

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
CAMPUS SUR

Facultad de Ingeniería



Evaluación de tres métodos de polinización para el
incremento de la productividad en el cultivo de Palma africana
(*Elaeis guineensis* Jacq).

Trabajo de graduación presentado por
Luis Fernando Luarca Del Cid
para optar al grado académico de
Licenciado en Ingeniería en Tecnología
Agrícola y Pecuaria

Guatemala

2017

Evaluación de tres métodos de polinización para el incremento de la productividad en el cultivo de Palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq).

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
CAMPUS SUR

Facultad de Ingeniería



Evaluación de tres métodos de polinización para el
incremento de la productividad en el cultivo de Palma africana
(*Elaeis guineensis* Jacq).

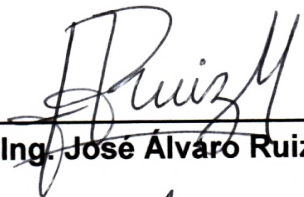
Trabajo de graduación presentado por
Luis Fernando Luarca Del Cid
para optar al grado académico de
Licenciado en Ingeniería en Tecnología
Agrícola y Pecuaria

Guatemala


2017

(f) 
Ing. José Alvaro Ruiz
Asesor

Tribunal Evaluador:

(f) 
Ing. José Alvaro Ruiz

(f) 
Ing. Fernando Rafael Rivera

(f) 
Ing. Fernando Hernández Hernández

Fecha de aprobación: 16 de enero de 2017 /

DEDICATORIA

A Dios:

Por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A mis padres:

Que gracias a sus consejos y palabras de aliento me han ayudado a crecer como persona y a luchar por lo que quiero, gracias por enseñarme valores que me han llevado a alcanzar una gran meta.

A mis hermanos:

Gracias por su apoyo, cariño y por estar en los momentos más importantes de mi vida.

A mis amigos:

Por confiar y creer en mí y haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencia que nunca olvidare.

PREFACIO

El proyecto de investigación que se presenta a continuación pretende mejorar la formación de los racimos, debido que se han presentado palmas con las coronas de racimos mal formadas con frutos partenocárpicos (frutos sin semilla) hasta en un 70%; esto ha provocado pérdidas de la producción hasta del 30% según Estrada (2011) esto es equivalente a una pérdida de Q.28.50/ Ha /mes.

Para realizar esta investigación se eligió la finca Jutiapa perteneciente al grupo HAME con una extensión de tres mil hectáreas.

Se ha determinado hacer el estudio del porque los frutos se desarrollan de esa forma con polinización natural, esto nos dirige a realizar un análisis de las inflorescencias femeninas utilizando para ellos dos tratamientos de polen mediante el sistema del método con polinización asistida y por medio de un agente polinizador. Según Estrada (2011) en Guatemala se ha utilizado la técnica de polinización asistida en plantaciones (80% híbridos) logrando mejorar el rendimiento de 11 Kg/racimo hasta 15 y 20 Kg/ racimo.

Los factores edáficos y climáticos que presenta esta zona de la plantación son: suelos francos, permeabilidad alta, la densidad de la plantación es de 143 plantas/ha. con un distanciamiento de 7.8 m x 9 m con sistema de siembra al tresbolillo.

Al obtener los resultados de la investigación se espera contribuir a mejorar las técnicas para aumentar la producción, se identificará cuál de los métodos de polinización tiene mayor incidencia en el rendimiento; para implementarlo en el manejo de las fincas de palma en Tiquisate.

Uno de los factores causantes de la mala formación del racimo en diferentes palmas dentro de los lotes de la finca Santa Rosa es la baja polinización; por esta razón se aplicarán dos diferentes métodos de polinización con el fin de aportar mejoras en esta etapa, mejorar el proceso, aumentar el llenado de los frutos y obtener mayor rendimiento en la extracción de aceite de palma.

Los sistemas de polinización liberada y asistida se han utilizado en el cultivo de Palma africana sin conocer la eficiencia técnica y el beneficio/costo de su aplicación; por esta razón la presente investigación tiene como objetivo evaluar las diferencias estadísticas de los rendimientos de la polinización liberada y asistida; además de evaluar los beneficios monetarios de cada tratamiento para obtener información que facilite la toma de decisiones de la gerencia técnica para mejorar el desempeño del sector palmicultor en la zona de Tiquisate.

CONTENIDO

	Página
PREFACIO.....	vi
CONTENIDO.....	vii
LISTA DE CUADROS.....	x
LISTA DE ILUSTRACIONES.....	xi
RESUMEN.....	xii
Capítulos.	
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
2.1 Objetivo general.....	2
2.2 Objetivos específicos.....	2
III. JUSTIFICACIÓN.....	3
IV. MARCO TEÓRICO.....	5
4.1 Origen.....	5
4.2 Taxonomía.....	5
4.3 Morfología de la Palma africana.....	5
4.3.1 Raíces.....	5
4.3.2 Tronco o estípite.....	6
4.3.3 Hojas.....	6
4.3.4 Inflorescencias.....	7
4.3.5 Racimos y frutos.....	7
4.4 Fisiología de la polinización natural de la Palma africana.....	8
4.4.1 La polinización en la Palma africana.....	8
4.4.2 Insectos polinizadores y su acción en la polinización.....	9
4.4.3 Liberación de insectos polinizadores y polen.....	10

4.4.4 Ciclo de vida	11
V. ANTECEDENTES	13
VI. METODOLOGÍA	14
6.1 Generalidades	14
6.2 Ubicación y localización	14
6.3 Descripción de la empresa	16
6.4 Material experimental.....	16
6.5 Diseño experimental	17
6.5.1 Bloques completamente al azar.....	17
6.6 Modelo estadístico.....	17
6.7 Parcela experimental y unidad experimental	17
6.8 Croquis.....	18
6.9 Tratamientos	18
6.9.1 Polinización asistida.	18
6.9.2 Polinización liberada.	18
6.9.3 Polinización doble dosis liberada.	19
6.10 Toma de datos.....	20
6.11 Variables respuesta	20
6.12 Análisis de información	20
6.13 Instrumentos	20
VII. RESULTADOS	21
7.14 Variable porcentaje de fruto partenocarpio.....	21
7.15 Variable Kg/ Hectárea	22
7.16 Ingresos por tratamiento	24
7.17 Costos de cada tratamiento	24
7.17.1 Asistida	24

7.17.2 Liberada.....	24
7.17.3 Doble dosis.....	25
7.18 Relación beneficio costo.....	25
VIII. CONCLUSIONES.....	26
IX. RECOMENDACIONES.....	27
X. BIBLIOGRAFÍA.....	28
XI. APÉNDICE.....	30
XII. GLOSARIO.....	31

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
Cuadro 1. Tratamiento de polinización.....	19
Cuadro 2. Cálculo de análisis de varianza.....	21
Cuadro 3. Comparación de pruebas múltiples de medias TUKEY.....	21
Cuadro 4. Comparación variable kg/hectárea-ANDEVA-.....	22
Cuadro 5. Comparación de rendimientos por tratamiento TUKEY.....	23
Cuadro 6. Comparación de ingresos por tratamiento.....	24
Cuadro 7. Costos de tratamiento de polinización asistida.....	24
Cuadro 8. Costos de tratamiento de polinización liberada.....	24
Cuadro 9. Costos de tratamiento de polinización asistida.....	25
Cuadro 10. Relación beneficio/costo.....	25

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración	Página
Ilustración 1. Mapa de Finca Jutiapa.....	15
Ilustración 2. Unidad experimental.....	17
Ilustración 3. Croquis del experimento.....	18
Ilustración 4. Porcentaje de fruto partenocarpio por tratamiento.....	22
Ilustración 5. Rendimiento Kg/Ha por tratamiento.....	23
Ilustración 6 Diferencia entre fruto fecundado y fruto no fecundado (partenocarpio).....	30
Ilustración 7 Flor masculina con 60% de llenado.....	30
Ilustración 8 Flor femenina en etapa de Antesis.....	30
Ilustración 9 E. kamerunicus.....	30
Ilustración 10 Operador recolectando polen+insecto.....	30
Ilustración 11 Transportista de polen.....	30
Ilustración 12 Operador liberando polen+insecto.....	30
Ilustración 13 Camara artesanal de secado del polen y yeso.....	30
Ilustración 14 Operador liberando polen+yeso.....	30

RESUMEN

Agroindustrias HAME o Grupo HAME es reconocida como la mayor productora de aceite de Guatemala, y como uno de los consorcios que más ha expandido el cultivo de la Palma africana. Actualmente el área de Tiquisate tiene establecidas aproximadamente 6000 hectáreas de este cultivo por lo que es mucha importancia por la generación de empleos directos e indirectos, (una relación de 1 trabajo/6 Ha). Así mismo los beneficios que Guatemala recibe ya que este cultivo es equivalente al 2.4 % del PIB.

Esto ha ido en decadencia ya que las producciones por hectárea se han reducido de 40 Ton/Ha/año a 30 Ton/Ha/año, perjudicando económicamente al país y a la generación de empleos. Grupo HAME a través de su mejora continua busca solucionar este tipo de problemas, mediante la investigación de diferentes tipos de polinización, esto con el fin de aumentar la productividad en el cultivo de Palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq).

Esta investigación estará evaluando tres diferentes tratamientos de polinización, en los cuales se incluyen, polinización asistida, polinización liberada y polinización doble liberada. Estos tratamientos se harán mediante el insecto curculiónidos del género *Elaeidobious*.

A estos diferentes tratamientos se le brindaron las condiciones adecuadas para que la evaluación fuera uniforme, brindándole el madejo agronómico adecuado, donde incluye la frecuencia adecuada de polinización, la temperatura idónea del polen al ser liberado y la cantidad exacta de polen al ser aplicados a las flores femeninas de las plantaciones de palma de aceite.

En los resultados se puede apreciar que el rendimiento de los tratamientos de polinización asistida y doble dosis no presentaron diferencia estadística siendo el rendimiento de 1557.92 Kg/Ha y 1358.75 Kg/Ha respectivamente; el tratamiento de liberación fue el que presentó menor rendimiento esto debido a su mayor porcentaje de fruto partenocarpio. Además desde el punto de vista económico se puede decir que el tratamiento con doble liberación es el mejor debido que presenta la mayor relación de B/C siendo de USD 10.25 y el de menor rendimiento económico es el de polinización asistida con USD 3.48 contradictoriamente a que presentó el mayor rendimiento en Kg/Ha.

I. INTRODUCCIÓN

Grupo HAME cuenta con una plantación de aproximadamente 6000 Ha con el cultivo de Palma africana en el municipio de Tiquisate, Escuintla; estas plantaciones presentan diversidad de cruzamientos y edades. En los últimos cinco años el rendimiento promedio se redujo de 40 Ton/Ha/ año a rendimientos inferiores de 30 Ton/Ha/año debido a la mala formación del racimo en palmas plantadas en el área; siendo la edad actual de la planta de seis años.

La reducción de los rendimientos se debe a los diferentes cruzamientos entre diferentes variedades e híbridos dentro de la plantación; se ha identificado mala formación de frutos normales, que van desde 0- 30% de llenado total, realizando una comparación con palmas normales que tienen 90%, existe una variación de hasta 60% reflejado en una reducción de la producción por hectárea esto provoca una pérdida estimada de Q.28.50/ Ha /mes.

Las plantaciones en Finca Jutiapa son híbridos que poseen su principal problemática al momento de la polinización, su polen no es viable y su olor (anís) característico no es atraído por los insectos polinizadores (Familia Curculionidae). Debido a que son materiales no capaces de producir su propio polen viable, estos deben de ser combinados con otros materiales cuyo polen sea fértil, y que la vez exista una polinización cruzada que ayude a la fecundación de sus flores. En las diferentes áreas de siembra de los híbridos el problema más grande es que se combinó la siembra con un material CIRAD, una variedad altamente productora de flores femeninas, la cual hace que su producción de polen sea bastante baja, y no sea suficiente para poder polinizar otras plantas. Debido a esta problemática se hace necesario evaluar los sistemas de polinización asistida y liberada para mejorar el rendimiento del racimo.

Debido a la importancia del llenado de la fruta respecto a la rentabilidad de la producción se plantea realizar la técnica de polinización asistida y liberada por medio del agente polinizador *E. kamerunicus*, para lograr mejorar la eficiencia de la polinización y reducir las pérdidas por mala formación de los racimos; con el objetivo de mejorar la producción por hectárea y hacer que los proyectos de Palma africana logren la sostenibilidad de la producción y rentabilidad financiera.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- ❖ Evaluar tres métodos de polinización en el cultivo de Palma africana para el aumento de la productividad.

2.2 Objetivos específicos

- ❖ Determinar el porcentaje de fruto partenocarpio (fruto no fecundado) para cada método de polinización.
- ❖ Identificar el tratamiento con mayor efectividad en aumentar el rendimiento.
- ❖ Efectuar un análisis económico para seleccionar el tratamiento con mejor relación beneficio-costos

III. JUSTIFICACIÓN

El cultivo de Palma africana (*Elaeis guinensis*) desde el inicio de la siembra formal en el año 1988 hasta el año 2016 este cultivo representa un motor en la contribución de la economía de las diferentes regiones del país en este caso en la región sur en el departamento de Escuintla, municipio de Tiquisate.

Se efectuó una revisión de literatura física y electrónica sobre la polinización del fruto de la Palma africana en Tiquisate determinando que no se ha generado información científica que mejore las técnicas del manejo de la polinización para aumentar los rendimientos del racimo.

Según Central American Business Intelligence CABI (2016) en Guatemala el cultivo de Palma africana es de importancia por la generación de empleos directos e indirectos; en los últimos 11 años se ha invertido 1.4 mil millones de dólares para producir palma esto es equivalente al 2.4% del PIB, los rendimientos van desde 30 hasta 40 ton/Ha, en la actualidad se generan 25 mil empleos directos y 125 mil indirectos (una relación de 1 trabajo/6 Ha).

Debido a la problemática de impacto ambiental en los lugares dónde se han establecido los cultivos de palma y la limitante en las extensiones de tierra; el sector palmicultor debe ser más eficiente por hectárea minimizando los impactos socio- ambientales. El país produce alrededor de 411 mil toneladas de aceite crudo de palma; la producción del país se comercializa con fines de consumo humano cubriendo la demanda local y exportando el excedente a otros países. (MAGA 2012)

Guatemala es uno de los países que genera el mayor rédito de aceite de palma, por hectárea cultivada, el promedio mundial es de 3.2 toneladas métricas por hectárea, mientras que en el país es de cinco, según informe del director Ejecutivo del Gremial de Palmicultores (Instituto Nacional de Estadística 2015).

Según Damas (2001) con una producción permanente de racimos, la cual a su vez depende de una adecuada polinización que en su mayoría es entomófila siendo las especies de *Elaeidoobius kamerunicus*, *E. subvittatus* y *E. plagiatus*, quienes transportan la mayor cantidad de granos de polen y que estos eran viables en un 68,5%. En un racimo "normal", se espera que al menos alrededor del 60% de los frutos sean normales (proviene de flores que fueron polinizadas), el resto son frutos partenocárpico y blancos (frutos atrofiados).

Las empresas productoras de Palma africana son fuente de trabajo local, también poseen programas sociales, tales como: facilitar el mantenimiento de la carretera que comunica a las diferentes aldeas de la localidad, la reparación de escuelas, el mantenimiento de bordas de los diferentes ríos, y el apoyo de las jornadas de vacunación (Salvatierra, 2009).

La Palma aceitera es el cultivo que mayor cantidad de aceite produce por unidad de superficie; 50% del contenido del fruto; que pueden rendir de 3000 a 5000 Kg de aceite de pulpa por hectárea y 600 a 1000 Kg de aceite de palmiste.

Además de su alto rendimiento la palma de aceite es importante por la gran variedad de productos que genera, los cuales se utilizan en la alimentación y la industria. Tanto el aceite de pulpa como el de almendra se emplean para producir margarina, manteca, aceite de mesa y de cocina, y 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 (Estrada 2008).

La presente investigación permitirá conocer el efecto de los sistemas de polinización liberada y asistida esperando mejorar los rendimiento de 30 ton/Ha actuales; analizar el beneficio/costo de su implementación y presentar un protocolo definido de las prácticas culturales programadas para el cultivo de Palma africana en la región de Tiquisate.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1 Origen

Según Seward (1924), citado por Hartley (1986), existen indicios fósiles, históricos y lingüísticos del origen africano de la Palma africana, sin embargo se cree a su vez que el mismo es escaso y en muchos aspectos, vago. Recientemente se han hecho esfuerzos para relacionar los registros que existen, con los principales hitos de la exploración y en resumen indican que aun cuando pudiere haber rastros de que la palma haya llegado a América a partir del descubrimiento de Colón, no se descartan posibilidades de transportes precolombinos.

4.2 Taxonomía

Hartley (1986) manifiesta que la Palma africana pertenece a la familia *Arecaceae*, tribu *Coccolineae*. Jacquin, la describió en 1763 y le dio el nombre de *Elaeis guineensis*. Según Pinzón (1995), este género incluye tres especies: *Elaeis guineensis*, de África Occidental; *Elaeis oleífera* (*Elaeis melanococa*), que se extiende de Centroamérica a Brasil; y, *Elaeisodora*, una especie muy poco conocida de América del Sur.

El género de *Elaeis* se basó en palmas introducidas en la Martinica y la palma de aceite recibió su nombre botánico de Jacquin en un informe sobre plantas americanas; *Elaeis* se deriva de la palabra griega “elaion”, aceite, mientras que el nombre específico *guineensis* muestra que Jacquin atribuía su nombre a la costa de Guinea. (Hartley, 1986)

4.3 Morfología de la Palma africana

La morfología es el estudio de la forma de las plantas en todas sus partes que sirven para diferenciar, estudiar o identificar de otras especies.

4.3.1 Raíces. Poseen raíces de anclaje, raíces primarias, raíces secundarias, raíces terciarias. Las raíces en su mayor parte son horizontales. Se encuentran en los primeros 50 cm del suelo, las raíces primarias descienden en el suelo y algunas llegan hasta a 4.5 m de la superficie, el número es muy variado y continúan produciéndose a lo largo de la vida de la palma.

La distribución de raíces en el suelo depende grandemente de las condiciones de suelo. Las raíces se encuentran en las interlíneas, como a tres o cuatro metros de la palma (ASD, 2006).

Las funciones principales de la raíz son:

- Absorción de agua y minerales (nutrientes) del suelo.
- Anclaje del cuerpo de la planta.
- Translocación del agua y minerales al tallo y de algunos productos fotosintéticos más allá del tronco.

4.3.2 Tronco o estípite. Un solo punto de crecimiento (tronco), es de forma cilíndrica y cubierto con las bases de las hojas de los años anteriores, el diámetro es normalmente de 45-68 cm, la circunferencia es más o menos de 355 cm, pero la base comienza más gruesa. La proporción anual de elongación del tronco está entre 35 -75 cm (en Malasia hay un promedio de elongación de 45 cm anuales). Con este crecimiento en altura de las palmas la cosecha de la fruta llega a ser muy difícil ya después de 15 años de edad. Los cruces inter específicos entre *E. guineensis* y *E. oleífera* han tenido un incremento en el crecimiento anual muy bajo y han atraído el interés de los fitomejoradores (ASD, 2006).

Las funciones del tronco:

- El soporte de las hojas y su exposición sistemática (Filotaxia) para maximizar la intercepción de la luz por las hojas.
- El soporte de inflorescencias tanto masculinas como femeninas.
- La translocación de agua, minerales y productos de la fotosíntesis.
- El almacenamiento de nutrientes y líquidos, sirve de reservorio o depósito

4.3.3 Hojas. El follaje se forma a partir de los primordios foliares localizados en la parte superior del estipe del que nacen hojas e inflorescencias. El estipe de una palma adulta en condiciones normales posee entre 30 y 40 hojas, las cuales pueden alcanzar entre 5 y 7 m de longitud y pesan de 5 a 8 kilogramos.

Cada hoja madura está compuesta de un raquis, de 50 a 60 foliolos lineales y espinas. La parte proximal del raquis se ensancha en el pseudotallo y se conoce como pecíolo y es ahí donde aparece la mayor parte de las espinas, aparenta ser una hoja compuesta, aunque en realidad es una hoja pinnada, (con foliolos dispuestos como pluma, a cada lado del pecíolo) y consta de dos partes: el

raquis y el peciolo. A uno y otro lado del raquis existen de 100 a 160 pares de foliolos dispuestos en diferentes planos, correspondiendo el tercio central de la hoja a los más largos (1.20m). (Ortiz y Fernández, 1994)

4.3.4 Inflorescencias. Las especies de *Elaeis* tienen inflorescencias axilares unisexuales, las primeras aparecen aproximadamente a los tres años y a partir de esa edad hay una por cada hoja que se abre. La relación ideal entre flores femeninas y masculinas es de 3:1. En las palmas adultas la flor está formada 33 - 34 meses antes de la antesis. El sexo de las inflorescencias de la palma aceitera es diferenciada 20 meses antes de que se haga visible en la palma (ASD, 2006).

La inflorescencia masculina de la palma aceitera está constituida por un raquis carnoso con espigas de 12-20 cm de longitud de forma aproximadamente cilíndrica. Cada espiga reúne entre 600 y 1200 pequeñas flores. El polen es de forma tetraédrica y de color amarillo y desprende un fuerte olor a anís. La cantidad de polen producido por una inflorescencia es entre 25 y 30 gramos, y éste es formado y liberado en un periodo 2 - 3 días después de que se ha completado la antesis. La inflorescencia femenina está constituida por un raquis central sobre el cual están distribuidos en espirales espigas que terminan en una punta dura. Las flores femeninas tienen tres estigmas carnosos, de colores blanco cremoso mientras son receptivos, y luego color rosado o rojo, hasta que se secan. La receptibilidad de los estigmas dura más de dos o tres días. (ASD, 2006).

4.3.5 Racimos y frutos. El racimo puede ser de varias formas. Por lo general, es ovoide y posee un tamaño promedio de 35 cm de ancho por 50 cm de largo. El número de frutos producido en cada racimo varía con la edad y con el material genético. Su peso puede variar de 2 a 3 kg en palmas jóvenes y alcanzar hasta 100 kg por racimo en adultas. El racimo está compuesto de un raquis central, espiguillas, frutos normales, partenocárpios y abortados (Ortiz y Fernández, 1994).

El fruto es una drupa sésil, ovoide, que presenta color oscuro o negro cuando está inmaduro y color predominantemente rojo en su madurez.

Existen variaciones en el color y forma del fruto que son genéticamente controladas. Los componentes relacionados con la producción anual de racimos son el peso promedio y el número de racimos. Estos componentes asociados con el porcentaje de extracción de aceite constituyen el rendimiento total por hectárea (Ortiz y Fernández, 1994).

4.4 Fisiología de la polinización natural de la Palma africana

4.4.1 La polinización en la Palma africana. Hartely (1986) asegura que la palma de aceite es polinizada casi exclusivamente por el viento. En países como Malasia la abundancia de polen en las inflorescencias masculinas atrae a muchos insectos, en particular a tres tipos de abejas: *Apis indica*, *A. dorsata* y *Melipona laeviceps*. Sin embargo, ellas no visitan a las flores femeninas y se pensaba que el suave olor a anís que emiten estas flores debía su origen a un antecesor primitivo.

Hartley (1986) cita a Jagoe (1934) quien contó los granos de polen que caían en portaobjetos de microscopio colocados en plantaciones maduras. En un área en donde se observaron inflorescencias masculinas a 8.5 m (28 pies) y 15.2m (50 pies) de los portaobjetos se registró solamente un promedio de apenas 1 grano por pulgada cuadrada (6.45 cm²) por hora, siendo esto el equivalente a 94 granos por pulgada cuadrada en el periodo de tres días en que una inflorescencia femenina es receptiva. En otras áreas se registraron tasas de deposición de 167 a 109 granos por pulgada cuadrada por tres días y se consideraron suficientes para la polinización. En estos casos se observó la presencia de inflorescencias masculinas en números razonables (siete y trece / Ha) de 9.1 m (30 pies) a 68.6 m (225 pies) de los porta objetos. Se concluyó que en estas condiciones y donde las palmas estaban expuestas a los vientos dominantes, el polen transportado por el viento podría ser suficiente para una polinización óptima.

En otros estudios similares se han obtenido promedios mínimos de inflorescencias masculinas por área de cultivo en periodo de antesis que nos dan una referencia numérica de las necesidades básicas para una adecuada polinización natural. Hartley (1986) citando a Gray (1969), expone que es tentador confiar en los cómputos de las inflorescencias masculinas como una guía de las necesidades de polen, pero se ha señalado que otros factores tales como precipitación, intensidad del viento y coberturas también están desempeñando su parte; así que, en términos generales se cree que una producción de menos de 25 inflorescencias masculinas mensuales por hectárea puede considerarse peligrosamente baja, mientras que tres veces ese número (75) debería ser adecuada, aunque hoy en día se habla de un rango diario mínimo de cinco inflorescencias masculinas en antesis/Ha.

Investigaciones realizadas en Malasia demuestran que el polen que cae de las inflorescencias hasta seis días antes de que lleguen a ser receptivas es capaz de efectuar una buena consolidación, pero que el polen que permanece en una

inflorescencia por más de seis días pierde rápidamente su viabilidad (Hardon y Turner 1967).

Hartley (1986) menciona también que la causa del comportamiento natural de las variedades "Tenera" a producir mayoritariamente inflorescencias femeninas tiene su origen genético en su ascendencia masculina puesto que la variedad Pisifera utilizada en la creación del híbrido Tenera tiene una gran tendencia genética (Pisifera infértil) a la producción predominante de inflorescencias femeninas; en casos muy específicos se puede utilizar polinización asistida al menos durante los primeros años en plantaciones que se manejan con este material de siembra. Según este autor la tendencia va disminuyendo con la edad del cultivo y también en consecuencia de la misma polinización ayudada.

4.4.2 Insectos polinizadores y su acción en la polinización. Dhileepan (1992) asegura que en la palma aceitera existen muchas especies de insectos que han sido reportadas como agentes polinizadores naturales, de los cuales el gorgojo *Elaeidobius kamerunicus* es la especie predominante. Además la acción de este insecto ha demostrado científicamente ser de gran ayuda para el proceso de polinización el cual se creía se basaba únicamente en la acción del viento. A través de los resultados obtenidos de los análisis de racimos (Fruit Set) de estas investigaciones se comprobó que el índice frutos/racimo aumentó de manera muy significativa en presencia de esta especie de insecto.

Ante la ausencia de gorgojos polinizadores naturales especialmente en países de amplio desarrollo del sector palmicultor, han sido recientemente introducidas algunas poblaciones de *E. kamerunicus* (desde Camerún) con el fin de mejorar los índices de producción en las plantaciones comerciales. El principio de la introducción de estas colonias de insectos se basa en la acción de los mismos para ayudar a obtener racimos mejor conformados y aumentar los índices frutos por racimo obteniéndose como consecuencia producciones más cuantiosas y a la vez rentables (Dhileepan, 1992).

Sánchez y Ortiz (1998) además determinan como insectos polinizadores importantes al *E. subvittatus* y al *Mystrops costaricensis* sobre todo por estar bien adaptados a nuestras condiciones en el continente americano.

Genty *et al.* (1986) sugieren que el mecanismo de polinización nace en las mismas flores masculinas de la palma aceitera pues es allí donde el insecto se reproduce ya que es específicamente en sus espigas donde el gorgojo coloca sus huevos y de los azúcares de las espigas se alimentan las larvas de estos insectos.

El insecto adulto en cambio se cree que se alimenta del néctar secretado

por las inflorescencias masculinas las cuales en su etapa de antesis desprenden un característico olor a anís. Este olor atrae a su vez a los insectos en busca de alimentarse del néctar, y ellos al posarse sobre las espigas cubiertas del polen viable, quedan impregnados de él.

Se demostró la manera en la que el polen se pega al cuerpo del insecto que aun cuando al ojo humano parece carecer de polen luego de posarse en la espiga, sin embargo mediante el uso del estereoscopio se puede observar fácilmente como grandes cantidades de granos de polen se han adherido a los pelos de su tórax, abdomen, patas, antenas, etc. Este autor además indica que la cantidad de polen cargado por el insecto macho es siempre mayor al que carga la hembra de manera proporcional en favor de su mayor tamaño lo que le proporciona una mayor superficie de adherencia (Sánchez y Ortiz, 1998).

Genty (1986) cree que los insectos una vez alimentados del polen, vuelan cargados de él en busca de copular a las hembras pero son confundidos por el desprendimiento de un olor a anís producido por la inflorescencia femenina en estado de antesis el cual es muy similar al de la flor masculina en igual estado, lo que ocasiona que el insecto visite la flor femenina llevando consigo el polen en su cuerpo. De acuerdo con el autor, será de esperarse que de esto se obtenga una polinización bastante homogénea de toda la flor femenina, la misma que al madurar formará un racimo bastante bien conformado.

4.4.3 Liberación de insectos polinizadores y polen. En el cultivo de la palma aceitera, la polinización es uno de los fenómenos más importantes que garantiza la calidad de la fruta cosechada, ya que viene dada por el llenado de los racimos (95 % frutos normales/racimo), lo cual afecta directamente el contenido de aceite (40 % de extracción) y la producción de almendra. Por esta razón, una de las formas de utilizar eficientemente los racimos producidos por las palmas es mejorando la polinización y en algunos casos, es necesario recurrir a la polinización asistida que resulta ser una práctica bastante costosa por los requerimientos tan altos en mano de obra (MOLINA, 1999).

Como ya se mencionó previamente, la palma aceitera es un cultivo de polinización entomófila, pero a diferencia de otros cultivos cuya polinización la ejecutan insectos himenópteros como la abeja (*Apis* spp.), en la palma aceitera los principales responsables de este proceso son los coleópteros, resultando los curculionidos del género *Elaeidobius*, los más eficientes.

En las plantaciones comerciales de Palmeras de los Andes Quinindé PDAQ, hasta enero de 1994, los polinizadores existentes eran en orden de mayor abundancia los coleópteros *Elaeidobius subvittatus* (Curculionidae) y *Mystrops*

costarricensis (Nitidulidae); sin embargo, los niveles de polinización existentes eran bajos en especial en lotes jóvenes provenientes de renovación, llegándose a pensar inclusive en aplicar polinización asistida en las épocas más críticas para resolver en parte la situación (PDAQ 1998).

Molina *et al.* (1999) reconocen la capacidad que posee como agente polinizador el *E. kamerunicus* (Curculionidae), pues indica ha sido comprobada su eficaz polinización en diferentes regiones palmeras tanto nacionales como extranjeras. Además de que su introducción en diferentes países tales como: Colombia, Costa Rica, Malasia, Honduras, y otros; no ha producido ningún efecto sobre otros cultivos, por ser éste un insecto que se alimenta exclusivamente de palma aceitera.

De acuerdo con el mencionado autor el incremento violento de la población del polinizador introducido produce un fuerte descenso en la población de las otras dos especies de insectos polinizadores existentes en la zona, pero a su vez este viene acompañado de un incremento en los niveles de polinización o fecundación de racimos, así como en el porcentaje de extracción de aceite y la producción de almendra.

4.4.4 Ciclo de vida. El ciclo de vida del gorgojo polinizador de la palma aceitera es hoy en día bien conocido y su importancia se basa en ser totalmente dependiente de la inflorescencia masculina de la palma para completar su ciclo de vida.

Según Liau (1984) describe el ciclo de vida del *Elaeidobius kamerunicus* de la siguiente manera: El huevo es colocado en un punto de alimentación en la parte externa de la porción filamentosa del androceo tubular de la inflorescencia masculina. Usualmente solo se encuentra un huevo en una flor masculina aunque se han reportado varios casos en los que dos huevos han sido observados. El huevo alcanza en uno o dos días el primer estado larvario el cual se alimenta del suave tejido del filamento. Existen tres estados larvarios que se suceden juntos, en el más grande de los tres abrirá camino hacia la siguiente flor para alimentarse. El gorgojo adulto emerge de la inflorescencia masculina completando su desarrollo desde huevo hasta adulto en 9 – 14 días aunque a veces podría llegar a tomarle incluso hasta 20 días.

De acuerdo a Hussein y Rahman (1991) estudiaron las tablas de vida, patrones de supervivencia y edad específica de fecundidad del gorgojo y encontraron que el tiempo máximo que le toma a la hembra *E. kamerunicus* desde huevo hasta adulto varía entre 8 y 12 días. La oviposición empieza en el segundo

o tercer día luego de que la hembra emerge, siendo el pico en el quinto y en el sexto día y un máximo de 12 días. La fecundidad media por hembra fue de 35 huevos. La población se multiplica 3.46 veces por generación, el pico de muerte de los insectos ocurre en el estado de larvas con un 60 % de mortalidad. La relación de machos a hembras en la población general es de 1:2. De acuerdo con estos autores los gorgojos son inactivos entre las 7:30 y las 8:30 y 10 son más activos entre las 12:30 y las 14:30 aunque estos datos pueden variar dependiendo de la zona en la cual se hallaren los insectos.

V. ANTECEDENTES

Según información histórica, no existen datos en Guatemala sobre investigación de los diferentes métodos de polinización asistida en el cultivo de Palma africana (*Elaeis guineensis Jacq*) en las diferentes zonas productoras.

Estrada Machorro (2011) realizó una evaluación de diferentes dosis de polen en híbridos de Palma africana con el fin de mejorar la fructificación y de esta manera poder aumentar el peso de los racimos en la finca Viena II, se realizó un diagnóstico de las plantaciones de híbridos, pudiendo observar como principales problemática: una alta densidad de siembra (de 143 palmas/hectárea y lo recomendado es de 128 palmas/hectárea) y problemas con la polinización asistida, debido a que la dosis de polen utilizada (1 polen:7 talco) no brindaba los rendimientos esperados (15–20 kilogramos/racimo). Por tal razón, se hizo una evaluación de diferentes dosis de polen mezcladas con un talco neutral que ayudaran a mejorar el peso de los racimos.

La investigación consistió, en recolectar polen de la variedad CIRAD tres días antes de su aplicación, al cual se le realizó un proceso de secado y depuración, y posteriormente una prueba de viabilidad el cual sirvió como un indicador de la calidad de polen utilizado para polinización asistida. Se utilizaron diferentes dosis de polen: 1) Una de polen: dos talco 2) Una de polen: cuatro de talco 3) Una de polen: seis de talco 4) Sin aplicación de polen (en este tratamiento solo se la bajo la espata protectora a la inflorescencia en antesis).

Dichos tratamientos se distribuyeron aleatoriamente en el campo, conforme se fueron encontrando las diferentes inflorescencias en antesis en las horas frescas de la mañana. La aplicación se repitió dos veces más, dejando un día de por medio sin aplicar, con el fin de aplicarle a todas las flores en antesis que se presentaron. Posteriormente a los 150 días de su última polinización, se procedió a cosechar los racimos para poder tomar su peso en kilogramos y luego conocer la conformación del racimo, realizando una partición del racimo, y de esta manera conocer los frutos que lo integran.

De todas las actividades que se lograron observar en campo, la de mayor importancia fue la de polinización en híbridos, debido a que presenta un bajo porcentaje de flores fecundadas, obteniendo así racimos de menor peso y frutos de mala calidad. El área que abarca los híbridos es alrededor de 800 ha (8.82 % de la plantación), es por tal razón que es necesario poder mejorar su productividad a través de una dosis de polen que nos ayude a aumentar el peso del racimo.

VI. METODOLOGÍA

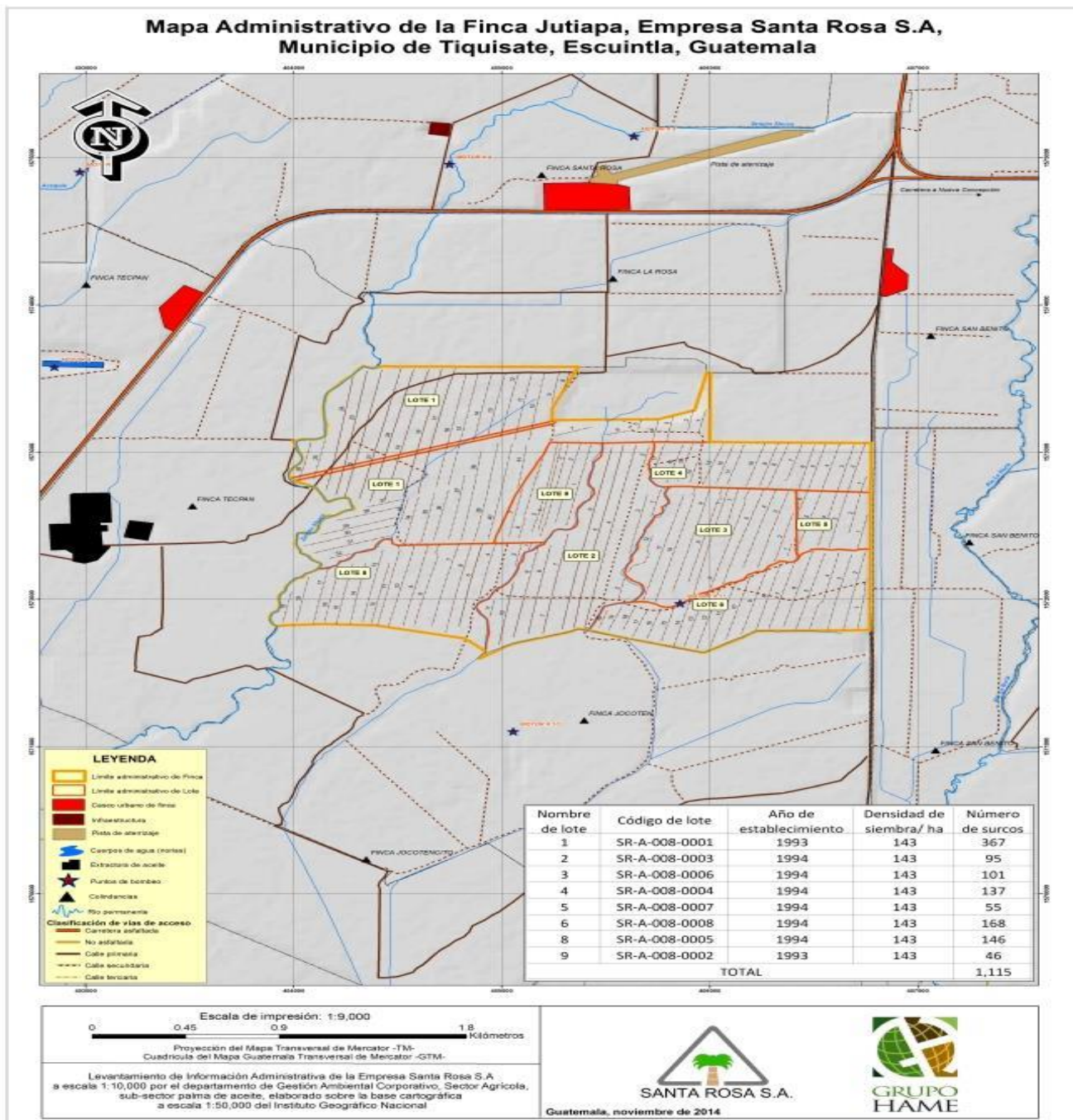
6.1 Generalidades

Es de gran importancia conocer aspectos generales de la población donde se desarrolla cada uno de los proyectos para poder enfocarse en las necesidades principales.

6.2 Ubicación y localización

El municipio de Tiquisate, se encuentra ubicado en el paralelo 14, entre las latitudes 14° 00' y 14° 22' norte, longitudes 91° 30' y 91° 16' oeste. Distancia de la ciudad capital 79,2 kilómetros en línea recta. Su cabecera municipal es la Villa de Pueblo Nuevo Tiquisate, que se encuentra ubicada a 147 kilómetros, por carretera de la ciudad capital de la república de Guatemala, en dirección suroeste, y a 90 kilómetros de la cabecera departamental de Escuintla en la misma dirección, exactamente a 14° 17` latitud norte y 91° 22` de longitud oeste, a una altura de 68 metros sobre el nivel del mar.

Ilustración 1. Mapa de Finca Jutiapa



Las coordenadas geográficas de los lotes donde se le estará dando seguimientos a los tres distintos tratamientos de polinización son:

Lote 2. Se encuentra ubicado en coordenadas, X= 405504, Y= 1572501. La edad de esta plantación es de 5 años.

Lote 3. Se encuentra ubicado en coordenadas, X= 406017, Y= 1572514. La edad de esta plantación es de 5 años.

Lote 4. Se encuentra ubicado en coordenadas, X= 406293, Y= 1572936. La edad de esta plantación es de 5 años.

6.3 Descripción de la empresa

En esta zona del municipio de Tiquisate del departamento de Escuintla se encuentran cultivadas aproximadamente 3000 Ha; existe interés de hacer que esta plantación se convierta en un cultivo altamente productivo y sostenible a lo largo del tiempo. La investigación se realizara en Finca Santa Rosa que forma parte de la empresa Grupo HAME ubicada en el km. 152 carretera hacia El Semillero, este grupo es uno de los más fuertes en la producción de aceite comestible extraído de la Palma africana, dando lugar a una contribución en la economía local produciendo 1000 empleos directos y otros 500 indirectos, por lo cual se plantea el objetivo de mejorar el manejo de la polinización para aumentar la producción y la rentabilidad del proyecto.

6.4 Material experimental

El material necesario para realizar el experimento fue el siguiente:

- Cultivo de Palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq)
- Polen: El polen que se utilizará proviene estadios de antesis de inflorescencia masculina
- Yeso: El ingrediente principal es Sulfato de Calcio con una concentración de 30% CaO y 50% SO₄ (200 mesh) una de las marcas en el mercado es ENLASA.
- Recolectores de polen: Este trabajo será efectuado por los trabajadores de polinización para esta actividad utilizarán trampas y bolsas para polen; esto se realizará de 6:30 a 9:00 am.
- Aplicadores de polen y yeso: Para esta actividad la cuadrilla de polinización utilizará rociadoras de polen manuales; efectuándose de 7:30 a 10 am.

- Agente polinizador: Se atraparán los insectos en las flores masculinas para ello se seleccionan *Elaeidobius kamerunicus*, *Elaeidobius subvittatus* y *Mystrops costarricensis*.

6.5 Diseño experimental

Se realizarán los muestreos en las doce unidades experimentales. La investigación es de tipo experimental; evaluando tres diferentes métodos de polinización tanto liberada como asistida en el cultivo de Palma africana, se utilizará un diseño de Bloques completamente al azar que se describe a continuación.

6.5.1 Bloques completamente al azar. Se utilizará un diseño de bloques completos al azar, con tres tratamientos y cuatro repeticiones. Se eligió este diseño debido a la gradiente de pendiente que tiene el terreno (5 %).

6.6 Modelo estadístico

El modelo estadístico que se utilizó en la investigación es el siguiente:

$$Y_{ij} = u + T_i + B_j + E_{ij}$$

Dónde: Y_{ij} = Observación en la unidad experimental

u = Media general de tratamientos

T_i = Efecto de los tratamientos asistida-liberada y doble dosis

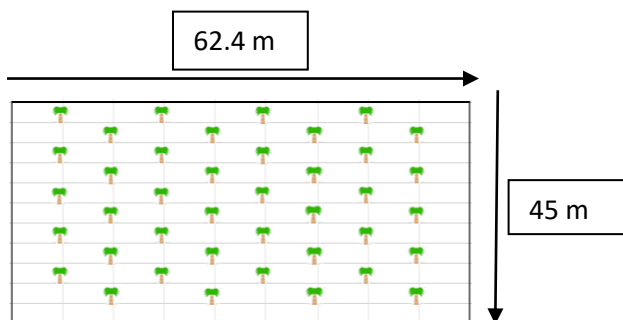
B_j = Efecto de los bloques 1, 2,3 y 4.

E_{ij} = Efecto de los tratamientos combinados con los bloques.

6.7 Parcela experimental y unidad experimental

Cada unidad experimental consta de 40 plantas con un distanciamiento de 7.8 m. entre surco x 9 m. entre planta equivalente a 2808 m². La unidad experimental tiene 62.4 m de largo y 45 m de ancho. Por cada tratamiento se harán cuatro repeticiones, utilizando 160 plantas por cada tratamiento, esto representa 11232 m². En total se evaluarán tres tratamientos en los cuales se utilizará un total de 480 plantas, representado por un área de 33696 m².

Ilustración 2. Unidad experimental



6.8 Croquis

Ilustración 3. Croquis del experimento

I	II	III	IV
T1	T2	T3	T1
T3	T1	T2	T3
T2	T3	T1	T2

6.9 Tratamientos

6.9.1 Polinización asistida. Este tratamiento se lleva a cabo en el lote 3 de Finca Jutiapa, el cual se hizo su siembra en el año 2011. La altura promedio de esta plantación es de 1.90 mts. La variedad de esta plantación es Irho. Este tratamiento consiste en aplicar polen más yeso directamente a la antesis (que es la flor femenina).

El tratamiento inicia extrayendo el polen de Finca San Benito, cuya plantación es variedad Ghana, el año de siembra de esta plantación es 1993. Los recolectores realizan un recorrido en busca de flores masculinas con un porcentaje de polen mayor al 60%. Estas flores son identificadas, luego se les extrae el polen y es almacenado mediante una metodología específica.

El polen se almacena y después de 24 horas se mezcla con yeso: haciendo la aplicación con una perilla directamente a las flores femeninas en estado de antesis y de esta manera garantizar que se fecunden los óvulos para la formación del racimo.

Una Perilla (jeringa pera): 100 gramos= 20 gramos de polen +80 gramos de yeso; en cada antesis se aplicarán 5 gr. de mezcla por antesis (1 gr. de polen + 4 gr. de yeso).

6.9.2 Polinización liberada. Este tratamiento se lleva a cabo en el lote 4 de Finca Jutiapa, su año de siembra es 2011, la altura promedio de esta plantación es 1.20 mts y se evalúa la variedad Irho. En este tratamiento únicamente se polinizan las parcelas que necesitan ser polinizadas, y esto dependerá de un

muestreo de inflorescencia semanal. Que se basa en detectar flor antesis, flor masculina verde, y flor masculino activo.

Se recolecta el polen y el insecto; esta labor se realiza en parejas, una pareja recolecta insectos y polen. Estos dejan 6 posturas/ Ha; en cada postura se colocan 8 gr. (polen+ insecto), un liberador 48 gr./ha. La liberación se hace tres veces por semana en la misma parcela.

6.9.3 Polinización doble dosis liberada. Este tratamiento se llevó a cabo en el lote 2 de Finca Jutiapa, su año de siembra es 2011. El promedio de altura de esta plantación es de 1.90 mts. En este tratamiento se polinizan las parcelas que únicamente necesitan ser polinizadas, y esto dependerá de un muestreo de inflorescencia semanal. Este se basa en detectar la flor antesis, flor masculina verde, y flor masculino activo.

Esta labor se hace en parejas, una pareja recolecta para un liberador; en este caso se dejan 12 posturas/ha; en cada postura se colocan 8 gr. (polen+ insecto), un liberador coloca 96 gr./ha. La liberación se realiza tres veces por semana a la misma parcela.

En el cuadro se describen los tratamientos evaluados

Cuadro 1. Tratamientos de polinización

Tratamiento	Descripción
1	Polinización asistida (polen + yeso)
2	Polinización liberada (Polen + E. kamerunicus)
3	Polinización doble dosis liberada (Polen + E. kamerunicus)

6.10 Toma de datos

Estos tratamientos se evaluarán al final de la cosecha para poder evaluar el llenado de la fruta, el rendimiento y la calidad del fruto en las unidades experimentales.

6.11 Variables respuesta

- **Llenado de fruto:** Se determina el porcentaje de fruto partenocarpio (como relación del fruto no fecundado y el total de fruto).
- **Rendimiento de fruto (Kg/Ha):** Se utiliza una balanza mecánica se pesaran todos los frutos cosechados en la unidad experimental. La suma de los pesos se proyectará a una hectárea, expresando los valores en ton /Ha.
- **Relación beneficio/costo:** Se compara la relación de ingresos/ costos de cada uno de los tratamientos para determinar cuál es más efectivo monetariamente.

6.12 Análisis de información

El diseño que se usa es Bloques Completamente al Azar; se efectúa un Análisis de Varianza ANDEVA y una prueba de comparación de medias Tukey con un nivel de significancia del 5%; para tomar la decisión del mejor tratamiento se realizará un análisis económico para evaluar la relación beneficio/costo.

6.13 Instrumentos

Se utilizan.

- Metro para hacer la medición en las siembras
- Balanza para toma de peso de fruta
- Libretas
- Tablas de recolección de datos
- Sistema informático InfoStat y Microsoft Office 2010

VII. RESULTADOS

7.14 Variable porcentaje de fruto partenocarpio

Cuadro 2. Cálculo de análisis de varianza

Fuente variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	13.182	5	2.64	14.08	0.003
Bloque	0.168	3	0.06	0.3	0.825
Trat	13.014	2	6.51	34.75	0.001
Error	1.124	6	0.19		
Total	14.306	11			
C.V.	17.36				

Según los resultados obtenidos en el análisis de varianza para el diseño experimental utilizado de bloques completamente al azar se aplicó con los procedimientos adecuados por lo que se obtuvieron datos en los rangos aceptados; el coeficiente de variación fue de 17.36% siendo aceptable para experimentos en el campo de investigación; se encontraron diferencias estadísticas significativas en los tratamientos; por lo tanto se procedió a realizar una comparación de prueba múltiples de medias TUKEY.

Cuadro 3. Comparación de pruebas múltiples de medias TUKEY

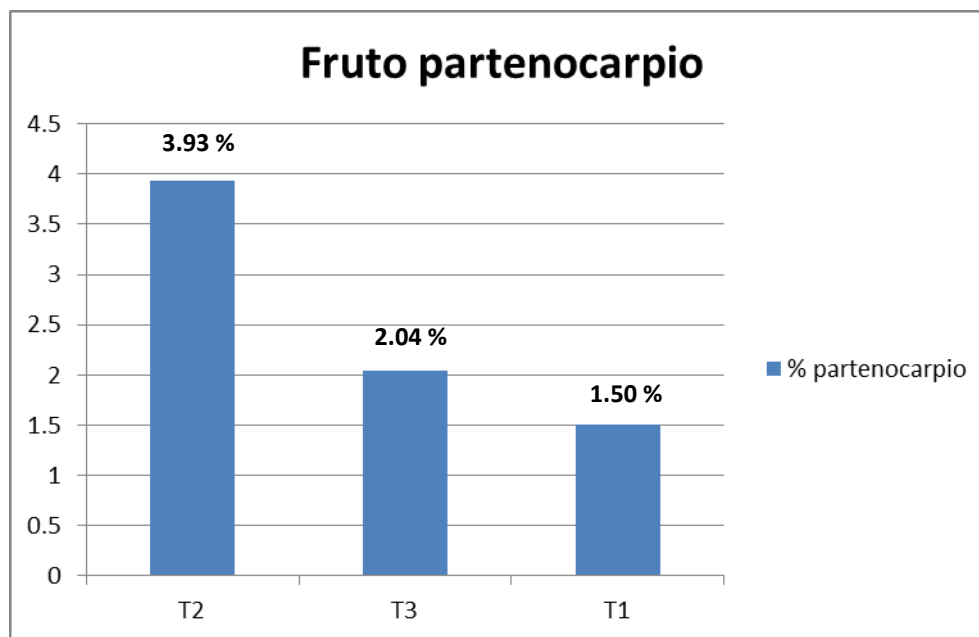
Tratamientos	Medias	n	EE	
T2	3.933	4	0.2164	A
T3	2.04	4	0.2164	B
T1	1.505	4	0.2164	B

Medias con una letra en comun no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Los diferentes tratamientos se puede observar que el de liberación simple presento mayor porcentaje de partenocarpio 3.93% por lo tanto se puede deducir que la cantidad de flores abortadas será mayor lo que posiblemente afecte la productividad; en cambio los de menor partenocarpio fueron la doble dosis y la polinización asistida con 2 y 1.5% respectivamente; con estos tratamientos se logra uno de los objetivos técnicos en campo de reducir el fruto partenocarpio.

En la siguiente gráfica se puede evidenciar la efectividad de los tratamientos de polinización asistida y doble dosis para aumentar la fecundación de la flor en comparación a la liberada que presenta el mayor porcentaje de fruto partenocarpio, afectando con ello la producción.

Ilustración 4. Porcentaje de fruto partenocarpio por tratamiento



7.15 Variable Kg/ Hectárea

Cuadro 4. Comparación variable kg/hectárea-ANDEVA-

Fuente variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	315761.5	5	63152	5.29	0.033
Bloque	119549.8	3	39850	3.34	0.098
Trat	196211.7	2	98106	8.21	0.019
Error	71672.32	6	11915		
Total	387433.8	11			
C.V.	7.87				

Los resultados obtenidos del ANDEVA indica que el diseño experimental de bloques completamente al azar se aplicó de forma adecuada brindando un coeficiente de variación de 7.87% siendo aceptable para experimentos en campo.

Con el valor de $P= 0.098$ siendo menor a 0.5 se encontraron diferencias estadísticas significativas en los tratamientos; por lo tanto se procedió a realizar una comparación de prueba múltiples de medias TUKEY.

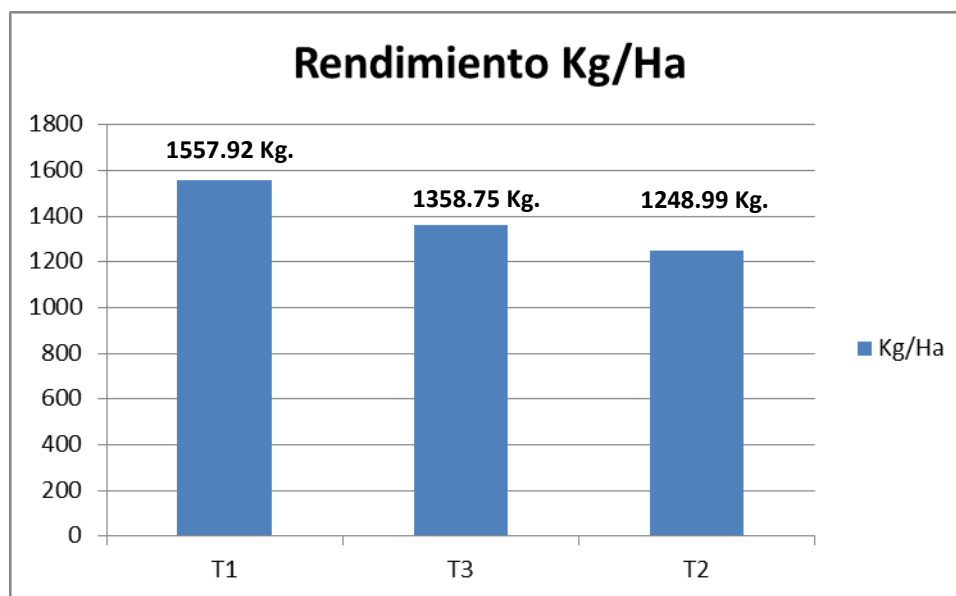
Cuadro 5. Comparación de rendimientos por tratamiento TUKEY

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
T1	1557.92	4	54.647	A	
T3	1358.75	4	54.647	A	B
T2	1248.99	4	54.647		B

Se puede observar que el rendimiento de los tratamientos de polinización asistida y doble dosis no presentaron diferencia estadística siendo el rendimiento de 1557.92 Kg/Ha y 1358.75 Kg/Ha respectivamente; el tratamiento de liberación fue el que presentó menor rendimiento esto debido a su mayor porcentaje de fruto partenocarpio.

En la gráfica se puede presentar una mayor producción de fruto de la polinización asistida y doble dosis; muy superiores a la producción que se obtiene actualmente con la polinización liberada siendo de 1248.99 Kg/Ha.

Ilustración 5. Rendimiento Kg/Ha por tratamiento



7.16 Ingresos por tratamiento

Cuadro 6. Comparación de ingresos por tratamiento

	TON/HA	PRECIO TM USD	INGRESO
ASISTIDA	1.55	125	193.75
LIBERADA	1.25	125	156.25
DOBLE LIBERADA	1.35	125	168.75

En la actualidad el valor de la tonelada métrica de fruta equivale a USD 125; en el cuadro se puede observar un mayor ingreso en la polinización asistida siendo mejor que la liberada y la doble liberada que presentan un ingreso por hectárea de 156.25 y 168.75.

7.17 Costos de cada tratamiento

A continuación se presentan los costos de cada tratamiento. Se puede constatar que el tratamiento con mayores costos es el de polinización asistida debido a la utilización de Yeso siendo el costo/Ha de USD 42.28; los tratamientos con menor costo son la liberada y la doble dosis siendo de USD 14.01 y USD 15; la única diferencia es agregar el costo de mano de obra de un recolector.

7.17.1 Asistida

Cuadro 7. Costos de tratamiento de polinización asistida.

Descripción	Costo/Ha
Mano de obra	\$ 27.61
Materiales	\$ 15.67
TOTAL COSTO/HA	\$ 43.28

7.17.2 Liberada

Cuadro 8. Costos de tratamiento de polinización liberada.

Descripción	Costo/Ha
Implementación	\$ 7.89
Mano de obra	\$ 6.12
TOTAL COSTO/HA	\$ 14.01

7.17.3 Doble dosis

Cuadro 9. Costos de tratamiento de polinización asistida

Descripción	Costo/Ha
Implementación	\$ 7.90
Mano de obra	\$ 7.10
TOTAL COSTO/HA	\$ 15.00

7.18 Relación beneficio costo

Cuadro 10. Relación beneficio/costo

	ASISTIDA	LIBERADA	DOBLE LIBERADA
COSTO	\$ 43.28	\$ 14.01	\$ 15.00
INGRESOS	\$ 193.75	\$ 156.25	\$ 168.75
BENEFICIO	\$ 150.47	\$ 142.24	\$ 153.75
B/C	\$ 3.48	\$ 10.15	\$ 10.25

Los tres tratamientos brindan beneficios con su aplicación; sin embargo para la toma de decisiones se debe tomar en cuenta los costos por implementarlo, económicamente se puede decir que el tratamiento con doble liberación es el mejor debido que presenta la mayor relación de B/C siendo de USD10.25 y el de menor rendimiento económico es el de polinización asistida con USD 3.48 contradictoriamente a que presento el mayor rendimiento en Kg/Ha.

VIII. CONCLUSIONES

En la presente investigación se constató que los tratamientos tienen influencia sobre el fruto partenocarpio; el de liberación simple presentó mayor porcentaje de fruto partenocarpio 3.93% y los de menor partenocarpio fueron la doble dosis y la polinización asistida con 2 y 1.5% respectivamente.

El tratamiento con mejores rendimientos fueron la asistida y doble dosis con 1557 Kg/Ha y 1358.75 Kg/Ha.

Desde el punto de vista económico se puede decir que el tratamiento con doble liberación es el mejor debido que presenta la mayor relación de B/C siendo de USD10.25 y el de menor rendimiento económico es el de polinización asistida con USD 3.48 contradictoriamente a que presentó el mayor rendimiento en Kg/Ha.

IX. RECOMENDACIONES

Para mejorar el porcentaje de fruto partenocarpio del tratamiento con polinización asistida se recomienda tomar en cuenta un mejor manejo del riego por aspersión; debido que el sobre riego puede lavar la aplicación de polen.

Para aumentar la productividad de las fincas en Tiquisate se recomienda aplicar la polinización asistida y doble con los cuales se pueden obtener rendimiento de 1557 Kg/Ha y 1358.75 Kg/Ha.

Desde el punto de vista económico recomienda aplicar la polinización con doble liberación con la cual se obtiene la mayor relación de B/C siendo de USD10.25.

Debido a las condiciones climáticas, técnicas y geográficas de Tiquisate; es necesario validar las aplicaciones en otras regiones palmícolas como zona La Blanca y tomar la decisión de cambio con las bases técnicas y científicas de cada caso en particular.

X. BIBLIOGRAFÍA

ARDON, J.J.; TURNER, PD. 1967. *Observations on natural pollination in commercial plantings of oil palm (Elaeis guineensis) in Malaya*. Experimental Agriculture (Reino Unido) v.3, p.105-116.

ASD. 2006. *Antecedente y Generalidades de la Palma*. Costa Rica. Consultado en febrero de 2006.

ASD. 2006. *Feromonas para Rhynchophorus palmarum y Metamasius hemipterus*. (On line). Consultado 8 de julio de 2006. Disponible en: www.asd-cr.com/ASD-Pub/PubOnLine.htm

Central American Business Intelligence (2016). *Producción de Palma africana en Guatemala*. Visitada el 4 de Julio de 2016. Disponible en <http://copades.com/monec/?p=26941>

Damas, D. (2001) *Estudio de la polinización en la Palma aceitera*. Primer curso Internacional sobre el manejo agronómico de la palma aceitera. MTC, INIA, Asociación Maracaibo, 15,16 y 17 de Mayo de 2001.

Dhileepan, K. (1992). *Polinización en palma aceitera por Elaeidobius kamerunicus*; Publicación Oleaginosas, CIRAD no 47; Paris, Francia. P 55-61.

Estrada, J. (2011). *Trabajo de graduación realizado en la Finca Viena II, Municipio de Morales Izabal, Guatemala C.A.; con énfasis en la evaluación de diferentes dosis de polen en híbridos de Palma africana*. Universidad de San Carlos de Guatemala. 85p.

Ilustración 11 Transportista de polen

Genty, P., A. Garzón, F. y Lucchini, G. (1986). *Polinización entomófila de la Palma africana en América tropical*. Oleagineaux. 41(3):101-112.

Hartley C, W.S. (1986). *La Palma Africana en el Ecuador*, Oíl Palm News. P5-9

Hussein, M.; Rahman, W.; 1991; "Life tables for *Elaeidobius kamerunicus* in oil palm"; The planter, 67 (778). P3-8

Jagoe, R.B. (1934). *Experimentos y observaciones en polinización de Palma africana*. Malaysia. Agricultura. P598.

Liau, S.; 1984; "*Predators of the pollinating weevil *Elaeidobius kamerunicus* in malaysian oil palm estates*"; Palm oil research institute of Malaysia; Kuala Lumpur, Malaysia. P41-49.

Molina D. Díaz, A. y Barrios, R. (1999). "*Introducción del Gorgojo Polinizador Sobre Cultivos de Palma Aceitera*". Boletín divulgativo FONAIAP; Maracaibo, Venezuela. P 63.

Ortiz R. y Fernández, O. (1994). *El cultivo de la Palma aceitera*; Edit. Universidad Estatal a Distancia; San José, Costa Rica. P15-24.

PDAQ; (1998); *Historial de rendimientos productivos en plantación "El 200"*; Consulta personal. Gabriel Torres; Quinindé, Ecuador

Sánchez, S. y Ortiz, C.; (1998). *Polinización de Palma aceitera*, Tabasco, México; Nota técnica; ASD Oíl palm papers; San José, Costa Rica. P 25-28

Turner, P. y R. Gilbanks (1974). *Manejo y cultivo de palma aceitera*. Kuala Lumpur p. 247-276.

XI. APÉNDICE

Ilustración 6 Diferencia entre fruto fecundado y fruto no fecundado (partenocarpio)



Ilustración 7 Flor masculina con 60% de llenado.



Ilustración 8 Flor femenina en etapa de antesis.



Ilustración 9 E. kamerunicus



Ilustración 10 Operador recolectando polen+insecto



Ilustración 11 Transportista de polen



Ilustración 12 Operador liberando polen+insecto



Ilustración 13 Cámara artesanal de secado del polen y yeso



Ilustración 24 Operador liberando polen+yeso



XII. GLOSARIO

Antesis: Periodo de la inflorescencia en el cual se desarrolla y expande una flor para la funcionalidad reproductiva, exponiéndose a la polinización.

Bráctea peduncular: Cobertura delgada, fibrosa y resistente que envuelve la inflorescencia de la palma durante todo su desarrollo hasta el momento en que se activa para su reproducción.

Combinaciones: Ordenación posible de varios elementos.

Elaeidobius Kamerunicus: Insecto perteneciente a la familia *curculionidae*, caracterizado por su gran capacidad de traslado de polen, por lo cual se le conoce como el agente polinizador más efectivo de la palma de aceite

Inflorescencia: Disposición de flores agrupada en un mismo tallo, espiga o ramificación.

Muestreo: Selección de un grupo específico de individuos, representativos de una población, elegidos al azar o sistemáticamente para determinar o estudiar características del mismo, y proyectarlas a la población.

Mystrops Costarricensis: Insecto perteneciente a la familia *nitidulidae*, de proporciones menores a las de E. Kamerunicus, caracterizado por su presencia natural en las inflorescencias de palma aceitera.

Polinización: Proceso de transferencia de polen, de la inflorescencia masculina a la femenina, con el objetivo de fecundar el ovulo, que dé lugar a la formación de frutos.

Polinización asistida: Método de polinización, a través de intervención humana, en la cual se recolecta polen de forma anticipada para su almacenaje, y posteriormente, en caso de ser necesario, el personal operativo espolvorea el polen sobre la antesis femenina.

Plantación auto-suficiente: En términos de polinización, se conoce como una plantación auto-suficiente, a toda plantación que por su edad, alcance y equilibrio y madurez de producción de flores masculinas y femeninas, de manera que no requiere de la intervención humana para la polinización.

Polinización liberada: Método de polinización, a través de intervención humana, en la cual se recolecta insecto polinizador y polen de inflorescencias masculinas

activas, y se distribuye en estaciones de polinización para lograr la dispersión del insecto en plantaciones específicas.

Polinización natural: Proceso de transferencia de polen con el objetivo de fecundar el ovulo que dé lugar a la formación de frutos.

Vaina: Ensanchamiento en la base del peciolo; parte basal de las hojas que envuelve o se sujeta a la estípita (tallo), de la planta.