


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ÁREA INTEGRADA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a saint on a white horse, set against a background of green hills and a blue sky. Above the figure is a golden crown with a cross on top. The seal is surrounded by a grey border containing the Latin motto "CETERA SIBI CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER".

TRABAJO DE GRADUACIÓN  
**EVALUACIÓN DE CUATRO METODOLOGÍAS PARA LA POLINIZACIÓN ASISTIDA EN  
PLANTACIONES DE PALMA ACEITERA VAR. (Deli x Nigeria) DE 15 MESES DE EDAD  
EN LA FINCA NOGALES, ENTRE RÍOS, PUERTO BARRIOS, IZABAL, GUATEMALA,  
C.A. Y SERVICIOS PRESTADOS A AGROCARIBE, S.A.**

OSCAR EDUARDO SALINAS RAMÍREZ

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2017



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**EVALUACIÓN DE CUATRO METODOLOGÍAS PARA LA POLINIZACIÓN ASISTIDA EN  
PLANTACIONES DE PALMA ACEITERA VAR. (Deli x Nigeria) DE 15 MESES DE EDAD  
EN LA FINCA NOGALES, ENTRE RÍOS, PUERTO BARRIOS, IZABAL, GUATEMALA,  
C.A. Y SERVICIOS PRESTADOS A AGROCARIBE, S.A.**

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

POR

OSCAR EDUARDO SALINAS RAMÍREZ

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE  
LICENCIADO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2017



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
VOCAL PRIMERO	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámbara
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr., M.A. César Linneo García Contreras
VOCAL TERCERO	Ing. Agr., M.Sc. Erberto Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO	P. Agr. Walfer Yasmany Godoy Santos
VOCAL QUINTO	P. Contador Neidy Yassmine Juracán Morales
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

Guatemala, noviembre de 2017



Guatemala, noviembre de 2017

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

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de Graduación titulado: **“Evaluación de cuatro metodologías para la polinización asistida en plantaciones de palma aceitera var. (Deli x Nigeria) de 15 meses de edad en la finca Nogales, Entre Ríos, Puerto Barrios, Izabal, Guatemala, C.A. y servicios prestados a AGROCARIBE, S.A.”**, como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

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

Atentamente,

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

Oscar Eduardo Salinas Ramírez





## **ACTO QUE DEDICO**

**A DIOS:** Por darme la vida y la fuerza para no rendirme, por haber estado presente en los momentos más difíciles y por siempre guiarme por el camino correcto.

**A MI MADRE:** Ericka Margoth Ramirez por su amor, apoyo, consejos, esfuerzos y sacrificios para poder llegar a obtener esta meta.

**MI FAMILIA:** Golda Sosa, Kristen Salinas, Caleb Salinas, por su apoyo incondicional en momentos más difíciles a lo largo de mi carrera.

**A MI TIA, TIOS, ABUELA:** Karina Vivar, Alberto Crooks, Carlos Ramírez, Reina vivar, Por su amor y cariño, consejos brindados durante toda mi vida.

**A MI PAPA:** Julio Cesar Aldana, por su amor, apoyo, consejos y respaldo brindado a lo largo de mi vida.

**A MIS SUEGROS:** Hugo Sosa y Verónica Barillas, por el apoyo y estar siempre pendientes y dispuestos en todo momento a mi familia.

**A MI AMIGO:** Manuel Obdulio Aguilar, por su cariño y apoyo incondicional desde mi infancia.

**A MI AMIGO:** Ronaldo Villanueva, por demostrarme su amistad sincera en todo el tiempo convivido y en nuestra formación académica, esperando que esta amistad perdure toda la vida.

## **TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA:** Mi casa de estudios

**FACULTAD DE AGRONOMIA:** por haberme brindado todo el conocimiento y herramientas necesarias para facilitar mi aprendizaje.

## **AGRADECIMIENTOS**

**MI SUPERVISOR:** Ing. Agr. Cesar Linneo García, por haberme brindado su apoyo y confianza durante el transcurso del EPS.

**MI ASESOR:** Ing. Agr. Edgar Franco, por el apoyo y aporte de conocimientos, consejos y colaboración en la realización de esta investigación.

**Ing. Agr. Manuel Bacaro**, por ayudarme a tener la oportunidad y el apoyo para realizar mi EPS, en tan prestigiosa empresa.

**Ing. Agr. Carlos Chávez**, por la ayuda y asesoría profesional brindada en la realización de la presente investigación.

**Corporación Agroindustrial del Caribe (AGROCARIBE S.A.)**, por el apoyo técnico en la realización y culminación de este estudio científico



## ÍNDICE GENERAL

Página

<b>Capítulo I. Diagnóstico de la situación actual de la empresa AGROCARIBE en las plantaciones de palma ubicada en el km 273.5, Puerto Barrios, Izabal, Guatemala, C.A.</b> .....		<b>1</b>
1.1	Introducción .....	2
1.2	Objetivos.....	4
1.2.1	Objetivo general.....	4
1.2.2	Objetivos específicos.....	4
1.3	Marco referencial .....	4
1.3.1	Ubicación y extensión del lugar .....	4
1.3.2	Hipsometría .....	5
1.3.3	Superficie geográfica .....	5
1.3.4	Vías de acceso .....	5
1.3.5	Suelos.....	6
1.3.6	Precipitación .....	6
1.3.7	Temperatura y velocidad del viento .....	6
1.3.8	Zona de vida.....	6
1.3.9	Clima .....	6
1.3.10	Uso actual de la tierra .....	7
1.4	Metodología .....	7
1.4.1	Fase de gabinete .....	7
1.4.2	Fase de campo .....	7
1.5	Resultados y discusión .....	8
1.5.1	Polinización asistida .....	8
1.5.2	Densidad de siembra.....	9
1.6	Conclusiones .....	10
1.7	Recomendaciones.....	10
1.8	Bibliografía.....	11
<b>Capítulo II. Investigación: Evaluación de cuatro metodologías para la polinización asistida en plantaciones de palma aceitera var. (Deli x Nigeria) de 15 meses de edad en la finca Nogales, Entre Ríos, Puerto Barrios, Izabal, Guatemala, C.A.</b> .....		<b>13</b>
2.1	Presentación.....	14
2.2	Marco Teórico.....	15
2.2.1	Marco Conceptual.....	15
2.2.2	Marco Referencial.....	36
2.3	Objetivos.....	40
2.3.1	Objetivo General.....	40
2.3.2	Objetivos Específicos .....	40

	<b>Página</b>
2.4	Hipótesis..... 40
2.5	Metodología..... 41
2.5.1	Tratamientos y dosis ..... 41
2.5.2	Diseño experimental..... 41
2.5.3	Modelo estadístico ..... 41
2.5.4	Unidad experimental ..... 42
2.5.5	Parcela neta ..... 42
2.5.6	Distribución de los tratamientos ..... 42
2.5.7	Manejo del experimento ..... 44
2.5.8	Variables de respuesta..... 45
2.5.9	Análisis de la información..... 45
2.6	Resultados y discusión..... 46
2.6.1	Efectividad de los métodos de polinización asistida ..... 46
2.6.2	Proporción de frutos producidos por cada método de polinización ..... 50
2.6.3	Potencial de producción de aceite..... 63
2.7	Conclusiones..... 65
2.8	Recomendaciones..... 66
2.9	Bibliografía ..... 67
<b>Capítulo III. Servicios presentados a la empresa AGROCARIBE en las plantaciones de palma ubicada en el km 273.5, Puerto Barrios, Izabal, Guatemala, C.A..... 69</b>	
3.1	Presentación ..... 70
3.2	Manejo de los registros de la base de datos de los censos de plagas y enfermedades en la palma ..... 71
3.2.1	Objetivos ..... 71
3.2.2	Metodología..... 71
3.2.3	Resultados ..... 72
3.2.4	Evaluación..... 74
3.3	Manejo de los registros de la base de datos de palmas tratadas y eliminadas ..... 75
3.3.1	Objetivos ..... 75
3.3.2	Metodología..... 75
3.3.3	Resultados ..... 77
3.3.4	Evaluación..... 78
3.4	Manejo de los registros de la base de datos de castración en plantaciones de palma aceitera ..... 79
3.4.1	Objetivos ..... 79
3.4.2	Metodología..... 79
3.4.3	Resultados ..... 79
3.4.4	Evaluación..... 80

## ÍNDICE DE FIGURAS

		<b>Página</b>
Figura 1.	Mapa de ubicación geográfica de las fincas AGROCARIBE.....	5
Figura 2.	Antesis de la flor masculina de la palma de aceite.....	19
Figura 3.	Inflorescencia masculina de palma de aceite.....	20
Figura 4.	Inflorescencia femenina de palma de aceite.....	20
Figura 5.	Elaeidobius kamerunicus.....	28
Figura 6.	Polinización por medio de aspersión de una mezcla de polen y talco en una flor de palma de aceite.....	29
Figura 7.	a. Flores de palma de aceite en pleno antesis, b. flores de palma de aceite polinizadas doblemente y c. flores de palma de aceite asistidas.....	29
Figura 8.	Estado de cuatro inflorescencias de palma de aceite. A) Inflorescencia cubierta por la espata, B) antesis 1/4, C) antesis 3/4 y D) post-antesis.....	30
Figura 9.	Ubicación geográfica de la finca Nogales en el departamento de Izabal, 2014.....	37
Figura 10.	Racimos virescens de palma de aceite.....	38
Figura 11.	a. Racimo nigrescens con frutos inmaduros y b. racimos virescens con frutos en proceso de maduración.....	38
Figura 12.	Aparato utilizado en la práctica de polinización de la palma de aceite.....	39
Figura 13.	Distribución de los tratamientos en bloques al azar.....	43
Figura 14.	Peso promedio en kilogramos por racimo de cada tratamiento evaluado.....	49
Figura 15.	Comparación de los pesos promedios de los racimos vs. el porcentaje de extracción de aceite.....	65
Figura 16.	Muestreo de los lotes.....	72
Figura 17.	Palma tratada con cirugía.....	76
Figura 18.	Palma eliminada.....	76

## ÍNDICE DE CUADROS

		<b>Página</b>
Cuadro 1.	Taxonomía de la palma de aceite ( <i>Elaeis guineensis</i> ).....	16
Cuadro 2.	Etapas y productos en la cadena productiva que se deriva del cultivo de la palma de aceite.....	36
Cuadro 3.	Descripción y dosis para inflorescencia de los tratamientos.....	41
Cuadro 4.	Promedios de pesos por tratamiento (kg/racimo) .....	46
Cuadro 5.	Salida de resultados de INFOSTAT del ANDEVA de la variable “peso promedio por racimo (kg)” .....	47
Cuadro 6.	Salida de resultados de INFOSTAT de la comparación múltiple de medias de Tukey para la variable “peso promedio por racimo (kg)” .....	48
Cuadro 7.	Cantidad promedio de frutos que conforman el racimo según su tipo. ....	50
Cuadro 8.	Número total de frutos por racimo.....	50
Cuadro 9.	Salida de resultados de Infostat del ANDEVA de la variable número total de frutos por racimo. ....	51
Cuadro 10.	Número de frutos normales por racimo por tratamiento.....	52
Cuadro 11.	Salida de resultados de infostat del ANDEVA del número de frutos normales por racimo. ....	53
Cuadro 12.	Salida de datos para la comparación múltiple de medias sobre la variable número de frutos normales por racimo.....	54
Cuadro 13.	Número de frutos partenocárpicos / racimo. ....	55
Cuadro 14.	Salida de resultados de INFOSTAT para el ANDEVA a la variable “número de frutos partenocárpicos por racimo”. ....	56
Cuadro 15.	Número de frutos abortivos por racimo. ....	57
Cuadro 16.	Salida de resultados de INFOSTAT para el ANDEVA de la variable “número de frutos abortivos por racimo”. ....	58
Cuadro 17.	Peso de frutos normales por racimo (kg / racimo). ....	58
Cuadro 18.	Salida de resultados de infostat para la variable peso de frutos normales por racimo. ....	59
Cuadro 19.	Salida de resultados de Infostat para la comparación múltiple de medias realizada a la variable peso de frutos normales por racimo. ....	60
Cuadro 20.	Pesos por fruto normal (g/fruto). ....	61
Cuadro 21.	Salida de datos de infostat para la variable peso por fruto normal. ....	62
Cuadro 22.	Potencial de aceite (%) extraído de cada tratamiento.....	63
Cuadro 23.	Salida de resultados de INFOSTAT para el ANDEVA de la variable “potencial de aceite (%) extraído por racimo”. ....	64
Cuadro 24.	Comparación de los pesos promedios de los tratamientos vs el porcentaje de extracción de aceite. ....	65
Cuadro 25.	Registros de daños causados por plagas y enfermedades durante el año 2014 y 2015. ....	73
Cuadro 26.	Registros de plantas identificadas con deficiencia de nutrientes durante el año 2014 y 2015. ....	73
Cuadro 27.	Registros de daños causados por agentes naturales, de manejo y desconocidos.....	74



	<b>Página</b>
Cuadro 28. Registro de palmas eliminadas por enfermedad del anillo rojo y anomalías durante el año 2014 y 2015. ....	77
Cuadro 29. Registros de palmas tratadas y eliminadas por incidencia de la enfermedad pudrición de flecha durante el año 2014 y 2015.....	78
Cuadro 30. Registros de castración e inicio de cosecha durante el período agosto 2013 – enero 2015. ....	80
Cuadro 31. Registros de ensayo de castración 2014/2015.....	80



## RESUMEN

El Capítulo I corresponde al diagnóstico elaborado durante el periodo de agosto – noviembre del año 2014 en las plantaciones de palma aceitera (*Elaeis guineensis*) de la empresa AGROCARIBE ubicada en el km 273.5 de la carretera CA9, Puerto Barrios, Izabal. Este diagnóstico tuvo como finalidad el conocer la situación actual del manejo en el campo de la palma con el fin de mejorar el peso de los racimos, para lo cual hubo necesidad de determinar cuáles son las actividades agrícolas que están relacionadas con el rendimiento de la palma y de encontrar una solución al problema más importante identificado. La metodología se basó en la revisión de fuentes secundarias y primarias entre las que destaca el método de observación directa y revisión de registros de la finca. En conclusión, de todas las actividades que se observaron en campo, la de mayor importancia fue la escasa polinización, debido a que presenta un bajo porcentaje de flores fecundadas, obteniendo así racimos de menor peso y frutos de mala calidad. Las áreas que abarcan las plantaciones para las futuras inversiones son extensas, por tal razón es necesario mejorar su productividad a través de una dosis de polen que aumente el peso del racimo.

El Capítulo II corresponde a una investigación realizada en la finca Nogales, Puerto Barrios, sobre la evaluación de cuatro métodos de polinización asistida para dar solución al principal problema identificado en el diagnóstico. El propósito de esta investigación fue identificar un método de polinización que permita incrementar el peso de los racimos, estableciendo su efectividad, la proporción de frutos que se producen con cada método y su potencial de producción de aceite. Se evaluaron cuatro tratamientos de polinización asistida, el T1 con una relación 1:10 polen/talco (8.78 % de polen), el T2 con una relación 1:7 polen/talco (12.08 % polen), el T3 con polinización asistida sin dilución de polen (100 % polen) y el T4 corresponde al testigo absoluto. Se utilizó el diseño experimental de bloques al azar con cuatro tratamientos y cinco repeticiones. La unidad experimental estuvo compuesta por cuatro surcos, separados 9m entre planta y 9m entre surco (al tresbolillo). El área total fue de 3ha. Cada una de las parcelas tuvo 20 palmas, con un total de 80 palmas por bloque. El experimento tuvo un total de 20 unidades experimentales

distribuidas al azar. Las variables de respuesta fueron peso del racimo a los 180 días de la polinización, la conformación del racimo (frutos normales, partenocárpicos y abortivos) y el potencial de aceite.

Los resultados obtenidos del experimento demostraron que los métodos de polinización asistida sí tienen efectividad en el incremento en el peso de los racimos producidos, lo cual se debe principalmente a que la asistencia permite una polinización más efectiva y rápida que incrementa el margen de tiempo para el desarrollo del fruto, la cantidad y calidad de frutos producida, siendo el método de polinización más efectivo el T1 que presentó un promedio de peso con un valor de 2.378 kg/racimo. La cantidad de frutos producida es mayor cuando se utiliza la asistencia en la polinización, lo cual se deriva del aumento en la cantidad de frutos normales (con nuez y con aceite) siendo el T1 el que mejores resultados produce con un promedio 196 frutos polinizados. Gracias al aumento en la cantidad de frutos producida se obtiene un mayor peso de los frutos normales por racimo, obteniéndose un promedio de 1.2 kg de frutos normales por racimo, sin embargo, ningún método tuvo influencia en el peso por fruto. Los métodos de polinización asistida evaluados no tienen influencia en el potencial de producción de aceite de los frutos, pero en los resultados obtenidos el T1 es el tratamiento que presenta un mejor resultado con un 9.9 % de aceite del peso total del racimo debido principalmente a que produce una mayor cantidad de frutos normales.

El tercer capítulo corresponde a los servicios prestados a la empresa. Estos servicios correspondieron principalmente al manejo de registros de los daños causados por plagas y enfermedades, de los daños causados por agentes naturales y el manejo del cultivo y de las plantas emasculadas y el inicio de cosecha.

## **CAPÍTULO I**

**DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA AGROCARIBE EN LAS  
PLANTACIONES DE PALMA UBICADA EN EL KM 273.5, PUERTO BARRIOS, IZABAL,  
GUATEMALA, C.A.**

## 1.1 Introducción

AGROCARIBE, Corporación Agroindustrial del Caribe S.A. es una empresa guatemalteca fundada en 1998, para satisfacer la creciente demanda de energía “limpia” proveniente de sembradíos amigables al medio ambiente dedicada a la producción de aceite vegetal derivado de la palma aceitera. Actualmente cuenta con un aproximado 12,776 ha sembradas de palma aceitera. Entre los diferentes materiales que la empresa utiliza se pueden mencionar: Dami las Flores, Deli x Avros, Deli x Ekona, Deli x Nogeria, Irhos como materiales de la especie guineensis, y los híbridos que son cruces entre (E. guineensis y E. oleíferas).

Más de 200 familias en los municipios de Morales y Puerto Barrios, localizados en el departamento de Izabal, en el nororiente del país, fueron favorecidas por el gobierno de Guatemala después de una repartición de tierras. El desafío para los beneficiados era crear un sistema de cultivo en el área que, no sólo dependiera de su esfuerzo individual, sino que de la capacidad para trabajar de modo colectivo y de los beneficios que se generan de las interacciones entre comunidades, gobierno y sector privado. (SAVIA, GT 2011). En este escenario, la Comisión Presidencial para el Desarrollo Local (CPDL) facilitó la creación de un sistema orientado al desarrollo integral de los campesinos con base en interconexiones con el sector privado y las instituciones de gobierno, en un contexto de armonía con el medio ambiente y la riqueza cultural de Guatemala (SAVIA, GT 2011).

La CPDL sirvió además como eje de comunicación entre los campesinos y AGROCARIBE S.A. de manera que las comunidades utilizaran sus tierras para la siembra de palma aceitera, recibiendo por parte de la empresa beneficios de financiamiento y de capacitación tecnológica, orientada hacia un mejor uso de los suelos y de mejores prácticas agrícolas. Asimismo, AGROCARIBE se comprometió con las comunidades a comprar el producto al menos por los próximos 25 años, garantizando así la sustentabilidad y rentabilidad de este sistema de transformación local, a través del cuidado y preservación de la naturaleza (SAVIA, GT 2011).

Asimismo, existe una alianza estratégica con la Extractora del Atlántico, una de plantas extractoras más modernas de Guatemala, la cual registra excelentes niveles de extracción de aceites y una capacidad actual de procesamiento de 800 a 1000 Ton/día a partir de julio a octubre y de 400 a 600 Ton/día en los otros meses. Su principal actividad es producir, procesar y comercializar los productos derivados de la palma aceitera (*Elaeis guineensis*) tales como aceite crudo de palma, aceite crudo de palmiste y harina de palmiste.

Debido a que los rendimientos obtenidos en el peso del racimo en palmas en las primeras producciones no han sido los esperados, se realizó un diagnóstico de dichas plantaciones con el fin de observar las diferentes problemáticas que se presentan en el campo, y así de esta manera poder identificar y plantear soluciones que ayude a mejorar la producción en referencia a pesos del racimo de las fincas de híbridos.

Básicamente este diagnóstico se realizó con la finalidad de ver en el campo las actividades que más están influenciadas con el rendimiento del racimo de las palmas, y como resultado se obtuvieron: a) Que existe una alta densidad de siembra (160 palmas / ha.) la cual provoca cierta competencia por espacio y luz, entre las diferentes palmas en la plantación, teniendo en cuenta que el híbrido es una palma con hojas un poco más larga que la palma comercial, la densidad ideal de siembra debe ser de 143 palmas / ha. b) Que por estar en una edad muy joven la flores en antesis no generan un atrayente suficientemente fuerte para los polinizadores biológicos de la palma, debido a esto se tiene la necesidad de implementar una dosis de polen la cual será utilizada para la polinización asistida. Viendo esta necesidad se realizó una evaluación de diferentes dosis de polen para de esta manera aumentar el peso de los racimos de palma.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Conocer la situación actual del manejo en el campo de la palma con el fin de mejorar el peso de los racimos.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

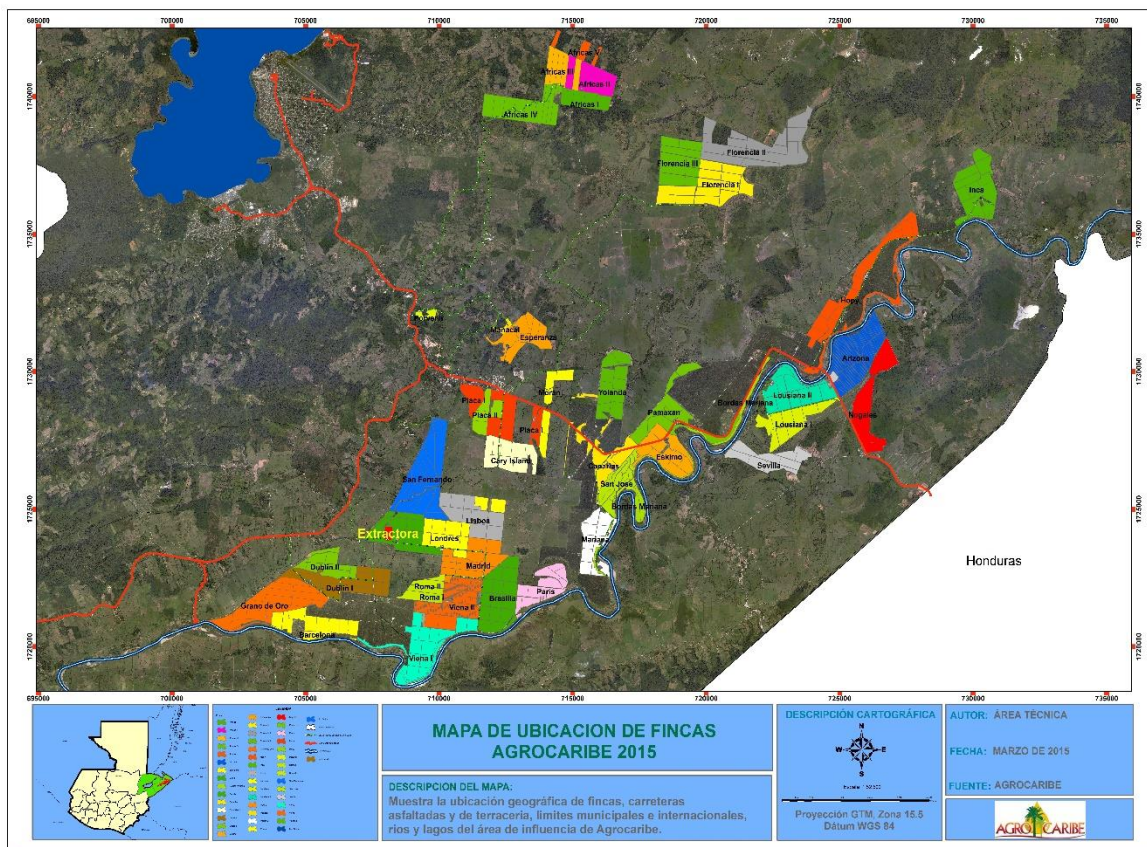
- A. Determinar cuáles son las actividades agrícolas que están relacionadas con el rendimiento de la palma.
  
- B. Encontrar una solución al problema más importante que presenta la plantación de palma joven.

## **1.3 Marco Referencial**

### **1.3.1 Ubicación y extensión del lugar**

El área propiedad de la empresa AGROCARIBE se encuentra ubicada en la línea divisoria entre los municipios de Morales y Puerto Barrios ambos del departamento de Izabal. Se encuentra a 273.5 km de la ciudad capital, ruta al Atlántico (CA-9). Cuenta con una extensión de 12,776 hectáreas del cultivo de palma aceitera. Algunas de las comunidades que se encuentran cercanas a la plantación se pueden mencionar Dublín, Hacienda el Milagro, Finca Victoria, San Francisco, Tenedores, El Zompopo, Champona, Entre Ríos, Punta de Rieles, Placa I, Colonia Santa Clara, Mojanales, Parcelamiento Agrario Quince de Septiembre, Champas Corrientes. Ver (Figura 1).





**Figura 1.** Mapa de ubicación geográfica de las fincas AGROCARIBE.

### 1.3.2 Hipsometría

Según las hojas cartográficas en base al modelo de elevación digital a escala 1:50,000 el área de estudio de las fincas presentan altitudes que varían desde 10 a 120 metros sobre el nivel del mar.

### 1.3.3 Superficie geográfica

El área de estudio dentro de las fincas, posee una superficie territorial de 12,776 hectáreas brutas y 11,697 hectáreas cultivadas con palma.

### 1.3.4 Vías de acceso

La principal carretera que conduce hacia AGROCARIBE S.A. es la CA-9 que conduce

hacia la cabecera departamental de Puerto Barrios, llegando a la altura del kilómetro 273.5 a la finca Dublin.

### **1.3.5 Suelos**

Según la clasificación de suelos de Simmons, los suelos de la región corresponden a la serie Inca y Champona. Estos son suelos Aluviales profundos (0.8 – 1.5 m), mal drenados, con estructura granular y textura arcillosa; desarrollados en un clima cálido y húmedo; y con pendientes que van desde el 1 – 3 %.

### **1.3.6 Precipitación**

Según las estaciones meteorológicas de la empresa, la precipitación pluvial promedio anual varía entre 2500 a 3000 mm.

### **1.3.7 Temperatura y velocidad del viento**

La temperatura mínima anual de la zona es 24 °C y la máxima anual es 37°C, y la velocidad del viento es de 4 a 5 km/h.

### **1.3.8 Zona de vida**

De la Cruz basado en el sistema Holdridge clasifica la zona como Bosque muy húmedo subtropical cálido (bmh-Sc) y Bosque muy húmedo Tropical (bmh-T) haciéndolo un lugar óptimo para el cultivo de palma aceitera (De la Cruz S 1982).

### **1.3.9 Clima**

El clima de la región de estudio es cálido y húmedo, con lluvias abundantes durante nueve meses del año siendo estos del mes de mayo a enero y los meses cálidos de febrero al mes de abril.

### **1.3.10 Uso actual de la tierra**

Actualmente el uso de la tierra en las fincas de Agrocaribe es palma aceitera en su totalidad con una superficie cultivada de 11,697 hectáreas.

## **1.4 Metodología**

El primer paso fue realizar una consulta sobre información del área de estudio, principalmente la ubicación geográfica, vías de acceso, clima y aspectos importantes como historia de AGROCARIBE, S.A. Dicha información se obtuvo revisando literatura y trabajos realizados en el área, como fuente de información secundaria. Una vez obtenida dicha información se realizó una visita a las instalaciones del departamento de Investigación y monitoreo, en la cual se reconoció el área a trabajar mediante el método de observación directa. Posteriormente se realizó un estudio más profundo a nivel de fuentes secundarias, principalmente tesis que se habían realizado con anterioridad en la empresa.

### **1.4.1 Fase de gabinete**

El departamento Técnico de AGROCARIBE S.A., analiza ciertas actividades relacionadas con la producción (Fertilizaciones, raleos, cosecha, polinización asistida) a través de los registros de producción de cada finca, que ayuda a identificar y a la vez buscarle una solución para resolver los problemas dentro de las plantaciones. Conociendo la productividad de las fincas que poseen los híbridos de palma, se utilizaron los datos de productividad, en este caso el peso de los racimos obtenidos, para ver de qué manera se puede aumentar dicho peso, con el mejoramiento de alguna actividad agrícola en el campo.

### **1.4.2 Fase de campo**

Para poder identificar la problemática en el campo, se realizó un recorrido en las

plantaciones jóvenes, procurando observar las diferentes actividades que se le realizan: la poda, fertilización, raleos o eliminación de palmas, densidad de siembra, prestando especial atención a la polinización asistida las cuales son actividades agrícolas que difieren un poco en comparación al resto del cultivo de la palma tradicional, porque solo se realiza en híbridos. Luego de identificar el problema que más afecta la productividad, en este caso el peso de los racimos en la primera producción, se procedió a realizar una evaluación de diferentes dosis de polen en palma joven que ayude a mejorar el peso de los racimos. Se utilizaron 4 diferentes dosis de polen para ser evaluadas, en la polinización asistida: 1) 1 polen: 10 talco 2) 1 polen: 7 talco 3) 1 polen: 0 talco 4) No se le aplicó polen.

## **1.5 Resultados y discusión**

Los materiales de palma mejorada se realizan para presentar rendimientos altamente comerciales en su producción de aceite, pero con una calidad superior. Dentro de las actividades agrícolas que se realizan para mejorar la productividad de la palma están: El control de malezas, fertilizaciones, podas, los raleos o eliminación de palmas. Al ver las actividades, las que tienen mayor influencia en el rendimiento del racimo fueron la densidad de siembra y la falta de un método de polinización asistida, dentro de sus principales problemas se pudo observar:

### **1.5.1 Polinización asistida**

Se observó cómo se realizan las diferentes actividades agrícolas en el campo, la de mayor importancia que se pudo observar es que en las palmas de 15 meses de edad existen racimos pequeños con poco peso (1 a 1.5 kg/racimo). Las palmas jóvenes poseen su principal problemática al momento de la polinización, es que su polen y característico olor (anís) no es atraído por los insectos polinizadores (Familia Curculionidae), a esta edad.

En las diferentes áreas de siembra de los híbridos el problema es que se combina

la siembra con un material CIRAD, una variedad altamente productora de flores femeninas, la cual hace que su producción atraiga a los polinizadores y no sean suficientes para poder polinizar otras plantas.

Debido a esta problemática se hace necesario de poder evaluar diferentes dosis de polen con polinización asistida que nos ayude a mejorar el rendimiento del racimo (2.5- 3 kilogramos/racimo), comparado con los 1 kilogramos que se han estado obteniendo en la Finca Nogales con una dosis de polen-talco, polen puro y de esta manera poder obtener los rendimientos esperados (20 - 25 ton / ha / año).

### **1.5.2 Densidad de siembra**

En las plantaciones tradicionales de palma aceitera, se utiliza una densidad de siembra de 9 metros x 9 metros al tresbolillo, con una densidad de 160 palmas por hectárea, la longitud de sus hojas en esta palma va desde 4 – 5 metros de longitud.

En el caso de la variedad de Deli x Nigeria , la hoja tiene una longitud de 7.6 – 8 metros, el único problema fue que al momento de la siembra se realizó al mismo distanciamiento que la palma tradicional de 9 metros x 9 metros al tresbolillo. Por tal razón, existe cierta competencia por espacio y luz en las plantaciones de híbridos lo cual afecta la productividad de la palma.

Para poder mejorar la densidad de siembra, es necesario realizar un raleo de palmas. Las palmas que se encuentran alrededor de las que serán eliminadas son las beneficiadas. Las palmas que se encuentran a la orilla del terreno, se considera que no deberían ser eliminadas, ya que, por estar en la orilla del terreno, tienen rendimientos un poco más altos que el resto de palmas dentro de la plantación. En el caso de la variedad Deli x Nigeria el distanciamiento adecuado es de 8.5 metros entre filas x 8.5 metros entre palma (143 palmas / hectárea) debido a que es una hoja un poco más larga y ancha que en la palma tradicional (Salas, R. 2005).

Es muy importante tomar en cuenta la eliminación de palmas para el mejoramiento productivo de la plantación, ya que con esta esta eliminación se logra mejorar la entrada de luz en la plantación y se reduce la competencia por espacio. El mejoramiento se da en el peso del racimo, en vez de obtener una mayor cantidad de racimos de menor peso, se obtiene menos racimos pero de mayor peso.

## **1.6 Conclusiones**

- A. Existen diferentes actividades agrícolas que están influenciadas en el rendimiento del peso en los racimo, entre ellas están: el control de malezas, las fertilizaciones, las podas, los raleos y la polinización asistida.
- B. De todas las actividades de las cuales se lograron observar en campo, la de mayor importancia fue la de polinización, debido a que presenta un bajo porcentaje de flores fecundadas, obteniendo así racimos de menor peso y frutos de mala calidad. Las áreas que abarca las plantaciones es las futuras inversiones son extensas, 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.

## **1.7 Recomendaciones**

- A. Es necesario capacitar al personal de polinización del campo para la correcta manipulación de la mezcla del polen/talco en el campo y así de esta manera asegurar la eficiencia y calidad del mismo hasta el momento de ser aplicado.
- B. Utilizar densidades de siembra más amplias en las plantaciones de palma para que no se dificulte la entrada de luz y no exista competencia por espacio entre ellas mismas (143 palmas / hectárea) y evitar la utilización de métodos de raleo e insumos, elevando costos.

## 1.8 Bibliografía

1. De la Cruz S, JR. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal 42 p.
2. Leiva, GO. 2005. Manejo agronómico de la palma africana (*Elaeisis guineensis* Jacq.). Informe final Perito Agrónomo. Chiquimula, Guatemala, Instituto Adolfo V. Hall de Oriente. 25 p.
3. Salas, R. 2005. La palma aceitera africana (*Elaeis guineensis*) (en línea). Venezuela, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía. Consultado 10 mar. 2015. Disponible en: <http://www.siam.info.ve/publicaciones/rsalas.htm>
4. SAVIA, Escuela de Pensamiento Ecologista, Guatemala. 2011. Realidad ecológica de Guatemala: una visión local de un problema global (en línea). Guatemala. 40 p. Consultado 10 mar. 2015 Disponible en: [http://www.guatemala.at/navegation\\_links/archiv/01-2011%20SAVIA%20la%20realidad%20ecologica%202011.pdf](http://www.guatemala.at/navegation_links/archiv/01-2011%20SAVIA%20la%20realidad%20ecologica%202011.pdf)
5. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.

Polando Barrera







## **CAPÍTULO II**

**EVALUACIÓN DE CUATRO METODOLOGÍAS PARA LA POLINIZACIÓN ASISTIDA EN PLANTACIONES DE PALMA ACEITERA VAR. (Deli x Nigeria) DE 15 MESES DE EDAD EN LA FINCA NOGALES, ENTRE RÍOS, PUERTO BARRIOS, IZABAL, GUATEMALA, C.A.**

**EVALUATION OF FOUR ASSESSMENT METHODOLOGIES FOR ASSISTED POLLINATION IN OIL PALM PLANTATIONS VAR. (Deli x Nigeria) 15 MONTHS OLD ON FARM NOGALES, VILLAGE ENTRE RÍOS, PUERTO BARRIOS, IZABAL, GUATEMALA, C.A.**

## 2.1 Presentación

La palma aceitera fue descrita por Nikolaus Joseph von Jacquin y publicada en *Selectarum Stirpium Americanarum Historia*, 280–282, pl. 172. en 1763 (*Eleais guineensis*), es uno de los cultivos que sustituyeron en Guatemala a el cultivo de algodón en la década de los ochentas, pero fue formalmente en el año de 1998 que se registra la siembra de este cultivo como tal; se buscaba diversas opciones que sustituyera y ofreciera más ventajas, siendo en los años de 1991 y 1992 en donde se tiene los primeros indicios donde se cosechan los primeros frutos. La palma de aceite se utiliza en la actualidad para fabricar productos y alimentos de consumo humano como; aceites de cocina, margarinas grasas, mantecas contribuyendo a la soberanía alimentaria y en usa industrial como; cosméticos, concentrados animal, producto de limpieza y aseo personal, lubricantes y aditivos.

La palma de aceite se ha cultivado en el país ocupando extensiones que van desde Quiché, San Marcos, Escuintla, Las Verapaces, Petén e Izabal, estableciéndose en áreas que anteriormente eran utilizadas para la producción de banano o la ganadería, pero principalmente en la sustitución del cultivo de algodón. La palma de aceite ocupaba, en el 2014, 130,000 ha (4% del territorio nacional). En la actualidad el país ocupa el primer lugar en rendimiento en la producción de aceite, con 5 T/ha, siendo el promedio mundial de 3.2 T/ha, obteniendo alrededor de 411,000 T en aceite crudo, satisfaciendo la demanda interna y exportando el excedente.

la polinización es de gran importancia para el rendimiento de este cultivo, ya que cuando es deficiente puede ocurrir mala formación de racimos, abortos y pudrición, pérdida en la biomasa promedio, baja producción y baja extracción de aceite. En el diagnóstico realizado en la finca Nogales, ubicada en la aldea Entre Ríos, Puerto Barrios, Izabal, se determinó en varias plantaciones de 15 meses de edad una escasa fructificación, lo cual se debe a una polinización natural insuficiente que a su vez se deriva de un bajo número de inflorescencias masculinas en antesis o de una mala diseminación del polen, limitando de esta manera la polinización y produciendo el aborto de frutos y/o la malformación de

estos. Este bajo número de frutos que se forman incide en el peso de los racimos, cuyo peso oscila entre 1 kg y 1.5 kg, lo cual disminuye la producción de aceite.

Para incrementar la polinización es necesario utilizar métodos de polinización asistida y debido a que existe escasa información sobre estos métodos, cuyos resultados pueden variar de acuerdo a las condiciones ambientales en donde se implementan, fue necesario evaluar cuatro métodos bajo las condiciones de la finca Nogales.

Obteniendo los resultados, con los tratamientos efectuados se incremento el peso por racimo, en orden descendente, el mayor peso, de 2.38 kg se alcanzó con la concentración de 1/10 de la relación en peso polen/talco (8.78 % de polen), cuando se aplicó el polen sin diluir (PAD) los racimos en promedio tuvieron 1.96 kg, el peso de los racimos en promedio fue de 1.93 kg cuando la relación de polen/talco fue de 1/7 (12.08 % de polen). Los racimos producidos por las plantas testigo (sin polinización asistida) fueron de 1.51 kg.

## **2.2 Marco Teórico**

### **2.2.1 Marco Conceptual**

#### **A. Origen de la palma de aceite**

Un estudio del Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias sobre el Cultivo de la Palma de Aceite, señala que la palma de aceite es originaria de África de la región del Golfo de Guinea, extendiéndose aproximadamente hasta los 15° de latitud norte y sur del Ecuador (FONAIAP, 1991).

El hábitat natural de la palma se encuentra en los márgenes de los grandes ríos del África Occidental y Central, en asociación con la palma *Raphia*, en galerías forestales o bosques donde no existe demasiada competencia por luz y suelos sujetos a inundaciones periódicas (4,18). El hombre y los animales son los agentes que más han contribuido a la distribución de la palma de aceite. Es probable que la palma aceitera haya sido introducida

a América en el siglo XVI junto con los esclavos, y que después de haberse adaptado se propagara espontáneamente como en Brasil (Vallejo, 1980).

## B. Taxonomía y morfología de la palma de aceite

La palma de aceite es una planta que pertenece a la familia Arecaceae y su nombre científico es *Elaeis guineensis*. En el cuadro 1 se presenta la taxonomía de la palma de aceite.

**Cuadro 1.** Taxonomía de la palma de aceite (*Elaeis guineensis*).

<b>Reino:</b>	Plantae
<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Liliopsida
<b>Orden:</b>	Arecales
<b>Familia:</b>	Areaceae
<b>Subfamilia:</b>	Arecoideae
<b>Género:</b>	Elaeis
<b>Especie:</b>	Guineensis

**Fuente:** Infoagro, 2009.

### a. Características de la palma de aceite

La palma de aceite una planta monoica y produce flores de ambos sexos. El tipo inflorescencia es un espádice formada por un pedúnculo y un raquis central ramificado. Antes de la abertura, la flor está cubierta por dos espatas. En la inflorescencia femenina, las flores se arreglan en espirales alrededor del raquis de las espigas. Cada flor está encerrada en una bráctea, que termina en una espiga y en una espina de longitud variable. Cada inflorescencia puede tener miles de flores femeninas. El ovario tiene tres carpelos. El estigma es sésil, con tres lóbulos. La antesis en la flor femenina dura de 3 a 5 días, iniciando de la parte superior de la flor hacia abajo (Hacienda La Cabaña, 2008).

### **b. Sistema radicular de la palma de aceite**

El sistema radicular de la palma de aceite es de forma fasciculada, con gran desarrollo de raíces primarias que parten del bulbo de la base del tallo en forma radial, en un ángulo de 45° respecto a la vertical, profundizando hasta unos 50 cm en el suelo y variando su longitud desde 1 m hasta más de 15 m por su consistencia y disposición aseguran un buen anclaje de la planta, aunque casi no tienen capacidad de absorción. Las raíces secundarias, de menor diámetro, son algo más absorbentes en la porción próxima a su inserción en las raíces primarias y su función principal es la de servir de base a las raíces terciarias y éstas a su vez, a las cuaternarias. Estos dos últimos tipos de raíces conforman la cabellera de absorción de agua y nutrientes para la planta. Las raíces secundarias tienen la particularidad de crecer en su mayoría hacia arriba, con su carga de terciarias y cuaternarias, buscando el nivel próximo a la superficie del suelo, de donde la planta obtiene nutrientes (INFOAGRO, 2009).

### **c. Tallo de la palma de aceite**

El tallo en la palma de aceite se desarrolla en tres o cuatro años, una vez que se ha producido la mayor parte del crecimiento horizontal del sistema radicular. Se inicia con la formación de un órgano voluminoso en la base del tallo que es la corona, que origina el ensanchamiento en la base del tronco y sirve de asiento a la columna del tallo, en el ápice del tallo, se encuentra la yema vegetativa o meristemo apical, que es el punto de crecimiento del tallo, de forma cónica enclavada en la corona de la palma y protegido por el tejido tierno de las hojas jóvenes que emergen de él en número de 45 a 50. Las bases de inserción de los pecíolos que permanecen vivos durante un largo tiempo, forman gruesas axilas que dan al árbol su aspecto característico. Al morir éstas, caen, dejando el tallo desnudo con un color oscuro, liso y adelgazado, característica que puede apreciarse en plantas muy viejas (INFOAGRO, 2009).

#### **d. Hojas de la palma de aceite**

Las hojas de la palma de aceite son verdes pinnadas, con folíolos dispuestos como pluma, a cada lado del pecíolo de 5 a 8 m. de longitud que constan de dos partes, el raquis y el pecíolo. A uno y otro lado del raquis existen de 100 a 160 pares de folíolos dispuestos en diferentes planos, correspondiendo el tercio central de la hoja a los más largos 1.20 m. El pecíolo muy sólido en su base y provisto de espinas en los bordes, las cuales se transforman en folíolos rudimentarios a medida que se alejan del tallo, presenta una sección transversal asimétrica, con tendencia triangular o de letra "D" y a medida que se proyecta hacia el raquis se va adelgazando, manteniendo siempre muy sólida la nervadura central (INFOAGRO, 2009).

#### **e. Inflorescencias de la palma de aceite**

Las flores masculinas poseen estambres y producen el polen (Raygada, 2005).

Las flores femeninas tienen ovario y estigma, no poseen estambres ni producen polen. Una flor femenina dura hasta cinco días en antesis disminuyendo a la vez su grado de receptibilidad con el tiempo (antesis: Período de la floración, en estado de fertilidad y receptividad de las flores) (Raygada, 2005).

Las flores se presentan en espigas aglomeradas en un gran espádice (espata que protege a una inflorescencia de flores unisexuales) que se desarrolla en la axila de la hoja. La inflorescencia puede ser masculina o femenina. La inflorescencia masculina está formada por un eje central, del que salen ramillas o espigas llamadas dedos, cilíndricos y largos, con un total de 500 a 1500 flores estaminadas, que se asientan directamente en el raquis de la espiga, dispuestas en espiral (INFOAGRO, 2009).

Las anteras producen abundante polen con un característico olor a anís. La inflorescencia femenina es un racimo globoso, de apariencia más maciza que la masculina, sostenido por un pedúnculo fibroso y grueso, que lleva en el centro un raquis esférico en el que se

insertan numerosas ramillas o espigas, cada una con 6 a 12 flores. La flor femenina presenta un ovario esférico tricarpelar coronado por un estigma trifido cuyas caras vueltas hacia fuera están cubiertas por papilas receptoras del polen (INFOAGRO, 2009).

La inflorescencia masculina es más grande que la femenina y conforman unas 100 espigas, cada una con entre 700 a 1.200 flores. Cada flor posee un periantio de seis segmentos, androceo tubular con seis anteras y un gineceo rudimentario. El fruto es una drupa ovoide, de 3 a 5 cm de largo. Los estigmas persisten en su extremo, en forma de tres pequeños apéndices arqueados. La antesis masculina dura de 1 a 4 días, iniciando de la parte basal de la flor hacia la parte superior de la misma, y de adentro hacia afuera (Hacienda La Cabaña 2008). En la figura 2 se presenta la antesis de la flor masculina de palma de aceite.



**Fuente:** Elaboración propia, 2014.

**Figura 2.** Antesis de la flor masculina de la palma de aceite.

La palma de aceite produce flores femeninas y masculinas en inflorescencias distintas y en forma separada en una misma planta, de tal manera que se necesita trasladar el polen de una flor a otra, es por esa razón que se necesita de agentes polinizadores para la fructificación. La acción del viento y los insectos es muy pobre, esta situación se ve más comprometida con los materiales genéticos (híbridos) de alta producción de racimos, que durante los 2 a 3 primeros años de producción de racimos, emiten muy pocas inflorescencias masculinas y son casi exclusivamente femeninas. La polinización asistida

se debe de iniciar entre los 30 a 36 meses de sembradas las palmas (Hacienda La Cabaña 2008). En las figuras 3 y 4 se presentan una inflorescencia masculina y una femenina respectivamente.



**Fuente:** INFOAGRO, 2009.

**Figura 3.** Inflorescencia masculina de palma de aceite.



**Fuente:** INFOAGRO, 2009.

**Figura 4.** Inflorescencia femenina de palma de aceite.

#### **f. Fruto de palma de aceite**

El fruto de palma de aceite es una drupa de forma ovoide, de 3 cm a 6 cm de largo y con un peso de 5 g a 12 g. aproximadamente. Están dispuestos en racimos con brácteas puntiagudas, son de color rojizo y alcanzan hasta los 4 cm de diámetro. Presentan una piel (exocarpio) lisa y brillante, una pulpa o tejido fibroso (mesocarpio) que contiene células con aceite, una nuez o semilla (endocarpio) compuesta por un cuesco lignificado y una almendra aceitosa o palmiste (endospermo) (INFOAGRO, 2009).



### **C. Clima para el cultivo de palma de aceite**

La palma de aceite es una planta propia de la región tropical calurosa, por ello se ubica en aquellas zonas que presentan temperaturas medias mensuales que oscilan entre 26 °C y 28 °C, siempre que las mínimas mensuales no sean inferiores a 21 °C. Temperaturas inferiores a 17 °C durante varios días provocan una reducción del desarrollo de plantas adultas y en vivero detienen el crecimiento de las plántulas, no soporta heladas. (INFOAGRO, 2009).

En cuanto a las precipitaciones, las condiciones favorables para esta especie están determinadas por la cantidad y distribución de las lluvias, que presentan rangos oscilantes entre 1800 mm y 2300 mm al año. Sin embargo, se puede presentar el caso de regiones con precipitaciones superiores a los 2300 mm pero con largas épocas de sequía, razón por la cual los rendimientos no se corresponden con el régimen hídrico de la zona. A pesar de ello, se estima que una disponibilidad de 125 mm al mes, es suficiente para lograr las máximas producciones, lo que indicaría, que zonas con 1500 mm de lluvia al año, regularmente distribuidas, son deseables para el cultivo de la palma aceitera (INFOAGRO, 2009).

En relación a la luz, la palma aceitera se identifica como planta heliófila, por sus altos requerimientos de luz. Para lograr altas producciones se requieren 1500 horas de luz al año, aproximadamente, siendo importante la distribución de las mismas. Por ello, las zonas que presentan valores medios mensuales superiores a las 125 horas de luz, se consideran adecuadas para el cultivo de esta planta. La insolación afecta, además, a la emisión de las inflorescencias, fotosíntesis, maduración de los racimos y contenido de aceite del mesocarpio, en cuanto a la humedad relativa, es necesario un promedio mensual superior al 75%. (INFOAGRO, 2009)

## **D. Condiciones de suelo para el cultivo de palma de aceite**

Los suelos óptimos para el cultivo de la palma aceitera, son suelos profundos con buen drenaje, de textura ligeramente arcillosa, con buen contenido en materia orgánica, topografía de plana a ligeramente ondulada con pendientes inferiores al 2 % y con un nivel de fertilidad de medio a alto. Los moderadamente ácidos (5,5-6,5), éstos en general presentan deficiencias de elementos nutritivos tales como nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y boro, que obligan a un manejo adecuado de la fertilización e imponen la aplicación de enmiendas. Cuando hay una alta acidez en el subsuelo se limita la profundización de las raíces y ocasiona susceptibilidad en las plantas a períodos prolongados de déficit hídrico, en los suelos ligeros, de textura arenosa a franco-arenosa, se presentan problemas de lavado y lixiviación de nutrientes, por lo que su consistencia es insuficiente para el soporte de la planta. Los suelos pesados, de textura arcillosa, presentan limitaciones para su manejo, por la dificultad para drenarlos y por la facilidad con la que se compactan (INFOAGRO, 2009).

Es necesario evitar la formación de horizontes excesivamente coherentes, ya que el sistema radical es sensible a dicho fenómeno. Por tanto, la palma aceitera se desarrolla de forma adecuada en medios porosos, con suficiente capacidad de saturación de humedad, que permitan, además de un buen desarrollo radical, soportar cortos períodos de sequía, sin disminuir su producción (INFOAGRO, 2009).

## **E. Actividades en la plantación de palma de aceite**

### **a. Propagación de la palma de aceite**

La selección del material de propagación es importante para asegurar altos rendimientos y calidad en el aceite de modo que haga rentable el cultivo de la palma. Si se utiliza semilla, ésta debe estar certificada y garantizar las siguientes características:

- Alto grado de pureza (> 95 %).

- Porcentaje de germinación superior al 85 %.
- Alta productividad en racimos: en condiciones óptimas de cultivo 28-30 toneladas por ha por año.
- Alta tasa de extracción de aceite del orden del 25 %.
- Precocidad en el inicio de la producción: 30-32 meses de la siembra definitiva.
- Crecimiento lento del tallo en altura: 40 a 45 cm. Por año (INFOAGRO, 2009).

Una vez seleccionada la semilla, se procede a su germinación, proceso que tarda entre 75 y 90 días, para luego transferirlas al vivero, donde una vez desarrolladas se trasplantan al campo (INFOAGRO, 2009).

También es posible colocar la semilla recién germinada en un pre-vivero, utilizándose bolsas negras de 20 cm de altura por 12 cm de ancho y colocadas unas al lado de las otras en bloques de 1 m de ancho, lo que permitirá colocar 70 plántulas por metro cuadrado. La duración de esta fase es de 60 a 120 días. Esta fase permite controlar en espacios relativamente pequeños, grandes cantidades de plántulas, de manera que el material trasplantado al vivero sea de muy buena calidad, ya que además de los controles realizados en el pre-vivero, se lleva a cabo una rigurosa selección de las plántulas, para lograr posteriormente un comportamiento lo más uniforme posible (INFOAGRO, 2009).

La fase de vivero tiene una duración de 10 a 12 meses. Un desarrollo inicial adecuado en esta fase repercute directamente sobre el comportamiento de las plántulas en el campo y afectará a la producción de racimos durante los primeros años de cosecha. El vivero debe tener una pendiente inferior al 2 % y disponibilidad suficiente de agua para riego (6 mm/día). Para el diseño del vivero es necesario conocer el número total de plantas requeridas, que permitirá establecer a su vez un diseño del sistema de riego adecuado. El área utilizada debe ser preferiblemente cuadrada o rectangular y la distribución de las plantas debe hacerse en triángulos equiláteros (tresbolillo) y a una distancia entre ellas de 0.9 m, 1 m o 1.2 m. dependiendo del tiempo que permanecerán en el vivero, 10 a 12 respectivamente (INFOAGRO, 2009).

De forma rutinaria, en vivero se realizan labores tales como control de malezas en el suelo y en las bolsas, riegos diarios, fertilización mensual y control de plagas y enfermedades. El control de malezas en las calles y drenajes debe hacerse preferiblemente con herbicidas pre-emergentes, sin embargo, en las bolsas se realiza a mano (INFOAGRO, 2009).

En vivero, un suministro suficiente de agua y a una frecuencia adecuada garantiza un buen desarrollo de la palma, por lo que se recomienda aplicar 6L por metro cuadrado, diariamente en la época seca. En invierno, la frecuencia de riego dependerá de las lluvias, teniendo presente, que si éstas son inferiores a los 6 mm deben completarse con el riego (INFOAGRO, 2009).

En cuanto a la fertilización, es conveniente realizar un análisis de suelo para elaborar un programa racional de fertilización (INFOAGRO, 2009).

Las plagas y enfermedades más comunes en el vivero son los zompopos, roedores, y en épocas de sequías prolongadas sin suministro adecuado de riego, pueden aparecer ácaros, que pueden ser evitados con riegos sistematizados (INFOAGRO, 2009).

En cuanto a enfermedades, son muy comunes algunos hongos de manchas foliares, tal es el caso de los diversos tipos de antracnosis causadas por los géneros *Botryodiplodia*, *Melanconium* y *Glomerella*. La prevención y el control de estas enfermedades se realizan con un manejo adecuado del vivero en cuanto a distanciamiento de las palmas, frecuencia de fertilización y volumen de agua suministrada por riego y aplicaciones preventivas de fungicidas (INFOAGRO, 2009).

En fase de vivero se suelen descartar un 5% de las plantas por razones tales como desarrollo de una planta inferior al promedio, folíolos soldados, dispersos o estrechos, perímetro del cuello inferior a 25 cm, etc. En general, las plantas seleccionadas deben presentar una armonía en su arquitectura, es decir, deben tener una altura entre 1 m y 1.2 m y un mínimo de 8 hojas funcionales (INFOAGRO, 2009).

También pueden utilizarse como material de propagación los hijuelos. La separación de estos de la planta madre se debe realizar con mucho cuidado, regando bien el suelo que se encuentra alrededor de la palma varios días antes de la separación, de forma que se asegure que buena parte de la tierra que rodea las raíces queda adherida a ellas. Si los hijuelos no se necesitan como material de propagación deben de eliminarse (INFOAGRO, 2009).

### **b. Siembra de la palma de aceite**

Existen un conjunto de labores previas a la siembra que son determinantes para garantizar el éxito de la misma y cuyos resultados influyen posteriormente en la obtención de las producciones esperadas. Algunas de estas labores son el acondicionamiento de los suelos, trazado y construcción de drenajes y vialidad interna, trazado de plantación o demarcación de parcelas y establecimiento de cultivos de cobertura (INFOAGRO, 2009).

La época de siembra adecuada para garantizar el cultivo es a inicios del período de lluvias, cuando se disponga en el suelo de suficiente humedad, para garantizar un buen desarrollo del sistema radical (INFOAGRO, 2009). Por otra parte, los distanciamientos de siembra más usados son de 9 x 9 m entre plantas, al tresbolillo y 7.8 m entre hileras, proporcionándonos una densidad de siembra de 143 plantas por ha, o bien distanciamientos de 8.5 m x 8.5 m entre plantas en el mismo sistema y 7.36 m entre hileras, con el que se obtienen 160 plantas ha. La orientación de las hileras de palmas debe ser Norte a Sur (INFOAGRO, 2009).

### **c. Resiembra de palma de aceite**

Las palmas plantadas en campo deben ser observadas periódicamente y aquellas que presenten algún desarrollo anormal o ataque por plaga o enfermedad letal, serán reemplazadas por plantas que para este fin se mantienen en vivero. Se estima que para esta fase un valor normal de reemplazo es el 5% del material sembrado (INFOAGRO, 2009).

#### **d. Poda**

La eliminación de hojas secas y seniles o no funcionales se realiza en el momento del corte del racimo, es decir, en la cosecha, sin embargo, es conveniente realizar una poda anual para eliminar inflorescencias masculinas deterioradas, racimos podridos y algunas epifitas que se desarrollan en el estipe. Por ningún motivo se cortarán hojas verdes funcionales (INFOAGRO, 2009).

#### **e. Fertilización**

La palma aceitera es una planta con un elevado potencial de producción y debido a su alta productividad, genera grandes volúmenes de biomasa en forma de hojas, inflorescencias, racimos, raíces y desarrollo del estipe. Por esta razón, la extracción y uso de los nutrientes en este cultivo es alto, unos procedentes de las reservas minerales que existen en el suelo, otros, producto del reciclaje de partes de la planta, también por efecto de la fijación de los cultivos de cobertura y por residuos vegetales de los mismos y por último, por abonados producto de un programa de fertilización (INFOAGRO, 2009).

En definitiva, los objetivos que se persiguen con la fertilización son el suministro de nutrientes para promover el desarrollo vegetativo y la resistencia a plagas y enfermedades y el reemplazamiento de los nutrientes exportados por los racimos en la cosecha (INFOAGRO, 2009).

Para elaborar un programa de fertilización lo más conveniente es llevar a cabo análisis foliares y de suelo. Los primeros constituyen una base fundamental para el conocimiento del estado nutricional de la planta. De la misma forma, el análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo es importante para determinar los procedimientos de manejo así como los requerimientos nutricionales del cultivo (INFOAGRO, 2009).

Una serie de ensayos sobre fertilización en palma aceitera, han permitido establecer una relación entre la producción y los porcentajes de elementos minerales (expresados en

materia seca), estableciéndose así los niveles críticos, aunque para cada plantación deberán establecerse los mismos. Estos datos se pueden utilizar para interpretar los resultados de los análisis foliares (INFOAGRO, 2009).

## **f. La polinización en palma de aceite**

### **i. Tipos de polinización**

La diseminación de polen lo pueden realizar agentes físicos como el viento (anemófilas), o un polinizador animal (zoófilas). Las características fenológicas y físicas de estas flores, como las de su polen, pueden ser marcadamente diferentes. Las zoófilas, el atrayente de sus polinizadores son sus olores y colores, como también se le atribuye el brindarles refugio y alimentos. Las palmas de aceite, poseen un olor característica en sus flores masculinas y femeninas en su periodo de antesis a anís. Esta polinización funciona en 80 % a 90 %. La polinización en plantas anemófilas suele suceder cuando las flores de la planta son poco vistosas y producen una gran cantidad de polen. En el caso de la palma aceitera este tipo de polinización funciona en un 5 % a 10% (Estrada, 2011).

### **ii. Agentes polinizadores**

La polinización zoófila de la palma aceitera es principalmente realizada por insectos curculiónidos del género *Elaeidobius*. En la figura 5 se presenta *Elaeidobius kamerunicus*, especie que fue identificada como el insecto polinizador más eficaz de la palma aceitera, son altamente específicas en cuanto al huésped en que pueden completar su ciclo de vida, depende en forma total de las inflorescencias masculinas de *E. guineensis* para su sobrevivencia como especie (Hacienda La Cabaña, 2008).

La palma de aceite es polinizada casi exclusivamente por el viento y los insectos, En la finca la abundancia de polen en las inflorescencias masculinas atrae a muchos insectos, en particular por el tipo: *Elaedobius kamerunicus*, sin embargo, ellas no visitan a las flores femeninas y por el suave olor a anís que emiten estas flores (Hacienda La Cabaña, 2008).



**Fuente:** Hacienda la Cabaña, 2008.

**Figura 5.** *Elaeidobius kamerunicus*.

### iii. Polinización de palma de aceite en el campo

Para la polinización de palma de aceite en el campo se colecta el polen de las flores masculinas que se encuentran en 3/4 de antesis, es decir flores de color amarillo claro, se cortan y bajan las flores masculinas en antesis con el mayor cuidado posible con el fin de mantener todo el polen de las flores hasta cuando estas estén en el suelo, después se procede a colar el polen recién recolectado para separar los insectos y la basura que vienen con el polen, luego se mantiene aislado y protegido el polen recolectado del sol y la humedad, en una hielera, con el fin de mantener sus cualidades de viabilidad (Celis, 2007).

### iv. Polinización asistida

Es una labor agronómica realizada en materiales con baja producción y viabilidad de polen, escasas flores masculinas e insectos polinizadores, lo que da como resultado una baja conformación de racimos. Su objetivo es mantener una conformación de racimo superior al 70 % en peso de frutos normales y frutos partenocárpico rojos que producen aceite sobre el total de los racimos; para alcanzar su potencial de aceite (ASD, 2009).

En la figura 6 se muestra un ejemplo de la actividad de polinización por medio de aspersión de una mezcla de polen y talco en una flor de palma de aceite.



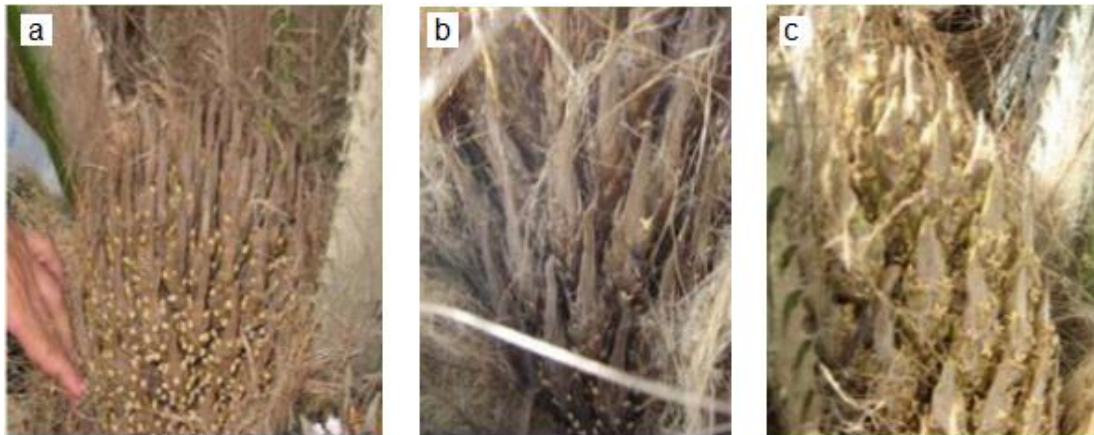


**Fuente:** Hacienda la Cabaña, 2008.

**Figura 6.** Polinización por medio de aspersión de una mezcla de polen y talco en una flor de palma de aceite.

#### v. Criterios para establecer el estado de las inflorescencias con fines de polinización

Existen tres estados de las inflorescencias con fines de polinización: flores en pleno anthesis, flores polinizadas doblemente y flores asistidas (figura 7).



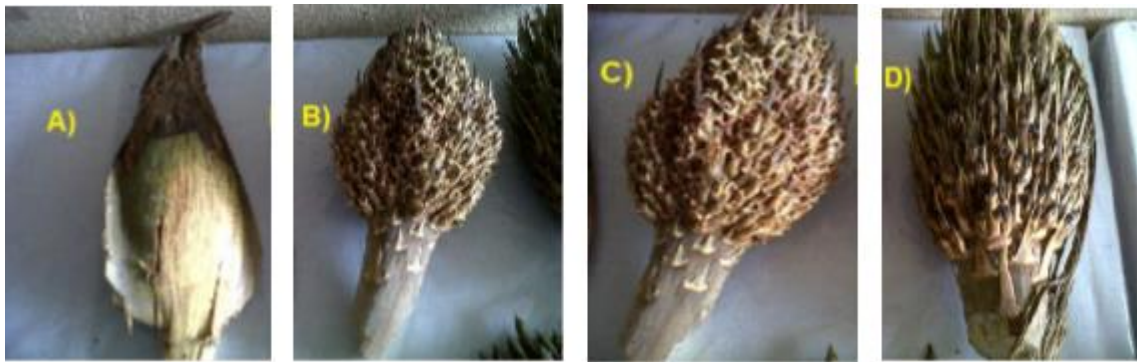
**Fuente:** Hacienda la Cabaña, 2008.

**Figura 7. a.** Flores de palma de aceite en pleno anthesis, **b.** flores de palma de aceite polinizadas doblemente y **c.** flores de palma de aceite asistidas.

En la figura anterior, se presentan flores en pleno anthesis, las cuales se encuentran aptas con más del 80 % de flores por racimo en este estado se consideran buenas para

polinizar; en la figura 7b, se presentan flores polinizadas doblemente, cuando la flor femenina presenta flores en antesis por debajo del 30 %; o que las espigas están totalmente abiertas y que permite polinizar en el siguiente ciclo; y en la figura 7c, se presentan flores asistidas, cuando el ciclo de antesis está pasando, y que pueden en un porcentaje bajo recibir polinización (Hacienda La Cabaña, 2008).

En la figura 8 se muestran 4 tipos de estado de inflorescencias, A) Inflorescencia cubierta por la espata donde no es posible realizar polinización, B) antesis  $\frac{1}{4}$  apta para la polinización, C) antesis  $\frac{3}{4}$  ideal para polinización y D) post-antesis en donde no hay recepción del polen (Hacienda La Cabaña, 2008).



**Fuente:** Hacienda La Cabaña, 2008.

**Figura 8.** Estado de cuatro inflorescencias de palma de aceite. A) Inflorescencia cubierta por la espata, B) antesis  $\frac{1}{4}$ , C) antesis  $\frac{3}{4}$  y D) post-antesis.

## F. Plagas y enfermedades de la palma de aceite

### a. Picudo de la palma (*Rhynchophorus palmarum*)

El adulto es negro (ocasionalmente levemente rojizo) de unos 20 a 41 mm de longitud. El macho frecuentemente es más pequeño que la hembra y posee un penacho de pelos sobre el pico. Vive 40 días o más, es de hábitos diurnos, pero con mayor actividad durante la mañana y al atardecer (INFOAGRO, 2009).

La larva no posee patas, es blanquecina o amarilla crema y presenta la región de la cabeza fuertemente endurecida. Su ciclo de vida es de 80 días a 160 días (INFOAGRO, 2009).

Al llegar al estado de pupa, la larva se rodea de material fibroso de la planta y permanece en este estado entre 16 días y 30 días. La pupación ocurre, generalmente, en las base de las hojas jóvenes o viejas, aunque también puede producirse en el tronco o en las bases peciolares de la base del mismo (INFOAGRO, 2009).

El daño directo lo causan las larvas que taladran y destruyen los tejidos internos en el tallo y el cogollo. Cualquier herida atrae a los adultos que depositan allí sus huevos. El ataque de las larvas puede matar una planta debido a daños en el meristemo principal o bien al desarrollo de pudriciones causadas por microorganismos (INFOAGRO, 2009).

Como mecanismo de control se utilizan distintos diseños de trampas para adultos preparadas a partir de tallos de palmas improductivas o que no son útiles por cualquier razón. Otro tipo de trampas utilizan pedazos de piña o caña machacada en recipientes de plástico o latas con agujeros. El uso de la feromona de agregación producida por el macho permite incrementar el número de capturas por trampa en un factor entre 6 y 30. Debido a la naturaleza agregada de la población adulta de *Rhynchophorus palmarum* la intensidad del trapeo puede variar entre 1 trampa y 10 trampas por ha (INFOAGRO, 2009).

#### **b. *Opsiphanes cassina* F.**

Esta plaga causa defoliaciones severas en palmas a partir de los siete años de edad, aunque también se han observado ataques en resiembras de pocos meses de edad cercanas a palmas adultas atacadas por la plaga. Las larvas, generalmente, pupan en las hojas, aunque gran cantidad de ellas también lo hacen en plantas epífitas que crecen sobre el tronco y en las malezas que crecen en el suelo (INFOAGRO, 2009).

### **c. Larvas defoliadoras (*Sibine sp.*)**

Las larvas de esta mariposa son fuertes defoliadores que pueden consumir hasta 50 cm cuadrados de tejido individualmente. Los primeros ataques normalmente se inician a la orilla de espacios abiertos tales como caminos, canales, etc. El índice crítico se ha establecido en 70 larvas a 80 larvas en la hoja para la palma adulta, siendo el nivel de referencia en la palma joven (3 a 5 años) de 35 larvas por hoja (INFOAGRO, 2009).

La especie *Sibine fusca* es tal vez la más común en la Palma aceitera. El adulto es una mariposa nocturna cuyas alas delanteras son de color rojo-marrón y las traseras marrones. El tamaño es del macho es de 34 mm y el de la hembra de 50 mm cuando están en reposo, las alas posteriores descansan sobre el cuerpo del insecto en forma de techo. Los adultos tienen el aparato bucal atrofiado y no se alimentan (INFOAGRO, 2009).

### **d. Ratas**

Las ratas son animales que se reproducen extremadamente rápido. En general generales, una hembra se encuentra sexualmente activa en 3-4 meses y produce una camada cada dos meses con un promedio de 6 individuos. El mayor daño lo causan en los racimos (INFOAGRO, 2009).

El combate de las ratas debe de ser integral debiendo manipular el ambiente de la plantación para hacerlo más inadecuado para la población de ratas. Esto implica destruir la mayoría de los sitios utilizados por los roedores para refugiarse y multiplicarse, siendo fundamental la limpieza y el control de malas hierbas en la plantación y complementando este método con el uso de cebos envenenados (INFOAGRO, 2009).

### **e. Pudrición de flecha**

La pudrición común de la flecha se presenta en plantas jóvenes y su sintomatología se desarrolla manchas necróticas y acuosas en los foliolos de la parte intermedia del raquis

que no son fácilmente visibles hasta que estos abren o la pudrición se generaliza en toda la flecha. La flecha atacada se puede doblar cerca de su base cuando aún la mayoría de tejidos están todavía verdes. La presencia de una o más flechas parcialmente podridas en su base y que cuelgan entre las hojas más viejas, es el típico cuadro de la enfermedad (INFOAGRO, 2009).

En el caso de la pudrición común de la flecha se ha recomendado ayudar a la planta enferma en el proceso de recuperación. Para esto se hace un tratamiento de cirugía del tejido enfermo, con una aplicación posterior de una mezcla de insecticida y fungicida (INFOAGRO, 2009).

### **G. Etapas para el procesamiento del fruto de la palma de aceite**

El aceite de palma se extrae del mesocarpio del fruto de la semilla de la palma aceitera, a través de procedimientos mecánicos. Está constituido por una mezcla de ésteres de glicerol (triglicéridos) y es fuente natural de carotenos y vitamina E. Gracias a su versatilidad, dada por su composición de ácidos grasos saturados e insaturados y su aporte nutricional, el aceite de palma y las fracciones líquida (oleína) y sólida (estearina) son empleadas en la elaboración de mezclas de aceites y margarinas para mesa y cocina, grasas de repostería y confitería, entre otras (TechnoServe, 2009).

Para lograrlo, son necesarias las siguientes etapas:

#### **a. Esterilización**

Se realiza a una presión de vapor de 40 lb a 45 lb por centímetro cuadrado, durante 70 a 75 minutos dependiendo del estado de madurez de los racimos. Los objetivos de la esterilización son facilitar el desprendimiento de los frutos del raquis, reducir los ácidos grasos libres del aceite, posibilitar el proceso de extracción del aceite al suavizar el mesocarpio y facilitar el proceso de clarificación del aceite (TechnoServe, 2009).

### **b. Desgranado**

Consiste en separar los frutos contenidos en las espigas o raquís de los racimos (TechnoServe, 2009).

### **c. Digestión**

Consiste en macerar los frutos bajo condiciones de vapor de agua a temperaturas de 95 °C. En esta fase se rompen las células en las cuales está contenida el aceite rojo este puede ser liberado espontáneamente o bien se facilita su extracción para la próxima etapa (TechnoServe, 2009).

### **d. Extracción del aceite**

Se realiza con prensas de tornillos de doble eje (TechnoServe, 2009).

### **e. Clarificación**

El aceite rojo del mesocarpio que sale de la prensa es aceite crudo, con altos contenidos de impurezas y gran cantidad de material fibroso proveniente del mesocarpio. Además, contiene materias no oleaginosas que se deben eliminar para lograr una buena calidad de los aceites (TechnoServe, 2009).

Otro producto derivado de la palma aceitera es el aceite de palmiste que se extrae de la almendra de la semilla del fruto. Para su obtención se llevan a cabo las siguientes operaciones:

### **i. Clasificación y rompimiento de las nueces**

Es conveniente para garantizar cierta homogeneidad en el material final. Esta operación se realiza haciendo pasar las almendras por zarandas especialmente diseñadas para tal fin (TechnoServe, 2009).

### **ii. Separación de las almendras y descarte del endocarpio**

El objetivo de esta labor es separar el endospermo o almendra de la nuez por diferencia de peso específico. Un método tradicional aún usado en muchas fábricas, consiste en utilizar una mezcla de agua y arcilla cuyo peso específico sea mayor que el de la almendra ( $1.07 \text{ g/cm}^2$ ) y menor que el del endocarpio ( $1.3 \text{ g/cm}^2$  a  $1.4 \text{ g/cm}^2$ ) de manera que las almendras son separadas fácilmente. Los sistemas más modernos hacen uso de hidrociclones (TechnoServe, 2009).

### **iii. Secado y ensacado de las almendras**

Una vez separadas las almendras, estas tienen aproximadamente un 20 % de humedad, la cual es inadecuada para el almacenamiento de las mismas. El método de secado más utilizado son los silos con secadores de aire caliente, en cuya parte inferior están incorporadas las rejillas vibratorias por donde salen las almendras secas al 6 % a 7 % de humedad para ser ensacadas y almacenadas (TechnoServe, 2009).

En el cuadro 2 se presentan las etapas y productos en la cadena productiva que se deriva del cultivo de la palma de aceite.

**Cuadro 2.** Etapas y productos en la cadena productiva que se deriva del cultivo de la palma de aceite.

ETAPAS Y PRODUCTOS EN LA CADENA PRODUCTIVA QUE SE DERIVA DEL CULTIVO DE LA PALMA				
ETAPAS	AGROINDUSTRIA			INDUSTRIA DE ACEITES Y GRASAS
	FASE AGRICOLA		FASE INDUSTRIAL PRIMARIA	FASE INDUSTRIAL AVANZADA
	CULTIVO	BENEFICIO	TRANSFORMACION INDUSTRIAL PRIMARIA	TRANSFORMACION INDUSTRIAL COMPLEJA
PRODUCTOS	FRUTO	ACEITE CRUDO	*ACEITE DE PALMA RBD (GRANEL) *OLEINA DE PALMA *ESTERINA DE PALMA *ACIDOS GRASOS	*ACEITES COMESTIBLES *MARGARINA *GRASAS PARA FREIR, HORNEAR, CONFITERIA, HELADOS *VANAPASTI *JABONES *ALIMENTOS CONCENTRADO PARA ANIMALES *ALCOHOLES *COMBUSTIBLES *EMULSIFICANTES
		ALMENDRA DE PALMISTE	*PALMISTE *ACEITE DE PALMISTE *OLEINA DE PALMISTE	

Fuente: Technoserve, 2009.

## 2.2.2 Marco Referencial

### A. Características climáticas y edáficas de la finca Nogales

Los factores edáficos y climáticos que se encuentran presentes en la finca nogales donde se ubica la plantación, son suelos franco arcillosos, con profundidades de 0.8 m y 1.5 m, la



permeabilidad es alta, la radiación solar se encuentra entre 5 a 8 horas/día, con una pluviometría de 2,000 mm/año a 3000 mm/año, la humedad relativa es de 60 % a 75 %, la temperaturas oscilan entre 25 °C y 38 °C, el pH del suelo es de 6.2.

## B. Ubicación geográfica de la finca Nogales

La finca Nogales de la empresa AGROCARIBE está ubicada en la aldea Entre Ríos, del municipio de Puerto Barrios, en el departamento de Izabal. En la figura 9 se muestra la ubicación de la finca Nogales, en el Sector 2 del Distrito 2 de AGROCARIBE S.A.



**Fuente:** Departamento técnico AGROCARIBE.

**Figura 9.** Ubicación geográfica de la finca Nogales en el departamento de Izabal, 2014.

## C. Material vegetal Deli x Nigeria

La variedad Deli X Nigeria fue desarrollada en Nigeria por el NIFOR (Nigerian Institute for Oil Palm Research). El crecimiento vertical de la Deli x Nigeria es de moderado a lento y se siembra a la densidad normal de 143 palmas por hectárea. Sus racimos son grandes (> 22 kg), con un contenido de aceite alto (28 % a 30%) y sus frutos medianos (9 g a 11 g). Esta variedad produce dos tipos de color de racimos; virescens y nigrescens,

aproximadamente 50 % de cada uno. Los frutos inmaduros en virescens son de color verde y los frutos nigrescens son de color negro brillante y ambos racimos tienen frutos de color anaranjado brillante cuando maduran; esta característica facilita la identificación de aquellos racimos con un grado óptimo de madurez durante la cosecha (ASD 2009). En la figura 10 se presentan racimos virescens y en la figura 11 se presentan racimos nigrescens (ASD, 2009).



**Fuente:** ASD, 2009.

**Figura 10.** Racimos virescens de palma de aceite.



**Fuente:** ASD, 2009.

**Figura 11.** **a.** Racimo nigrescens con frutos inmaduros y **b.** racimos virescens con frutos en proceso de maduración.

#### **D. Talco de Venecia o neutro**

El talco de Venecia es un material de partículas muy finas e inertes, sirviendo de medio para combinarlo con el polen, ayuda a que a la solución no absorba humedad y

proporciona muy buena movilidad al momento de realizar las aplicaciones. Este es un polvo blanco, inodoro, con un punto de fusión a 800°C, densidad de 2.75 g/L y es insoluble en agua (SAEQSA, 2005).

### E. Aparato de polinización en palma

La herramienta o instrumentos de polinización para palma aceitera no es mayor de 2 metros de altura, posee un recipiente con capacidad de 8 onzas de mezcla (polen + talco), su efectividad en la aplicación es del 95 % siempre y cuando la mezcla este sin humedad. (Hacienda La Cabaña 2008). En la figura 12 se presenta el aparato utilizado en la práctica de polinización de la palma de aceite.



**Fuente:** Hacienda La Cabaña, 2008.

**Figura 12.** Aparato utilizado en la práctica de polinización de la palma de aceite.

## 2.3 Objetivos

### 2.3.1 Objetivo General

Evaluar métodos de polinización asistida en plantaciones de palma de aceite *Eleais guineensis* Deli x Nigeria con el propósito de incrementar el peso de los racimos.

### 2.3.2 Objetivos Específicos

1. Establecer la efectividad de los métodos de polinización asistida por medio del incremento en el peso de los racimos producidos.
2. Conocer la proporción de tipos de frutos que se producen con cada uno de los métodos de polinización asistida.
3. Evaluar el potencial de producción de aceite de los racimos que se obtienen con cada uno de los métodos de polinización asistida.

## 2.4 Hipótesis

1. Al menos uno de los métodos de polinización asistida producirá incremento en el peso de los racimos producidos de palma de aceite *Eleais guineensis* Deli x Nigeria.
2. Al menos uno de los métodos de polinización asistida inducirá mejor proporción de tipos de frutos.
3. Al menos uno de los métodos de polinización asistida incrementara la producción de aceite de los racimos.

## 2.5 Metodología

### 2.5.1 Tratamientos y dosis

Se evaluaron cuatro tratamientos de polinización asistida, el primero con una relación 1:10 polen/talco (8.78 % de polen), el segundo con una relación 1:7 polen/talco (12.08 % polen), el tercero con polinización asistida sin dilución de polen sin diluir (100 % polen) y cuarto tratamiento que corresponde al testigo. En el cuadro 3 se presenta la descripción y dosis por inflorescencia de los cuatro tratamientos.

**Cuadro 3.** Descripción y dosis para inflorescencia de los tratamientos.

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN	DOSIS/INFLORESCENCIA	% Peso / Mezcla
<b>T1</b>	Relación de polen / Talco (1:10) (g polen /g talco)	0.67 g. Polen/6.96 g. Talco	8.78% P 91.22 T
<b>T2</b>	Relación de polen / Talco (1:7) (g polen /g talco)	0.67 g. Polen /4.875 g. Talco	12.08% P 87.92% T
<b>T3</b>	Polinización asistida directamente -PAD- (polen sin talco)	0.16 g. Polen	Polen sin diluir 100%
<b>T4</b>	TESTIGO	Sin polen	

**Fuente:** elaboración propia, 2014.

### 2.5.2 Diseño experimental

Se utilizó el diseño experimental de bloques al azar con cuatro tratamientos y cinco repeticiones.

### 2.5.3 Modelo estadístico

El modelo estadístico para el diseño de bloques al azar es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Siendo:

$Y_{ij}$ = variable de respuesta observada o medida en el i-ésimo tratamiento y el j-ésimo bloque.  $\mu$  = media general de la variable de respuesta

$\tau_i$ = efecto del i-ésimo tratamiento

$\beta_j$ = efecto del j-ésimo bloque

$\epsilon_{ij}$ = error asociado a la ij-ésima unidad experimental.

#### 2.5.4 Unidad experimental

La unidad experimental estuvo compuesta por 4 surcos, separados 9 m entre planta y 9 m entre surco (tresbolío). El área total fue de 3 ha. Cada una de las parcelas tuvo 20 palmas, con un total de 80 palmas por bloque. El experimento tuvo un total de 20 unidades experimentales ( $t \times r = 4 \times 5 = 20$  U.E.).

#### 2.5.5 Parcela neta

De los 4 surcos que conformaron la unidad experimental, únicamente 4 surcos constituyeron la parcela neta o útil. Los surcos de los extremos sirvieron de efecto de borde. Además, de las 5 palmas que tuvo cada surco se dejaron 4 palmas por surco en cada uno de los extremos de efecto de borde, reduciéndose a 5 palmas por surco.

#### 2.5.6 Distribución de los tratamientos

La distribución de los tratamientos de polinización asistida y el testigo se realizaron al azar en cada uno de los bloques, en la figura 13 se presentan los tratamientos con relación 1:10 polen/talco (8.78 % de polen), el tratamiento con una relación 1:7 polen/talco (12.08 % de polen), el tratamiento con polinización asistida directamente (polen sin diluir) y el tratamiento testigo.



## **2.5.7 Manejo del experimento**

### **A. Tiempo experimental**

La investigación se realizó de octubre 2014 a mayo 2015.

### **B. Material vegetal**

La variedad que se utilizó en el área experimental será Deli X Nigeria.

### **C. Distanciamiento de siembra**

El distanciamiento de la plantación a la que se le aplicó los tratamientos fue de 8.5 m X 8.5 m sembrada al tresbolillo.

### **D. Delimitación de parcelas**

Para la delimitación de las parcelas se utilizó los centros fruteros utilizados en la empresa para llevar el control de todas las actividades realizadas en las plantaciones.

### **E. Aplicación de los tratamientos**

Para la aplicación de los tratamientos con polen diluido con talco se utilizaron instrumentos de polinización para palma aceitera, el cual consiste en tubo de salida, mangueras de mezcla, tubo de almacenaje y bomba de succión. Su efectividad en la aplicación es del 95 % siempre y cuando la mezcla este sin humedad. La metodología fue la siguiente: Se trasladó desde el casco de la finca hacia el lugar de aplicación, posteriormente se procedió a realizar una revisión de los materiales, previamente se recolecto el polen de las flores masculinas de las palmas y se procedió a tamizar y pesar en el laboratorio para cargar el polinizador con las diferente concentraciones de talco polen y después proceder a polinizar.



Para el tratamiento en el que se aplicó polen sin dilución, se obtuvo polen de flores masculinas y se realizó la polinización, se esparció el polen sobre la flor con el aparato polinizador, para llevar a cabo la aplicación del tratamiento y por último el testigo no fue sometido a polinización asistida.

### **2.5.8 Variables de respuesta**

#### **A. Peso del racimo en kilogramos**

Para poder medir los efectos de las concentraciones de polen aplicadas en los diferentes tratamientos evaluados, se midió el peso del racimo (kg) a los 180 días después de haber realizado la polinización.

#### **B. Conformación del racimo en porcentaje**

Después de establecer el peso del racimo, se realizó una partición del racimo para conocer el número de frutos normales (frutos con aceite y nuez), frutos partenocárpico (frutos con aceite, y sin nuez) y frutos abortivos (frutos sin aceite y sin nuez) que contenía cada racimo. Dicha variable se midió en porcentaje, y posteriormente se sacó el peso del mismo.

#### **C. Potencial de producción de aceite**

Para medir el potencial de extracción de aceite de los racimos evaluados se tomaron las muestras de cada tratamiento y fueron enviados al laboratorio para su análisis.

### **2.5.9 Análisis de la información**

Se realizó análisis de varianza (ANDEVA) para determinar si existía diferencia estadística significativa entre los tratamientos para cada una de las variables de respuesta, y un

análisis POST ANDEVA (TUKEY) para las variables en las que se estableció diferencia estadística. Ambos análisis se realizaron en el programa INFOSTAT.

## 2.6 Resultados y discusión

### 2.6.1 Efectividad de los métodos de polinización asistida

El cuadro 4 presenta los resultados de pesos de los racimos en kilogramos para cada dosis de polen evaluada, obtenidos a los 180 días de haberse realizado la última polinización.

**Cuadro 4.** Promedios de pesos por tratamiento (kg/racimo)

	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	Bloque V	Promedio
<b>T1 (rel. Polen talco 1:10)</b>	2.43	2.48	2.50	2.18	2.30	<b>2.378</b>
<b>T2 (rel. Polen talco 1:7)</b>	1.90	2.07	1.88	1.82	1.98	<b>1.930</b>
<b>T3 (Polen sin talco)</b>	2.35	2.17	1.60	1.92	1.65	<b>1.938</b>
<b>T4 (testigo)</b>	1.62	1.57	1.05	1.60	1.73	<b>1.514</b>

En este cuadro se puede observar que el T1, relación de polen:talco 1:10 (8.78% polen) presentó el mayor promedio de peso con un valor de 2.378 kg/racimo. A este le sigue el tratamiento T3 (Polen sin talco) con un promedio de 1.938 kg/racimo; seguido del T2 (relación polen:talco 1:7) con un promedio de 1.930 kg/racimo y por último el T4 (testigo sin polen) con un promedio de 1.514 kg/racimo.

Se realizó el ANDEVA a esta variable utilizando la herramienta Infostat a un grado de significancia  $\alpha = 5\%$  cuyos resultados se pueden ver en el cuadro 5.

**Cuadro 5.** Salida de resultados de INFOSTAT del ANDEVA de la variable “peso promedio por racimo (kg)”.

Peso promedio por racimo (kg)					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Peso promedio por racimo (..	20	0,81	0,69	10,77	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2.17	7	0.31	7,10	0,0017
Tratamiento	1.88	3	0.63	14,35	0,0003*
Bloque	0.29	4	0.07	1,66	0,2227
Error	0.52	12	0.04		
Total	2.69	19			
<i>(p &gt; 0,05)</i>					
<i>* Existe diferencia significativa</i>					

Tal como se mencionó en la metodología, el modelo estadístico probado para esta variable fue el de bloques al azar:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Siendo:

$Y_{ij}$ = peso de cada racimo de palma (kg) medido en la ij-ésima parcela experimental.

$\mu$  = media general del peso de racimos de palma (kg).

$\tau_i$ = efecto del i-ésimo tratamiento de polinización asistida.

$\beta_j$ = efecto del j-ésimo bloque

$\varepsilon_{ij}$ = error asociado a la ij-ésima parcela experimental.

Las hipótesis evaluadas en el ANDEVA, bajo los supuestos descritos en la metodología, fueron:

**Ho (hipótesis nula):**  $\tau = \tau_i$  (todos los tratamientos de polinización asistida producen el mismo efecto sobre el peso de los racimos de palma - kg/racimo-).

**Ha (hipótesis alterna):**  $\tau \neq \tau_i$  para al menos un i; i = 1,2,3,4. (Al menos uno de los tratamientos de polinización asistida produce efectos distintos de los demás sobre el peso de los racimos de palma - kg/racimo-).

Los resultados del ANDEVA en el cuadro 5 muestran un valor  $p=0.0003$  para la fuente de variación de interés: "Tratamiento", el cual es menor que el grado de significancia  $\alpha=0.05$ , indicando que sí existe diferencia significativa, es decir, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna concluyendo que efectivamente al menos uno de los tratamientos de polinización asistida produce efectos distintos de los demás sobre el peso de los racimos de palma. Además se obtuvo un coeficiente de variación  $CV=10.77\%$ , lo cual se considera aceptable al ser comparado con los resultados de otros experimentos como el de Estrada, 2011.

Dadas las diferencias significativas comprobadas con el ANDEVA, se realizó una comparación múltiple de medias de Tukey cuyos resultados se pueden observar en el cuadro 6.

**Cuadro 6.** Salida de resultados de INFOSTAT de la comparación múltiple de medias de Tukey para la variable "peso promedio por racimo (kg)".

<b>Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0.39232</b>				
<i>Error: 0.0437 gl: 12</i>				
<u>Método de polinización</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
T1 (rel.1:10 talco/polen)	2.38 kg/racimo	5	0.09	A
T3 (PAD Polen sin diluir)	1.94 kg/racimo	5	0.09	B
T2 (rel.1:7 talco/polen)	1.93 kg/racimo	5	0.09	B
T4 (testigo - sin polen)	1.51 kg/racimo	5	0.09	C
<i>Medias con una letra común no son significativamente diferentes (<math>p &gt; 0,05</math>)</i>				

En este se observa que el método de polinización más efectivo es el T1, con una relación de polen/talco 1:10 (8.78 % polen) ya que presenta la mayor media para la variable respectiva y se encuentra en un grupo "A" distinto al resto de tratamientos. En un segundo plano se encuentran los métodos T3 (PAD, polen sin diluir) y T2 (relación talco/polen 1:7 - 12.08 % polen-), contenidos en el grupo "B" de tukey y por último se encuentra el "TESTIGO" en un grupo "C" (figura 14).



**Figura 14.** Peso promedio en kilogramos por racimo de cada tratamiento evaluado.

Estos resultados indican en primer lugar que con la polinización asistida se obtienen pesos de racimos significativamente más altos que cuando no se utiliza. También se puede observar que el uso de talco tiene cierto efecto en la polinización: en el caso de la relación 1:7, esta no tiene un efecto significativamente diferente a aplicar el polen sin diluir, sin embargo, una relación más diluida como la 1:10 demostró incidir en un peso de racimo significativamente más alto, lo cual demuestra la efectividad del talco como vehículo dispersante.

Con un nivel de significancia del 5 %, la relación de 1 polen: 10 talco (8.78 % polen) Resultó con un mejor rendimiento en el peso del racimo con 2.38 kg, aunque la relación 1 polen: 7 talco (12.08 % polen) y la relación (polen sin diluir) posee rendimientos estadísticamente iguales. Los rendimientos que se han obtenido en la finca Nogales en las plantaciones para el año 2014 de enero-abril, el peso promedio de los racimos han sido de 0.5 kg utilizando una relación de 1 de polen: 7 de talco (12.08 % polen). Manejando una dosis diferente de 1 polen: 10 talco (8.78 % polen) se logra aumentar el peso del racimo en un 61 % lo cual hace que los niveles de aceite al momento de la extracción sean mayores. Hay que tomar en cuenta que para poder llegar a obtener estos rendimientos es muy importante que al momento de la polinización las espatas protectoras de las inflorescencias están descubiertas en su totalidad, si se puede observar al no aplicar nada de polen y solamente bajar la espata de la inflorescencia se obtienen rendimientos en el

peso del racimo de 1.51 kg, sin embargo, con aumentar un 1 kg el peso del racimo, se logra pagar el costo de mano de obra de la polinización.

## 2.6.2 Proporción de frutos producidos por cada método de polinización

El cuadro 7 muestra el peso en porcentaje de los diferentes frutos que conforman el racimo de cada tratamiento a los cuales se les hizo un ANDEVA.

**Cuadro 7.** Cantidad promedio de frutos que conforman el racimo según su tipo.

Tratamiento	Frutos Normales	%	Partenocárpicos	%	Abortivos	%
T1	2931	7.20	1687	4.01	1704	2.85
T2	1264	6.04	1966	7.99	1970	6.42
T3	1929	4.48	1661	3.64	1980	6.56
T4	1756	2.28	1711	4.36	1803	4.16

### A. Número total de frutos por racimo

En el cuadro 8 se pueden ver los resultados de la variable número total de frutos por racimo.

**Cuadro 8.** Número total de frutos por racimo.

	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	Bloque V	Promedio
T1 (rel. Polen talco 1:10)	420	341	409	407	529	<b>421</b>
T2 (rel. Polen talco 1:7)	460	436	322	195	357	<b>354</b>
T3 (Polen sin talco)	435	432	329	375	268	<b>368</b>
T4 (testigo)	367	436	241	371	342	<b>351</b>

Según estos resultados, el T1 (relación polen:talco 1:10) fue el que presentó el mayor promedio con 421 frutos por racimo, seguido del T3 (polen sin talco) con 368 frutos por racimo; del T2 (relación polen:talco 1:7) con 354 frutos por racimo y del T4 (testigo) con 351 frutos por racimo.

Los resultados del ANDEVA realizado a esta variable se pueden observar en el cuadro 9.

**Cuadro 9.** Salida de resultados de Infostat del ANDEVA de la variable número total de frutos por racimo.

Número total de frutos					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Número total de frutos	20	0.39	0.03	20.82	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	46189.32	7	6598.47	1.09	0.4263
Tratamiento	15942.34	3	5314.11	0.88	0.4796 ns
Bloque	30246.99	4	7561.75	1.25	0.3421
Error	72603.48	12	6050.29		
Total	118792.80	19			

El modelo estadístico probado para esta variable fue el de bloques al azar:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Siendo:

$Y_{ij}$ = número total de frutos por racimo en la ij-ésima parcela experimental.

$\mu$  = media general del número de frutos por racimo.

$\tau_i$ = efecto del i-ésimo tratamiento de polinización asistida.

$\beta_j$ = efecto del j-ésimo bloque

$\varepsilon_{ij}$ = error asociado a la ij-ésima parcela experimental.

Las hipótesis evaluadas en el ANDEVA, bajo los supuestos descritos en la metodología, fueron:

**Ho (hipótesis nula):**  $\tau = \tau_i$  (todos los tratamientos de polinización asistida producen el mismo efecto sobre el número total de frutos por racimo).

**Ha (hipótesis alterna):**  $\tau \neq \tau_i$  para al menos un i; i = 1,2,3,4. (al menos uno de los tratamientos de polinización asistida produce efectos distintos de los demás sobre el número de frutos por racimo).

Los resultados del ANDEVA en el cuadro 9 muestran un valor  $p=0.4796$  para la fuente de variación de interés: "Tratamiento", el cual es mayor que el grado de significancia  $\alpha=0.05$ , indicando que no existe diferencia significativa, es decir, se acepta la hipótesis nula y se concluye que todos los tratamientos de polinización asistida producen el mismo efecto sobre el número total de frutos por racimo. Además se obtuvo un coeficiente de variación  $CV=20.82\%$ , lo cual se considera aceptable.

### B. Frutos normales por racimo

El cuadro 10 presenta los resultados del número de frutos/racimo obtenidos en el experimento.

**Cuadro 10.** Número de frutos normales por racimo por tratamiento.

	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	Bloque V	Promedio
<b>T1 (rel. Polen talco 1:10)</b>	141	229	271	189	148	<b>196</b>
<b>T2 (rel. Polen talco 1:7)</b>	111	44	85	74	145	<b>92</b>
<b>T3 (Polen sin talco)</b>	192	142	52	152	88	<b>125</b>
<b>T4 (testigo)</b>	128	153	44	104	155	<b>117</b>

En este cuadro se puede observar que el tratamiento T1 (rel. Polen talco 1:10) fue el que mayor número de frutos normales produjo con una media de 196 frutos normales por racimo. Le siguen los tratamientos T3 (polen sin talco), T4 (testigo) y T2 (rel. Polen talco 1:7) con medias de 125, 117 y 92 frutos normales por racimo respectivamente.

Se realizó el ANDEVA a esta variable bajo el modelo de bloques al azar:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Siendo:

$Y_{ij}$ = número de frutos normales por racimo en la  $ij$ -ésima parcela experimental.

$\mu$  = media general del número de frutos normales por racimo.

$\tau_i$ = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento de polinización asistida.



$\beta_j$ = efecto del j-ésimo bloque

$\epsilon_{ij}$ = error asociado a la ij-ésima parcela experimental.

Las hipótesis evaluadas en el ANDEVA, bajo los supuestos descritos en la metodología, fueron:

**Ho (hipótesis nula):**  $\tau = \tau_i$  (todos los tratamientos de polinización asistida producen el mismo efecto sobre el número de frutos normales por racimo).

**Ha (hipótesis alterna):**  $\tau \neq \tau_i$  para al menos un  $i$ ;  $i = 1,2,3,4$ . (al menos uno de los tratamientos de polinización asistida produce efectos distintos de los demás sobre el número de frutos normales por racimo).

Los resultados del ANDEVA se pueden ver en el cuadro 11.

**Cuadro 11.** Salida de resultados de infostat del ANDEVA del número de frutos normales por racimo.

Número de frutos normales por racimo						
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV		
Número de frutos normales	20	0.61	0.37	35.82		
<i>Datos desbalanceados en celdas.</i>						
<i>Para otra descomposición de la SC</i>						
<i>especifique los contrastes apropiados.. !!</i>						
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	41297.38	7	5899.63	2.63	0.0680	
Tratamiento	29500.50	3	9833.50	4.38	0.0267	*
Bloque	11796.87	4	2949.22	1.31	0.3201	
Error	26951.97	12	2246.00			
Total	68249.35	19				

Estos resultados muestran un valor  $p=0.0267$  para la fuente de variación de interés: "Tratamiento", que al ser comparado con el grado de significancia  $\alpha=0.05$ , indica que sí existe diferencia significativa, es decir, se acepta la hipótesis alterna y se concluye que los tratamientos de polinización asistida producen efectos distintos sobre el número de frutos normales por racimo. El coeficiente de variación  $CV=35.82\%$  indica una alta variabilidad

en los datos, lo cual puede deberse a otros factores distintos al método de polinización.

Se realizó una comparación múltiple de medias de Tukey para la variable número de frutos normales por racimo cuyos resultados se pueden ver en el cuadro 12.

**Cuadro 12.** Salida de datos para la comparación múltiple de medias sobre la variable número de frutos normales por racimo.

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=88.98778**

Error: 2245.9977 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
T1 (Rel. 1:10)	191.95	5	21.54	A	
T3 (PAD)	125.27	5	21.19	A	B
T4 (Testigo)	117.07	5	21.19	A	B
T2 (Rel. 1:7)	91.63	5	21.19		B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

Según la comparación múltiple de medias de Tukey, el T1 (relación polen:talco 1:10) es el que presenta la mayor media de número de frutos normales por racimo y se ubica en un grupo "A" distinguiéndose de los demás. Al T1 le siguen el T3 (PAD) y el T4 (Testigo) ubicados en un grupo "AB", lo cual quiere decir que estos producen los mismos efectos entre ellos, los cuales se encuentran en una fase intermedia entre el T1 y T2. Por último se encuentra el T2 (relación polen:talco 1:7), el cual presentó la menor media y se ubica en un grupo B.

Al comparar estos resultados con los pesos de los racimos, se puede ver que es posible que el hecho de que el T1 presente el mayor peso de racimos se deba a que este mismo es el que presenta el mayor número de frutos normales, sin embargo es necesario continuar con el análisis del número de frutos partenocárpico, abortivos y sus respectivos pesos, lo cual se hace a continuación.

### C. Frutos partenocárpico por racimo

El cuadro 13 presenta el número de frutos partenocárpico por racimo por cada tratamiento.

**Cuadro 13.** Número de frutos partenocárpicos / racimo.

	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	Bloque V	Promedio
<b>T1 (rel. Polen talco 1:10)</b>	186	25	47	131	173	112
<b>T2 (rel. Polen talco 1:7)</b>	144	242	126	64	80	131
<b>T3 (Polen sin talco)</b>	61	159	124	113	96	111
<b>T4 (testigo)</b>	102	143	126	86	114	114

En este caso es deseable obtener la menor cantidad de frutos partenocárpicos posible. En este cuadro se puede observar que el tratamiento T3 (polen sin talco) fue el que menor número de frutos produjo con una media de 111 frutos/racimo. Le siguen los tratamientos T1 (rel. Polen talco 1:10), T4 (testigo) y T2 (rel. Polen talco 1:7) con medias de 112, 114 y 131 frutos/racimo respectivamente.

Se realizó el ANDEVA a esta variable bajo el modelo de bloques al azar:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Siendo:

$Y_{ij}$ = número de frutos partenocárpicos por racimo medido en la ij-ésima parcela experimental.

$\mu$  = media general del número de frutos partenocárpicos por racimo.

$\tau_i$ = efecto del i-ésimo tratamiento de polinización asistida.

$\beta_j$ = efecto del j-ésimo bloque

$\varepsilon_{ij}$ = error asociado a la ij-ésima parcela experimental.

Las hipótesis evaluadas en el ANDEVA, bajo los supuestos descritos en la metodología, fueron:

**Ho (hipótesis nula):**  $\tau = \tau_i$  (todos los tratamientos de polinización asistida producen el mismo efecto sobre la cantidad de frutos partenocárpicos/racimo).

**Ha (hipótesis alterna):**  $\tau \neq \tau_i$  para al menos un i; i = 1,2,3,4. (al menos uno de los

tratamientos de polinización asistida produce efectos distintos de los demás sobre la cantidad de frutos partenocárpicos por racimo).

Los resultados del ANDEVA se pueden ver en el cuadro 14.

**Cuadro 14.** Salida de resultados de INFOSTAT para el ANDEVA a la variable “número de frutos partenocárpicos por racimo”.

Número frutos partenocárpicos / racimo					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Número frutos partenocárpicos	20	0,12	0,00	51.41	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5945,60	7	849,37	0,23	0,9683
Tratamiento	1357,80	3	452,60	0,12	0,9436 ns
Bloque	4587,80	4	1146,95	0,32	0,8615
Error	43482,20	12	3623,52		
Total	49427,80	19			

*ns= no existe diferencia significativa (p > 0,05)*

En este se determinó que el método de polinización asistida no produce un efecto significativamente diferente en el número de frutos partenocárpicos/racimo. Esto se comprueba al observar el ANDEVA, en donde el valor de probabilidad  $p=0.9436$  es mayor que el grado de significancia  $\alpha=0.05$  aceptando la hipótesis nula. Esto quiere decir que no existen diferencias significativas en cuanto al número de frutos partenocárpicos por racimo por método de polinización. El coeficiente de variación fue bastante alto  $CV=51.41\%$ , lo cual demuestra una gran variabilidad en los resultados que puede deberse a otros factores diferentes al método de polinización.

#### D. Frutos abortivos por racimo

El cuadro 15 presenta el número de frutos abortivos por racimo por cada tratamiento.

**Cuadro 15.** Número de frutos abortivos por racimo.

	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	Bloque V	Promedio
<b>T1 (rel. Polen talco 1:10)</b>	95	88	90	87	208	<b>114</b>
<b>T2 (rel. Polen talco 1:7)</b>	205	151	111	57	132	<b>131</b>
<b>T3 (Polen sin talco)</b>	182	130	154	109	85	<b>132</b>
<b>T4 (testigo)</b>	137	139	71	181	73	<b>120</b>

En este cuadro se puede observar que el tratamiento T3 (polen sin talco) fue el que menor número de frutos produjo con una media de 132 frutos abortivos/racimo. Le siguen los tratamientos T2 (rel. Polen talco 1:7), T4 (testigo) y T1 (rel. Polen talco 1:10) con medias de 131, 120 y 114 frutos abortivos/racimo respectivamente.

Se realizó el ANDEVA a esta variable bajo el modelo de bloques al azar:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Siendo:

$Y_{ij}$ = número de frutos abortivos por racimo medido en la ij-ésima parcela experimental.

$\mu$  = media general del número de frutos abortivos por racimo.

$\tau_i$ = efecto del i-ésimo tratamiento de polinización asistida.

$\beta_j$ = efecto del j-ésimo bloque

$\varepsilon_{ij}$ = error asociado a la ij-ésima parcela experimental.

Las hipótesis evaluadas en el ANDEVA, bajo los supuestos descritos en la metodología, fueron:

**Ho (hipótesis nula):**  $\tau = \tau_i$  (todos los tratamientos de polinización asistida producen el mismo efecto sobre la cantidad de frutos abortivos/racimo).

**Ha (hipótesis alterna):**  $\tau \neq \tau_i$  para al menos un  $i$ ;  $i = 1,2,3,4$ . (al menos uno de los tratamientos de polinización asistida produce efectos distintos de los demás sobre la cantidad de frutos abortivos por racimo).

Los resultados del ANDEVA se pueden ver en el cuadro 16.

**Cuadro 16.** Salida de resultados de INFOSTAT para el ANDEVA de la variable “número de frutos abortivos por racimo”.

Número frutos abortivos / racimo					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Número frutos abortivos / ..	20	0,19	0,00	41,32	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7194,95	7	1027,85	0,39	0,8908
Tratamiento	1190,95	3	396,98	0,15	0,9273 ns
Bloque	6004,00	4	1501,00	0,57	0,6899
Error	31632,80	12	2636,07		
Total	38827,75	19			
ns= no existe diferencia significativa (p > 0,05)					

Estos resultados muestran un valor  $p=0.9273$  para la fuente de variación de interés: “Tratamiento”, que al ser comparado con el grado de significancia  $\alpha=0.05$ , indica que no existe diferencia significativa, es decir, se acepta la hipótesis nula y se concluye que los tratamientos de polinización asistida producen el mismo efecto sobre el número de frutos abortivos por racimo. El coeficiente de variación  $CV=41.32\%$  indica una alta variabilidad en los datos, lo cual puede deberse a otros factores distintos al método de polinización.

### E. Peso de frutos normales

En el cuadro 17 se puede observar los resultados de la variable, peso total de frutos normales.

**Cuadro 17.** Peso de frutos normales por racimo (kg / racimo).

	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	Bloque V	Promedio
<b>T1 (rel. Polen talco 1:10)</b>	1.024	1.604	1.427	1.131	0.824	<b>1.202</b>
<b>T2 (rel. Polen talco 1:7)</b>	0.667	0.265	0.288	0.391	0.639	<b>0.450</b>
<b>T3 (Polen sin talco)</b>	1.243	0.857	0.394	0.889	0.640	<b>0.805</b>
<b>T4 (testigo)</b>	0.677	0.618	0.291	0.652	0.905	<b>0.629</b>

En este cuadro se puede observar que el T1 (relación de polen:talco 1:10) presentó el mayor promedio de peso de frutos normales con un valor de 1.202 kg/racimo. A este le sigue el tratamiento T3 (Polen sin talco) con un promedio de 0.805 kg/racimo; seguido del T4 (testigo) con un promedio de 0.629 kg/racimo y por último el T4 (relación polen:talco 1:7) con un promedio de 0.450 kg/racimo.

Se realizó el ANDEVA a esta variable utilizando la herramienta Infostat a un grado de significancia  $\alpha = 5\%$  cuyos resultados se pueden ver en el cuadro 18.

**Cuadro 18.** Salida de resultados de infostat para la variable peso de frutos normales por racimo.

Peso frutos normales (kg)					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Peso frutos normales (kg)	20	0.74	0.58	31.55	
<i>Datos desbalanceados en celdas.</i>					
<i>Para otra descomposición de la SC</i>					
<i>especifique los contrastes apropiados.. !!</i>					
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.97	7	0.28	4.76	0.0091
Tratamiento	1.55	3	0.52	8.73	0.0024 *
Bloque	0.42	4	0.11	1.77	0.1988
Error	0.71	12	0.06		
Total	2.68	19			

El modelo estadístico probado para esta variable fue el de bloques al azar:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Siendo:

$Y_{ij}$ = peso de los frutos normales de cada racimo de palma (kg) medido en la ij-ésima parcela experimental.

$\mu$  = media general del peso de frutos normales por racimo de palma (kg).

$\tau_i$ = efecto del i-ésimo tratamiento de polinización asistida.

$\beta_j$ = efecto del j-ésimo bloque

$\varepsilon_{ij}$ = error asociado a la ij-ésima parcela experimental.

Las hipótesis evaluadas en el ANDEVA, bajo los supuestos descritos en la metodología, fueron:

**Ho (hipótesis nula):**  $\tau = \tau_i$  (todos los tratamientos de polinización asistida producen el mismo efecto sobre el peso de los frutos normales por

racimos de palma -kg/racimo-).

**Ha (hipótesis alterna):**  $\tau \neq \tau_i$  para al menos un  $i$ ;  $i = 1,2,3,4$ . (al menos uno de los tratamientos de polinización asistida produce efectos distintos de los demás sobre el peso de los frutos normales por racimo de palma -kg/racimo-).

Los resultados del ANDEVA en el cuadro 18 muestran un valor  $p=0.0024$  para la fuente de variación de interés: "Tratamiento", el cual es menor que el grado de significancia  $\alpha=0.05$ , indicando que, con un coeficiente de variación  $CV= 31.55 \%$ , sí existe diferencia significativa, es decir, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna concluyendo que efectivamente al menos uno de los tratamientos de polinización asistida produce efectos distintos de los demás sobre el peso de los frutos normales por racimo. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que esto puede ser debido a que, como fue comprobado anteriormente, hay una mayor cantidad de frutos normales por racimo, lo cual se puede comprobar haciendo un análisis al peso por fruto normal.

Dadas las diferencias significativas comprobadas con el ANDEVA, se realizó una comparación múltiple de medias de Tukey cuyos resultados se pueden observar en el cuadro 19.

**Cuadro 19.** Salida de resultados de Infostat para la comparación múltiple de medias realizada a la variable peso de frutos normales por racimo.

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.45695**

Error: 0.0592 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T1 (Rel. 1:10)	1.19	5	0.11	A
T3 (PAD)	0.80	5	0.11	A B
T4 (Testigo)	0.63	5	0.11	B
T2 (Rel. 1:7)	0.45	5	0.11	B

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

Según los resultados de la comparación múltiple de medias de Tukey, el T1 fue catalogado como el mejor diferenciándose de los demás en un grupo "A" de Tukey. A éste le sigue el T3 en un grupo "AB", posteriormente los tratamientos T4 y T2 en un grupo B.



Estos resultados de peso tienen correlación con los resultados del número de frutos normales por racimo tal como fue presentado en el cuadro 12, observación que amerita ser mejor analizada a través de un análisis a la variable peso por fruto normal, la cual se presenta a continuación.

### F. Peso por fruto normal

En el cuadro 20 se puede observar los resultados obtenidos de la variable, peso por fruto normal en cada unidad experimental.

**Cuadro 20.** Pesos por fruto normal (g/fruto).

	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	Bloque V	Promedio
<b>T1 (rel. Polen talco 1:10)</b>	7.3	7.0	5.3	6.0	5.6	<b>6.2</b>
<b>T2 (rel. Polen talco 1:7)</b>	6.0	6.1	3.4	5.3	4.4	<b>5.0</b>
<b>T3 (Polen sin talco)</b>	6.5	6.0	7.6	5.8	7.3	<b>6.6</b>
<b>T4 (testigo)</b>	5.3	4.0	6.5	6.3	5.8	<b>5.6</b>

Los resultados muestran que el T3 (Polen sin talco) presentó el mayor promedio de peso por fruto normal con un valor de 6.6 g. A este le sigue el tratamiento T1 (relación de polen:talco 1:10) con un promedio de 6.2 g/fruto; seguido del T4 (testigo) con un promedio de 5.6 g/fruto y por último el T2 (relación polen:talco 1:7) con un promedio de 5.0 g/fruto.

Se realizó el ANDEVA a esta variable bajo el modelo de bloques al azar:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Siendo:

$Y_{ij}$ = peso por fruto normal en la ij-ésima parcela experimental.

$\mu$  = media general del peso por fruto normal.

$\tau_i$ = efecto del i-ésimo tratamiento de polinización asistida.

$\beta_j$ = efecto del j-ésimo bloque

$\varepsilon_{ij}$ = error asociado a la ij-ésima parcela experimental.

Las hipótesis evaluadas en el ANDEVA, bajo los supuestos descritos en la metodología, fueron:

**Ho (hipótesis nula):**  $\tau = \tau_i$  (todos los tratamientos de polinización asistida producen el mismo efecto sobre el peso por fruto normal –g/fruto–).

**Ha (hipótesis alterna):**  $\tau \neq \tau_i$  para al menos un  $i$ ;  $i = 1,2,3,4$ . (al menos uno de los tratamientos de polinización asistida produce efectos distintos de los demás sobre el peso por fruto normal –g/fruto–).

Los resultados del ANDEVA se pueden ver en el cuadro 21.

**Cuadro 21.** Salida de datos de infostat para la variable peso por fruto normal.

Peso / fruto normal (g / fruto)					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Peso / fruto normal (g / f..	20	0.39	0.03	18.20	

*Datos desbalanceados en celdas.  
Para otra descomposición de la SC  
especifique los contrastes apropiados.. !!*

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	8.64	7	1.23	1.08	0.4326
Tratamiento	7.57	3	2.52	2.20	0.1404 ns
Bloque	1.07	4	0.27	0.23	0.9136
Error	13.73	12	1.14		
Total	22.37	19			

Los resultados del ANDEVA en el cuadro 18 muestran un valor  $p=0.1404$  para la fuente de variación de interés: "Tratamiento", el cual es mayor que el grado de significancia  $\alpha=0.05$ , indicando que, con un coeficiente de variación  $CV= 18.20 \%$ , no existe diferencia significativa, es decir, se acepta la hipótesis nula concluyendo que todos los tratamientos de polinización asistida no influyen en el peso de cada fruto normal producido comprobando que el peso de los frutos normales por racimo es debido a la cantidad producida y no por un aumento en el peso de cada fruto.

### 2.6.3 Potencial de producción de aceite

Los resultados obtenidos de la extracción de aceite se pueden ver en el cuadro 22.

**Cuadro 22.** Potencial de aceite (%) extraído de cada tratamiento.

	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	Bloque V	Promedio
<b>T1 (rel. Polen talco 1:10)</b>	8.3	14.6	9.8	9.5	7.1	<b>9.9</b>
<b>T2 (rel. Polen talco 1:7)</b>	6.7	4.8	11.0	7.1	5.8	<b>7.1</b>
<b>T3 (Polen sin talco)</b>	5.6	7.4	6.6	7.8	7.5	<b>7.0</b>
<b>T4 (testigo)</b>	12.9	7.4	5.0	5.1	7.2	<b>7.5</b>

Como se puede observar, el T1 (rel. polen-talco 1:10) es el tratamiento que presenta un mejor resultado con un 9.9 % de aceite del peso total del racimo. A este le sigue el T4 (testigo) con un 7.5 % de aceite; seguido del T2 (rel. Polen talco 1:7) con 7.1 % y del T3 (polen sin talco), con el 7.0 %.

Se realizó el ANDEVA a esta variable bajo el modelo de bloques al azar:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Siendo:

$Y_{ij}$  = % de aceite extraído por racimo en la ij-ésima parcela experimental.

$\mu$  = media general del % de aceite extraído por racimo.

$\tau_i$  = efecto del i-ésimo tratamiento de polinización asistida.

$\beta_j$  = efecto del j-ésimo bloque

$\varepsilon_{ij}$  = error asociado a la ij-ésima parcela experimental.

Las hipótesis evaluadas en el ANDEVA, bajo los supuestos descritos en la metodología, fueron:

**Ho (hipótesis nula):**  $\tau = \tau_i$  (todos los tratamientos de polinización asistida producen el mismo efecto sobre la cantidad de aceite extraído por racimo en %).

**Ha (hipótesis alterna):**  $\tau \neq \tau_i$  para al menos un i; i = 1,2,3,4. (Al menos uno de los

tratamientos de polinización asistida produce efectos distintos de los demás sobre la cantidad de aceite extraído por racimo en %).

Se llevó a cabo una transformación de los datos de esta variable usando logaritmo natural (Ln) ya que según el test de shapiro wilk no presentaba normalidad en sus datos. Los resultados del cuadro 23 muestran un valor  $p=0.3376$  para la fuente de variación de interés: "Tratamiento", que al ser comparado con el grado de significancia  $\alpha=0.05$ , indica que no existe diferencia significativa, es decir, se acepta la hipótesis nula y se concluye que los tratamientos de polinización asistida producen el mismo efecto sobre el contenido de aceite de cada racimo.

**Cuadro 23.** Salida de resultados de INFOSTAT para el ANDEVA de la variable "potencial de aceite (%) extraído por racimo".

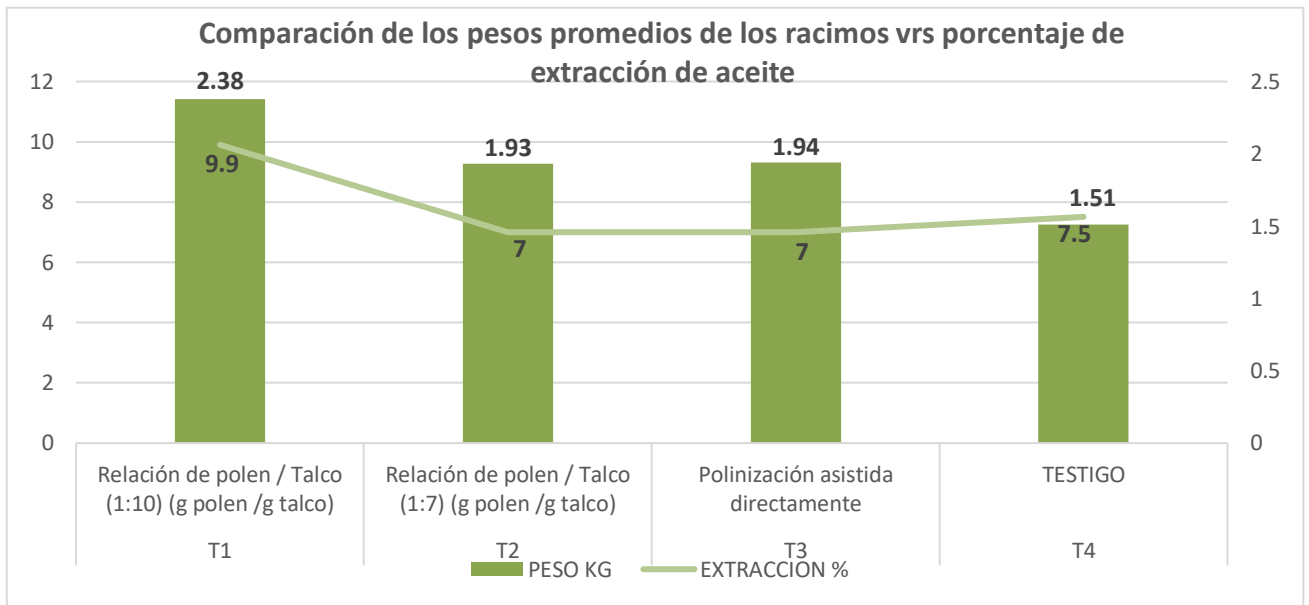
% de aceite					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Ln % de aceite	20	0,26	0,00	16,11	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,46	7	0,07	0,62	0,7337
Tratamiento	0,39	3	0,13	1,24	0,3376 ns
Bloque	0,06	4	0,02	0,15	0,9612
Error	1,27	12	0,11		
Total	1,72	19			

*ns= no existe diferencia significativa (p > 0,05)*

En el cuadro 24 y figura 15 se puede observar la comparación de los pesos promedios de los tratamientos vs el porcentaje de extracción de aceite. En estos se puede ver que el tratamiento 1, cuya relación de polen/talco es 1:10, presentó el mayor peso de racimo (2.38 kg) así como el mayor porcentaje extraído de aceite (9.9 %). En cuanto a aceite extraído, a este tratamiento le sigue el testigo con un 7.5 %, pero el peso de racimo fue mucho menor con un promedio de 1.51 kg. Entre estos dos se encuentran los tratamientos 2 y 3, con pesos de racimo de 1.93 kg y 1.94 kg respectivamente, y con un 7.1 % y 7.0 % de aceite extraído respectivamente.

**Cuadro 24.** Comparación de los pesos promedios de los tratamientos vs el porcentaje de extracción de aceite.

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN	PESO KG	EXTRACCION %
T1	Relación de polen / Talco (1:10) (g polen /g talco) (8.78% polen)	2.38	9.9
T2	Relación de polen / Talco (1:7) (g polen /g talco) (12.08% polen)	1.93	7.1
T3	Polinización asistida directamente (Sin diluir)	1.94	7.0
T4	TESTIGO	1.51	7.5



**Figura 15.** Comparación de los pesos promedios de los racimos vs. el porcentaje de extracción de aceite.

## 2.7 Conclusiones

1. Los resultados obtenidos del experimento demostraron que "los métodos de polinización asistida sí tienen efectividad en el incremento en el peso de los racimos producidos", lo cual se debe principalmente a que la asistencia permite una polinización más efectiva y rápida que incrementa el margen de tiempo para el desarrollo del fruto, la cantidad y calidad de frutos producida, siendo el método de polinización más efectivo es el T1, con una relación de polen/talco 1:10 (8.78% polen) ya que presenta la mayor media para la variable respectiva y se encuentra en un grupo "A" distinto al resto de tratamientos, presentó el mayor promedio de peso con un valor de 2.378 kg/racimo.

2. La cantidad de frutos producida es mayor cuando se utiliza la asistencia en la polinización, lo cual se deriva del aumento en la cantidad de frutos normales (con nuez y con aceite) siendo la relación polen: talco 1:10 la que mejores resultados produce con un promedio 196 frutos polinizados. Gracias al aumento en la cantidad de frutos producida se obtiene un mayor peso de los frutos normales por racimo, obteniéndose un promedio de 1.2 kg de frutos normales por racimo, sin embargo, estos métodos no tienen influencia en el peso por fruto.
3. Los métodos de polinización asistida evaluados no tienen influencia en el potencial de producción de aceite de los frutos, como se puede observar, pero en los resultados obtenidos la dosis del T1 (rel. polen-talco 1:10) es el tratamiento que presenta un mejor resultado con un 9.9 % de aceite del peso total del racimo, lo que nos da una percepción que al utilizar este método en las extensiones de palma se obtendrá una mejor extracción.

## **2.8 Recomendaciones**

1. Dados los resultados de la investigación, el tratamiento de polinización asistida recomendado para ser aplicado en la finca Nogales es el T1, cuya relación de polen/talco es de 1:10. Esta recomendación deriva de que fue el tratamiento que incidió en una mayor cantidad de frutos por cada racimo (196), un mayor peso por racimo (2.38 kg) y un mayor potencial de extracción de aceite (9.9 %).
2. Se recomienda realizar un estudio financiero que permita determinar el tratamiento más rentable considerando variables como la cantidad de talco, la cantidad de polen y la cantidad de aceite producida por racimo. En este se debe considerar también la factibilidad para obtener dichos recursos.
3. Acorde a los resultados del estudio financiero realizado, en el caso de que se demuestre que una relación de polen/talco más diluida sea más económica para la empresa, se recomienda continuar la investigación con dosis más diluidas puesto que

es posible que estas presenten un mejor resultado que la relación 1:10 de polen:talco gracias al efecto dispersante de este último.

## 2.9 Bibliografía

1. AGROCARIBE (Corporación Agroindustrial del Caribe, Guatemala). 2009. Instructivo para la polinización industrial en campo. Izabal, Guatemala. 4 p.
2. ASD (Agricultural Services and Development, Costa Rica). 2014. Semillas y clones de palma aceitera de alto rendimiento (en línea). Costa Rica. Consultado 05 oct. 2014. Disponible en [http://www.asdcr.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=62&Itemid=68](http://www.asdcr.com/index.php?option=com_content&view=article&id=62&Itemid=68)
3. Celis, LA. 2007. Instructivo para la recolección del polen industrial. Izabal, Guatemala, AGROCARIBE. 4 p.
4. 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 (en línea). Guatemala. Consultado 06 set. 2014. Disponible en [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_2690.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2690.pdf)
5. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Venezuela. 1991. El cultivo de la palma aceitera. Maracay, Venezuela, FONAIAP / FUNDESOL. 240 p. (Series Paquetes Tecnológicos no. 9).
6. Hacienda La Cabaña, Colombia. 2008. Manejo agronómico del híbrido (*Elaeis guineensis* x *Elaeis oleifera*): una alternativa para renovación (en línea). Colombia. Consultado 05 set. 2014. Disponible en <http://www.lacabana.com.co/cabana/admin/UserFiles/File/Manejo%20Agronomico%20del%20Hibrido.pdf>
7. INFOAGRO. 2009. Palma africana (en línea). España. Consultado 05 set. 2014. Disponible en [http://www.infoagro.com/herbaceos/oleoginosas/palma\\_africana\\_aceitera\\_coroto\\_de\\_guinea\\_aabora.htm](http://www.infoagro.com/herbaceos/oleoginosas/palma_africana_aceitera_coroto_de_guinea_aabora.htm)
8. Raygada Z, R. 2005. Manual técnico para el cultivo de la palma aceitera (en línea). Lima, Perú, Comisión Nacional para el Desarrollo y Vida sin Drogas – DEVIDA. Consultado 12 oct. 2014. Disponible en <http://www.devida.gob.pe/Documentacion/documentosdisponibles/Manual%20Palma%20Aceitera.pdf>

9. SAEQSA (Sociedad Aragonesa Especialidades Químicas, España). 2005. Ficha de datos de seguridad: talco de Venecia (en línea). España. Consultado 10 oct. 2014. Disponible en <http://www.saeqsa.com/detalle.asp?id=SAEQ081506>
10. TechnoServe, Honduras. 2009. Manual técnico de la palma africana (en línea). Honduras. Consultado 05 set. 2014. Disponible en: <http://www.coapalmaecara.com/files/05%20Control%20Fitosanitario.pdf>
11. Vallejo, G *et al.* 1980. La palma africana; aspectos generales del cultivo en Colombia. Bogotá, Colombia, Instituto Colombiano Agropecuario, Programa de Asistencia Técnica. 455 p. (Manual Asistencia Técnica no. 22).

30  
FAUSAC  
TESIS Y DOCUMENTOS DE GRADUACIÓN  
\* REVISIÓN \*

Polando Barrera



### **CAPÍTULO III**

**SERVICIOS PRESENTADOS A LA EMPRESA AGROCARIBE EN LAS  
PLANTACIONES DE PALMA UBICADA EN EL KM 273.5, PUERTO BARRIOS, IZABAL,  
GUATEMALA, C.A.**

### **3.1 Presentación**

Como resultado del diagnóstico realizado, los servicios que se describen a continuación tienen como objetivo contribuir al registro de información agronómica, que se genera en el departamento técnico que la empresa de AGROCARIBE S.A. lleva de todas sus fincas.

Como primer servicio, se llevó en una base de datos los registros de los censos de plagas y enfermedades en la palma, para poder conocer la cantidad de palmas que se encuentran enfermas ya sea por el ataque de cualquier vector o por deficiencia de nutrientes, en este mismo se obtiene el datos de palmas anormales o palmas que han sido dañadas por cualquier otra causa, los censos se realizaban a través de un conteo de los individuos semanalmente, según la incidencia.

El segundo servicio consistió, en llevar un registro de la base de datos de palmas tratadas y eliminadas que va de la mano con la base de censo de plagas y enfermedades, esta nos indica las palmas que fueron tratadas para recuperarse de algún daño o las que tuvieron que ser eliminadas.

El tercer servicio, fue llevar el monitoreo de la base de datos de castración en palma de aceite, en esta se generaba un registro de todas las fincas que iban a entrar en floración, para hacerles castraciones hasta llegar a los dos años de establecidas en el campo, para de esta manera elaborar una comparación de datos con la cual tomar la decisión de si es mejor la forma natural.

### **3.2 Manejo de los registros de la base de datos de los censos de plagas y enfermedades en la palma**

#### **3.2.1 Objetivos**

##### **A. Objetivo General**

Manejar y actualizar los registros de la base de datos de los censos de plagas y enfermedades en la palma.

##### **B. Objetivos Específicos**

- a. Llevar un control de la cantidad de palmas con plagas o enfermedades en las plantaciones de palmas en las fincas de AGROCARIBE.
- b. Conocer el comportamiento del registro de los datos de las plagas y enfermedades dentro de la plantación palmas de AGROCARIBE.

#### **3.2.2 Metodología**

Se realizó un recorrido del lote, verificando palma por palma identificada con bloque y línea respectivamente y se registró en cuál de ellas había o no presencia de plagas o indicios de una enfermedad, en el registro se asignó una calificación cualitativa, en la que se expresó si era plaga o enfermedad, teniendo o no una presencia o afectación siendo estos los agentes:

- Zompopos
- Anillo rojo
- Pudrición Basal Seca (PBS)
- Pudrición Basal Húmeda (PBH)
- Pudrición Avanzada de Flecha (PAF)
- Pudrición de flecha (PDF)

- Pestalotiopsis
- Nitrógeno
- Potasio
- Fósforo
- Magnesio
- Banda blanca
- Boro
- Daño por rayo
- Palma Mal Raleada (P.M.R)
- Daño desconocido
- PISIFERA



**Figura 16.** Muestreo de los lotes.

### **3.2.3 Resultados**

Los registros de los datos se tomaban cada dos semanas en los diferentes sectores de AGROCARIBE S.A., posteriormente se le asignaba el dato obtenido a los correspondientes distritos de cada sector, dependiendo de cómo fuera requerida la

información ya sea, semanal o mensual, se sumaban para poder obtener un total y así de esta manera poder realizar diferentes comparaciones.

**Cuadro 25.** Registros de daños causados por plagas y enfermedades durante el año 2014 y 2015.

MESES	DAÑO POR:		ENFERMEDADES 2014											
	ZOMPOPOS		ANILLO ROJO		P. B. S.		P. B. H.		P. A. F.		P.D.F.		PESTALOT.	
	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2
ene	0	0	15	4	0	0	1	0	8	6	649	178	20	30
feb	15	0	113	112	4	1	2	0	13	1	117	321	70	16
mar	0	0	94	112	1	0	0	0	20	0	240	130	104	5
abr	6	4	78	344	4	21	2	2	8	47	52	300	24	7
may	5	9	244	1066	0	0	5	2	6	13	118	178	19	0
jun	15	3	227	465	7	5	7	26	14	59	211	193	29	0
jul	17	0	106	160	5	1	3	22	8	112	209	242	16	0
Ago	7	0	71	81	1	12	10	30	10	27	235	308	20	1
Sept	5	8	38	81	10	69	4	16	22	72	94	253	23	8
Oct	9	11	65	85	5	77	5	4	32	133	153	255	17	0
Nov	34	4	50	103	3	20	4	0	16	59	111	247	19	2
Dic	22	8	40	49	2	21	2	39	12	385	67	169	14	0
T/G.	135	47	1141	2662	42	227	45	141	169	914	2256	2774	375	69
MESES	DAÑO POR:		ENFERMEDADES 2015											
	ZOMPOPOS		ANILLO ROJO		P. B. S.		P. B. H.		P. A. F.		P.D.F.		PESTALOT.	
	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2
ene	15	11	73	77	0	8	2	0	2	129	29	725	4	1
feb	26	11	156	210	3	36	3	0	1	176	91	364	11	3
mar	8	55	188	343	0	20	7	1	6	54	87	466	20	0
Abr	3	0	235	290	3	10	4	0	3	64	55	164	15	2
May	3	3	285	214	2	1	10	0	5	10	77	57	24	1
Jun	10	2	201	450	3	6	12	2	13	67	238	261	7	1
T/G.	65	82	1138	1584	11	81	38	3	30	500	577	2037	81	8

**Cuadro 26.** Registros de plantas identificadas con deficiencia de nutrientes durante el año 2014 y 2015.

MESES	DEFICIENCIA 2014											
	NITROGENO		POTASIO		FOSFORO		MAGNESIO		BANDA BLANCA		Boro	
	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2
ene	24	67	75	164	0	1	62	236	151	418	79	70
feb	21	48	88	72	2	3	125	52	276	137	168	163
mar	15	130	135	139	1	11	100	121	327	407	113	54
abr	12	26	75	56	0	6	36	57	221	204	103	153
may	19	15	115	35	5	8	111	46	340	45	125	40
jun	15	17	160	41	0	6	103	18	387	110	140	148
jul	16	11	182	28	0	0	84	20	380	86	40	71
Ago	19	40	180	45	1	2	148	30	423	34	77	73
Sept	22	100	142	96	0	3	108	91	333	57	92	58
Oct	15	71	155	76	0	9	174	53	606	47	82	200
Nov	12	2	96	33	1	34	52	34	290	35	73	26
Dic	7	5	75	14	0	13	35	12	351	39	74	33
T/G.	197	532	1478	799	10	96	1138	770	4085	1619	1166	1089
MESES	DEFICIENCIA 2015											
	NITROGENO		POTASIO		FOSFORO		MAGNESIO		BANDA BLANCA		Boro	
	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2
ene	0	4	24	18	0	6	22	11	137	32	39	29
feb	6	3	85	23	0	8	60	12	222	42	125	76
mar	13	5	71	13	0	9	58	6	228	14	131	47
Abr	6	2	91	21	4	11	37	14	230	14	181	50
May	3	1	68	10	0	7	43	3	172	12	141	9
Jun	7	1	73	19	0	12	45	7	166	23	95	61
T/G.	35	16	412	104	4	53	265	53	1155	137	712	272

**Cuadro 27.** Registros de daños causados por agentes naturales, de manejo y desconocidos.

MESES	OTROS 2014									
	DAÑO/ RAYO		P. M. R.		PALMA CAIDA		DAÑO DESC.		PISIFERA	
	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2
ene	1	0	57	26	12	28	64	97	11	56
feb	2	0	162	20	42	75	57	105	288	58
mar	3	0	84	27	19	9	26	33	48	43
abr	0	0	146	14	21	6	29	105	17	60
may	0	0	47	10	4	32	56	96	15	80
jun	2	1	56	47	101	40	86	95	78	72
jul	11	3	72	31	3	30	22	10	13	90
Ago	15	1	64	23	11	33	21	13	45	100
Sept	6	2	31	17	13	63	3	2	11	63
Oct	15	5	37	14	9	47	20	5	30	292
Nov	9	0	14	28	10	22	2	3	21	94
Dic	4	5	32	27	29	23	2	1	33	70
T/G.	68	17	802	284	274	408	388	565	610	1078
MESES	OTROS 2015									
	DAÑO/ RAYO		P. M. R.		PALMA CAIDA		DAÑO DESC.		PISIFERA	
	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2
ene	1	2	21	17	9	23	10	37	17	55
feb	4	0	58	28	14	27	20	69	19	121
mar	2	0	36	11	16	32	27	0	44	42
Abr	0	0	34	25	8	4	15	0	14	120
May	0	0	22	2	13	1	23	0	16	11
Jun	7	0	46	18	10	8	8	4	80	63
T/G.	14	2	217	101	70	95	103	110	190	412

### 3.2.4 Evaluación

Conociendo la totalidad de plantas con algún padecimiento en cada sector, pudimos ver el comportamiento mensual de la población durante todo el año, lo cual sirvió para identificar los meses que poseen una mayor población de enfermedades, que son los meses de verano y así de esta manera tomar las medidas respectivas para disminuir su población aumentando la cantidad de aplicaciones correctivas en los sectores con mayor problemática.

### **3.3 Manejo de los registros de la base de datos de palmas tratadas y eliminadas**

#### **3.3.1 Objetivos**

##### **A. Objetivo General**

Manejar y actualizar los registros de la base de datos de los censos de plantas tratadas y eliminadas de la fincas de AGROCARIBE.

##### **B. Objetivos Específicos**

- a. Llevar un control de la cantidad de palmas que fueron tratadas o eliminadas en las plantaciones de palmas en las fincas de AGROCARIBE.
- b. Conocer el comportamiento del registro de los datos de las palmas tratadas o eliminadas dentro de la plantación de palmas de AGROCARIBE.

#### **3.3.2 Metodología**

Se realizó previamente un recorrido del lote, palma por palma y se obtuvo un registro de en qué número de bloque y con qué línea de palma, en el cual hubiera presencia de plagas o indicios de una enfermedad, se procedió a realizar las correcciones del caso las cuales fueron

- eliminación de anillo rojo
- eliminación de palmas anormales
- eliminación de palmas con pudrición de flecha
- palmas con pudrición de flecha tratadas



**Figura 17.** Palma tratada con cirugía.



**Figura 18.** Palma eliminada.



### 3.3.3 Resultados

Los registros de los datos fueron tomados cada semana para corroborar los diferentes sectores de AGROCARIBE S.A., en los que se llevaron las correcciones y aplicaciones de controles culturales, para después asignar el dato obtenido a los distritos correspondientes a ese sector, dependiendo de cómo se necesitara la información ya sea, semanal o mensual, se sumaban para poder obtener un total y así de esta manera poder realizar diferentes comparaciones.

**Cuadro 28.** Registro de palmas eliminadas por enfermedad del anillo rojo y anomalías durante el año 2014 y 2015.

2014						
MESES	ANILLO ROJOS		Total General	PALMAS ANORMALES		Total General
	D1	D2		D1	D2	
Enero	9	2	11	59	30	89
Febrero	173	237	410	508	420	928
Marzo	73	177	250	232	175	407
Abril	114	113	227	158	76	234
Mayo	166	1080	1246	62	208	270
Junio	188	399	587	322	394	716
Julio	147	198	345	183	352	535
Agosto	87	101	188	199	227	426
Septiembre	17	94	111	73	118	191
Octubre	72	116	188	211	695	906
Noviembre	57	61	118	100	225	325
Diciembre	40	54	94	111	186	297
<b>TOTALES</b>	<b>1143</b>	<b>2632</b>	<b>3775</b>	<b>2218</b>	<b>3106</b>	<b>5324</b>
2015						
MESES	ANILLO ROJOS		Total General	PALMAS ANORMALES		Total General
	D1	D2		D1	D2	
Enero	56	35	91	79	56	135
Febrero	177	252	429	186	226	412
Marzo	233	483	716	87	200	287
Abril	158	228	386	102	234	336
Mayo	214	250	464	140	48	188
Junio	273	452	725	182	190	372
<b>TOTALES</b>	<b>1111</b>	<b>1700</b>	<b>2811</b>	<b>776</b>	<b>954</b>	<b>1730</b>

**Cuadro 29.** Registros de palmas tratadas y eliminadas por incidencia de la enfermedad pudrición de flecha durante el año 2014 y 2015.

2014									
Control	Pudriciones de Flecha		Total	Pudriciones Tratadas		Total	Pudriciones de Flecha eliminadas		Total
MES	D1	D2	General	D1	D2	General	D1	D2	General
Enero	649	82	731	485	66	551	161	16	177
Febrero	136	149	285	42	125	167	94	24	118
Marzo	162	145	307	79	121	200	83	24	107
Abril	113	124	237	68	5	73	64	107	171
Mayo	28	181	209	9	53	62	19	127	146
Junio	194	142	336	121	67	188	85	77	162
Julio	235	103	338	185	83	268	50	20	70
Agosto	212	304	516	176	266	442	36	38	74
Septiembre	127	197	324	108	83	191	19	114	133
Octubre	158	271	429	120	192	312	38	79	117
Noviembre	118	297	415	107	250	357	11	47	58
Diciembre	187	442	629	104	427	531	83	15	98
<b>Total general</b>	<b>1729</b>	<b>1230</b>	<b>2959</b>	<b>1170</b>	<b>786</b>	<b>1956</b>	<b>743</b>	<b>688</b>	<b>1431</b>
2015									
Control	Pudriciones de Flecha		Total	Pudriciones Tratadas		Total	Pudriciones de Flecha eliminadas		Total
MES	D1	D2	General	D1	D2	General	D1	D2	General
Enero	41	754	795	10	408	418	31	346	377
Febrero	109	413	522	46	207	253	63	206	269
Marzo	51	366	417	36	265	301	15	101	116
Abril	146	320	466	132	205	337	14	115	129
Mayo	86	89	175	70	56	126	16	33	49
Junio	74	316	390	60	224	284	14	92	106
<b>T/G</b>	<b>507</b>	<b>2258</b>	<b>2765</b>	<b>354</b>	<b>1365</b>	<b>1719</b>	<b>153</b>	<b>893</b>	<b>1046</b>

### 3.3.4 Evaluación

Conociendo la totalidad de individuos en cada sector, pudimos ver el comportamiento mensual de la población durante todo el año notando que en la época de lluvia se tenía un incremento considerable de patologías, lo cual servirá para identificar las palmas que fueron erradicadas o que fueron tratadas y que poseen una mayor o menor población y así de esta manera llevar un censo actualizado.

### **3.4 Manejo de los registros de la base de datos de castración en plantaciones de palma aceitera**

#### **3.4.1 Objetivos**

##### **A. Objetivo General**

Manejar y actualizar los registros de la base de datos de los censos de plantas castradas de AGROCARIBE.

##### **B. Objetivos Específicos**

- a. Llevar un control de la cantidad de palmas a las que se les realizó la labor de castración en las fincas de AGROCARIBE.

#### **3.4.2 Metodología**

Se inició por identificar y realizar una práctica de castración que es común en las fincas con plantaciones de palmas jóvenes y consiste en eliminar las inflorescencias masculinas y femeninas jóvenes y los racimos pequeños, se realiza mensualmente después de los 14 meses y hasta los 6 meses de las primeras floraciones.

#### **3.4.3 Resultados**

Los registros de los datos fueron tomados durante 6 meses, diariamente en los diferentes sectores de las fincas de AGROCARIBE S.A., posteriormente se le asignó el dato obtenido a la finca correspondiente a ese sector y se graficó, dependiendo de cómo se necesitara la información ya sea, semanal o mensual, se sumaban para poder obtener un total y así de esta manera poder realizar diferentes comparaciones.

**Cuadro 30.** Registros de castración e inicio de cosecha durante el período agosto 2013 – enero 2015.

Finca	Bloque	Has Brutas	Material	Densidad Siembra	Año Siembra	Mes de Siembra	Trat	Frecuencia	Meses para inicio de Ablacion	Meses inicio cosecha	JORNAL PARA LA REALIZACION DE LA CASTRACION												INICIO DE COSECHA															
											ago-13	sep-13	oct-13	nov-13	dic-13	ene-14	feb-14	mar-14	abr-14	may-14	jun-14	jul-14	ago-14	sep-14	oct-14	nov-14	dic-14	ene-15										
San Fernando	116	30.84	Compacta x Nigeria	160	2012	Agosto	1	CADA 4 MESES	12	25	56.00				50.00										17.00	12.00												
San Fernando	117	28.67	Compacta x Nigeria	160	2012	Agosto	2	CADA 2 MESES	12	26	48.00		48.00		45.00		18.00								13.00													
San Fernando	129	18.70	Compacta x Nigeria	160	2012	Agosto	3	CADA MES	12	25	31.00	27.00	27.00	28	27	29.00	14.00																					
San Fernando	130	37.00	Compacta x Nigeria	160	2012	Septiembre	1	CADA 4 MESES	12	25		62.00				65.00									12.00													
San Fernando	131	29.98	Compacta x Nigeria	160	2012	Octubre	2	CADA 2 MESES	12	26			54.00		50.00		16.00		19.00																			
San Fernando	132	29.46	Compacta x Nigeria	160	2012	Octubre	3	CADA MES	12	27			52.00	54	36	42.00	18.00	16.00	16.00																			
San Fernando	133	23.58	Compacta x Nigeria	160	2012	Noviembre	1	CADA 4 MESES	12	24				37.00			14.00								25.00													
San Fernando	134	21.32	Compacta x Nigeria	160	2012	Noviembre	2	CADA 2 MESES	12	26				40	35.00		14.00		18.00							15.00												
San Fernando	135	13.81	Compacta x Nigeria	160	2012	Diciembre	3	CADA MES	12	>25				20	24.00	28.00	10.00	18.00	20.00	22.00																		
San Fernando	119	27.78	Compacta x Nigeria	160	2012	Agosto	testigo	0		23															12.00													
Total Jornales													135	89	181	37	145	195	94	54	53	38	22		42	49	15											

**Cuadro 31.** Registros de ensayo de castración 2014/2015

Tratamiento	Frecuencia	2014						2015	Peso/racimos	Total_ton	Total_racimos	Ton/ha	No racimos/palma	Jornales Castracion
		ABW_8	ABW_9	ABW_10	ABW_11	ABW_12	ABW_1							
1	CADA 4 MESES		1.40	2.05	2.26	2.46	2.48		1.14	272.06	123,150.00	0.71	2.03	247.00
2	CADA 2 MESES			2.16	2.72	2.85	2.57		1.07	213.90	82,705.00	0.63	1.54	365.00
3	CADA MES			1.33	2.24	1.83	2.19	3.59	0.90	122.92	48,161.00	0.46	1.14	394.00
testigo	0	1.56	2.21	2.35	2.54	2.97	3.50		1.46	151.03	57,546.00	1.36	3.24	-

### 3.4.4 Evaluación

Conociendo estos registros en su totalidad, pudimos ver el comportamiento mensual, el cual servirá para identificar todos los datos plantación por palma y determinar si será rentable o no la opción de castrar las plantaciones y llegar a una optimización de recursos.