viento máxima Km/Hora	<30

Fuente: Requerimientos Ambientales de la Palma de Aceite Africana (Cortes, 2009).

5.2.8.1 Suelo

El suelo es la cubierta donde se desarrollan las raíces de las plantas y es un depósito de agua, aire y nutrientes para las plantas. Las características del suelo varían dependiendo de factores como el clima, agua, topografía, microorganismos, el tiempo y el hombre. La palma africana prospera en suelos con elevada fertilidad, ricos en elementos nutritivos y en materia

orgánica, la palma se adapta a pH bajos en rangos entre 4.5 -7.5. Los mejores suelos para la palma africana son los limosos profundos y deben ser bien drenados. Se deben evitar los suelos con texturas extremas. Los de textura arcillosa, por lo general ocasionan problemas de drenaje, los de texturas arenosas tienen problemas de retención de humedad y pobre balance nutricional (Cortes, 2009). Los suelos desfavorables para la palma africana y que deben evitarse son:

Suelos con mal drenaje debido al alto nivel de las aguas, el efecto de la falta de movimiento de agua a través del suelo es más notable en palmas jóvenes.

Suelos Lateríticos: son suelos con mucha grava, pero a veces en gruesas bandas en el subsuelo, como consecuencia conduce a una reducción del volumen necesario para las raíces y a un secado rápido del suelo.

Suelos costeros muy arenosos, la palma africana no crece satisfactoriamente en este tipo de suelos (Cortes, 2009).

5.2.9 Manejo Agronómico

5.2.9.1 Adecuación y preparación de suelos

Una vez se ha evaluado y seleccionado el terreno para la plantación, se debe proceder con las etapas de adecuación y preparación de suelos. El primer paso es el diseño de la plantación. Con base en el levantamiento topográfico y el estudio detallado de suelos, es posible definir las áreas de conservación y protección, posteriormente hay que proseguir con el diseño de lotes, vías, canales de riego y drenaje y demás obras de infraestructura necesarias para la plantación (Sanz, 2016).

5.2.9.2 Siembra

Debe estar basada en los resultados de los estudios preliminares sobre el diseño general de la plantación, y los siguientes aspectos: disponibilidad y aislamiento previo del material genético a sembrar, preparación del terreno, aplicación de enmiendas, siembra de coberturas, trazado, marcación, estaquillado, ahoyado, personal a emplear, equipos y herramientas, así como el transporte de las plantas de vivero al sitio de siembra (cenipalma, 2017).

5.2.9.3 Resiembra

Erradicar palmas de aceite puede ser una decisión que se tome por razones sanitarias (una plaga que las afecte), o que la altura por la oleaginosa a cierta edad impide a los cosecheros hacer bien su labor, o porque ya existen materiales nuevos con mayores rendimientos. Según Fedepalma el costo de erradicar una hectárea de palma aceitera con el fin de remover el cultivo cuesta alrededor de 1'640.358/ha (Mosquera , 2009).

Algunos de los métodos comunes más usados son:

Quema

Aplicación de herbicidas

Tumbe de estípites con apilado

Tumbe de estípites con incorporación

5.2.9.4 Labores culturales

Son todas las labores de mantenimiento de tipo preventivo o correctivo que se realizan en el cultivo de la palma de aceite y básicamente las componen: control de malezas en los platos, las calles y las plataformas o centros de acopio, sostenimiento de drenajes y poda sanitaria y general. También se considera la polinización asistida, una labor que se lleva

a cabo de manera constante mínimo cada 48 horas en materiales híbridos interespecíficos (cenipalma, 2017).

5.2.9.5 Control de malezas

El control de malezas se realiza en los platos, las calles, los drenajes y los centros de acopio o plataformas de recepción de fruto de la parcela. Se hace para evitar la competencia por nutrientes, manejo fitosanitario, cosecha, recolección y transporte de fruto, y aplicación de riego (cenipalma, 2017).

Plateo manual. Se realiza con la ayuda de una machetilla. El corte de malezas se hace a ras del suelo, despejando los residuos vegetales (cenipalma, 2017).

Plateo químico. Se aplica un herbicida sobre la superficie del plato, con ayuda de un accesorio que se adapta a la boquilla denominado pantalla plástica, para no afectar el estípite y evitar el contacto con las hojas de la palma de aceite (cenipalma, 2017).

Plateo mecánico. Se realiza con ayuda de la guadaña, cortando la maleza en el plato que no debe superar 4-6 cm de altura sobre la superficie del suelo. Se deben retirar y/o acomodar los residuos vegetales de la labor fuera del plato (sirven como cobertura natural) (cenipalma, 2017).

5.2.9.6 Poda

La labor de la poda cumple diferentes funciones durante el ciclo del cultivo. Esta puede darse tanto en hojas como en inflorescencias. En los primeros años se realiza una poda de formación, para remover las hojas senescentes, facilitando las labores culturales en el plato. Ya en la etapa productiva, se hacen podas periódicas para identificar y cosechar racimos maduros. Igualmente, se llevan a cabo podas sanitarias que se dan en caso de daños en el tejido foliar, ya sea por enfermedad, presencia de plagas o alteraciones no patológicas. Esta labor también evita

que las hojas no funcionales intercepten la luz solar, además genera estímulo fisiológico de emisión de hojas nuevas (cenipalma, 2017).

5.2.9.7 Polinización asistida

Los racimos son el resultado de la fecundación de inflorescencias femeninas que, tan pronto son polinizadas, inician la formación de los frutos normales mediante la ocurrencia de una serie de procesos bioquímicos que culminan con la biosíntesis y el almacenamiento de triglicéridos (aceite). La polinización asistida es necesaria en materiales híbridos (OxG) o donde existe una baja eficacia en la polinización natural. Esta práctica consiste en aplicar polen de manera manual a inflorescencias femeninas en el momento oportuno o en antesis, que puede durar hasta 24 horas en una palma adulta y varios días en híbridos con inflorescencias asincrónicas (cenipalma, 2017).

5.2.9.8 Fertilización

Los programas de fertilización deben ser llevados a cabo no sólo para prevenir o corregir deficiencias, sino para mantener las cantidades necesarias de nutrientes esenciales y lograr un adecuado crecimiento y una producción óptima siendo económicamente rentable (Cortes, 2009).

La palma africana requiere de nutrientes para su crecimiento y desarrollo. La cantidad de nutrientes que la palma necesita depende de la edad de la planta. De 1 – 3 años las exigencias son bajas y de 4 – 8 año aumentan las exigencias debido al crecimiento e inicio de la producción. La tabla 4, muestra los requerimientos nutricionales de la palma desde la siembra hasta 15 años de edad (Cortes, 2009).

Tabla 4

Estimados de Absorción de Nutrientes para la Producción Anual por Edad de la Planta

Año	Kg/ha/año					
	N	P	K	Mg	Ca	S
0-1	9,7	8,0	13,6	2,4	1,9	1,7
1-2	72,7	8,5	138,0	20,0	21,6	11,3
2-3	83,8	9,6	197,8	19,9	20,7	17,2
3-5	110,3	13,2	219,2	18,7	21,5	29,2
5-7	115,1	12,8	173,5	13,0	16,9	25,9
7-15	130,0	13,3	155,3	12,9	19,4	29,3
Total	521,7	65,5	897,3	86,9	102,0	114,5

Fuente: Datos estimados de absorción de nutrientes por edad de la palma (Cortes, 2009).

5.2.10 Enfermedades

En la América Latina se han registrado varias enfermedades en la palma africana de aceite. Entre éstas, las más importantes por su prevalencia, intensidad y pérdidas causadas son: marchitez sorpresiva, pudrición letal del cogollo, añublo o secamiento de las hojas, anillo marrón, Marchitez letal, últimamente, el moteado o mancha anular de las hojas jóvenes (Sanchez, 1990).

Tabla 5

Enfermedades más Comunes del Cultivo de la Palma de Aceite en Colombia

	Anillo rojo- Hoja corta (<i>Bursaphelenchus cocophilus</i>)
	podrición basal del estípite (<i>Ganoderma</i> sp.)
Enfermedades radiculares y del estípite	podrición alta del estípite (<i>Phellinus noxius</i>)
	podrición carbonosa o corchosa (<i>Ustulinadeusta</i>)
	podrición de raíz y tallo (<i>Armillariella mellea</i>)
	Pudriciones no identificadas (<i>Causa desconocida</i>)
	Añublo foliar (<i>Pestalotiopsis palmarum</i>)
Enfermedades foliares	Virosis (Mancha anular)
	Virosis (Anillo clorótico)
	Pudrición de inflorescencias
Enfermedades de inflorescencia y frutos	Podrición de racimos
	Marchitez sorpresiva (<i>Phytomonas</i> sp.)
Enfermedades letales	Marchitez letal (<i>Causa desconocida</i>)
	Podrición del cogollo (<i>Phytophthora palmivora</i>)

Fuente: (Cenipalma, 2017).

5.2.10.1 La marchitez letal

La marchitez letal (ML) afecta palmas productivas, siendo estas jóvenes o adultas. Los síntomas se observan en los frutos, las hojas e inflorescencias. Su vector es el insecto *Haplaxius crudus*, que se hospeda principalmente en especies gramíneas (Arango et al., 2011b).

Síntomas en palma de aceite afectadas por la Marchitez letal (ML)

Inflorescencia inmadura afectada.

Desprendimientos de frutos en racimos inmaduros.

Secamiento inicial de los foliolos.

El primer síntoma que expresa la ML es el secamiento o necrosis de las espinas de las brácteas de racimos inmaduros. En los foliolos se presenta un secamiento progresivo desde la punta del ápice de la hoja hacia la base. Este continúa por los bordes y por la nervadura central, acompañado de una franja amarilla, y además se produce un entorchamiento de los bordes de los foliolos. Normalmente el secamiento empieza en el primer tercio inferior del área foliar y asciende. Otro síntoma típico es el desprendimiento de frutos en racimos inmaduros (Arango et al., 2011b).

5.2.10.2 Manejo y control de la marchitez letal

Entre las estrategias de manejo de la ML que han sido propuestas por Arango et al., (2011b) se mencionan:

El control de gramíneas y el establecimiento de coberturas, bien sea con plantas leguminosas u otras especies que no sean hospederas de *H. crudus* e impidan su normal desarrollo.

El diagnóstico temprano y la eliminación inmediata de las palmas afectadas.

Para zonas de alta incidencia, la implementación de control químico, que permita controlar las poblaciones del vector.

Con relación al uso de insecticidas para reducir las poblaciones de adultos *H. crudus* en campo Arango et al., (2011c), encontraron que 14 moléculas de insecticidas comerciales aplicadas al follaje de las palmas, solo imidacloprid y carbosulfan causaron mortalidad superior a 70%, 21 días después de la aplicación; adicionalmente, indicaron que estos biocidas 28 días

después de aplicados redujeron su efecto y causaron mortalidades entre 25 y 16,7%, respectivamente.

Investigaciones realizadas por Arango et al., (2011b) cómo se citó en (Rairan et al., 2015), concluyeron que los adultos de *Haplaxius crudus* son los vectores del agente causal de la ML, durante este estudio se mencionó que luego de la visita del insecto al follaje de la palma y de dejar en ella el patógeno responsable de la enfermedad, adquirido al alimentarse de una planta enferma, se requieren en promedio seis meses para que se expresen los síntomas típicos de la ML en la nueva planta infectada.

Interrumpir el establecimiento del insecto vector al interior de lotes con presencia de la enfermedad, permite reducir la tasa de desarrollo de la ML y apreciar seis meses después de realizada la práctica, una disminución en el número de palmas infectadas. Entre las prácticas que interfieren con el desarrollo del insecto se mencionan la erradicación de las especies gramíneas y ciperáceas, seguida del establecimiento de coberturas para el control de los estados inmaduros, principalmente de tipo leguminoso como Mucuna y el Kudzu. Adicionalmente, la aplicación de insecticidas sistémicos dirigidos al follaje de la palma para el control del estado adulto, como medida de choque (Rairan et al., 2015).

En las tablas 6 y 7 se relacionan las principales plagas que interfieren en el buen desarrollo del cultivo de la palma de aceite, el cual fue desarrollado por el área de Manejo Integrado de Plagas (MIP) de Cenipalma (Aldana et al., 2010).

Tabla 6*Plagas de la Palma de Aceite en Colombia*

Orden	Familia	Especie		
Acariforme	Tetranychidae	<i>Olygonichus</i> <i>Bagdasariani baker</i> <i>Tetranychus mexicanus (McGregor)</i> <i>Tetranychus sp.</i>		
	Eriophyidae	<i>Retracrus elaeis keifer</i>		
Hemiptera	Tingidae	<i>Leptopharsa gibbicarina Froeschner</i> <i>Pleseobyrsa bicinta Monte</i>		
	Scarabaeidae	<i>Strategus aloeus (L.)</i> <i>Leucothyreus femoratus Burmeister</i>		
Coleoptera		Chrysomelidae	<i>Delocrania cossyphoides Guerin-Meneville</i> <i>Hispoleptis subfasciara Piceus</i> <i>Demotispa neivai Bondar</i> <i>Spaethiella tristis Boh</i> <i>Alurnus humeralis Rosemberg</i> <i>Cephaloleia vagelineata Piceus</i>	
	Curculionidae		<i>Rhynchophorus palmarum (L.)</i>	
	Muscidae		<i>Stomoxys calcitrans (L.)</i>	
	Hymenoptera		Formicidae	<i>Atta cephalotes L.</i> <i>Atta columbica</i> <i>Atta laevigata, Atta sp.</i>

Fuente: Manual de las principales plagas de aceite en Colombia (Aldana et al., 2010)

Tabla 7*Plagas de la Palma de Aceite en Colombia*

Orden	Familia	Especie
Lepidoptera	Limacodidae	<i>Euclea diversa Druce</i> <i>Euclea cippus</i> <i>Euclea cupostriga</i> <i>Euprosterna elaeasa Dyar</i> <i>(Darna metaleuca Walker)</i> <i>Natada pucara Dognin</i> <i>Natada subpectinata Dyar</i> <i>Natada michorta Dyar</i> <i>Sibine fusca Stoll</i>

	<i>Sibine megasomoides</i> Walker
	<i>Episibine</i> sp.
	<i>Norape</i> pos. <i>Camela</i>
Megalopygidae	<i>Megalopyge albicollis</i> Walker
	<i>Mesocia pusilla</i> Stoll
Dalceridae	<i>Acraga ochracea</i> Walker
	<i>Struthocelis semiotarsa</i> (Meyrick)
Oecophoridae	<i>Durrantia pos arcanella</i> (Busck, (<i>Peleopoda arcanella</i>))
	<i>Antaeotricha</i> sp
Stenomidae	<i>Stenoma cecropia</i> Meyrick
	<i>Loxotoma elegans</i> Zeller
Glyhipterigidae	<i>Sagalassa valida</i> Walker
Psychidae	<i>Oiketicus kirbyi</i> Guilding
Casturnidae	<i>Cyparissius (Castnia) daedalus</i> Cramer
	<i>Automeris liberia</i> Cramer
	<i>Automeris vividor</i>
Saturmidae	<i>Automeris tamphilus</i> Schaus
	<i>Automeris cinctistrigata</i> Felderr
	<i>Dirphia gragatus</i> (Bouvier)
	<i>Brassolis sophorae</i> Stichel
Brassolidae	<i>Opsiphanes cassina</i> Felder

Nota: Manual de las principales plagas de aceite en Colombia (Aldana et al., 2010).

5.2.10.3 Vector de la ML

El saltahojas de la palma de aceite, *Haplaxius crudus*, es el insecto que porta el agente causal de la marchitez letal (ML) que se considera es un patógeno. El saltahojas es de hábito chupador, adquiere el patógeno cuando se alimenta de palmas enfermas y lo transmite posteriormente a palmas sanas. El adulto oviposita en el suelo del cuello de los tallos de las gramíneas. Las ninfas se alimentan de raíces en donde alcanzan el estado adulto y emergen para ir a buscar palmas para su alimentación, se reproduce en las gramíneas de lotes de plantaciones de palma de aceite. En el diseño de las plantaciones se debe tener presente la siembra de coberturas con leguminosas de hoja ancha y evitar al máximo la proliferación de gramíneas. En lotes ya establecidos que presenten gramíneas, se debe reducir su presencia con la aplicación de

herbicidas o en su defecto, con prácticas mecánicas para su control usando rolos o raspas. Los registros de capturas de *H. crudus* indican que se presenta actividad de los adultos en las plantaciones en todo el año; sin embargo, su presencia es más abundante durante periodos secos, especialmente a mitad, final y comienzos de año en la Zona Oriental. Para determinar la presencia de adultos de *H. crudus* se colocan trampas amarillas en la plantación a donde son atraídos como se ilustra en la figura 5 (Arango et al., 2016).

Figura 5

Saltahojas de la palma Haplaxius crudus (Van duzee)



Nota: Saltahojas de la palma, *Haplaxius crudus*. A. Detalles de la apariencia y tamaño de *Haplaxius crudus* sobre un foliolo de palma. B. Adultos del Saltahojas alimentándose del follaje de la palma. Fotos: Montes, L., y Bustillo, A. cómo se citó en Cenipalma (2017).

Figura 6*Trampas para el Monitoreo del Saltahojas *H. crudus**

Nota: Trampa amarilla ubicada cerca al lugar donde abundan las gramíneas. Foto (Arango et al., 2016).

El monitoreo de los adultos de *H. crudus* en las plantaciones debe ir acompañado de observaciones sobre la presencia de los estados inmaduros (ninfas) en las raíces de las macollas de muchas gramíneas, en la figura 6, se puede apreciar una macolla de la gramínea *Papalum vigatum* conocida como maciega, principal planta hospedera de las ninfas de *H. crudus*. En la base se puede observar serosidades blancas, algo típico de presencia de nidos de ninfas del insecto hacia la parte inferior de las gramíneas (Arango et al., 2016).

Figura 7

Gramínea Maciega Paspalum virgatum



Nota: Monitoreo del insecto vector de la marchitez letal (ML) en palma de aceite, Foto (Arango et al., 2016).

Los adultos de *H. crudus* son muy pequeños y se pueden confundir con otros similares, por lo tanto, es necesario aprender a identificarlos. En lotes de palma infectados por la ML se recomienda instalar una a dos trampas por hectárea para determinar la presencia del insecto (Arango et al., 2016). (Ver (Figura 7 A y B).

Figura 8

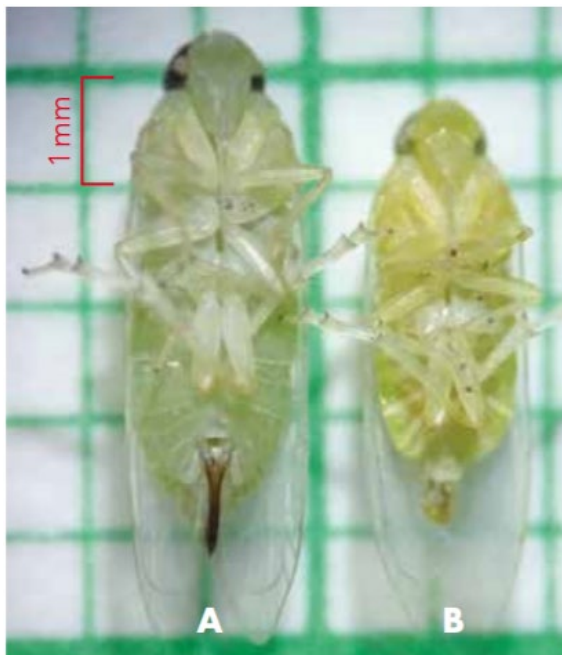
Monitoreo del insecto vector de la marchitez letal (ML) en palma de aceite., A) Tamaño Real de Adulto Haplaxius crudus; B) Imagen Aumentada



Nota: Monitoreo del insecto vector de la marchitez letal (ML) en palma de aceite, Foto (Arango et al., 2016). Para establecer diferencias en las capturas entre machos y hembras se observa la parte ventral terminal del abdomen (genitalia). En las hembras (Figura 8 A), el ovipositor es mucho más prolongado y esclerotizado que el aparato reproductivo del macho (Figura 8 B). Se presenta dimorfismo sexual entre macho y hembra, y ambos son transmisores de la ML (Arango et al., 2016).

Figura 9

Apariencia de la Genitalia de Haplaxius crudus, Vista Ventral. A) Hembra; B) Macho)



Nota: Monitoreo del insecto vector de la marchitez letal (ML) en palma de aceite, Foto (Arango et al., 2016).

Sintomatología visual de deficiencia de nutrientes

Los síntomas característicos son clorosis o amarillamiento uniforme o en los bordes. El síntoma más común se debe a una falta en el desarrollo de la clorofila. Las hojas cloróticas varían su color desde un verde claro a un color amarillo. Otra característica es la clorosis intervenal, la cual se observan las venas de la hoja se mantienen verde mientras el tejido entremedio de las hojas se torna amarillo. La necrosis o secamiento del tejido asociada con deshidratación y decoloración de los órganos de la planta (Diaz et al., 2017).

Daños asociados con sequía, herbicidas, enfermedades y exceso de sales también pueden causar necrosis. El enanismo (achaparramiento), es una reducción en la tasa de crecimiento está

asociado a casi todos los síntomas nutricionales. La forma del enanismo puede variar con la deficiencia. Las coloraciones anormales de algunas deficiencias nutricionales están caracterizadas por coloraciones rojas, púrpura, marrón o verde oscuro. Coloración rojizo púrpura se debe a la acumulación de antocianina en el tejido (García, 2013).

Manejo biológico

Microorganismos eficientes

Metarhizium anisopliae y *Beauveria bassiana* son los hongos más estudiados y utilizados debido a la eficiencia y facilidad de multiplicación en laboratorio, constituyendo uno de los principales grupos de entomopatógenos utilizados en el control microbiano (Ibarra et al., 2006).

Un estudio realizado sobre la patogenicidad de los hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae* con una concentración de 1.3×10^{10} conidios mL^{-1} y *Beauveria bassiana* con una concentración de 2.1×10^6 conidios mL^{-1} en poblaciones de adultos de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo condiciones de invernadero, concluyeron que los tratamientos con entomopatógenos, provocaron una mortalidad sobre *Bemisia tabaci* igual a la causada por el insecticida químico (Ramírez et al., 2013).

En otro estudio se encontraron que el formulado en emulsión del hongo entomopatógeno *Paecilomyces fumosoroseus* presentó mayor mortalidad con una concentración de 1×10^7 conidios mL^{-1} sobre *Bemisia tabaci* (Ramírez et al., 2013).

Los Microorganismos Eficientes (ME), son una combinación de microorganismos beneficiosos de cuatro grupos principales: bacterias foto tróficas, levaduras, bacterias productoras de ácido láctico y hongos de fermentación. Estos microorganismos efectivos cuando entran en contacto con materia orgánica, secretan sustancias beneficiosas como vitaminas,

ácidos orgánicos, minerales quelatos y fundamentalmente sustancias antioxidantes. Además, mediante su acción cambian la microflora de los suelos y mejoran el equilibrio natural, de manera que los suelos causantes de enfermedades se conviertan en suelos supresores de enfermedades, contienen también microorganismos fijadores de nitrógeno atmosféricos y otros solubilizadores de fósforo. A través de los efectos antioxidantes promueven la descomposición de la materia orgánica y aumentan el contenido de humus (Banco Interamericano de Desarrollo, 2009).

Microorganismos de montaña

Los Microorganismos de Montaña (MM) se podrían catalogar como un tipo de EM, o sea, un consorcio de microbianos ya que su composición y las posibles relaciones que generan son múltiples, se indica que contienen bacterias fotosintéticas, bacterias productoras de ácido láctico, actinomicetos, hongos filamentosos y levaduras. Los MM son un producto de fabricación artesanal de bajo costo, que no requiere medios de crecimiento sofisticados para el escalamiento y que pretende aprovechar la diversidad microbiana tanto taxonómica como funcional, de las comunidades de microorganismos nativos de zonas boscosas, para luego incorporarlos en las unidades de producción agrícola. Entre los usuarios de este tipo de tecnología se acepta que la mejor fuente de inóculo son los bosques cercanos a los sitios de producción agrícola, ya que presentan microorganismos adaptados a las condiciones de la zona (Castro et al., 2015).

Los microorganismos de montaña son: hongos, bacterias, micorrizas, levaduras y otros organismos benéficos, los cuales viven y se encuentran en el suelo de montañas, bosques, parras de bambú, lugares sombreados y sitios donde en los últimos 3 años no se han utilizado agroquímicos. Estos microorganismos habitan y se desarrollan en un ambiente natural. Muchos de estos microorganismos cumplen roles benéficos en los procesos biológicos de los suelos y

agroecosistemas, y pueden ser encontrados en la capa superficial y orgánica de todo suelo de un ecosistema natural donde no haya habido mucha intervención del hombre (Tencio , 2014).

Los MM contienen un promedio de 80 especies de microorganismos de unos 10 géneros, que pertenecen básicamente a cuatro grupos: bacterias fotosintéticas, actinomicetos, bacterias productoras de ácido láctico, levaduras. En un suelo degradado debido al abuso de agroquímicos, la actividad de los microorganismos es casi nula, mientras que, en un suelo fértil, la fauna y la flora microbiana presentes son las encargadas de regular los procesos de intercambio entre el suelo y las plantas. Entonces la clave para pasar de una agricultura convencional a una agricultura ecológica es mejorando el suelo, el cual se logra aplicando los MM (Tencio , 2014).

Hongos antagonistas

Entre los antagonistas más empleados para el control de las enfermedades fúngicas resaltan varias especies de hongos como *Trichoderma spp.* y *Gliocladium roseum* (*Clonostachys rosea* (Link) Schroers, así como la bacteria *Bacillus subtilis* Cohn. El amplio espectro de estos microorganismos antagonistas contra diferentes blancos patológicos; la posibilidad de incluirlos antes y durante el establecimiento del cultivo e incluso en la postcosecha; y la multifuncionalidad que presentan no solo como agentes de control biológico, sino como promotores del crecimiento vegetal y biofertilizantes, hacen que la inclusión de esta estrategia biológica en el manejo integrado de enfermedades sea atrayente para los productores, los cuales deben adaptarse a las exigencias de los consumidores que cada día demandan más productos limpios e inocuos (Cano & Hoyos, 2013).

El control biológico con microorganismos antagonistas comenzó a ser investigado de forma constante a partir de los años 80. *Trichoderma harzianum* se ha utilizado en el control de hongos como *Botrytis cinerea* postcosecha en uvas, controlando parcialmente la enfermedad in

situ. También se ha usado contra marchitez letal en palma y *Penicillium expansum* en manzanas, protegiendo durante dos meses al fruto in situ. Los mecanismos de biocontrol atribuidos a *Trichoderma spp.* son: mico parasitismo, competencia por los nutrientes y antibiosis, siendo el mico parasitismo el principal mecanismo de acción de este hongo. Este biocontrolador cubre al hongo, ataca y penetra en sus células causándole un daño extensivo alterando y degradando la pared celular, causa retracción de la membrana plasmática y desorganización del citoplasma. La identificación de hongos presentes en las plantaciones de palma de aceite representa un avance para determinar los mejores métodos de control, siendo el control biológico uno de los más adecuados por ser inocuo a los seres humanos, y no deja efecto residual en el fruto como los fungicidas o agroquímicos en general. El objetivo de esta investigación de la sociedad venezolana de microbiología fue determinar el efecto antagónico de *Trichoderma harzianum* sobre algunos hongos patógenos en palma de aceite, así como conocer su mecanismo de acción (Guedez et al., 2009).

Las aplicaciones de EM dependen del tipo de cultivo, de tal manera se puede clasificar las aplicaciones de EM como lo explica la tabla 8.

Tabla 8

Clasificación de aplicación de EM según tipo de cultivo

Tipo de cultivo	EM/Ha	Distribución	Frecuencia de aplicación
Ciclo corto	20	5% 2%	Cada 8 días por 1 mes. Luego cada 15 días hasta antes de la cosecha.
Semipermanentes	20	2%	15 días

Permanentes	30	5%	30 días
-------------	----	----	---------

Fuente: Adaptado de Guedez, 2009.

Bacillus subtilis

El principal grupo de bacterias formadoras de endosporas es el de la familia Bacillaceae, la cual comprende cinco géneros ampliamente reconocidos: *Bacillus*, *Sporolactobacillus*, *Clostridium*, *Desulfotomaculum* y *Sporosarcina*, siendo el género *Bacillus* por su gran contribución en el desarrollo de la microbiología el de mayor importancia en la familia Bacillaceae. El género *Bacillus* tiene más de 50 especies descritas, sin embargo, con base en la variedad de criterios taxonómicos el grupo pertenece como uno de los más heterogéneos (Aguilar et al., 2007).

Bacillus subtilis es una bacteria Gram positiva, que produce endosporas, las cuales resisten a factores físicos perjudiciales como la T°, la desecación, la radiación, los ácidos y los desinfectantes químicos, estos microorganismos viven dentro de los límites de temperatura de 55 a 70 °C y puede soportar pH hasta de 2 a 3 (Lisboa, 2003).

Es una bacteria utilizada como biofertilizante, promotora del crecimiento vegetal, es decir, ayuda al desarrollo de la planta, específicamente a que la raíz posea mejor estructura mejorando la absorción de nutrientes que la planta necesita para su desarrollo, además es utilizada como control biológico de algunas enfermedades como *Mycosphaerella fijiensis* y *Rhizoctonia solani* (Gonzalez, 2012).

Trichoderma harzianum

El hongo *Trichoderma harzianum* es un eficiente controlador biológico ampliamente usado en agricultura por su habilidad para colonizar sustratos rápidamente, inducir resistencia

sistémica adquirida en plantas, promover el crecimiento vegetal y poseer actividad antagonista contra un amplio rango de hongos patógenos (Cruzat & Lonannidis , 2008).

Por ser un hongo habitante natural del suelo permite trabajar con cepas nativas, aisladas del lugar donde desarrollará su actividad como biocontrolador y promotor del crecimiento, no alterando la composición cualitativa del suelo sino la cuantitativa llevando progresivamente al equilibrio dinámico perdido por la realización de prácticas culturales poco adecuadas (Murillo et al., 2016).

Biofertilizantes artesanales

Los biofertilizantes son preparados de microorganismos que pueden ser aplicados al suelo y/o planta. Los microorganismos contenidos en los biofertilizantes son capaces de sintetizar sustancias que promueven el crecimiento de la planta, fijando nitrógeno atmosférico, solubilizando hierro y fosforo inorgánico y mejorando la tolerancia al estrés hídrico, salinidad, metales pesados y exceso de pesticidas, por parte de la planta y/o poseer la capacidad de disminuir o prevenir los efectos de deterioro de microorganismos patógenos dependiendo del grupo de microorganismos al que pertenezcan. Además de mejorar las características físicas del suelo y controlar algunas enfermedades del suelo que causan la pudrición de raíces, y un aumento en la actividad microbiana (Romero et al., 2012).

El uso de productos orgánicos como los peróxidos se vislumbra también como una posibilidad para minimizar el impacto ambiental. El peróxido de hidrógeno es un agente oxidante con alta reactividad que se utiliza ampliamente como un desinfectante (Cuervo et al., 2014).

Alternativas biológicas u orgánicas para el control de enfermedades en palma de aceite

Con la diversidad de problemas, tanto de enfermedades como plagas presentes en Colombia, es apenas lógico suponer cuán importante es mantener bajo control todos los problemas, así sean potenciales, de cada plantación si se quiere asegurar el futuro de la empresa. Los efectos de la defoliación inducida por insectos, ácaros u hongos (añublo foliar) sobre la producción, no ha sido evaluadas en forma sistemática (Reyes, 1991).

Para el manejo de estos fitófagos se agrupan unos entomopatógenos, en este concepto los hongos, bacterias, virus, protozoarios y nemátodos, que causan enfermedades letales a los insectos. A excepción de muchos virus, que son específicos, los demás entomopatógenos pueden atacar especies diferentes. En condiciones naturales, salvo desarrollos eventuales de epizootias, estos no mantienen por sí sólo las poblaciones en niveles bajos, pero mediante la multiplicación o cultivo para aplicaciones en campo, se han obtenido resultados satisfactorios y hasta excelentes. El uso de entomopatógenos tiene la gran ventaja que causa poco daño a la fauna auxiliar. Los hongos entomopatógenos funcionan eficientemente cuando las condiciones ambientales les son favorables. Bajo condiciones naturales, son varios los ejemplos que se pueden mencionar de hongos que controlan casi al 100% una plaga. Tal es el caso de *Beauveria* sp. sobre *Antaeotrichaspo*, *Beauveria bassiana* sp sobre *Stenoma cecropia* en las zonas más húmedas del país (Reyes, 1991).

Se han realizado algunos estudios en control de *Haplaxius crudus*, estos estudios permitieron la selección del nematodo *Heterorhabditis* sp. (CPHsp1301), por causar mortalidades superiores al 70 % en ninfas de *H. crudus*. Para el control de adultos de *H. crudus*, se seleccionó a *Metarhizium anisopliae* cepa CPMa1309 por presentar mortalidades superiores al

70 % bajo condiciones de una plantación comercial. Es necesario continuar con experimentos en condiciones de plantaciones comerciales de palma de aceite con la finalidad de controlar poblaciones de *H. crudus* y así, brindar una alternativa de control (Reyes, 1991).

Caldo Sulfo-cálcico.

Insecticida, acaricida, ovicida y fungicida para hortalizas, árboles frutales, viña, parrales, ornamentales y forestales. Elimina las formas invernantes de los insectos y hongos, usándolo en invierno vacunaras sus árboles y evitara problemas durante los 12 meses del año. Actúa también como desinfectante, se puede utilizar como sellante sobre los cortes de podas, principalmente en arboles leñosos (Vargas & Peña , 2003).

Caldo Rizosfera

Según Mendez & Viteri, (2007), el caldo Rizosfera aporta una gran cantidad y diversidad de microorganismos benéficos que son importantes para la nutrición balanceada de la planta y su defensa contra los fitopatógenos, mientras que en otro resultado se informó que en un análisis microbiológico que Caldo Rizosfera tenía mayor población de hongos y de bacterias totales, fijadoras de N₂ y solubilizadoras de fósforo que otros preparados (Viteri et al., 2008).

5.3 Marco Legal

El presente trabajo se rige bajo la normatividad establecida en el reglamento estudiantil de pregrado de la Universidad de Pamplona, según el acuerdo número 186 de 02 de diciembre de 2005.

Capítulo VI. Trabajo de grado

Artículo 35. Definición de Trabajo de Grado: En el Plan de Estudios de los programas, la Universidad establece como requisito primordial para la obtención del título profesional, la

realización por parte del estudiante, de un trabajo especial que se denomina “TRABAJO DE GRADO”, por medio del cual se consolida en el estudiante su formación integral, que le permite: Diagnosticar problemas y necesidades, a partir, de los conocimientos adquiridos en su etapa académica, acopiar y analizar la información para establecer soluciones a problemas y necesidades específicas, además de; desarrollar planes y ejecutar proyectos, que le permitan demostrar su capacidad en la toma de decisiones.

Artículo 36. Modalidades de Trabajo de Grado: El Trabajo de Grado, para este caso, se desarrolla bajo la modalidad pasantía de investigación, la cual comprende diseños y ejecución de proyectos que busquen aportar soluciones nuevas a problemas teóricos o prácticos, adecuar y apropiar tecnologías y validar conocimientos producidos en otros contextos (Universidad de Pamplona, 2005).

El proyecto se registrará por la normatividad establecida por la Universidad de Pamplona la cual reglamenta las modalidades de trabajo de grado, en este caso se toma en cuenta las normas para proyecto de investigación.

Por el cual compila y actualiza el Reglamento Académico Estudiantil de Pregrado de la Universidad de Pamplona. Reglamento Estudiantil Universidad de Pamplona Acuerdo N.º 186 Trabajo de Grado (Universidad de Pamplona, 2005).

ARTÍCULO 35. Definición de Trabajo de Grado: En el Plan de Estudios de los programas, la Universidad establece como requisito para la obtención del título profesional, la realización por parte del estudiante, de un trabajo especial que se denomina “TRABAJO DE GRADO”, por medio del cual se consolida en el estudiante su formación integral, que le permite:

- a. Diagnosticar problemas y necesidades, utilizando los conocimientos adquiridos en la Universidad.
- b. Acopiar y analizar la información para plantear soluciones a problemas y

necesidades específicas. c. Desarrollar planes y ejecutar proyectos, que le permitan demostrar su capacidad en la toma de decisiones. d. Formular y evaluar proyectos. e. Aplicar el Método Científico a todos los procesos de estudio y decisión (Universidad de Pamplona, 2005).

ARTÍCULO 36. Acuerdo No.004 de 12 de enero de 2007. Modalidades de Trabajo de Grado: El Trabajo de Grado, puede desarrollarse en: Investigación: Comprende diseños y ejecución de proyectos que busquen aportar soluciones nuevas a problemas teóricos o prácticos, adecuar y apropiar tecnologías y validar conocimientos producidos en otros contextos. Para los estudiantes que se acojan a esta modalidad, deberá presentar al director de Departamento el anteproyecto que debe contener: propuesta para la participación en una línea de investigación reconocida por la Universidad, tutor responsable del Trabajo de Grado y cronograma, previo estudio y aprobación de la misma, del respectivo Grupo de Investigación (Universidad de Pamplona, 2005).

RESOLUCIÓN No. 3002 del 2005: NORMAS DEL ICA EN MATERIA DE INSUMOS AGRICOLAS Por la cual se dictan disposiciones sobre la modificación al etiquetado de los insumos agrícolas (plaguicidas químicos de uso agrícola, reguladores fisiológicos de plantas, coadyuvantes, fertilizantes y acondicionadores de suelos, Bioinsumos agrícolas y extractos vegetales) (Salcedo et al., 2005).

RESOLUCIÓN No. 00375 de (27 de febrero de 2004): Por la cual se dictan las disposiciones sobre Registro y Control de los Bioinsumos y Extractos Vegetales de uso agrícola en Colombia (Abizambra , Kleefeld, Rengifo , & Nieto , 2004).

RESOLUCIÓN 000698 DE 2011(febrero 4): Por medio de la cual se establecen los requisitos para el registro de departamentos técnicos de ensayos de eficacia, productores e importadores de Bioinsumos de uso agrícola y se dictan otras disposiciones (Beltran , 2011).

RESOLUCION 0395 (10/02/2005) Por la cual se adoptan normas de carácter fitosanitario y de recursos biológicos para la producción, distribución y comercialización de plantas de palma de aceite en vivero (Santalla et al., 2005).

RESOLUCION 62151 de 2020 “Por la cual se establecen los requisitos para el registro ante el ICA de los predios productores de palma de aceite” (Barrero , y otros, 2020).

6. Metodología

6.1 Diseño metodológico

Tipo de investigación

El presente Trabajo de Grado con modalidad pasantía de investigación se llevó a cabo durante el segundo semestre del 2021 en la palmera La Fortuna, municipio de Vistahermosa, en el departamento del Meta.

Se desarrollo una investigación mixta no experimental y experimental de corte longitudinal en el Municipio de Vistahermosa, Meta en la Palmera La Fortuna. La parte no experimental estuvo referida a la reproducción de los microorganismos eficientes y la parte experimental referida a la evaluación del efecto de la aplicación de microorganismos eficientes contra la marchitez letal y su vector (*Haplaxius crudus*) en cultivo de palma de aceite (*Elaeis guineensis*). De esta manera se buscó determinar si existía un control eficiente sobre el vector de ML y su enfermedad en esta plantación, y al mismo tiempo tomar unas variables que ayuden a demostrar si estos microorganismos eficientes son eficientes para su control y tienen efecto sobre las variables.

Para dar cumplimiento a los objetivos se ejecutaron las siguientes fases:

6.1. Caracterización de la concentración final de la multiplicación de los microorganismos eficientes a emplear en la palmera la Fortuna.

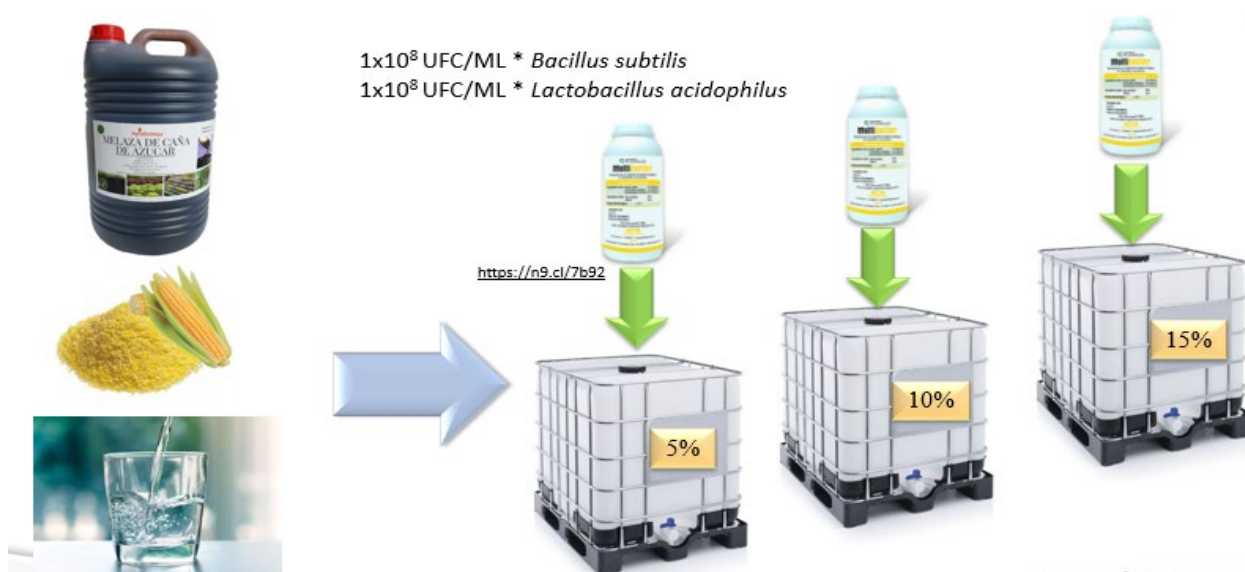
Los inóculos fueron biopreparado en suspensión concentrada (SC), a partir de dos microorganismos especialmente seleccionados de *Bacillus subtilis* y *Lactobacillus acidophilus*.

Los inóculos se adquirieron de una empresa de biológicos del Tolima llamada Pajonales S.A.S. Estos microorganismos sistematizan sustancias antimicrobiales útiles para el crecimiento

de las plantas a partir de materia orgánica en descomposición y también ayudan a combatir enfermedades en ellas.

Figura 10

*Diseño tanques de multiplicación *Bacillus subtilis* y *Lactobacillus acidophilus*, palmera la Fortuna.*



Nota: Diseño tanques de multiplicación *Bacillus subtilis* y *Lactobacillus acidophilus*, palmera la Fortuna. Fuente: Propia, 2021

Multiplicación de los macroorganismos eficientes y los entomopatógenos en la Finca La Fortuna

Para la multiplicación de los EM (*Bacillus subtilis* y *Lactobacillus*) se empleó: melaza, harina de maíz y agua y en los cuales se utilizaron diferentes concentraciones al (5%, 10% y 15% v/v del inoculo con respecto al total del v/v. en tanque de mil litros) (ver figura 10).

Los EM en una solución stock o pura, el cual contenía microorganismos útiles y seguros en estado latente (inactivo) para conservar a largo plazo, por lo tanto, se activó por medio de la

multiplicación (producto secundario) EMA (Microorganismos Eficientes Activados), el cual tenía mayor población de microorganismos benéficos y minimizando costos de aplicación.

Figura 11

Tanques de multiplicación de microorganismos eficientes en tanques de 1000 litro.



Fuente: propia, 2021.

Tabla 9

Materiales que se utilizaron la multiplicación de microorganismos Bacillus subtilis en tanque de 200 L

Concentración del inóculo	Materiales/Cantidad
	Agua: 200 L
<i>Bacillus Subtilis</i> al 5% EM1	<i>Bacillus subtilis</i> : 10 L
(concentración stock) v/v inóculo con	Harina de maíz: 50Kg
respecto al total del v/v.	Melaza: 60Kg

<i>Bacillus Subtilis</i> al 10% EM1 (concentración stock) v/v inóculo con respecto al total del v/v.	Agua: 200 L <i>Bacillus subtilis</i> : 20 Litros Harina de maíz: 50 Kg Melaza: 60 Kg
<i>Bacillus Subtilis</i> al 15% EM1 (concentración stock) v/v inóculo con respecto al total del v/v.	Agua: 200 L <i>Bacillus subtilis</i> : 30 Litros Harina de maíz: 50 Kg Melaza: 60 Kg

Fuente: propia, 2021.

Tabla 10

Materiales para realizar la multiplicación de microorganismos Lactobacillus en tanque de 200 L

Concentración del inóculo	Materiales/Cantidad
<i>Lactobacillus</i> al 5% EM1 (concentración stock v/v inóculo con respecto al total del v/v.	Agua: 200 L <i>Bacillus subtilis</i> : 10 L Harina de maíz: 50Kg Melaza: 60Kg
	Agua: 200 L <i>Bacillus subtilis</i> : 20 Litros

<i>Lactobacillus</i> al 10% EM1 (concentración stock) v/v inóculo con respecto al total del v/v.	Harina de maíz: 50 Kg Melaza: 60 Kg
<i>Lactobacillus</i> al 15% EM1 (concentración stock) v/v inóculo con respecto al total del v/v.	Agua: 200 L Bacillus subtilis: 30 Litros Harina de maíz: 50 Kg Melaza: 60 Kg

Fuente: propia, 2021.

Los resultados de la multiplicación se enviaron 15 días después a laboratorio para identificar la concentración de UFC Unidades Formadoras de Colonias.

Para la activación es necesario de un recipiente plástico que pueda cerrarse herméticamente, las proporciones a utilizar fueron las siguientes: para una caneca de 200 L es el 10% de melaza v/v con respecto al total del v/v, el 25% de harina de maíz v/v con respecto al total del v/v, el agua debe estar libre de cloro. Un litro de EM1 (concentración stock) rinde 20 litros de EMA (microorganismos eficientes activados) en (Banco Interamericano de desarrollo, 2009).

Los entomopatógenos se aplicaron directamente al campo dentro del área de estudio con una frecuencia de cada 15 días de modo general teniendo en cuenta que el vector se encuentra en el ambiente, los entomopatógenos obtenidos de la empresa Pajonales S.A.S con certificado de calidad y venta del ICA N°11940 .Los métodos de aplicación se realizaron directamente a las gramíneas alrededor, área foliar y el estípote, con bombas de espalda suministradas por la palmera y tomando las diferentes medidas de bioseguridad.

6.2 Comparación la eficacia de los microorganismos eficientes y la incidencia de la Marchitez Letal en palma de aceite *Elaeis guinnensis* Jacq con prácticas de control biológico.

Para dar respuesta a esta tarea, se desarrolló una investigación experimental con un ensayo de campo en la palmera La Fortuna vía al municipio de Vistahermosa, se trabajó en una plantación de 8 años edad. Los EM inóculos biológicos se obtuvieron de una concentración stock comprada a la empresa de biológicos del Tolima llamada Pajonales S.A.S con certificado de calidad y venta del ICA, que poseía una concentración de 1×10^8 UFC/ML de *Bacillus subtilis* y *Lactobacillus acidophilus* respectivamente, similar a los empleados para la reproducción del objetivo 1. Estos se aplicaron directamente en campo a la dosis recomendada 0,15 Litros de la concentración stock, es decir que la dosis 21 L/ha.

Se condujo el ensayo sobre un diseño experimental completamente aleatorizado 3 x 4 (3 tratamientos con 4 repeticiones o unidades experimentales). Las unidades experimentales están constituidas por 3 bloques de 4 parcelas ($3 \times 4 = 12$ parcelas) de 16 plantas todas aleatoriamente distribuidas en los bloques cada una con distancia de siembra de 9 x 9 m (16 plantas) de las cuales se evaluaron las 4 plantas del centro para toma de datos morfométricos y se evaluó para incidencia de ML cada parcela experimental (Tabla 9).

Se instalaron aleatoriamente 12 trampas amarillas de 35 x 25 cm (1 en cada unidad experimental) para determinar densidades del insecto *Haplaxius crudus* por trampa y determinar población del insecto para tomar los respectivos datos de insecto/trampa, comparando a lo largo de las evaluaciones la repercusión de estas aplicaciones sobre el insecto comparando los diferentes tratamientos.

Tabla 11

Croquis del bloque completamente aleatorizado 3 tratamientos x 4 réplicas.

	Surcos												
Bloque 1	1												
	2		E	E			E	E			E	E	
	3		E	E			E	E			E	E	
	4												
Bloque 2	1												
	2		E	E			E	E			E	E	
	3		E	E			E	E			E	E	
	4												
Bloque 3	1												
	2		E	E			E	E			E	E	
	3		E	E			E	E			E	E	
	4												
Bloque 4	1												
	2		E	E			E	E			E	E	
	3		E	E			E	E			E	E	
	4												
	Surcos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tratamientos		Tratamiento quincena cada 2 semanas											
		Tratamiento cada 4 semanas											
		Testigo											

Fuente: Propia, 2021.

Los tratamientos fueron los siguientes:

Tabla 12

Tratamientos a evaluar con las diferentes frecuencias de aplicación

Tratamientos	Dosis/hectárea	Repeticiones
1. Frecuencia 14 días	21 litros	4
2. Frecuencia 28 días	21 litros	4

3. Testigo (solo con entomopatógenos)	21 litros	4
---------------------------------------	-----------	---

Fuente: Palmera, La fortuna, 2021

Los entomopatógenos se aplicaron directamente al campo obtenidos de la empresa Pajonales S.A.S con certificado de calidad y venta del ICA. La dosis por palma fue de 0.15 Litros de la concentración stock, es decir que la dosis para una hectárea es de 21 litros.

Frecuencia de aplicación de los entomopatógenos y EM

La aplicación de los entomopatógenos para control de *Haplaxius crudus* con microorganismos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* se realizó cada 15 días. Todos los tratamientos llevaron entomopatógenos.

Los EM para control de ML con microorganismos *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Pseudomonas fluorescens* y *Saccharomyces cerevisiae* se aplicaron según cada frecuencia por tratamiento, es decir, las aplicaciones se realizaron con frecuencias cada 14 y 28 días respectivamente a las plantas seleccionadas aleatoriamente de las 12 unidades experimentales encontradas en los bloques de tratamiento.

Método de aplicación

Los métodos de aplicación se realizaron directamente al suelo, al área foliar y el estípite, con bombas de espalda suministradas por la palmera y tomando las diferentes medidas de bioseguridad.

Métodos de monitoreo y muestreo

El monitoreo se realizó en las macollas de las gramíneas en especial maciega *Paspalum virgatum* para monitorear los estados inmaduros (ninfas) en las raíces de las macollas de muchas gramíneas, especialmente *Paspalum virgatum* conocida como maciega, también fue acompañado de observaciones sobre la presencia de los estados inmaduros (ninfas) en las raíces de las macollas de muchas gramíneas.

Descripción de las variables a evaluar de Marchitez Letal

Se realizó una evaluación y toma de datos el día anterior de las aplicaciones a las plantas seleccionadas aleatoriamente de las 12 unidades experimentales encontradas en los bloques de repeticiones, es decir se evaluó cada 15 días durante el tiempo que duro la investigación. Se identifico presencia de *Haplaiux crudus* bajo condiciones de la palmera La Fortuna. Se realizó el manejo biológico con las aplicaciones de microorganismos entomopatógenos que ha propuesto Cenipalma a partir de investigaciones anteriores, aspectos tomados también de la investigación y experiencia de los ingenieros y técnicos de la palmera La Fortuna, a los que se agregó los productos de microorganismos eficientes que se obtuvieron de las cepas biológicas de la empresa Pajonales S.A.S de Ibagué, Tolima según se explicó anteriormente.

Para monitorear se evaluó, sintomatología (hojas afectadas en todos los niveles del follaje sin un orden definido, los foliolos se necrosan por los bordes y la nervadura central acompañada de una franja amarilla y en las hojas el secamiento avanza desde la punta (ápice) hacia la base).

Necrosis de las puntas de las brácteas (espinas) de las inflorescencias inmaduras.

Desprendimiento de frutos de racimos inmaduros y la corona de racimos presenta necrosis en la

base de los frutos sin producir olor fétido) y con base en esta identificar focos de daño para determinar la incidencia de la enfermedad marchitez letal en campo.

Variables de la enfermedad marchitez letal

La variable evaluada de la Marchitez Letal, es la incidencia en cada unidad experimental con (12 unidades en total), donde, se realizó un muestreo a las 16 plantas de cada unidad experimental para un total de 64 plantas por tratamiento o bloque experimental.

Se determino la incidencia de la enfermedad evaluando las plantas en campo utilizando la siguiente formula 1:

$$\% \text{ Incidencia} = \frac{PE}{TP} * 100$$

PE: *Número de plantas muestreadas con sintomas*

TP: *Total de plantas muestreadas*

Variables de poblaciones del vector

Se instalaron 12 trampas (1 en cada unidad experimental) para determinar la población de los insectos vectores en las trampas, e identificar un promedio de insectos/trampa teniendo en cuenta los diferentes tratamientos para su debida comparación estadística. Se determinó por la fórmula 2:

$$\% \text{Población de adultos/trampa} = \frac{NAT}{TTM}$$

NAT: *Número de adultos en trampa*

TTM: *Total de trampas muestreadas*

VARIABLES DE NINFAS DE *Haplaxius crudus* POR PLANTAS EN EL LOTE EXPERIMENTAL

El monitoreo de los estados inmaduros de las ninfas se determinó por la fórmula 3:

$$\text{Ninfas/plantas} = \frac{NNM}{TP}$$

NNM: *Numero de ninfas en las macollas*

TP: *Total de plantas muestreadas*

La variable evaluada de ninfas de *Haplaxius crudus* es ninfa/macolla en cada unidad experimental con (12 unidades en total), donde, se realizó un muestreo a las 16 plantas de cada unidad experimental y sus gramíneas en especial maciega *Paspalum virgatum* presente en las unidades experimentales para detectar presencia de ninfas del insecto, para un total de 64 plantas por tratamiento o bloque experimental. Estos datos recolectados servirán a la plantación como mecanismo para posible toma de acciones pertinentes sea el caso y de esta manera romper el ciclo biológico del insecto.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un análisis de varianza en las variables obtenidas de la enfermedad (incidencia) y de población de *Haplaxius crudus* (Ninfas/planta en las macollas y adultos capturados en trampas amarillas en cada unidad experimental), se comprobó previamente el supuesto de normalidad, por la prueba de Kolmogorov Smirnov. Se calculó la diferencia de las medias y se realizó las comparaciones con el valor crítico. Las medidas por la prueba de Tukey con una probabilidad de error de $p \leq 0,05$) y se empleó el paquete estadístico SPSS.

6.3. Valoración de la influencia de los microorganismos eficientes sobre el desarrollo de las plantas de palma de aceite tratadas en comparación con el testigo.

Para cumplir con este objetivo, se evaluaron las siguientes variables morfométricas: hojas emitidas por planta, longitud de la hoja.

Las evaluaciones se realizaron un día antes de cada aplicación a las 4 plantas del centro de cada unidad experimental marcadas previamente al azar. El testigo siempre llevo el entomopatógeno ya que el vector siempre se encuentra presente en el ambiente.

Método de aplicación

Los métodos de aplicación se realizaron directamente al suelo, al área foliar y el estípite, con bombas de espalda suministradas por la palmera y tomando las diferentes medidas de bioseguridad. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza en las variables morfométricos obtenidas, numero de hojas emitidas y longitud de la hoja, previamente de supuesto de normalidad, por la prueba de Kolmogorov Smirnov. Se comparo las medidas por la prueba de Tukey con una probabilidad de error de $p \leq 0,05$) y se empleó el paquete estadístico SPSS.

7. Resultados y discusión

7.1 Caracterización de la concentración final de la multiplicación de los microorganismos eficientes a emplear en la palmera la Fortuna.

En la tabla 13 se observa los inóculos biológicos de la concentración stock que se utilizó en la multiplicación de microorganismos eficientes con una concentración de 1×10^8 UFC/ML de *Bacillus subtilis* y *Lactobacillus acidophilus* respectivamente.

Tabla 13

Ficha técnica solución stock de los EM a usar en la palmera la Fortuna

Composición	Micorganismo
Concentración	1×10^8 UFC/ML * <i>Bacillus subtilis</i>
	1×10^8 UFC/ML * <i>Lactobacillus acidophilus</i>
	Cada mililitro contiene *de unidades formadoras de colonias.
Pureza microbiológica	< 95%

Fuente: Ficha técnica producto a utilizar por la empresa Pajonales S.A.S

Después de 15 días de la multiplicación, se envió la muestra al laboratorio, para obtener sus resultados que se observan en la tabla 14.

Tabla 14

Resultados de la concentración de microorganismos Eficientes al final de la reproducción final en el tanque de 200L

Parámetro	UFC/ml	Normal	Interpretación**	Método/medio
Hongos totales	0	10 ³ -10 ⁴	NA	Dilución serial/ PDA
Bacterias totales	0	10 ⁶ -10 ⁷	ND	Dilución serial/ AN
<i>B. subtilis</i>	0	10 ⁶ -10 ⁷	ND	Dilución serial/ AN
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	0	10 ⁶ -10 ⁷	ND	Dilución serial/ AN

** INTERPRETACIÓN: B: bajo (deficiente); M: medio (suficiente); A: alto; ND: no detectable; NA: No analizado.

Fuente: Biofertilizar, 2021

No se logró identificar colonias de *Bacillus subtilis* y *Lactobacillus acidophilus*, estas últimas no son esporuladas y no logran sobrevivir a condiciones de anaerobiosis en procesos fermentativos. Las condiciones de multiplicación de estas bacterias no fueron las óptimas para su adecuado desarrollo porque no se garantizó una aireación e inocuidad de la mezcla. No fueron adecuadas las condiciones óptimas por incumplimiento del establecimiento de la metodología, condiciones que no se cumplieron por parte del personal técnico de la empresa en relación al manejo de la aireación, porque se realizó una aireación manual con un remo de madera rebullendo el contenido de los tanques para incorporar oxígeno. En la mayoría de los casos se requiere de un aire filtrado con alto nivel de calidad para que no contamine la biomasa (Cervantes et al., 2017), filtro que no existía en la empresa.

Los resultados obtenidos no fueron los deseados en la multiplicación de los EM, debido a que el producto final presentaba olor fétido y nada característico de la fermentación que se obtiene con la melaza y los microorganismos, además una coloración café oscuro con presencia

de nata grisácea a oscura. Por lo anterior se revisó literatura y se evidencio que Tanya & Leyva, (2019), reportan que la temperatura óptima para la multiplicación de bacterias ácido láctica, entre ella *Lactobacillus acidophilus* es de 30°C, además pudiendo crecer a valores tan bajos de pH como 3,2, y la mayoría de ellas a un pH entre 4 y 4,5.

El agua que se utilizó para el llenado de los tanques fue sacada del perforado con una electrobomba y no se tuvo en cuenta la medición del pH de esta para corroborar la información con la temperatura, donde se registró un promedio de 27 a 29 °C para mediados de agosto a temperatura ambiente. Condiciones que no se cumplieron por parte del personal técnico de la empresa en relación al manejo de la reproducción de microorganismos eficientes a mayor escala por falta de experiencia.

Otro factor que pudo influir en la multiplicación de los microorganismos son las condiciones aerobias y anaeróbicas de las bacterias. Marielsa, (2018), señala que dentro de las características de los *Lactobacillus acidophilus*, se evidencia literatura que son microaerófilos (crecen bien con una tensión baja de oxígeno), entre 5-10% de CO₂.

Cira et al., (2018), destaca que el género *Bacillus*, su crecimiento es aerobio o en ocasiones anaerobio facultativo, su crecimiento óptimo ocurre a pH neutro, presentando un amplio intervalo de temperaturas de crecimiento, lo cual no ocurrió durante el desarrollo de los microorganismos eficientes en la palmera La Fortuna porque desde un inicio los resultados de los pH medidos fueron ácidos.

(Caicedo & Chacon , 2017), afirman en cuanto a las técnicas de conservación de cepas, que dentro de los métodos de conservación debe asegurar la perduración de al menos el 70 % de las células en un tiempo considerable, ya sea este corto o largo plazo, en el que se mantenga las principales propiedades, y se asemeje al cultivo madre u originario, lo cual no se garantizó

durante la investigación ya que en el análisis de la calidad del proceso ya a los 15 días no se mantenía la concentración de los EM similar al cultivo madre.

La mayoría de los hongos requieren de oxígeno para su desarrollo. Las bacterias anaeróbicas se desarrollan en ausencia de oxígeno y las bacterias autotróficas obtienen el carbono que requieren tomándolo del dióxido de carbono. Las bacterias aerobias requieren de oxígeno para su desarrollo, en tanto que las bacterias facultativas anaeróbicas existen tanto en presencia como en ausencia de oxígeno (Cervantes et al., 2017). Las condiciones de aireación que se manejaron en los tanques de la empresa fue una aireación manual, la cual consistió en agitar el contenido del tanque con un remo de madera eventualmente 3 veces al día como se mostró en la figura 11. De haberse utilizado equipo para oxigenar, se hubiese controlado mejores condiciones para las bacterias ya que estos equipos permiten graduar la cantidad de oxigenación, además de guardar condiciones limpias al no tener que abrir frecuentemente la tapa de los tanques e introducir remo en madera para la respectiva oxigenación. En la mayoría de los casos se requiere de un aire filtrado con alto nivel de calidad para que no contamine la biomasa (Cervantes et al., 2017), filtro que no existía en la empresa.

7.2 Comparación la eficacia de los microorganismos eficientes y la incidencia de la Marchitez Letal en palma de aceite *Elaeis guinnensis* Jacq con prácticas de control biológico.

Durante las primeras evaluaciones de la quincena 1 (agosto 21) al 4 (octubre 1) la enfermedad marchitez letal estuvo oscilando entre 6,25 % de incidencia en el tratamiento con frecuencia de aplicación cada 28 días y 7,07 % en los tratamientos cada 14 días de frecuencia y el testigo. Sin embargo, en los muestreos 5 y 6 (15 de octubre y 30 de octubre respectivamente)

la enfermedad aumentó en el testigo, pero también en el tratamiento cada 14 días, aunque desde el punto de vista estadístico la menor incidencia se observó para el tratamiento cada 28 días 6,25% de incidencia que tuvo diferencia con el testigo y también con el de frecuencia cada 14 días. Los dos tratamientos con microorganismos eficientes difirieron del testigo en estas fechas (Tabla 15).

Tabla 15

Resultado del ANOVA para la incidencia de ML en % en los diferentes momentos de evaluación

Tratamientos	Incidencia de ML en %					
	20-ago- 21	3-sep- 21	17-sep- 21	1-oct- 21	15-oct- 21	30-oct- 21
1. Tratamiento 14 días	7,07 a	7,07 a	7,07 a	7,07 a	8,00b	8,00b
2. Tratamiento 28 días	6,25c	6,25c	6,25c	6,25c	6,25c	6,25c
3. Tratamiento Testigo con entomopatógenos	7,07a	7,07a	7,07a	7,07a	10,90a	10,90a
Coefficiente de Variación (%)	11,47	11,47	11,47	11,47	1,19	1,19
Error Típico de la media cuadrática del Error*	0,39	0,39	0,39	0,39	0,05	0,05

Fuente: Propia, 2021.

*: Media con letras desiguales en las columnas difieren para $P < 0,05$ por la prueba de Tukey

Estos resultados son alentadores porque en la cuarta evaluación se comenzó a incrementar la enfermedad en el testigo en mayor magnitud. La incidencia fue relativamente constante porque no hubo una respuesta rápida para el control de la enfermedad, sin embargo, empezó a aumentar en el testigo y en el tratamiento 1 en la evaluación realizada el 15 de octubre. El tiempo de la investigación fue muy corto para garantizar que los microorganismos eficientes tengan un efecto duradero a las frecuencias que se estuvieron aplicando contra la Marchitez

Letal. Se necesitaría más tiempo de evaluación para tener una respuesta acertada con respecto a la acción de los EM, ya que no se tiene información de cuando inicia el efecto de los EM en la palma de aceite.

En el tratamiento 3, desde las primeras evaluaciones en el mes (agosto 20) reflejo una menor población de 1,85 ninfa/macolla y con una tendencia a la baja durante toda la evaluación, terminando así el mes de (octubre 30+) en 0,95 ninfa/macolla el cual difiere en la tendencia a la baja de los tratamientos 1 y 2. Sin embargo, inicialmente los tratamiento 1 y 2 muestran la misma respuesta con una tendencia a la disminución en el número de ninfas/macolla, con una leve diferencia en el aumento de la población en la primera quincena de octubre 1,40 ninfa/macolla para el tratamiento 1 cada 14 días (tabla 16).

Tabla 16

Resultado del ANOVA para ninfa/macollas en los diferentes momentos de evaluación

Tratamientos	ninfas/macolla					
	20-ago-21	3-sep-21	17-sep-21	1-oct-21	15-oct-21	30-oct-21
1. Tratamiento						
14 días	2,41a	2,00a	1,55b	1,30b	1,40a	1,10b
2. Tratamiento						
28 días	2,20b	1,90b	1,61a	1,45a	1,20b	1.25a
3. Tratamiento						
Testigo con entomopatógenos	1,85c	1,40c	1,32c	1,20c	1,15c	0,95c

Coeficiente de						
Variación (%)	4,64	5,66	6,69	7,59	8	9,09
Error Típico de						
la media	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
cuadrática del						
Error*						

Fuente: Propia, 2021.

*: Media con letras desiguales en las columnas difieren para $P < 0,05$ por la prueba de Tukey

En la base de algunas macollas se pueden observar serosidades blancas, algo típico de presencia de nidos de ninfas del insecto hacia la parte inferior de las gramíneas. Hay que tener en cuenta que la frecuencia de aplicación se realizó cada 15 días de modo general teniendo en cuenta que el vector se encuentra en el ambiente. Se tiene poca información sobre la relación entre las frecuencias de aplicación de EM y la cantidad de la plaga por lo que estos son los primeros ensayos. Estadísticamente se evidencia un descenso en la población de ninfas/macolla en todos los tratamientos, sin embargo, hay que tener en cuenta que el testigo su índice de población inicial fue menor en comparación a los tratamientos 1 y 2 teniendo las mismas frecuencias de aplicación.

En el tratamiento 3, desde las primeras evaluaciones en el mes (agosto 20) se reflejó una menor población que la inicial que era de 2,83 insecto/trampa y con una tendencia a disminuir durante toda la evaluación, terminando en el mes de (octubre 30) en 0,82 insecto/trampa, nivel poblacional que difiere del testigo, pero también del tratamiento 1. Sin embargo, inicialmente los tratamientos 1 y 2 muestran la misma respuesta con una tendencia a la disminución en el número de insectos/trampa (tabla 17).

Tabla 17

Resultado del ANOVA para insectos/trampa en los diferentes momentos de evaluación

Tratamientos	Insectos/trampa					
	20-ago-21	3-sep-21	17-sep-21	1-oct-21	15-oct-21	30-oct-21
1. Tratamiento 14 días	2,83a	2,15a	1,83a	1,14c	1,08b	0,91b
2. Tratamiento 28 días	2,30b	1,70c	1,30c	1,16b	1,05c	0,82c
3. Tratamiento Testigo con entomopatógenos	2,10c	1,85b	1,55b	1,30a	1,20a	1,16a
Coefficiente de Variación (%)	4,14	5,26	0	8,33	9	10,34
Error Típico de la media cuadrática del Error*	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Fuente: Propia, 2021.

*: Media con letras desiguales en las columnas difieren para $P < 0,05$ por la prueba de Tukey

Estos resultados son buenos desde el punto de vista estadístico y fitosanitario, se observa una tendencia a la disminución en la población insecto/trampa durante la investigación, con las aplicaciones se logró en todos los tratamientos incluyendo el testigo, lo que puede deberse a que todos las parcelas recibieron tratamientos con entomopatógenos como medida preventiva, por lo

que se debe continuar con el estudio para determinar si la disminución se debe a los entomopatógenos o los ME y porque pueden existir otros factores como los climáticos que no fueron medidos en la investigación.

7.3. Valoración de la influencia de los microorganismos eficientes sobre el desarrollo de las plantas de palma de aceite tratadas en comparación con el testigo.

En la primera y la segunda evaluación a la longitud de las hojas (m) realizada el 20-agosto-2021 y el 3 de septiembre del 2021 no se observó diferencia entre los tratamientos para esta variable. En la tercera evaluación a la longitud de las hojas (m) realizada el 17-septiembre-2021 la mayor longitud se observó en el tratamiento 2 a los 28 días que tenía 4,12 m. y el testigo fue la media menor con 3,56 m. En la cuarta evaluación a la longitud de las hojas (m) realizada el 01-octubre-2021 la mayor longitud se observó en el tratamiento 2 a los 28 días que tenía 4,16 m, pero sin diferencia estadística con el tratamiento 1. En la quinta evaluación a la longitud de las hojas (m) realizada el 15-octubre-2021 la mayor longitud se observó en el tratamiento 2 a los 28 días que tenía 4,31 m. pero difiere estadísticamente con el tratamiento 3. Ya para en la sexta evaluación se observa una situación similar, la mayor longitud se observó en los tratamientos con frecuencia a los 14 y 28 días que mostraron diferencia estadística con el testigo (Tabla 18).

Tabla 18

Resultado del ANOVA para la longitud de las hojas en los diferentes momentos de evaluación

Tratamientos	Longitud de las hojas (m)					
	20-ago-21	3-sep-21	17-sep-21	1-oct-21	15-oct-21	30-oct-21
1. Tratamiento 14 días	3,81a	3,81a	3,88b	3,92ab	4,02a	4,07a
2. Tratamiento 28 días	4,09a	4,09a	4,12a	4,16a	4,31a	4,25a
3. Tratamiento Testigo con entomopatógeno	4,06a	4,06a	3,56c	3,56b	3,56b	3,56b
Coefficiente de Variación (%)	15,53	15,53	3,06	5,92	5,45	5,52
Error Típico de la media cuadrática del Error*	0,61	0,61	0,05	0,11	0,10	0,10

Fuente: Propia, 2021.

*: Media con letras desiguales en las columnas difieren para $P < 0,05$ por la prueba de Tukey

Los EM tienen numerosas aplicaciones con múltiples beneficios, entre las cuales se encuentran incremento de la biomasa, una reproducción exitosa en las plantas, mejora la

estructura física de los suelos, mejora la fertilidad química de los mismos y suprimen a varios agentes fitopatógenos causantes de enfermedades (Morochó & Mora, 2019). Las hojas no responden tan rápido a los tratamientos, pero sí se reflejó una respuesta final. El resultado se observa a partir de la tercera evaluación en los tratamientos 14 días y 28 días caso contrario en el tratamiento testigo que no tenía EM microorganismos eficientes y probablemente debido a esto se observó una disminución a partir de la evaluación 3 manteniendo una media constante. Estos resultados son alentadores porque a los 28 días en la tercera evaluación se vio un inicio del efecto de los EM, sin embargo, el tiempo de la investigación fue muy corto para garantizar que los microorganismos eficientes tengan un efecto duradero a largo plazo en las frecuencias que se estuvieron aplicando para medir esta variable. Los microorganismos tienen que colonizar la rizosfera y producir los metabolitos activos para ser absorbidos por la planta lo cual es un proceso lento y lleva un tiempo que se desconoce aún.

De la primera y a la quinta evaluación al número de hojas realizada el 20-agosto-2021 y el 15 de octubre del 2021 no se observó diferencia estadística entre los tratamientos para esta variable. En la segunda evaluación 3-sept-2021 en el tratamiento 3 testigo se observa un incremento en la media de 44,25 número hojas/planta en comparación con las otras evaluaciones del mismo tratamiento. En la primera evaluación al número de hojas realizada el 20-agosto-2021 el mayor número se observó en el tratamiento 3 testigo que tenía 43,18 número hojas/planta. y el de 28 días fue la media menor con 41,93 número hojas/planta. En la segunda evaluación al número de hojas realizada el 03-septiembre-2021 el mayor número se observó en el tratamiento 2 a los 28 días que tenía 44,37 número hojas/planta y el de 14 días fue la media menor con 42,31 número hojas/planta. En la tercera evaluación al número de hojas realizada el 17-septiembre-2021 la mayor longitud se observó en el tratamiento 3 testigo que tenía 44,93 número

hojas/planta y el de 14 días fue la media menor con 43,35 número hojas/planta. En la cuarta evaluación al número de hojas realizada el 1-octubre-2021 la mayor longitud se observó en el tratamiento 2 a los 28 días que tenía 45,85 número hojas/planta y el de 14 días fue la media menor con 43,75 número hojas/planta. En la quinta evaluación al número de hojas realizada el 15-octubre-2021 la mayor longitud se observó en el tratamiento 2 a los 28 días que tenía 47,06 número hojas/planta y el testigo fue la media menor con 43,31 número hojas/planta. Ya para en la sexta evaluación se observa un continuo incremento a los 28 días con una media de 47,75 número hojas/planta respecto a los tratamientos con frecuencia a los 14 y testigo que mostraron diferencia estadística con el de 28 días (Tabla 19).

Tabla 19

Resultado del ANOVA para número de hojas en los diferentes momentos de evaluación

Tratamientos	Numero de Hojas					
	20-ago-21	3-sep-21	17-sep-21	1-oct-21	15-oct-21	30-oct-21
1. Tratamiento 14 días	41,95a	42,31a	43,35a	43,75a	43,62a	44,12b
2. Tratamiento 28 días	41,93a	44,37a	44,93a	45,81a	47,06a	47,75a
3. Tratamiento Testigo con entomopatógenos	43,18a	44,25a	43,43a	43,81a	43,31a	43,87b
Coefficiente de Variación (%)	6,87	4,38	5,19	3,89	4,29	3,86

Error Típico de						
la media	1,45	0,95	1,13	0,86	0,95	0,87
cuadrática del						
Error*						

Fuente: propia, 2021.

*: Media con letras desiguales en las columnas difieren para $P < 0,05$ por la prueba de Tukey

Respecto a la influencia de los microorganismos eficientes en el crecimiento y desarrollo de los cultivos, FUNDASES (2005), expresa que son capaces de sintetizar aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas y otras sustancias bioactivas que promueven el crecimiento y desarrollo de las plantas, a su vez, Chen et al., (2001) plantean que estos microorganismos incrementan la capacidad fotosintética por medio de un mayor desarrollo foliar, que se refleja en el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos, restableciendo el equilibrio microbiológico del suelo y mejorando sus condiciones físico-químicas.

Existen informes que producción de posturas de papaya (*Carica papaya* L.), con la aplicación de EM al sustrato de las bolsas, se produce un adelanto del número de hojas con relación al testigo, los tratamientos evaluados, pero sin diferencias en el valor alcanzado entre ellos (Reinaldo et al., 2015). En el presente ensayo la emisión de nuevas hojas de palma de aceite no responde tan rápido a los tratamientos, pero si se reflejó una respuesta en el número de hojas al final de las evaluaciones. Ya partir de la segunda evaluación se observó en los tratamientos 14 días y 28 días incrementaron en el número de hojas, caso contrario en el tratamiento testigo que no tenía EM microorganismos eficientes y probablemente debido a esto no se observó cambios significativos a partir de la evaluación 3 manteniendo una media constante. Estos resultados son

alentadores porque desde la evaluación 2 se vio un inicio del efecto de los EM, sin embargo, el tiempo de la investigación fue muy corto para garantizar que los microorganismos eficientes tengan un efecto duradero a largo plazo en las frecuencias que se estuvieron aplicando para medir esta variable. Los microorganismos tienen que colonizar la rizosfera y producir los metabolitos activos para ser absorbidos por la planta lo cual es un proceso lento y lleva un tiempo que se desconoce aún. Además, hay que tener en cuenta que la planta de palma de aceite emite una hoja cada 12 días aproximadamente.

8. Conclusiones

Incumplir con los procedimientos establecidos para la multiplicación de microorganismos eficientes puede conllevar a la contaminación y pérdida del producto biológico, por lo que hace necesario la validación de un método eficiente para la multiplicación de microorganismos eficientes a pequeña y mediana escala con un equipamiento de calidad mínima.

La práctica de control biológico con microorganismos eficientes para el manejo de la enfermedad Marchitez Letal, no mostró cambios significativos de inmediato, y las plantas no respondieron rápidamente a las aplicaciones, sin embargo, los resultados obtenidos a partir de los 60 días de iniciados los tratamientos fueron alentadores, sin embargo, el tiempo de la investigación fue muy corto para garantizar que los microorganismos eficientes tengan un efecto duradero a las frecuencias aplicadas contra la Marchitez Letal y sobre las variables morfométricas evaluadas.

La aplicación de entomopatógenos reflejó través de las muestras una tendencia a la baja en la población de ninfas/macollas y adultos/trampa en todos los tratamientos debido a que se aplicó de manera general para evitar la propagación del vector de ML *Haplaxius crudus* y medir las variables en condiciones de campo de la plantación con métodos de control biológico.

9. Recomendaciones

Continuar las evaluaciones del experimento por más tiempo, como mínimo un año para verificar los resultados parciales obtenidos hasta el momento y así confirmar la hipótesis de investigación.

Se deben plantear más investigaciones sobre prácticas de control biológico y multiplicación de microorganismos de una manera óptima y segura, para tener una estimación más alta del éxito de su multiplicación determinando sus niveles de importancia y si pueden llegar a generar afectaciones sobre los cultivos de no hacerlo correctamente. Esto con el fin de establecer planes de manejo más eficientes con métodos de control biológico en las plantaciones y lograr un manejo fitosanitario más eficiente.

Investigar sobre la competencia generada por los EM en los cultivos y su influencia en el desarrollo de otros microorganismos benéficos, además, reconocer que otras arvenses favorecen las poblaciones de *Haplaxius crudus*.

Referencias

- Abizambra , A., Kleefeld, C., Rengifo , A., & Nieto , C. (2004). *Resolución No. 00375. ICA*.
Obtenido de <https://n9.cl/0is9f>
- Aguilar , C., Vlamakis, H., Losick , R., & Kolter, R. (2007). *Thinking about Bacillus Subtilis as a multicelular organism. current opinion in microbiolog.*
- Aldana , R., Aldana , J., Calvache, G., & Franco, P. (2010). *Manual de Plagas de la Palma de Aceite en Colombia. Sena-Cenipalma*. . Obtenido de <https://n9.cl/vlg2w>
- Alvarez, J. L., Nuñez Sosa, D., Gonzalez, R., & Terence Monthly, G. (2012). *Evaluacion de la aplicacion de microorganismos eficientes en col de repollo (Brassica oleraca L.) en condiciones de organoponico semiprotegido*. Matansas, Cuba: Universidad de Matansas.
- Angelsen, A. (2010). *Políticas para la reducción de la deforestación y su impacto en la producción agrícola*. New York: Ruth S. DeFries Columbia University.
- Arango , M., Bustillo , E., & Sierra , J. (2016). *Haplaxius crudus. Monitoreo del Insecto vector de la enfermedad de la Marchitez Letal en palma de aceite. Convenio especial de cooperación. Sena-Cenipalma*. Obtenido de <https://n9.cl/8ot9>
- Arango , M., Ospina , C., Sierra , J., & Martinez , G. (2011a). *Myndus crudus: vector del agente causante de la marchitez letal en palma de aceite en colombia* . Palmas vol 32.
- Arango , M., Pineda , B., Martinez , G., & Villegas , B. (2011b). *Condiciones epidemiológicas y etiológicas de la marchitez letal en palma de aceite en la zona de Norte de Colombia*.
palmas vol 2.
- Arango , M., Sierra , L., Aldana , R., & Martinez , G. (2011c). *Efecto de la aplicación de insecticidas y herbicidas en el desarrollo de la marchitez letal de la palma de aceite en el*

- bajo upía, casanare*. Obtenido de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1586/1586>
- Ariza, C., & Almansa, P. (2010). *Identificación y clasificación en biotipos de las malezas asociadas al cultivo de la palma de aceite*. Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de Ciencias Agrícolas.
- Banco Interamericano de desarrollo. (2009). *manual practico de uso de EM*. Obtenido de https://www.emuruguay.org/images/Manual_Practico_Uso_EM_OISCA_BID.pdf
- Barrero , D., Muñoz , C., Iglesias , P., Fontecha , A., Palacino , J., Cardenas , J., & Osorio , F. (2020). *Resolución No. 62151. ICA.* . Obtenido de <https://n9.cl/vvqy3>
- Beltran , T. (2011). *Resolución No. 000698. ICA*. Obtenido de <https://n9.cl/kcdo>
- Borrero, C. (2008). *El cultivo de la palma de aceite (Eleais guinnensis Jacq)*. Obtenido de <https://n9.cl/l13u>
- Caicedo , S., & Chacon , J. (2017). *Técnicas Técnicas de conservación de cepas. Universidad Politécnica Salesiana-Quito Ecuador*. Obtenido de https://n9.cl/dspace_ups_edu_ec
- Cano, M., & Hoyos, C. (2013). *Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, Trichoderma spp. y Pseudomonas spp.* UDCA Act. & Div. Cient., 14(2) 15-31.
- Cantuca , S., Quevedo , E., Peña , E., & Checa, O. (2001). *Reconocimiento taxonómico de plantas asociadas con la palma de aceite (Elaeis guineensis Jacq.) en plantaciones de la zona de Tumaco*. Cali: palmas colombia.
- Castro, L., Murillo, M., Uribe, L., & Mata , R. (2015). *Inoculación al suelo con Pseudomonas fluorescens, Azospirillum Oryzae, Bacillus subtilis y Microorganismos de Montaña (MM)*

y su efecto sobre un sistema de rotación soya-tomate bajo condiciones de invernadero. .

Agronomía costarricense, 21-36.

Cenipalma. (2011). *Cenipalma*. Obtenido de

https://issuu.com/fedepalma/docs/gui__a_de_marchitez_letal_

Cenipalma'. (2014). *Evaluación de hongos y nematodos para el control de Haplaxius crudus,*

vector de la Marchitez letal (ML) de la palma de aceite en Colombia. Obtenido de

<https://n9.cl/iqps5>

Cenipalma. (2015). *Palma de aceite Elaeis guinnensis Jacq.* Obtenido de

<https://www.cenipalma.org/palma-de-aceite-en%20Colombia>

cenipalma. (2017). *Mejores parcticas agroindustriales de la palma de aceite en colombia.*

Obtenido de <https://n9.cl/nhoho>

Cervantes , M., Orihuela, E., & Rutiaga , J. (2017). *Acerca del Desarrollo y Control de*

Microorganismos en la Fabricación de Papel. Conciencia tecnológica. Obtenido de

<https://www.redalyc.org/journal/944/94454631001/html/>

Cira , L., Estrada , M., Parra, F., Santos , S., Villa , E., & Villareal, M. (2018). *El género Bacillus*

como agente de control biologico y sus implicaciones en la Bioseguridad agrícola.

Obtenido de Revista Mexicana de Fitopatología Vol. 36 No. 1.:

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-

[33092018000100095#B54](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092018000100095#B54)

Cortes, M., & Torres , E. (2021). *Elaeis oleifera (Kunth) Lista de chequeo de las plantas útiles*

de la Cuenca del Rio Claro, Antioquia. Obtenido de Version 2.0. Instituto de

Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Checklist dataset :

<https://doi.org/10.15472/twep9k>

- Cortes, P. (2009). *Manual tecnico de la palma africana*. Obtenido de <https://palma.webcindario.com/manualpalma.pdf>
- Cruzat , R., & Lonannidis , D. (2008). *Resultados y lecciones en biocontrol de enfermedades fungosas con Trichoderma ssp. chile*: Proyecto de innovación en las regiones de O'Higgins y del Maule.
- Cuervo, U., Tronos, M., Hernandez , J., Calvo, D., Dominguez , M., & Moreno, E. (2014). *Eficacia de peróxidos en la desinfección de suelos aptos para el cultivo de fresa en el Mediterráneo*. Obtenido de Revista fitotecnia mexicana, 37(4), 393-398. : http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018773802014000400012&lng=es&tlng=es
- Diaz, L., Davalos, P., Martinez , T., & Garcia, A. (2017). *Fresa, Deficiencias y sintomas nutricionales "una guia visual para fertilizar"*. Obtenido de <https://n9.cl/vqn5>
- Evans, R. (1991). *Notas taxonómicas, Etnobotánicas y de nomenclatura sobre la Elaeis*. Revista *Palmas volumen 12 No. 3* . Obtenido de <https://n9.cl/r56kw>
- Fairhurst, T. (2009). *Sustainable oil palm development on degraded land in kalimantan*. Washington, D.C: United kingdon.
- Fedepalma. (2019). *La palma de aceite en Colombia*. Obtenido de <https://n9.cl/0ttie>
- Fedepalma. (2020). *La Palma de Aceite de Colombia. Infografía Colombia 2020* . Obtenido de <http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/infografia-palmadeaceite-colombia-2020.pdf>
- Fedepalma. (2020). *La palma de aceite en Colombia. Infografía 2020*. Obtenido de <http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/infografia-palmadeaceite-colombia-2020.pdf>

- Garcia, R. (2013). *Efecto de diferentes Fuentes de biológicos en cultivo de fresa (fragaria x annanassa) bajo invernadero*. . Universidad autónoma agraria.
- Gaveau, D., Sloan , S., Molidena, E., Yaen, H., Sheil , D., Abram, N., & Meijaard , E. (2014). *Four decades of forest persistence, clearance and logging on Borneo*. . Massachusetts, EEUU: Kamal Bawa.
- Genty, P. (1973). *Observation preliminares du lepidoptere mineur des raciness du palmier a huile, Sagalassa valida walker*. servicio entomologica.
- Gonzalez, M. (2012). *Bacillus subtilis como promotora del crecimiento y calidad de cítricos*. México: Instituto politécnico Nacional.
- Gonzalez, R., Nuñez, D., Hernandez, L., & Castro, A. (2015). *Evaluacion de microorganismos eficientes y Trichoderma harzianum en la produccion de posturas de cebolla (Allium cepa L.)*. Matansas, Cuba: Universidad de Matansas.
- Guedez, C., Castillo, C., Cañizales, L., & Olivar , R. (2009). *Efecto antagónico de Trichoderma harzianum sobre algunos hongos patógenos*. Sociedad Venezolana de Microbiología, 34-38., 34-38.
- Guerrero , M., & Bustillo , A. (2019). *Control Biológico del saltahoja de la palma Haplaxius crudus, vector de la marchitez letal en palma de aceite*. Obtenido de <https://n9.cl/6egld>
- Guerrero, M., & Bustillo, A. (2019). *Selección de hongos entomopatógenos para el control de adultos Haplaxius crudus vector de la Marchitez Letal de la palma de aceite*. Medellín: Fedepalma.
- Hanna, L. M., & Orozco, V. (2014). *Exposición laboral por plagicidas en cultivos de algodón: valle del sinu medio*. Obtenido de <https://revistascientificas.cuc.edu.co/economicascuc/article/view/521>

- Ibarra, J., Castro, C., Galindo, E., Patiño, M., Serrano, L., Garcia, R., & Carrillo, J. (2006). *Los microorganismos en el control biológico de insectos y fitopatógenos*. Culiacan, Mexico: Revista Latinoamericana de microbiología.
- Ibarra, J., Rincon, C., Galindo, E., Patiño, M., Serrano, L., Garcia, R., . . . Bravo, A. (2006). *Los microorganismos en el control biológico de insectos y fitopatógenos*. *Rev. Latinoamericana de Microbiología*. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/lamicro/mi-2006/mi062k.pdf>
- Layton, C., Maldonado, E., Monroy, L., Corrales, L., & Sanchez, L. (2011). *Bacillus spp.: perspectiva de su efecto biocontrolador mediante antibiosis en cultivos afectados por fitopatógenos*. Obtenido de Revista NOVA Publicación Científica en Ciencias Biomédicas.: <http://dx.doi.org/10.22490/24629448.501>
- Lisboa, M. (2003). *Efectividad de Bacillus subtilis y de una cepa nativa de Trichoderma harzianum sobre la incidencia y severidad de pudrición gris (Botrytis cinerea) en vid vinera*. Chile: Universidad de Talca Facultad de Ciencias Agrarias Escuela de Agronomía.
- Lopez, G. (2010). *Bud rot, sudden wilt, red ring and lethal wilt of oil palm in the Americas*.
- Lopez, G. M. (1985). *Observaciones sobre distintos casos de la marchitez de la palma africana en Colombia*. Bogotá DC: La libertad.
- Marielsa, G. (2018). *Lactobacillus acidophilus, características, taxonomía, morfología*. *Lifeder*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/lactobacillus-acidophilus/>
- Martinez, G., Mena, E., & Cardona, C. (1976). *Control de la marchitez sorpresiva de la palma africana*. Bogotá: Ascolfi.
- Mauricio, A., Ospina, C., Sierra, J., & Martinez, G. (2011a). *Myndus crudus: vector del agente causante de la marchitez letal en palma de aceite en Colombia*. Bogotá DC: Palmas.

- Mendez , J., & Viteri , E. (2007). *Alternativas de biofertilización para la producción sostenible de cebolla de bulbo (Allium cepa) en Cucaita, Boyacá*. Agronomía Colombiana Agronomía Colombiana. 168-175.
- Mesa, J., Carvajal, R., & Almogoea, M. (2015). *Efecto de los Microorganismos Eficientes (EM) en la producción de posturas de fruta bomba (Carica papaya L.) en la empresa agropecuaria "Horquita"*. Cienfuegos, Cuba: Universidad de Cienfuegos.
- Morocho, T., & Mora, M. (2019). *Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas*. Riobamba, Ecuador: Universidad central de las villas.
- Mosquera , M. (2009). *Consideraciones sobre erradicación de la palma de aceite en Colombia*. .
Obtenido de <https://n9.cl/2ezuw>
- Mujica, C. (2010). *Evolución del sector palmicultor. Universitaria de Investigación y Desarrollo*. Obtenido de <https://n9.cl/zpqq>
- Murillo , B., Guerrero , E., & Zapata , S. (2016). *Manejo ecológico en frutilla aplicando Trichoderma sp como promotor de crecimiento y controlador biológico de hongos antagonistas*. Argentina: ASADES.
- Oviedo, D. K. (04 de enero de 2020). *Comparación de Estructura de Costos con Aplicación de Hormonas en la conformación de Racimos en Palma de Aceite Comercial (Var. Irho Cabaña) en la Plantación agropecuaria Macolla S.A.S*. Obtenido de repositorio unillanos: <https://n9.cl/po3r73>
- Pajonales. (2019). *Multibacter SC. Ficha técnica*. Obtenido de <https://www.pajonales.com/producto/multibacter-sc/>

- Rairan , N., Beltran , J., & Arango , M. (2015). *Tecnologías para el manejo de la marchitez letal de la palma de aceite validadas en la zona oriental de Colombia*. Obtenido de palmas vol 36: <https://n9.cl/l8hfe>
- Ramirez , E., Pacheco , R., Enrique , B., & Martin, L. (2013). *atogenicidad de Metarhizium anisopliae y Beauveria bassiana sobre mosca blanca (Bemisia tabaci)*. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. .
- Reyes, A. (1991). *Manejo Eficiente de la Sanidad en Plantación de Palma de Aceite*. Obtenido de Revistas Palmas, Vol. 12, Número especial 1991.:
<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/309/309>
- Romero , C., Ocampo, J., Sandoval , E., & Tovar , R. (2012). *ertilización orgánica, mineral y orgánica en el cultivo de palma de aceite (Elaeis guineensis Jacq.) bajo condiciones de invernadero*. Revista de sociedad, cultura y desarrollo sustentable Ra Ximhai, 34-38.
- Salcedo, C., Barreto , J., Nieto , C., & Gomez , J. (2005). *Resolución No. 3002. Insumos Agrícolas que se Comercializan en el País. ICA*. Obtenido de
<https://www.ica.gov.co/getattachment/e6a62cbf-fad2-452f-94ac-3febd676882a/3002.aspx>
- Sanchez, A. P. (1973). *Enfermedades de importancia que afectan la palma de aceite en Colombia*. Cali, Valle del Cauca: Palmas.
- Sanchez, A. P. (1990). *Enfermedades de la palma de aceite en Colombia*. Obtenido de
<https://n9.cl/2gaea>
- Santalla , J., Romero , P., Galindo, J., & Kleefeld, C. (2005). *Resolución 0395. ICA*. Obtenido de
<https://n9.cl/d3h2r>

- Sanz, J. (2016). *Las mejores prácticas agroindustriales para una excelente palmiticultura colombiana. Revista Palma*. . Obtenido de <https://n9.cl/wav9>
- Sociedad geografica de Colombia. (2016). *Departamentos de Colombia Meta*. Obtenido de <https://www.sogeocol.edu.co/meta.htm>
- Tanya , M., & Leyva, M. (2019). *Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. Centro Agrícola*. Obtenido de <https://n9.cl/w485b>
- Tejera , H., & Rojas , B. (2011). *Potencialidades del género Bacillus en la promoción del crecimiento vegetal y el control de hongos fitopatógenos*. Obtenido de revista CENIC Ciencias Biológicas. 42:131-138. : <http://www.redalyc.org/pdf/1812/181222321004.pdf>
- Tencio , R. (2014). *uso de microorganismos beneficos en la agricultura organica o ecologica en Costa Rica*. El salvador.
- Torres , E., & Tovar , J. (2004). *Estudio epidemiológico de la enfermedad Marchitez letal de la palma de aceite en plantaciones de Villanueva, Casanare*. Palmas.
- UNEP. (2011). *Programa de las naciones Unidad para el Medio ambiente*. Obtenido de <http://staging.unep.org/annualreport/2011/>
- Universidad de Pamplona. (2005). *Acuerdo número 186 de 02 de diciembre de 2005*. . Obtenido de Reglamento Academico Estudiantil de Pregrado:
http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallIG/home_11/recursos/general/25092012/reglamentos.jsp
- USDA. (2021). *Produccion mundial de la palma de aceite*. Obtenido de Produccion agricola mundial: <https://n9.cl/1pr7>
- Vargas, A., & Peña , C. (2003). *Agricultura Organica para mantener y recuperar la fertilidad de los suelos palmeros, conservar la biodiversidad y desarrollar la soberanía alimentaria*

en la Amazonia. SINCHI, Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.

PRONATTA, 72.

Viteri , E., Granados , M., & Gonzalez , R. (2008). *Potencial de los caldos rizosfera y súper cuatro como biofertilizantes para la sostenibilidad del cultivo de cebolla de bulbo (Allium cepa)*. Agronomía Colombiana. 517-524.

Woittiez, L., van wijk , M., Slingerland, M., Van Noordwijk, M., & Giller, K. (2018). *Brechas de rendimiento en el cultivo de aceite: una revision cuantitativa de factores determinantes*. Piases Bajos: Revista European Journal of Agronomy Edi. Elsevier.

10. Anexos

Anexo 1

Resultados de ANOVA para variables fitosanitarias

		Descriptivos							
		N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Incidencia1	1,00	4	7,9500	,10000	,05000	7,7909	8,1091	7,80	8,00
	2,00	4	6,2500	,00000	,00000	6,2500	6,2500	6,25	6,25
	3,00	4	9,3000	,00000	,00000	9,3000	9,3000	9,30	9,30
	Total	12	7,8333	1,30442	,37655	7,0045	8,6621	6,25	9,30
Incidencia2	1,00	4	8,0000	,00000	,00000	8,0000	8,0000	8,00	8,00
	2,00	4	6,2500	,00000	,00000	6,2500	6,2500	6,25	6,25
	3,00	4	9,3000	,00000	,00000	9,3000	9,3000	9,30	9,30
	Total	12	7,8500	1,30523	,37679	7,0207	8,6793	6,25	9,30
Incidencia3	1,00	4	8,0000	,00000	,00000	8,0000	8,0000	8,00	8,00
	2,00	4	6,2500	,00000	,00000	6,2500	6,2500	6,25	6,25
	3,00	4	9,3000	,00000	,00000	9,3000	9,3000	9,30	9,30
	Total	12	7,8500	1,30523	,37679	7,0207	8,6793	6,25	9,30
Incidencia4	1,00	4	8,0000	,00000	,00000	8,0000	8,0000	8,00	8,00
	2,00	4	6,2500	,00000	,00000	6,2500	6,2500	6,25	6,25
	3,00	4	9,3000	,00000	,00000	9,3000	9,3000	9,30	9,30
	Total	12	7,8500	1,30523	,37679	7,0207	8,6793	6,25	9,30
Incidencia5	1,00	4	8,0000	,00000	,00000	8,0000	8,0000	8,00	8,00
	2,00	4	6,2500	,00000	,00000	6,2500	6,2500	6,25	6,25
	3,00	4	10,9000	,00000	,00000	10,9000	10,9000	10,90	10,90
	Total	12	8,3833	2,00288	,57818	7,1108	9,6559	6,25	10,90
Incidencia6	1,00	4	8,0000	,00000	,00000	8,0000	8,0000	8,00	8,00
	2,00	4	6,2500	,00000	,00000	6,2500	6,2500	6,25	6,25
	3,00	4	10,9000	,00000	,00000	10,9000	10,9000	10,90	10,90

	Total	12	8,3833	2,00288	,57818	7,1108	9,6559	6,25	10,90
Ninfa1	1,00	4	2,4100	,00000	,00000	2,4100	2,4100	2,41	2,41
	2,00	4	2,2000	,00000	,00000	2,2000	2,2000	2,20	2,20
	3,00	4	1,8500	,00000	,00000	1,8500	1,8500	1,85	1,85
	Total	12	2,1533	,24126	,06965	2,0000	2,3066	1,85	2,41
Ninfa2	1,00	4	2,0000	,00000	,00000	2,0000	2,0000	2,00	2,00
	2,00	4	1,9000	,00000	,00000	1,9000	1,9000	1,90	1,90
	3,00	4	1,4000	,00000	,00000	1,4000	1,4000	1,40	1,40
	Total	12	1,7667	,27414	,07914	1,5925	1,9408	1,40	2,00
Ninfa3	1,00	4	1,5500	,00000	,00000	1,5500	1,5500	1,55	1,55
	2,00	4	1,6100	,00000	,00000	1,6100	1,6100	1,61	1,61
	3,00	4	1,3200	,00000	,00000	1,3200	1,3200	1,32	1,32
	Total	12	1,4933	,13055	,03769	1,4104	1,5763	1,32	1,61
Ninfa4	1,00	4	1,3000	,00000	,00000	1,3000	1,3000	1,30	1,30
	2,00	4	1,4500	,00000	,00000	1,4500	1,4500	1,45	1,45
	3,00	4	1,2000	,00000	,00000	1,2000	1,2000	1,20	1,20
	Total	12	1,3167	,10731	,03098	1,2485	1,3848	1,20	1,45
Ninfa5	1,00	4	1,4000	,00000	,00000	1,4000	1,4000	1,40	1,40
	2,00	4	1,2000	,00000	,00000	1,2000	1,2000	1,20	1,20
	3,00	4	1,1500	,00000	,00000	1,1500	1,1500	1,15	1,15
	Total	12	1,2500	,11282	,03257	1,1783	1,3217	1,15	1,40
Ninfa6	1,00	4	1,1000	,00000	,00000	1,1000	1,1000	1,10	1,10
	2,00	4	1,2500	,00000	,00000	1,2500	1,2500	1,25	1,25
	3,00	4	,9500	,00000	,00000	,9500	,9500	,95	,95
	Total	12	1,1000	,12792	,03693	1,0187	1,1813	,95	1,25
Adulto1	1,00	4	2,8300	,00000	,00000	2,8300	2,8300	2,83	2,83
	2,00	4	2,3000	,00000	,00000	2,3000	2,3000	2,30	2,30
	3,00	4	2,1000	,00000	,00000	2,1000	2,1000	2,10	2,10
	Total	12	2,4100	,32170	,09287	2,2056	2,6144	2,10	2,83
Adulto2	1,00	4	2,1500	,00000	,00000	2,1500	2,1500	2,15	2,15
	2,00	4	1,7000	,00000	,00000	1,7000	1,7000	1,70	1,70
	3,00	4	1,8500	,00000	,00000	1,8500	1,8500	1,85	1,85
	Total	12	1,9000	,19540	,05641	1,7758	2,0242	1,70	2,15
Adulto3	1,00	4	1,8300	,00000	,00000	1,8300	1,8300	1,83	1,83
	2,00	4	1,3000	,00000	,00000	1,3000	1,3000	1,30	1,30
	3,00	4	1,5500	,00000	,00000	1,5500	1,5500	1,55	1,55
	Total	12	1,5600	,22611	,06527	1,4163	1,7037	1,30	1,83

Adulto4	1,00	4	1,1400	,00000	,00000	1,1400	1,1400	1,14	1,14
	2,00	4	1,1600	,00000	,00000	1,1600	1,1600	1,16	1,16
	3,00	4	1,3000	,00000	,00000	1,3000	1,3000	1,30	1,30
	Total	12	1,2000	,07435	,02146	1,1528	1,2472	1,14	1,30
Adulto5	1,00	4	1,0800	,00000	,00000	1,0800	1,0800	1,08	1,08
	2,00	4	1,0500	,00000	,00000	1,0500	1,0500	1,05	1,05
	3,00	4	1,2000	,00000	,00000	1,2000	1,2000	1,20	1,20
	Total	12	1,1100	,06769	,01954	1,0670	1,1530	1,05	1,20
Adulto6	1,00	4	,9100	,00000	,00000	,9100	,9100	,91	,91
	2,00	4	1,1600	,00000	,00000	1,1600	1,1600	1,16	1,16
	3,00	4	,8300	,00000	,00000	,8300	,8300	,83	,83
	Total	12	,9667	,14680	,04238	,8734	1,0599	,83	1,16

Coefficiente de Variación (%) = $\sqrt{\text{Media cuadrada del error} / \text{Media del tratamiento}} * 100$

Error Típico de la media cuadrática del Error = $\sqrt{\text{Media cuadrada del error} / 2}$

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Incidencia1	Entre grupos	18,687	2	9,343	2803,000	,000
	Dentro de grupos	,030	9	,003		
	Total	18,717	11			
Incidencia2	Entre grupos	18,740	2	9,370		
	Dentro de grupos	,000	9	,001		
	Total	18,740	11			
Incidencia3	Entre grupos	18,740	2	9,370		
	Dentro de grupos	,000	9	,001		
	Total	18,740	11			
Incidencia4	Entre grupos	18,740	2	9,370		
	Dentro de grupos	,000	9	,001		
	Total	18,740	11			
Incidencia5	Entre grupos	44,127	2	22,063	7544152255766 2530000000000 0000000,000	,000
	Dentro de grupos	,000	9	,001		
	Total	44,127	11			

Incidencia6	Entre grupos	44,127	2	22,063	7544152255766 2530000000000 000000,000	,000
	Dentro de grupos	,000	9	,001		
	Total	44,127	11			
Ninfa1	Entre grupos	,640	2	,320	1753986690769 3348000000000 000000,000	,000
	Dentro de grupos	,000	9	,001		
	Total	,640	11			
Ninfa2	Entre grupos	,827	2	,413	1132311274757 3797000000000 000000,000	,000
	Dentro de grupos	,000	9	,001		
	Total	,827	11			
Ninfa3	Entre grupos	,187	2	,094	6837417500960 5730000000000 000000,000	,000
	Dentro de grupos	,000	9	,001		
	Total	,187	11			
Ninfa4	Entre grupos	,127	2	,063	4619876689838 2240000000000 000000,000	,000
	Dentro de grupos	,000	9	,001		
	Total	,127	11			
Ninfa5	Entre grupos	,140	2	,070	3067299121411 3435000000000 000000,000	,000
	Dentro de grupos	,000	9	,001		
	Total	,140	11			
Ninfa6	Entre grupos	,180	2	,090	1972413188287 0487000000000 000000,000	,000
	Dentro de grupos	,000	9	,001		
	Total	,180	11			

Adulto1	Entre grupos	1,138	2	,569	3114040040355 6926000000000 000000,000	,000
	Dentro de grupos	,000	9	,001		
	Total	1,138	11			
Adulto2	Entre grupos	,420	2	,210	5109503158260 5680000000000 000000,000	,000
	Dentro de grupos	,000	9	,001		
	Total	,420	11			
Adulto3	Entre grupos	,562	2	,281	3076837875432 2575000000000 000000,000	,000
	Dentro de grupos	,000	9	,001		
	Total	,562	11			
Adulto4	Entre grupos	,061	2	,030	2217540811122 3520000000000 000000,000	,000
	Dentro de grupos	,000	9	,001		
	Total	,061	11			
Adulto5	Entre grupos	,050	2	,025	2757336929619 2314000000000 000000,000	,000
	Dentro de grupos	,000	9	,001		
	Total	,050	11			
Adulto6	Entre grupos	,237	2	,119	1729292790427 8653000000000 000000,000	,000
	Dentro de grupos	,000	9	,001		
	Total	,237	11			

Coeficiente de Variación (%)= $\sqrt{\text{Media cuadrada del error}/\text{Media del tratamiento}} * 100$

Error Típico de la media cuadrática del Error= $\sqrt{\text{Media cuadrada del error}} / 2$

Subconjuntos homogéneos

Incidencia1

HSD Tukey^a

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	
2,00	4		6,2500
1,00	4		7,0750
3,00	4		7,0750
Sig.			,338

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Incidencia2

HSD Tukey^a

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	
2,00	4		6,2500
1,00	4		7,0750
3,00	4		7,0750
Sig.			,338

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Incidencia3

HSD Tukey^a

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	
2,00	4		6,2500
1,00	4		7,0750
3,00	4		7,0750
Sig.			,338

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Incidencia4HSD Tukey^a

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	
2,00	4		6,2500
1,00	4		7,0750
3,00	4		7,0750
Sig.			,338

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Incidencia5HSD Tukey^a

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
2,00	4	6,2500		
1,00	4		8,0000	
3,00	4			10,9000
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Incidencia6HSD Tukey^a

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
2,00	4	6,2500		
1,00	4		8,0000	
3,00	4			10,9000
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Ninfa1HSD Tukey^a

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
3,00	4	1,85c		
2,00	4		2,20b	
1,00	4			2,41a
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Ninfa2HSD Tukey^a

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
3,00	4	1,40c		
2,00	4		1,90b	
1,00	4			2,00a
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Ninfa3HSD Tukey^a

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
3,00	4	1,32c		
1,00	4		1,55b	
2,00	4			1,61a
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Ninfa4HSD Tukey^a

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
3,00	4	1,20c		
1,00	4		1,30b	
2,00	4			1,45 a
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Ninfa5HSD Tukey^a

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
3,00	4	1,15c		
2,00	4		1,20b	
1,00	4			1,40a
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Ninfa6HSD Tukey^a

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
3,00	4	,95c		
1,00	4		1,10b	
2,00	4			1,25a
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Adulto1HSD Tukey^a

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
3,00	4	2,10c		
2,00	4		2,30b	
1,00	4			2, 83a
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Adulto2HSD Tukey^a

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
2,00	4	1,70c		
3,00	4		1,85b	
1,00	4			2, 15a
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Adulto3HSD Tukey^a

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
2,00	4	1,30c		
3,00	4		1,55b	
1,00	4			1, 83a
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Adulto4HSD Tukey^a

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
1,00	4	1,14c		
2,00	4		1,16b	
3,00	4			1,30a
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Adulto5HSD Tukey^a

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
2,00	4	1,05c		
1,00	4		1,08b	
3,00	4			1,20a
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Adulto6HSD Tukey^a

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
3,00	4	,83c		
1,00	4		,91b	
2,00	4			1,16 ^a
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Anexo 2

ANOVAS de variables Morfométricas

Descriptivos									
	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo	
					Límite inferior	Límite superior			
Longitud1	1,00	4	3,7715	,23566	,11783	3,4393	4,1892	3,49	4,02
	2,00	4	3,9093	,05880	,02940	3,9969	4,1841	4,02	4,15
	3,00	4	3,5590	1,04614	,52307	2,4034	5,7326	3,52	5,64
	Total	12	3,9909	,57592	,16625	3,6250	4,3568	3,49	5,64
Longitud2	1,00	4	3,8143	,23566	,11783	3,4393	4,1892	3,49	4,02
	2,00	4	4,0905	,05880	,02940	3,9969	4,1841	4,02	4,15
	3,00	4	4,0680	1,04614	,52307	2,4034	5,7326	3,52	5,64
	Total	12	3,9909	,57592	,16625	3,6250	4,3568	3,49	5,64
Longitud3	1,00	4	3,8810	,14227	,07114	3,6546	4,1074	3,68	4,02
	2,00	4	4,1200	,07359	,03680	4,0029	4,2371	4,05	4,22
	3,00	4	3,5668	,12220	,06110	3,3723	3,7612	3,41	3,70
	Total	12	3,8559	,25897	,07476	3,6914	4,0205	3,41	4,22
Longitud4	1,00	4	3,9212	,27205	,13602	3,4884	4,3541	3,52	4,11
	2,00	4	4,1670	,06932	,03466	4,0567	4,2773	4,07	4,23
	3,00	4	3,5673	,28477	,14239	3,1141	4,0204	3,21	3,91
	Total	12	3,8852	,33124	,09562	3,6747	4,0956	3,21	4,23
Longitud5	1,00	4	4,0278	,28469	,14234	3,5747	4,4808	3,60	4,20
	2,00	4	4,3170	,13323	,06661	4,1050	4,5290	4,16	4,48
	3,00	4	3,5668	,20477	,10239	3,2409	3,8926	3,30	3,79
	Total	12	3,9705	,37750	,10898	3,7306	4,2104	3,30	4,48
Longitud6	1,00	4	4,0705	,24880	,12440	3,6746	4,4664	3,70	4,22
	2,00	4	4,2538	,09319	,04660	4,1055	4,4020	4,20	4,39
	3,00	4	3,5675	,27339	,13669	3,1325	4,0025	3,34	3,94
	Total	12	3,9639	,36257	,10466	3,7336	4,1943	3,34	4,39
Numero1	1,00	4	41,9583	3,89696	1,94848	35,7573	48,1592	38,00	47,33
	2,00	4	41,9375	2,56072	1,28036	37,8628	46,0122	39,00	45,25
	3,00	4	43,1875	1,91893	,95946	40,1341	46,2409	40,75	45,25
	Total	12	42,3611	2,70313	,78033	40,6436	44,0786	38,00	47,33

Numero2	1,00	4	42,3125	1,26450	,63225	40,3004	44,3246	40,75	43,75
	2,00	4	44,3750	2,75757	1,37878	39,9871	48,7629	41,00	46,75
	3,00	4	44,2500	1,33853	,66927	42,1201	46,3799	42,75	45,50
	Total	12	43,6458	1,99277	,57526	42,3797	44,9120	40,75	46,75
Numero3	1,00	4	43,3500	2,63281	1,31640	39,1606	47,5394	41,50	47,25
	2,00	4	44,9375	2,48642	1,24321	40,9810	48,8940	42,00	47,75
	3,00	4	43,4375	1,57288	,78644	40,9347	45,9403	42,00	45,25
	Total	12	43,9083	2,19781	,63445	42,5119	45,3048	41,50	47,75
Numero4	1,00	4	43,7500	,79057	,39528	42,4920	45,0080	42,75	44,50
	2,00	4	45,8125	2,69548	1,34774	41,5234	50,1016	42,50	48,25
	3,00	4	43,8125	1,04831	,52416	42,1444	45,4806	42,75	45,25
	Total	12	44,4583	1,85813	,53640	43,2777	45,6389	42,50	48,25
Numero5	1,00	4	43,6250	1,36168	,68084	41,4583	45,7917	42,50	45,50
	2,00	4	47,0625	2,56884	1,28442	42,9749	51,1501	44,00	49,75
	3,00	4	43,3125	1,61213	,80606	40,7472	45,8778	41,75	45,25
	Total	12	44,6667	2,48251	,71664	43,0894	46,2440	41,75	49,75
Numero6	1,00	4	44,1250	1,16369	,58184	42,2733	45,9767	43,00	45,75
	2,00	4	47,7500	2,38921	1,19461	43,9482	51,5518	45,00	49,75
	3,00	4	43,8750	1,45057	,72529	41,5668	46,1832	42,00	45,25
	Total	12	45,2500	2,43320	,70240	43,7040	46,7960	42,00	49,75

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Longitud1	Entre grupos	,188	2	,125	,245	,788
	Dentro de grupos	3,460	9	,384		
	Total	3,648	11			
Longitud2	Entre grupos	,188	2	,094	,245	,788
	Dentro de grupos	3,460	9	,384		
	Total	3,648	11			
Longitud3	Entre grupos	,616	2	,308	22,762	,000
	Dentro de grupos	,122	9	,014		
	Total	,738	11			
Longitud4	Entre grupos	,727	2	,364	6,821	,016
	Dentro de grupos	,480	9	,053		
	Total	1,207	11			
Longitud5	Entre grupos	1,145	2	,573	12,209	,003

	Dentro de grupos	,422	9	,047		
	Total	1,568	11			
Longitud6	Entre grupos	1,010	2	,505	10,425	,005
	Dentro de grupos	,436	9	,048		
	Total	1,446	11			
Numero1	Entre grupos	4,099	2	2,049	,242	,790
	Dentro de grupos	76,278	9	8,475		
	Total	80,376	11			
Numero2	Entre grupos	10,698	2	5,349	1,459	,282
	Dentro de grupos	32,984	9	3,665		
	Total	43,682	11			
Numero3	Entre grupos	6,370	2	3,185	,613	,563
	Dentro de grupos	46,764	9	5,196		
	Total	53,134	11			
Numero4	Entre grupos	11,010	2	5,505	1,837	,214
	Dentro de grupos	26,969	9	2,997		
	Total	37,979	11			
Numero5	Entre grupos	34,635	2	17,318	4,701	,040
	Dentro de grupos	33,156	9	3,684		
	Total	67,792	11			
Numero6	Entre grupos	37,625	2	18,813	6,157	,021
	Dentro de grupos	27,500	9	3,056		
	Total	65,125	11			

Subconjuntos homogéneos

Longitud1HSD Tukey^a

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	
1,00	4		3,81a
3,00	4		4,06a
2,00	4		4,09a
Sig.			,808

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Longitud2HSD Tukey^a

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	
1,00	4		3,81 a
3,00	4		4,06 a
2,00	4		4,09 a
Sig.			,808

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Longitud3HSD Tukey^a

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
3,00	4	3,56 c		
1,00	4		3,88 b	
2,00	4			4,12 a
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Longitud4HSD Tukey^a

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
3,00	4	3,56 b	
1,00	4	3,92	3,92 ab
2,00	4		4,16 a
Sig.		,131	,333

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Longitud5HSD Tukey^a

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
3,00	4	3,56 b	
1,00	4		4,02 a
2,00	4		4,31 a
Sig.		1,000	,197

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Longitud6HSD Tukey^a

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
3,00	4	3,56 b	
1,00	4		4,07 a
2,00	4		4,25 a
Sig.		1,000	,495

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Numero1HSD Tukey^a

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	
2,00	4		41,93 a
1,00	4		41,95 a
3,00	4		43,18 a
Sig.			,820

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Numero2HSD Tukey^a

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	
1,00	4		42,31 a
3,00	4		44,25 a
2,00	4		44,37 a
Sig.			,326

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Numero3HSD Tukey^a

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	
1,00	4		43,35 a
3,00	4		43,43 a
2,00	4		44,93 a
Sig.			,604

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Numero4HSD Tukey^a

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	
1,00	4		43,75a
3,00	4		43,81a
2,00	4		45,81a
Sig.			,263

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Numero5HSD Tukey^a

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	
3,00	4		43,31 a
1,00	4		43,62 a
2,00	4		47,06 a
Sig.			,052

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Numero6HSD Tukey^a

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
3,00	4	43,87 b	
1,00	4	44,12 b	
2,00	4		47,75 a
Sig.		,978	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Anexo 3*Aplicación de pegante para insectos en trampas amarillas*

Fuente: Salcedo & López, 2021

Anexo 4

Toma de peso promedio de racimos



Fuente: Salcedo & López, 2021

Anexo 5

Medición de hoja Nª17 en los tratamientos.



Fuente: Salcedo & López, 2021

Anexo 6

Preparación del biopreparado con los EM a aplicar



Fuente: Salcedo & López, 2021

Anexo 7

Aplicación de EM en tratamiento 28 días



Fuente: Salcedo & López, 2021

Anexo 8*Aplicación de pegante y monitoreo en trampas amarillas*

Fuente: Salcedo & López, 2021

Anexo 9

Resultados de la multiplicación de EM en tanque de 1000 litros



Laboratorio de Suelos
Prof. Walter Osorio

Medellín, 9 de septiembre de 2021

Señores:
Palmeras la fortuna

Cordial saludo,

A continuación, encontrará los resultados de las muestras de sustrato. Se enviaron dos muestras Bariloche y una muestra sin marcar que denominaremos Palmera La Fortuna.

Palmera La Fortuna

* UFC= UNIDADES FORMADORAS DE COLONIA					
** INTERPRETACIÓN: B: bajo (deficiente); M: medio (suficiente); A: alto; ND: no detectable; NA: No analizado.					
Parámetro	Valor	Unidad*	Normal	Interpretación**	Método/medio
Hongos totales	0	UFC/ml	10 ³ -10 ⁴	NA	Dilución serial/ PDA
Bacterias totales	0	UFC/ml	10 ⁶ -10 ⁷	ND	Dilución serial/ AN
<i>B. subtilis</i>	0	UFC/ml	10 ⁶ -10 ⁷	ND	Dilución serial/ AN
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	0	UFC/ml	10 ⁶ -10 ⁷	ND	Dilución serial/ AN

* UFC= UNIDADES FORMADORAS DE COLONIA					
** INTERPRETACIÓN: B: bajo (deficiente); M: medio (suficiente); A: alto; ND: no detectable; NA: No analizado.					
Parámetro	Valor	Unidad*	Normal	Interpretación**	Método/medio
Hongos totales	0	UFC/g	10 ³ -10 ⁴	NA	Dilución serial/ PDA
Bacterias totales	0	UFC/g	10 ⁶ -10 ⁷	ND	Dilución serial/ AN

No se logró identificar colonias de *B. subtilis* y *Lactobacillus acidophilus*, estas últimas no son esporuladas y no logran sobrevivir a condiciones de anaerobiosis en procesos fermentativos. Las condiciones de multiplicación de estas bacterias no fueron las óptimas para su adecuado desarrollo. No se analizó la presencia de hongos en la muestra.



BIOFERTILIZAR S.A.S. Cra. 65 No. 34-120 Local 102 Medellín, Colombia
www.biofertilizar.com ☎ 3223136469 - 3115908403 ✉ biofertilizarg@gmail.com



Laboratorio de Suelos
Prof. Walter Osorio

Atentamente,

A handwritten signature in black ink that reads "Laura Osorno Bedoya." The signature is written in a cursive style.

Laura Osorno Bedoya
Ing. Biológica, MsC, Ph.D.
biofertilizar@gmail.com
Cel: 3223136469



BIOFERTILIZAR S.A.S. Cra. 65 No. 34-120 Local 102 Medellín, Colombia
www.biofertilizar.com ☎ 3223136469 - 3115908403 ✉ biofertilizar@gmail.com