



UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS
Laureate International Universities®

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

BIOLOGÍA DEL COMPORTAMIENTO, REPRODUCCIÓN Y ALIMENTACIÓN
DE POLINIZADORES DE LA FAMILIA CURCULIONIDAE EN HÍBRIDOS DE
PALMA ACEITERA (*E. oleifera*. X *E. guineensis*) EN EL ORIENTE
ECUATORIANO

Trabajo de Titulación en conformidad con los requisitos establecidos para optar
por el título de Ingeniero Agroindustrial y de Alimentos

Profesor guía

M. Sc María Raquel Meléndez Jácome

Autor

Francisco David Ávalos Arias

Año

2014

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”

María Raquel Meléndez Jácome

Ingeniera Agrónoma M. Sc

1709384067

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”

Francisco David Ávalos Arias

0602718561

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios, por acompañarme en toda mi carrera dándome fuerza en los momentos de debilidad, y por brindarme una vida llena de experiencias y felicidad, gracias a mis padres y hermana, por su apoyo incondicional, por todos los valores y virtudes que me han inculcado.

Agradezco la confianza y apoyo de la Udla para la realización de este proyecto. Agradezco los consejos de mis profesores guías: Ingeniera. Raquel Meléndez, Ing. Andrés Galvis y Phd. Patricio Ponce. A los ingenieros Pablo Moncayo, Lucía Toledo, Tomás Villón por toda su ayuda.

Gracias también, a las autoridades de Ancupa y Palmar Del Rio: Ingenieros Fernando Muirragui, Juan Salgado, Julián Barba, Fernando Torres, Paul Tito, Oscar Quishpe, Víctor Nieto y Mayra Ronquillo.

DEDICATORIA

A mi familia, quienes me han brindado su apoyo, comprensión, ayuda, consejos los momentos difíciles.

Me han enseñado todo lo que soy como persona mis principios, valores, mi perseverancia, y mi coraje para conseguir todo lo que me propongo.

Y a ti gatita, por enseñarme a no rendirme y seguir adelante siempre, por tu ayuda cuando más lo necesito y estar conmigo en todas mis ideas. Te amo princesita.

RESUMEN

Los híbridos de palma aceitera se presentan como una solución a problemas de productividad y resistencia a enfermedades. La palma aceitera *E. oleífera* y *E. guineensis*, así como sus híbridos interespecíficos OxG son plantas monoicas; poseen inflorescencias masculinas y femeninas que se producen en períodos alternos. Por esta razón, tanto la polinización por el viento, como por insectos son importantes en la naturaleza. Sin embargo, debido a que estos dos tipos de polinización no son suficientes para el llenado de frutos a nivel comercial, se recurre a la polinización asistida, actividad que representa altos costos de producción. Este trabajo se plantea con el propósito de determinar la biología de los insectos polinizadores nativos y exóticos en híbridos de palma aceitera en el oriente ecuatoriano, como una opción de mejora en la productividad del cultivo y reducción de costos de producción a futuro. Los resultados obtenidos en este trabajo demuestran el bajo índice de atracción de las inflorescencias masculinas y femeninas a las especies de insectos polinizadores, en híbridos interespecíficos de palma aceitera de la plantación Palmar del Río. Las especies con mayor potencial polinizador fueron *Elaeobius kamerunicus*, *Elaeobius sp.*, *Grasidius hybridus* y *Couturerius sp.* *Elaeobius kamerunicus* fue el polinizador más numeroso y el que demostró igualmente ser el insecto que mayor cantidad de polen acarrea. El hábitat de estos coleópteros corresponde a las inflorescencias masculinas de palma aceitera y su ciclo de vida se compone de huevo, larva, pupa y adulto. El adulto permanece en la inflorescencia masculina, donde completan su ciclo de vida y se desplaza periódicamente a la inflorescencia femenina.

ABSTRACT

Oil palm hybrids appear as a solution to productivity and as an alternative to disease problems. Oil palms *E. oleifera* and *E. guineensis* and their interspecific hybrids OxG are monoecious; they have male and female inflorescences produced in alternating periods. For this reason, anemophily and entomophily pollination are important in nature. However, these two pollination systems are not enough for commercial fruit set. So, assisted pollination by hand is used generating high production costs. This work bring forward a study of the biology of native and exotic insect pollinators in oil palms in eastern Ecuador, as an option for improving crop productivity and as an alternative to reduction of cost production in the future. The results of this work shows the reduced level of attraction of species of pollinator insects by interspecific hybrid's masculine and feminine inflorescences in oil palm plantation "Palmar del Rio". The higher pollinator potential was seen in species as *Elaeobius kamerunicus*, *Elaeobius sp.*, *Grasidius hybridus* and *Couturerius sp.* *Elaeobius kamerunicus* was the largest pollinator in numbers and the specie that carried a grater amount of pollen grains. The habitat of these coleopteran species corresponds to the male inflorescences of oil palm and their life cycle consists of egg, larva, pupa and adult. The adult remains in masculine inflorescence where they complete their life cycle and they travel to the female inflorescence only periodically.

INDICE

1. Introducción	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación	3
1.3 Fuentes de información que se utilizará para el trabajo de titulación.....	5
1.3.1 Fuentes Primarias	5
1.3.2 Fuentes Secundarias.....	5
2 Marco teórico	7
2.1 La Palma aceitera.....	7
2.1.1 Importancia económica, agrícola y producción en Ecuador y en el mundo.....	7
2.1.1.1 Reseña histórica del cultivo	7
2.1.1.2 Mayores productores a nivel mundial	8
2.1.2 Clasificación de especies de palma aceitera	10
2.1.3 Obtención de híbridos	11
2.1.4 Descripción botánica y agronómica del cultivo.....	12
2.1.4.1 Descripción botánica y agronómica del Orden <i>Arecales</i> , la familia <i>Arecaceae</i> , y el género <i>Elaeis</i>	12
2.1.5 Especies del genero <i>Elaeis</i>	14
2.1.5.1 Especies puras de Palma aceitera	14
2.1.5.1.1 <i>Elaeis guineensis</i>	14
2.1.5.1.2 <i>Elaeis oleifera</i> Taisha	16
2.1.5.2 Híbridos de palma aceitera	17
2.1.5.2.1 Híbrido interespecífico OxG Taisha x La Mé	17
2.1.5.2.2 Híbrido inter específico OxG Taisha x Avros	18
2.1.5.2.3 Comparación de los principales	

	materiales OxG de la plantación Palmar del Río	19
2.1.6	Proceso de desarrollo de la floración masculina y femenina en <i>Elaeis guineensis</i> e híbridos interespecíficos.....	20
2.2	Insectos de importancia en la polinización del cultivo de palma aceitera.	27
2.2.1	Insectos polinizadores	27
2.2.1.1	Descripción morfología del Orden Coleóptera	28
2.2.1.2	Características generales de la familia <i>Curculionidae</i> y su presencia en América Tropical.	29
2.2.2	Ciclo de vida de polinizadores reportados en palma aceitera..	30
2.2.2.1	Metamorfosis de la familia <i>Curculionidae</i>	31
2.2.2.2	Patrones de llegada de insectos polinizadores.....	34
2.2.2.3	Acarreo de Polen	34
2.2.3	Importancia y elaboración de colecciones de insectos.....	35
3	Objetivos	36
3.1	Objetivo general.....	36
3.2	Objetivos específicos.....	36
4	Metodología.....	37
4.1	Ubicación del experimento	37
4.2	Diseño de muestreo y análisis de datos	40
4.2.1.	Muestreo General para determinar especies y frecuencia de visita de insectos en inflorescencias de los materiales puros e híbridos en invierno y verano.....	42
4.2.1.1	Muestreo y recolección de insectos asociados a las inflorescencias masculinas y femeninas de palma aceitera (<i>E. guineensis</i> , <i>E. Oleifera</i> e híbridos OXG).....	43
4.2.1.2	Colecta directa.....	43
4.2.1.2.1	Sitios de muestreo	45

4.2.1.2.2 Distribución de poblaciones de acuerdo a tipo de inflorescencia (masculina/femenina)..	51
4.2.1.2.2.1 Toma de muestras en inflorescencias Masculinas	52
4.2.1.2.2.2 Toma de muestras de insectos en inflorescencias Femeninas	52
4.2.2 Determinación de la capacidad de acarreo de polen de insectos polinizadores muestreados	53
4.2.3 Determinación del Ciclo de vida de cada especie	54
4.2.3.1 Biología de los insectos polinizadores	54
4.2.3.2 Estudios <i>in situ</i> del ciclo de vida de los insectos polinizadores de la palma aceitera	55
4.2.3.3 Estudios <i>in vitro</i> del ciclo de vida de los insectos polinizadores de la palma aceitera	55
4.3 Identificación del número de inflorescencias masculinas y femeninas en la plantación.....	56
4.4 Métodos de análisis de datos de muestreos de insectos en inflorescencias y de acarreo de polen.	56
4.4.1 Método LSD (diferencia mínima significativa).....	58
5 Resultados y discusión	60
5.1 Inventario de insectos polinizadores	60
5.1.1 Muestreo General de insectos en los materiales de la plantación de Palmar del Río. Comportamiento de acuerdo a la estación (verano/invierno).	62
5.1.1.1 Comportamiento de cada especie de insecto con respecto su nivel de asociación con inflorescencias femeninas y masculinas de la palma aceitera	67
5.1.2 Capacidad de acarreo de polen de los insectos.	

Potencial polinizador de insectos muestreados (estudios de acarreo de polen).....	69
5.1.2.1 Potencial polinizador por especie de insecto	69
5.1.2.2 Comparación del potencial polinizador de machos y hembras de los insectos polinizadores (<i>Elaeobius sp.</i> , <i>Elaeobius kamerunicus</i>).....	71
5.1.3 Ciclo de vida del insecto. Biología de los insectos polinizadores	73
5.1.3.1 Ciclo de Vida.....	73
5.1.3.1.1 Etapa de huevo.....	77
5.1.3.1.2 .Etapa de larva.....	78
5.1.3.1.3 Etapa de pupa	80
5.1.3.1.4 Etapa de adulto.....	81
5.1.4 Colección de insectos polinizadores.....	81
6 Conclusiones	82
7 Recomendaciones.....	84
8 Referencias.....	85
9 Anexos	91

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Importaciones mundiales en millones de toneladas (Huari, 2013).....	8
Tabla 2 Mayores productores mundiales de palma (Huari, 2013).....	9
Tabla 3 Tabla de productores por provincia ecuador. (Huari, 2013)	9
Tabla 4 Precio en dólares americanos por tonelada métrica. (Bank, 2014).....	10
Tabla 5 Cuadro de registro de materiales y sus costos para la polinización (tito, 2014)	10
Tabla 6. Clasificación taxonómica de <i>e. guineensis</i> y <i>e.oleifera</i> (Hartley, 1983).....	11
Tabla 7 Características de los frutos de palma aceitera. descripción de cada tipo de fruto (Barba, 2007),.....	15
Tabla 8 Condiciones favorables para el cultivo de la palma aceitera <i>e. guineensis</i> jacq (Varela, 2012).....	15
Tabla 9 Fruit set taisha. análisis físico de 600 racimos en las instalaciones de palmar del río (Barba, 2011).....	16
Tabla 10 Evaluación de ensayos oxg- palmar del río. variables vegetativas (Barba, 2011).	19
Tabla 11 Constitución de la inflorescencias de la especie <i>e. guineensis</i> y del híbrido o x g (Hormaza, 2010).....	20
Tabla 12 Cuadro comparativo de los diferentes estadios de desarrollo y emergencia floral de <i>e. guineensis</i> y el híbrido interespecífico oxg (Hormaza, 2010)	25
Tabla 13 Clasificación taxonómica de las principales especies polinizadoras de palma aceitera.....	28
Tabla 14 Características de la plantación palmar del río (Barba, 2009).....	37
Tabla 15 Número de hectáreas por material en la plantación palmar del río (Tito, 2014).....	38
Tabla 16 Tabla del histórico de humedad relativa desde el año 2002 hasta el año 2013.....	47

Tabla 17	Tabla de del histórico de temperatura desde el año 2002 hasta el año 2013.....	48
Tabla 18	Tabla de del histórico de precipitaciones desde el año 2002 hasta el año 2013.....	49
Tabla 19	Anova para análisis de varianza para curculionides totales - suma de cuadrados tipo III.....	65
Tabla 20	Pruebas de múltiple rangos para curculionides totales por especie de palma aceitera	66
Tabla 21	Pruebas de múltiples rangos para curculionides totales por tipo de inflorescencia	67
Tabla 22	Anova para análisis de varianza para cantidad de insectos - suma de cuadrados tipo III.....	67
Tabla 23	Pruebas de rangos múltiples rangos para cantidad de insectos por especie de insectos	68
Tabla 24	Tabla Anova para concentración de polen por especie de insecto polinizador	70
Tabla 25	Pruebas de múltiple rangos para concentración de polen por especie de insecto polinizador	71
Tabla 26	Tabla Anova para carga de polen por género de especie de insecto polinizador (<i>E. kamerunikus</i> machos y hembras, <i>Elaeidobius sp.</i> machos y hembras)	73
Tabla 27	Duración de los diferentes estadios del ciclo biológico de los polinizadores de palma aceitera.....	76

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Inflorescencias femeninas en antesis.....	23
Figura 2 Inflorescencias andróginas de híbrido interespecífico oxg coarí x la mé.....	26
Figura 3 Inflorescencias masculinas	27
Figura 4 Huevos de Curculionidae (Mystrops sp.).....	31
Figura 5 Principales eventos durante el seguimiento del estado larva en Curculionidae.....	32
Figura 6 Principales eventos durante el seguimiento del estado pupa en Curculionidae.....	33
Figura 7 Ubicación de la plantación Palmar del Río.....	39
Figura 8 Estadios del proceso de antesis de la inflorescencia masculina	41
Figura 9 Estadios de antesis de los diferentes materiales muestreados.....	42
Figura 10 Imágenes de los diferentes estudios realizados en Palmar del Río	44
Figura 11 Especificaciones de las etiquetas utilizadas para el muestreo.....	45
Figura 12 Técnica de trampeo de insectos en la inflorescencia femenina	53
Figura 13 Imagen de los diferentes adultos obtenidos	61
Figura 14 Histograma de la prevalencia de los insectos en invierno y verano en las inflorescencias masculinas de los diferentes materiales de la plantación. CxL: Coari x Lame; g: E. Guineensis; o: E. Oleifera; TxA: Taisha x Avros; txl: Taisha x Lame	64
Figura 15 Gráfico de medias de las diferentes especies por la cantidad de insectos encontrados	69
Figura 16 Concentración de carga de polen por especie de insecto.....	70
Figura 17 Concentración de carga de poen por especie y género de insecto de insecto (E. kamerunicus machos y hembras, Elaeidobius sp. machos y hembras)	72

Figura 18 Izq. inflorescencia masculina en estado de necrosis. der. larva de e.kamerunicus ubicada en las anteras de la inflorescencia.	74
Figura 19 Sitio de ovoposición de e. kamerunicus en la parte interna de las anteras de la flor masculina.....	77
Figura 20 Larva de Elaedobius kamerunicus	79
Figura 21 Etapa de pupa de Elaedobius kamerunicus	80
Figura 22 Insectos montados en la colección de la Universidad de las Américas	81

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La polinización en las plantaciones de híbridos *E. oleifera* X *E. guineensis* del Ecuador se hace manualmente, utilizando gran cantidad de trabajadores (Juez, 2004). Los costos de mano de obra del cultivo de palma aceitera en el Ecuador para el año 2007 se repartió de la siguiente manera: el 11,7% de los costos operativos del cultivo se destinaron a mano de obra, de estos el 10,4% se destinó para remuneraciones y el 1,25% para contribuciones sociales (Varela, 2012). El nivel educativo bajo del personal, provoca conflictos en su manejo y esto reduce la producción (Juez, 2004). En efecto, la falta de niveles adecuados de polinización, recae en mermas de la productividad del cultivo (Juez, 2004).

El vigor híbrido de los cruces *E. oleifera* X *E. guineensis* como alternativa al control de la Pudrición de Cogollo justifica solventar problemas anatómicos y fisiológicos de los híbridos a nivel de polinización. La pudrición del cogollo, también conocida como "PC" es una de las principales enfermedades que afecta al cultivo de la palma aceitera (Bastidas, 2007). La enfermedad se caracteriza por el amarillamiento de las hojas jóvenes o del cogollo de la palma, junto con la pudrición y secamiento de la flecha, que posteriormente causa la muerte de la planta al llegar a los tejidos meristemáticos (Ronquillo, 2012).

A inicios de la década de los 60, se observaron los primeros síntomas de la PC en Latinoamérica (Ronquillo, 2012). En 1977 en la plantación "Palmeras de los Andes" los síntomas de Pudrición de Cogollo se presentaron en plantas de 3 a 4 años y se encontraron escasos casos de recuperación. En el año 1979, la PC se presentó en palmas de 2 años en la Amazonía Ecuatoriana y para la década de los 90, los daños en Palmar del Rio "Palmeras del Ecuador" ascendieron a más de 10000 hectáreas. En la actualidad, San Lorenzo, Provincia de Esmeraldas, constituye la provincia que presenta el mayor índice de infección y dispersión de la enfermedad (Barba, 2011). Para contrarrestar este problema, varias plantaciones han realizado investigaciones enfocadas en la resistencia

genética. Es el caso de la plantación Palmar del Río, ubicada en el kilómetro 8 vía al Paraíso en el cantón El Coca, provincia de Francisco de Orellana (Barba, 2010). El departamento de investigaciones de esta plantación ha evaluado materiales híbridos OXG obtenidos de Oleíferas brasileñas, centroamericanas y ecuatorianas. Las Oleíferas ecuatorianas se caracterizan por su tolerancia a la PC, un crecimiento reducido (entre 5 y 7 cm por año), pedúnculo largo (que facilita la cosecha), anthesis uniforme, racimos con poca espata y una amplia variabilidad genética. Estas características califican a estos materiales como interesantes para el desarrollo y la producción de híbridos (Barba, 2010).

Los caracteres internos del fruto del híbrido dependen de la estructura del fruto del progenitor *E. guineensis* (Dura, Tenera o Pisífera) y no parece existir una influencia hereditaria de la morfología del fruto proveniente de *E. oleifera* (Bastidas, 2011). En los cruzamientos entre *E. oleifera* y Pisíferas se obtienen cuescos delgados, pero falta el anillo de fibra presente en las *E. guineensis* Teneras. Como se menciona antes, otra de las características fisiológicas de los híbridos interespecíficos es una menor tasa de crecimiento del tallo (24,6 cm./año) frente a materiales comerciales Tenera Corpoica (46,4 cm./año) (Barba, 2010). Esta característica fisiológica se traduce en parámetros económicos: la vida útil de los materiales híbridos, al presentar poco crecimiento, se duplica con respecto a una palma aceitera tradicional (Bastidas, 2007). De igual forma, el nivel de producción frente a otras especies de palmas aceiteras como *Elaeis guineensis* es mayor (Prada, 1998).

Palmar del Río, posee cerca de 200 hectáreas destinadas a la investigación, con pruebas de progenies y ensayos de aptitud combinatoria utilizando varios progenitores *E. guineensis* y cruzamientos OxO (para aumentar la capacidad de producción de semillas con individuos seleccionados por sus características prometedoras). Cuenta también, con pruebas de introgresión de genes de tolerancia a la PC con material guineensis a través de cruces DD (Dura x Deli) x DT (Dura x Taisha) (Barba, 2011). La producción promedio en racimo alcanza las 25 tn/ha/año y los contenidos de aceite en racimo a nivel de laboratorio de ciertas especies de palma aceitera de material ecuatoriano han alcanzado

niveles de 24% de tasa de extracción (Barba, 2011). Sus aceites se caracterizan por alto contenido oleico y esto los convierte en una alternativa optima a la hora de contrarrestar problemas del PC (Barba, 2011).

En Palmar del Río, se utiliza como práctica agronómica la polinización asistida en el cultivo para incrementar su productividad. Esto se explica debido a los bajos índices de de polinización natural reportada en híbridos de palma aceitera (Barba, 2011). La polinización asistida es uno de los rubros más altos en las plantaciones de híbridos de palma. En la plantación antes mencionada, esta actividad representa 45,5% de los costos operativos de la obtención de racimo, y de este el 77,8% corresponde a mano de obra, lo que en términos económicos equivale a 397,6 USD/ha (Tito, 2014). Cabe mencionar además que el precio por tonelada para el mes de agosto de 2014 fue de \$. 677,88 por tonelada (Bank, 2014).

El objetivo de esta investigación es determinar insectos con potencial polinizador presentes en el cultivo de palma aceitera para evaluar, la eficacia de polinización de estas especies en híbridos *E. oleífera X E. guineensis*. Los resultados de la investigación permitirán tener un mayor conocimiento de los sistemas de polinización entomófila de híbridos y desarrollar en un futuro metodologías para incrementar los niveles de productividad en las plantaciones de esta especie de *Elaeis*.

1.2 Justificación

El cultivo de palma aceitera llega a producir 10 veces más aceite en comparación de otros cultivos oleaginosos; e inclusive esta diferencia llega a ser mayor con materiales genéticamente mejorados (Bank, 2014). El origen de la palma aceitera en el Ecuador se remonta a los años 50 en el sector de Santo Domingo, en ese entonces, provincia de Pichincha y en Quinindé, la provincia de Esmeraldas. (Bonilla, 2014).

El cultivo de palma es un rubro importante para la economía del Ecuador. Actualmente, en la provincia de Esmeraldas existen 216 000 hectáreas sembradas de un total de 300 000 hectáreas sembradas en todo el país. De las antes mencionadas, el cantón Quinindé tiene el 90% de siembras (Bonilla, 2014) y la que menor superficie abarca es la provincia de Bolívar con 191,20 hectáreas, las que representan el 0,001 % (Tipantuña, 2005). El mayor número de palmicultores, se encuentran en Esmeraldas con 1996 cultivadores. Para el año 2005 se observó una expansión del cultivo en las provincias de: Cotopaxi, Esmeraldas, Los Ríos, Guayas, Francisco de Orellana, Pichincha, Bolívar, Sucumbíos, Santo Domingo de los Tsáchilas (Tipantuña, 2005). De esta superficie sembrada, la gran mayoría corresponde a cultivadores pequeños (41.8 %) con área entre 0 y 10 ha. (Tipantuña, 2005).

El cultivo de palma aceitera representa el 34% de la superficie agrícola del Ecuador. (Juez, 2004) y se procesa y exporta 0.3 millones de toneladas anuales de aceite de palma (Aguilar, 2008). Según los datos estadísticos que reporta la Asociación Nacional de cultivadores de Palma aceitera, en el año 2009, hubo un incremento de la superficie sembrada a 23 000 H. Este incremento en términos de empleabilidad, representan 168 667 plazas de empleo tanto directas como indirectas (Tipantuña, 2005). El aumento de la siembra de la palma aceitera entre 1993 a 2009, ha tenido un incremento de 293%; llegando a ser en la actualidad, de 447 667,00 TM. El consumo nacional es de 210 000 TM dejando un excedente muy alto que se exporta a otros países (Muñoz, 2009). Con estas referencias se estima que para el año 2019 existirá una superficie sembrada de 391. 000 ha. (Tipantuña, 2005).

El cultivo de materiales híbridos genera grandes beneficios por su tolerancia a varias enfermedades (Bastidas, 2011), su calidad de aceite, y su tiempo de vida útil (24,6 cm por año). Esto permite estimar una vida útil superior a 40 años (Bastidas, 2010). El inconveniente principal a la hora de obtener frutos es la polinización, debido a que el vigor híbrido de los materiales impide la formación de flores masculinas caracterizadas también por la reducida viabilidad de su polen (Barba, 2010). Es así que, es importante buscar

alternativas de polinizaciones más económicas y viables que produzcan resultados productivos alentadores. Actualmente existen pocos estudios que determinan la capacidad de polinización de insectos en híbridos de palma aceitera. El proyecto está enfocado en el estudio de insectos polinizadores como alternativa futura para reducir costos en la polinización de híbridos de palma aceitera para los 5.278 palmicultores (Huari, 2013), mejorando la productividad del cultivo y su manejo.

1.3 Fuentes de información que se utilizará para el trabajo de titulación

1.3.1 Fuentes Primarias

Las fuentes primarias consistirán en los resultados experimentales generados durante la investigación. Por otro lado, se tomarán en cuenta igualmente (entrevistas) para recopilar información directamente de los participantes en el proceso productivo en la plantación. Estos pueden ser ejecutivos, investigadores, profesionales técnicos o personal operativo.

1.3.2 Fuentes Secundarias

Se utilizaron varias fuentes de información provenientes de institutos de investigación científica en palma aceitera con renombre a nivel mundial, medio ambiente y procesamiento de aceite rojo, detalladas a continuación:

Asociaciones y Federaciones

- Asociación Venezolana de Cultivadores de Palma Aceitera (ACUPALMA)
- Cámara de Agricultura de la I Zona (CAIZ)
- Consejo Malayo de Cultivadores de Palma de Aceite (MPOC)
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA)
- Empresa brasileira de Pesquisas Agropecuária (EMBRAPA)
- Federación Nacional de Cultivadores de Palma Aceitera de Colombia (FEDEPALMA)

- Fundación de Fomento de Exportaciones de Aceite de Palma y sus Derivados de Origen Nacional (FEDAPAL)
- Junta Malaya de Cultivadores de Palma de Aceite (MPOB)
- National Institute of Oilseed Products/Instituto Nacional de Productos Oleaginosos (NIOP)
- Roundtable Sustainable Palm OIL/ Mesa Redonda por un Aceite de Palma Sostenible (RSPO)

Instituciones

- Agrocalidad
- Banco Central del Ecuador
- Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones del Ecuador (CORPEI)
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP)
- Investigación y Ciencia
- Centro de Investigación de Palma de Aceite Colombia (CENIPALMA)
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)
- Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)
- Mercado y Precios
- Análisis y pronósticos del Mercado internacional de aceite de palma (OIL WORLD)
- Guía virtual de la industria de la palma aceitera (PALM OIL)
- Worldbiofuels Markets Brasil
- PALMAR DEL RIO (Estadísticas y registros internos)

2 MARCO TEÓRICO

2.1 La Palma aceitera

2.1.1 Importancia económica, agrícola y producción en Ecuador y en el mundo

2.1.1.1 Reseña histórica del cultivo

La palma aceitera *Elaeis guineensis* es una planta originaria del Golfo de Guinea (África occidental) y de otras regiones del este de África Ecuatorial. En estos lugares se conoce que los nativos realizaban extracciones hace más de 5000 años (Muñoz, 2010), el cultivo se extendió de forma natural a lo largo de los ríos, respondiendo a condiciones adecuadas de suelo y clima entre 15° de latitud norte y 15° de latitud sur (Muñoz, 2010). La palma de aceite entró a Asia por Java, en 1848, (Muñoz, 2010), se derivó de cuatro palmas sembradas originalmente en el Jardín Botánico de Bogor, Sumatra y posterior a esto, sus descendientes fueron sembrados en Deli. Posteriormente, fueron sembrados en Indonesia y Malasia y años después en Costa Rica (Sterling & Alvarado, 2002). Estas 4 palmeras madres dieron comienzo a la más grande expansión de este cultivo en el mundo (Sterling & Alvarado, 2002).

La palma aceitera fue introducida en el Ecuador en la década de los 50, en la provincia de Esmeraldas, en el cantón La Concordia, por Roscoe Scott. Posterior a esto, a finales de los años 60, se produce un incremento en la siembra de palma aceitera con más de 1.000 hectáreas (Sáenz, 2006). Para la década de los 90 surge otro incremento en la siembra del cultivo haciendo de Esmeraldas, Los Ríos, Pichincha, Santo Domingo de los Tsáchilas y el Oriente Sucumbíos y Orellana las provincias con mayor cantidad del cultivo (Muñoz, 2010).

Las condiciones óptimas de desarrollo del cultivo son regiones tropicales calurosas con un clima cálido y húmedo, con una altitud no mayor a 500 msnm, precipitaciones entre 1500 y 1800 mm/año y entre 120 a 150mm/mes.

La temperatura ideal diaria-anual debe oscilar entre 24 y 26°C, la humedad relativa mensual debe ser superior a 75% y la luminosidad promedio tiene que ser de aproximadamente 1400 horas/año, (Sáenz, 2006). El suelo debe tener una profundidad óptima entre 1 y 1,5 m. y estos deben poseer características franco, franco-arcillosas o franco limosas, con pH entre 5 a 6,5 (ácido a ligeramente ácido) y deben ser de tipo fértil, permeable, de estructura granular y bien drenados (Sáenz, 2006).

El género *Elaeis* posee dos especies de importancia económica por su alto valor productivo: *Elaeis guinensis*, originaria del centro occidente del continente africano y *E. oleífera*, originaria de Sudamérica y Centroamérica (Bastidas, 2011). Los cultivos comerciales, en su mayoría; se encuentran sembrados con materiales genéticos africanos. Sin embargo, por razones fitosanitarias, cultivos comerciales de Colombia, Brasil y Ecuador se componen de híbridos inter específicos (OXG). Estos materiales genéticos han sido obtenidos del cruzamiento entre madres *E. oleífera* y padres *E. guinensis*. (Bastidas, 2011). Dichos híbridos exhiben características intermedias entre los dos parentales, presentan vigor y resistencia a enfermedades.

2.1.1.2 Mayores productores a nivel mundial

En el 2012, las importaciones registraron 24 millones de toneladas de aceite en importaciones a nivel mundial; siendo Asia el mayor importador, junto con China (4.3 millones de toneladas de aceite en importaciones) (tabla 1) (Huari, 2013).

Tabla 1 Importaciones Mundiales en millones de toneladas. (Huari, 2013)

PAÍS	IMPORTACIONES (MILLONES DE TONELADAS)
China	4.3
Unión Europea	3.9
India	3.7
Pakistán	1.5
Bangladesh	0.7
Egipto	0.6
Rusia	0.5
Turquía	0.4
Malasia	0.3

La palma aceitera se cultiva actualmente en alrededor de 42 países y se utiliza en gran medida para aceite comestible y biocombustible (Aguilar, 2008). La producción de aceite de palma en el mundo se aproxima a las 35 millones de toneladas y se posiciona en el segundo lugar con respecto a niveles de producción de otros aceites vegetales de consumo humano (Aguilar, 2008). De acuerdo a Aguilar, 2008, Ecuador ocupa el octavo lugar en el mundo en producción de Palma aceitera (tabla 2)

Tabla 2 Mayores productores mundiales de Palma africana (Huari, 2013)

PAÍS	PRODUCCIÓN (MILLONES DE TONELADAS)
Malasia	15
Indonesia	14
Nigeria	0.8
Tailandia	0.7
Colombia	0.65
Papúa Nueva Guinea	0.38
Costa de Marfil	0.34
Ecuador	0.3
Costa Rica	0.2

En Ecuador, como se aprecia en la tabla 3, la provincia que tiene el mayor número de hectáreas sembradas corresponde a Esmeraldas, con un total de 79.712,02 ha. (Huari, 2013). De esta extensión, el 9% representa material híbrido (Juez, 2004)

Tabla 3 Tabla de productores por provincia Ecuador. (Huari, 2013)

Provincia	Superficie (ha)	Número de palmicultores (unidades)
Esmeraldas	79719,02	1996
Pichincha	34201,27	943
Los Ríos	31997,28	594
Sucumbíos	10118,57	233
Orellana	5068,74	101
Guayas	3409,80	38
Manabí	1607,50	50
Cotopaxi	1525,10	28
Bolívar	191,20	4
La concordia	28476,15	743
Manga del cura	6920,30	443
Las Golondrinas	4070,38	105
TOTAL	207285,31	5278

El precio para el mes de agosto de 2014 alcanzó \$ 677, 86 (Bank, 2014), lo que representa un valor muy bajo con respecto a las labores que se deben realizar en este cultivo, este precio como se aprecia en la Tabla 4 ha decrecido y se estima por lo tanto, como un dato poco favorable (Bank, 2014).

Tabla 4 Precio en Dólares americanos por tonelada métrica. (Bank, 2014)

Mes	Precio	Tasa de cambio
Febrero 2014	811,20	-
Marzo 2014	860,52	6,08 %
Abril 2014	825,32	-4,09 %
Mayo 2014	800,29	-3,03 %
Junio 2014	758,47	-5,23 %
Julio 2014	752,89	-0,74 %
Agosto 2014	677,86	-9,97 %

En la tabla 5 se puede apreciar los costos necesarios para la polinización de híbrido de palma aceitera, la tabla muestra como el mayor costo está representado por la mano de obra (Tito, 2014).

Tabla 5 Cuadro de registro de materiales y sus costos para la polinización (Tito, 2014)

POLINIZACION	USD/ha..	%
Polen	41,3	8,1
Talco	2,2	0,4
Guantes de pupo polinización	0,4	0,1
Infladores de globos	1,9	0,4
Herramienta polinización	1,0	0,2
Libretín revisión polinización	0,5	0,1
Mano de Obra para polinización (Horas extras)	66,4	13,0
Mano de Obra para polinización	397,6	77,8
TOTAL	470	

2.1.2 Clasificación de especies de palma aceitera

La palma aceitera crece de forma silvestre y el fruto es utilizado para la extracción de aceite. En el siglo XX, se transformó en cultivo comercial y se adaptó de manera rápida al continente americano (Rivadeneira, 2010). Existen

también especies de palma aceitera propias del continente americano, bien adaptadas a su entorno y a su ecosistema. Estas palmeras han sido diferenciadas y estudiadas para una mejora productiva del cultivo (Barba, 2011). Según La clasificación taxonómica aparece en la tabla 6.

Tabla 6. Clasificación taxonómica de *E. guineensis* y *E.oleifera* (Hartley, 1983)

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	
Reino:	Vegetal
Clase:	Monocotiledónea
Orden:	<i>Arecales</i>
Familia:	<i>Areaceae</i>
Tribu:	<i>Coccoineae</i>
Género:	<i>Elaeis</i>
Especie:	<i>Elaeis guineensis</i> <i>Elaeis oleifera</i>

2.1.3 Obtención de híbridos

El desarrollo de híbridos nace por la necesidad de adquirir materiales resistentes a enfermedades como la Fusariosis, Ganoderma y la Pudrición de cogollo, su adaptación a diferentes tipos de suelos y pisos climáticos, su crecimiento en altura, volumen, área foliar y los niveles de extracción de aceite (Bastidas, 2007). Para la obtención de materiales híbridos se realiza la hibridación interespecífica, la cual utiliza materiales de *E. oleifera* como madre y polen de *E. guineensis*. Las palmas madres son seleccionadas por características morfológicas y fisiológicas, mientras que el donador de polen se escoge por su alto poder germinativo. Para el mejoramiento genético acelerado, se realizan polinizaciones controladas entre palmas de híbridos interespecíficos usándolos como madres y palma africana como padre (Bastidas, 2007). En el caso de los frutos normales (frutos que cumplen con las características idóneas para la extracción de aceite), obtenidos de cruzamientos Tenera x Dura, el porcentaje de mesocarpio en fruto varía entre

40 y 60%. Por otro lado, el fruto obtenido en los cruzamientos Ténera y Pisífera el porcentaje de mesocarpio se presenta entre 58 y 74% (Bastidas, 2011).

Ensayos realizados en Malasia muestran que los frutos partenocárpicos grandes tienen un promedio de 75% de mesocarpio y 25% de cuesco, mientras que el tipo pequeño tienen 89% de mesocarpio y el 11% corresponde al núcleo lignificado (Bastidas, 2011).

2.1.4 Descripción botánica y agronómica del cultivo

2.1.4.1 Descripción botánica y agronómica del Orden *Arecales*, la familia *Areaceae*, y el género *Elaeis*.

El cultivo se distribuye en las regiones tropicales y subtropicales, los productos de mayor importancia económica corresponden a los obtenidos a partir del coco, aceites, marfil vegetal, cera de carnauba, caña de ratán entre otros (Borchsenius, 2006). Las *Areaceae* son plantas arbustivas o arborescentes, en ocasiones espinosas, con un tallo llamado estípite que puede ser solitario o ramificado desde la base; en algunos casos es subterráneo e imperceptible.

Los tallos pueden ser rectos o tendidos, la base de la hoja abraza el tallo llamándose alternas. El raquis de la hoja tiene espinas o dientes. Son plantas hermafroditas, polígamas, dioicas o monoicas, sus inflorescencias nacen entre las hojas o por debajo de ellas. Su reproducción se produce por polinización natural, para lo cual existen flores fértiles hermafroditas, o funcionalmente masculinas y femeninas. Las inflorescencias son sésiles y aparecen de forma agrupada o aislada, presentando 2 a 3 sépalos e igual número de pétalos unidos o libres. Existe secreción de néctar, desde el gineceo o desde el androceo, sus flores están agregadas en inflorescencias, estas son axilares y se componen de flores pequeñas y regulares. La flor masculina posee generalmente estambres fértiles presentes muy numerosos (Borchsenius, 2006). La fruta es carnosa comúnmente, es una drupa en ocasiones con un mesocarpio fibroso. Estos frutos usualmente no contienen almidón, la germinación es ciptotilar (independiente de la forma de los cotiledones), el

hipocotíleo es ausente en los entrenudos (Watson, 2008). El fruto puede ser carnoso o seco y cubierto de fibras, escamas o espinas. Esta familia contiene más de 200 géneros y 2.450 especies distribuidas en las regiones tropicales (Borchsenius, 2006). Las hojas de esta familia son entre pequeñas a muy grandes, insertadas en forma de espiral, pecioladas, con vainas de tipo tubular, márgenes unidos y su división llega con la adultez de la hoja. Las hojas casi siempre son compuestas, generalmente pinnadas y las láminas de las hojas son cruzadas. (Watson, 2008). La hoja posee una epidermis sin diferenciación entre células largas y cortas, además de engrosamiento secundario (Watson, 2008).

La familia *Arecaceae* tiene gran importancia por su utilización en la industria y alimentación. Por ejemplo, se puede citar como cultivos de importancia alimenticia a *E. guineensis* (Palma africana) y *Cocos nucifera* (Coco). Entre sus usos se destacan la construcción, producción de fibras, hojas para techado y cera de consumo alimenticio (Borchsenius, 2006).

La palma aceitera lleva su nombre por el científico Jacquin (1763) y su nombre científico es *Elaeis guineensis*. En base a la etimología griega *elaion* cuyo significado es aceite y *guineensis* corresponde a la zona de Guinea, de donde es nativa la planta (Juez, 2004). Posee 16 pares de cromosomas por lo que es apta para el mejoramiento genético y cumple con características cromosómicas de una planta monoica (Juez, 2004). La emergencia de frutos empieza entre los 2 y 2.5 años de edad (Bastidas, 2007). El género *Elaeis* corresponde a una palma perenne, pero su manejo se dificulta a partir de los 25 años, debido a su altura. Dependiendo de la especie, estas plantas pueden llegar a medir 20 metros de altura (Sáenz, 2006). Las principales especies del género *Elaeis* son *E. guineensis* (Palma africana) y *E. oleífera* (Palma americana) (Quesada, 2009).

Como se mencionó anteriormente, una de las principales enfermedades corresponde a la Pudrición de cogollo (PC) y su efecto en diferentes partes del mundo. Las grandes pérdidas por la enfermedad, han provocado

investigaciones para la obtención de materiales originarios del cruce de palmas americanas (*Elaeis oleífera*) con palmas africanas (*Elaeis guineensis*) resistentes a enfermedades (Juez, 2004). Con el motivo de solucionar este inconveniente nace la experimentación con nuevas variedades y especies.

2.1.5 Especies del genero *Elaeis*

2.1.5.1 Especies puras de Palma aceitera

2.1.5.1.1 *Elaeis guineensis*

La estructura de la *E. guineensis* es similar a la de las otras palmas aceiteras es una palmera monoica, con un estípote que puede llegar a medir entre 15 y 20 metros con un diámetro de 30 a 60 cm., sus hojas viejas se insertan en el tallo dándole una estructura rugosa (Barba, 2007), El índice de emisión foliar en fase de vivero oscila entre 6 y 12 hojas/año, mientras que en la fase adulta este índice puede llegar variar entre 30 y 40 hojas/ año. Este índice de crecimiento depende de las características genéticas, condiciones climáticas y manejo agronómico del cultivo. Las hojas de esta especie son pinnatisectas. Su tallo se desarrolla entre los 4 o 5 meses de edad, con un crecimiento anual o grosor muy variable, este crecimiento se presenta de forma lateral y continua hasta que la palma tiene cerca de cuatro años (Barba, 2007).

Las inflorescencias de la palma africana, debido a su condición de palma monoica, se localiza en cada axila de las hojas. Los primordios florales al cabo de los meses, se diferencian en el sexo de cada inflorescencia (Genty P., 1986). La inflorescencia femenina alcanza una longitud aproximada de 30 cm; anterior a que se abran las espatas nace el racimo, que tiene una forma similar a corazón con una dimensión en promedio de 50 centímetros de largo x 35 centímetros de ancho (Barba, 2007), y en este se encuentran los frutos que se clasifican de acuerdo a su estructura como se aprecia en la tabla 7:

Tabla 7. Características de los frutos de palma aceitera. Descripción de cada tipo de fruto (Barba, 2007),

TIPO DE FRUTO	CARACTERÍSTICA ESTRUCTURAL
FRUTOS NORMALES	Son fértiles (producto de la fecundación) con una nuez bien desarrollada
FRUTOS PARTENCARPICOS	La polinización no tuvo lugar, corresponden a frutos sin almendras
FRUTOS MADUROS BLANCOS	No poseen aceite, son pequeños y poco desarrollados
IMPUREZAS	Pequeños gránulos de racimo. Explicar un poco mejor.

Elaeis guineensis presenta un sistema radicular altamente fasciculado, que se desarrolla desde la base del tallo en forma paralela del suelo. Sus raíces alcanzan una profundidad máxima entre 30 y 60 cm y estas se extienden horizontalmente hasta una distancia de 5 metros. La palma aceitera tiene un desarrollo adecuado a altas temperaturas, (25 a 18°C en el día). En la Tabla 8 se muestran los requerimientos que tiene *E. guineensis* (Barba, 2007).

Tabla 8. Condiciones favorables para el cultivo de la palma aceitera *E. guineensis* Jacq (Varela, 2012).

FACTOR	MÁXIMA	MÍNIMA
Latitud	15 Norte	15 Sur
Temperatura °C	28 °C	18°C
Precipitación anual	2000mm	1750mm
Radiación: Horas luz/año	2000	1500
Suelo	Francos	Franco-Arenosos
PH	7.8 alcalinos	4,5 ácidos
Altitud	700msnm	3msnm

E. guineensis se propaga en forma sexual, por semilla. La época de siembra más recomendable es durante el período de lluvias para el caso del oriente ecuatoriano (se recomienda los meses de Mayo y Junio), Es igualmente necesario que suelos con alta humedad para favorecer el cultivo y la distancia de siembra por lo general se realiza con una distancia de 9 metros entre palmas y 7,8 entre hileras (Barba, 2007).

Para la palma aceitera, la etapa crítica de cultivo son los primeros 3 a 4 años de edad, especialmente antes de la primera obtención de fruto, debido principalmente a la debilidad de la palma aceitera, para estos casos es necesario el manejo del mismo en área circular alrededor del estipe “anillo”, es recomendable el uso de callejones en el control de malezas, principalmente se utiliza cultivos de cobertura que en su mayor parte son del género *Pueraria*, *Pueraria phaseoloides*, esta además, de nutrir al suelo mantiene la capa vegetal del cultivo este puede llegar hasta una altura de 1 metro lo que evita el crecimiento por competencia de otros materiales vegetales de la zona (Barba, 2007), En el caso de la plantación Palmar del Río, en la provincia de Francisco De Orellana, se ha establecido esta fórmula de cultivo debido a los excelentes resultados en el manejo de malezas (Barba, 2007).

2.1.5.1.2 *Elaeis oleífera* Taisha

Palma denominada de esta manera, por ser originaria de la localidad de Taisha en el oriente ecuatoriano. Su fenotipo es similar al de *E. guineensis*, su hábitat corresponde a humedales y pantanos en altitudes entre los 240 a 420 msnm.

Estas palmeras producen frutos virescens (Metamorfosis de las partes coloreadas de las flores en hojas verdes para obtener finalmente frutos de color verde), sus racimos tienen buenos niveles de germinación y sus frutos son tipo Dura *guineensis* (con un cuesco que representa el 21, 18%) (Barba, 2011), según el análisis físico de la composición del racimo, también llamado “FRUIT SET” (determinación de los diferentes componentes del racimo) (Barba, 2011), como se puede observar en la tabla 9.

Tabla 9. FRUIT SET TAISHA. Análisis físico de 600 racimos en las instalaciones de Palmar del Río (Barba, 2011).

FRUIT SET TAISHA	
TIPO DE FRUTO	PORCENTAJE EN RACIMO
FRUTOS NORMALES	72,12%
FRUTOS PARTENOCÁRPCOS	11,84%
FRUTOS VANOS	8%

El índice de emisión foliar es de 1 a 2 hojas por mes, con entrenudos cortos, lo que provoca un crecimiento lento, de 5 - 7 cm por año (Barba, 2011). La floración, comienza en el mes 36, mostrando inflorescencias con pedúnculo largo, porcentaje óptimo de viabilidad de polen, pero en baja cantidad y la antesis se presenta uniforme en la mayor parte de los casos (Barba, 2011). Las inflorescencias femeninas tienen pocas espatas, y cumplen con un período de formación de racimos de 150 días en promedio (Barba, 20011). Con respecto a su aceite, estudios realizados en PDR mostraron que cuenta con un porcentaje de aceite en mesocarpio entre 3,64 a 25, 82% y en el racimo completo entre 1,68 y 15,69%.

2.1.5.2 Híbridos de palma aceitera

2.1.5.2.1 Híbrido interespecífico OxG Taisha x La Mé

Las semillas de este híbrido utilizan como progenitor femenino a palmas del género *Elaeis oleifera* Taisha. Estas palmas, como se mencionó anteriormente, fueron colectadas en la Amazonía ecuatoriana, en la provincia de Morona Santiago y han sido evaluadas desde el año 1998 (Barba, 2011).

En el año 2003, iniciaron los cruzamientos entre el progenitor masculino *E. guineensis* La Mé obtenido a partir de cruces Tenera La Mé x Tenera La Mé (TxT), que sobrevivieron a la Pudrición de cogollo en la primera generación de palmas *E. guineensis* y con material femenino a palmas *Elaeis oleifera* Taisha. De manera comercial el cultivo empezó con siembras desde el año 2010. Los resultados obtenidos han demostrado una alta productividad y resistencia a enfermedades del híbrido (Barba, 2011).

Según datos estadísticos de la plantación, hasta el momento, este híbrido ha demostrado tolerancia a la PC. Esta evaluación se ha realizado en lotes de Palmar del Río infectados por esta enfermedad, por lo que se observa la resistencia transferida de los progenitores *E. oleifera* Taisha específicamente.

Sin embargo, estas plantas presentan otras patologías como la “Marchitez Sorpresiva”, Algunos de los síntomas de esta enfermedad son un arco

defoliado, con una incidencia del 0,2 % y una pudrición de flecha en etapas iniciales y con una incidencia del 0,03% (Barba, 2011). A pesar de estos problemas fitopatológicos, este híbrido muestra una alta producción durante el año 4 y 5, como se aprecia en la tabla 11, alcanzando su mayor productividad el 5to año (Barba, 2011).

2.1.5.2.2 Híbrido inter específico OxG Taisha x Avros

Este híbrido presenta alta tolerancia a la PC, tiene una tasa de crecimiento anual de 19,76 cm., que se traduce en una vida útil del cultivo superior a los 30 años (Barba, 2011). La polinización asistida, en relación a otros híbridos es más manejable debido a la poca producción de espatas en la inflorescencia femenina. La productividad de este material es similar a *E. guineensis*: el aceite producido es de consistencia semilíquida, correspondiendo a un alto contenido de ácidos grasos insaturados. Esto se aprecia en el mercado internacional puesto que indica un alto contenido oleico (Barba, 2011).

Los estudios desarrollados en Palmar del Río han arrojado una tasa anual de crecimiento en altura de 19,76 cm., el área foliar promedio es de 9,75 cm (Barba, 2011). La producción máxima de racimos se encuentra entre 6 y 7 racimos/año (Barba, 2011). En las condiciones de heliofanía de Palmar del Río, la densidad de siembra tiene que ser menor o igual a 128 palmas/ha. (9,5 m entre plantas y 9,5 m entre hileras) (Barba, 2011). La producción de estos híbridos interespecíficos OxG PDR-TAISHAX AVROS, inició con 10,6 Tn/ha./año, y ha presentado un aumento de la producción superior a las 24 toneladas durante el tercer año. Estos resultados se logran utilizando polinización asistida, debido a la baja población de inflorescencias masculinas y la baja cantidad de polen producido (Barba, 2011).

2.1.5.2.3 Comparación de los principales materiales OxG de la plantación Palmar del Río

En el año 2010 se realizó detalles de comparación de los materiales de la plantación, los datos a continuación dan las principales características de los mismos, y su variabilidad en cuanto a tipologías genéticas, con los siguientes datos importantes (Barba, 2011). La densidad de siembra es similar entre los dos híbridos, lo que favorece la disponibilidad de terreno para el cultivo (Barba, 2011). Bajo los análisis propuestos se ha observado la alta resistencia de los materiales híbridos Taisha x Avros con respecto a los híbridos Coarí x La Mé.

Como se mencionó anteriormente, uno de los principales inconvenientes en el cultivo de palma aceitera es la pudrición de cogollo (Barba, 2011). Como variables vegetativas se observa como el híbrido interespecífico OxG Coari X La Mé tiene un diámetro de tronco mayor por lo que disminuye la densidad de siembra.

Además, su pedúnculo es largo, lo que limita mucho la cosecha del fruto, y la presencia de espatas dificultan la polinización asistida (Barba, 2011).

Tabla 10. Evaluación de ensayos OxG- Palmar del Río. Variables vegetativas (Barba, 2011).

EVALUACION ENSAYOS OXG PALMAR DEL RÍO		
DETALLE VARIABLES VEGETATIVAS	HUGP4 TAISHA X AVROS	LOTE 9C2 COARÍ X La Mé
DIÁMETRO TRONCO (cm)	94	112
CRECIMIENTO(cm/año)	15	16
PRESENCIA DE ESPATAS	NO	SI
ANTESIS	UNIFORME	DESUNIFORME
PEDÚNCULO	LARGO	CORTO
ANDRÓGENOS INICIALES	NO	SI

2.1.6 Proceso de desarrollo de la floración masculina y femenina en *Elaeis guineensis* e híbridos interespecíficos

Las inflorescencias, tanto masculinas como femeninas, están compuestas por un eje principal que se ramifica en su parte distal y recibe el nombre de raquis. Además, la porción proximal o no ramificada se denomina pedúnculo (Bletholder, Van der Boom, & Stauss, 1991). En el caso de las inflorescencias de los híbridos las espigas de las brácteas son más pequeñas con respecto a materiales puros, su extremo no es afilado y es color café (Hormaza, 2010).

Las inflorescencias femeninas poseen cerca de 150 raquillas, donde se agrupan entre 10 y 20 flores. Estas inflorescencias se observa en grupos o racimos florales a diferencia de la inflorescencia masculina que se presenta únicamente una flor por bráctea. En las inflorescencias masculinas se agolpan entre 100 y 300 raquillas largas y cilíndricas donde se insertan entre 700 y 1200 flores (Hormaza, 2010). El pedúnculo de *E. guineensis* tiene un largo entre 18 y 22 cm. mientras que los híbridos OxG presentan un pedúnculo con una longitud entre 10 y 18 cm. (Barba, 2011). La diferencia también radica en el total de flores presentes en el racimo: en *E. guineensis* se producen entre 980 y 1050 flores mientras que en el híbrido llegan a emerger entre 2300 y 2800 flores (Hormaza, 2010).

Tabla 11. Constitución de la inflorescencias de la especie *E. guineensis* y del híbrido O X G (Hormaza, 2010)

Especie	<i>Elaeis guineensis</i>	Híbridos O x G
Largo del pedúnculo(cm)	18-22	oct-18
Largo inflorescencia (cm)	31-37	36-44
Ancho (cm)	15-19	21-25
Nº raquis (cm)	83-91	100-120
Largo raquis (cm)	oct-30	nov-13
Nº de flores/raquila	10-dic	21-25
Total flores	980-1050	2300-2800

Las flores femeninas tienen un perianto conformado por tres pétalos rodeados por tres sépalos. El gineceo o pistilo es columnar u ovoide y se conforma por un ovario tricarpelar y tres estigmas que durante el desarrollo de la flor permanecen unidos, y en la etapa de antesis se curvan hacia afuera (Hormaza, 2010).

Por otro lado, las inflorescencias masculinas son pequeñas con 3 -4 mm. de longitud y entre 1,5 a 2 mm. de ancho. Durante la pre antesis se encuentran rodeadas por una bráctea triangular constituida igualmente por tres sépalos y tres pétalos (Juez, 2004). Durante el período de antesis, la flor masculina sobresale de la cavidad en donde se encuentra, posee 6 estambres cada uno con sus respectivas anteras, Presenta filamentos amplios y carnosos soldados en sus costados, formando un canal en el centro. Las anteras tienen forma rectangular con lóbulos que poseen hendiduras por las cuales el polen es liberado durante la fase de antesis (Hormaza, 2010). Las anteras se caracterizan por producir gran cantidad de polen con un olor similar al anís (Raygada, 2005) y son de color amarillo (Hormaza, 2010). En una fase inicial, los granos de polen tienen una forma ovalada pero llegada la madurez, toman una forma triangular (Hormaza, 2010). El número total de flores masculinas en proceso de floración es sumamente alto (aproximadamente 2500 inflorescencias por día), estas flores se abren desde la base de la espiguilla hasta su extremo distal. El mayor pico de obtención polen se obtiene al segundo y tercer día y cae a los cinco días de antesis (Corley & Tinker, 2009). El polen que se observa puede ser viable aproximadamente seis días después de su liberación desde la flor, se pueden obtener de las inflorescencias del híbrido OxG, hasta 25 gramos de polen y en *E. guineensis* 300 gramos del mismo (Hormaza, 2010).

La palma aceitera produce flores imperfectas en una misma planta (inflorescencias masculinas y femeninas), pero es poco frecuente la presencia de los dos tipos de flores en la misma palma. Por esto, es necesario trasladar el polen desde una flor masculina a una femenina, mediante distintos sistemas de polinización: anemófila (viento) y entomófila (insectos); siendo esta última la

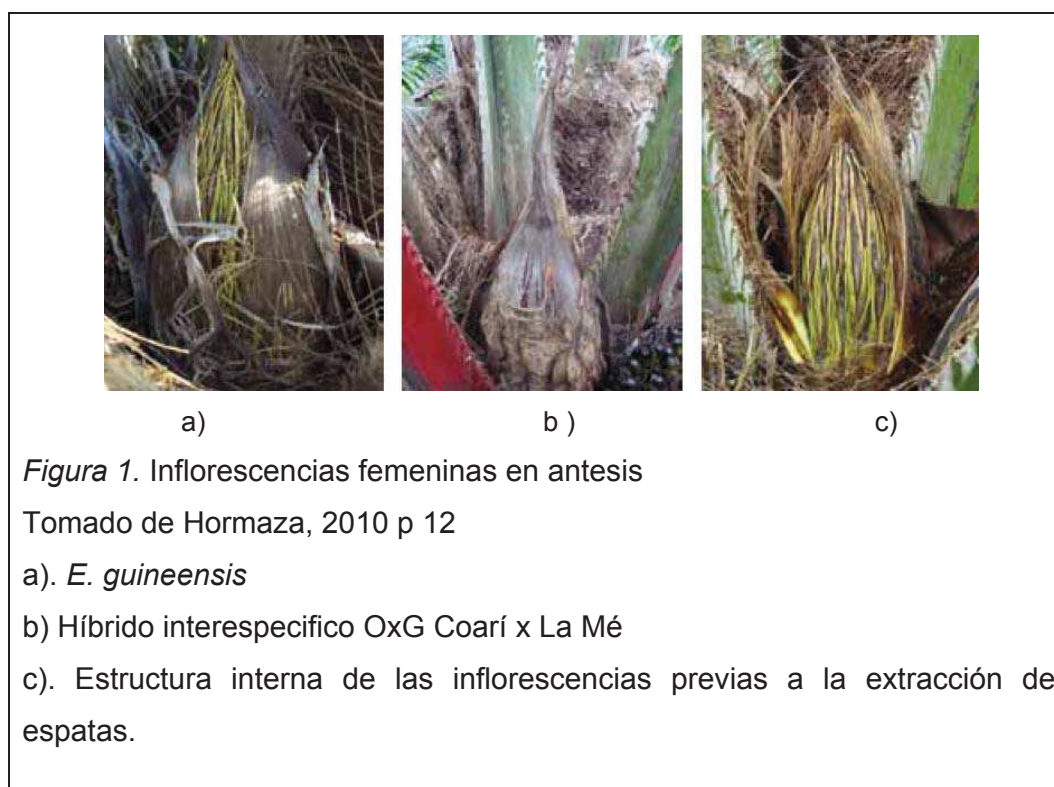
más frecuente (Hormaza, 2010), el viento en todo caso, puede tomar una alta importancia en la polinización y está muy relacionado con el crecimiento en altura de la planta. Lastimosamente, esta acción y la de los insectos polinizadores es deficiente y esto se vuelve aún más complejo en materiales híbridos de alta producción de racimos (Hormaza, 2010).

En el caso de los híbridos interespecíficos se ha optado por la polinización asistida; práctica que consiste en la recolección y liberación controlada de polen de diferentes especies. Este polen es manejado con un agente transportador el cual por lo general es talco estéril. La mezcla se aplica en las inflorescencias femeninas que se encuentran en antesis, durante su período de mayor receptividad (momento en que la flor presenta un color crema o blanco) (Hormaza, 2010).

El desarrollo de las inflorescencias contemplan tres estadios (Hormaza, 2010). El primero empieza con el apareamiento de la estructura dentro de la estípita el cual no es posible identificar externamente (Hormaza, 2010). Posterior a esto, se produce la emergencia de la inflorescencia en la axila de las hojas. Este se caracteriza por un crecimiento rápido de la inflorescencia (Hormaza, 2010). Finalmente, se produce la aparición completa de la inflorescencia y su apertura foliar. En este momento aún no se observa una diferenciación sexual debido a la cobertura vegetal que presenta (Hormaza, 2010). Terminado el tercer estadio, la inflorescencia se vuelve visible en la zona axilar de la hoja, y toma una forma elíptica, cubriéndose por 2 estructuras fibrosas duras y leñosas denominadas brácteas. En este momento, la visibilidad de la misma es de un 10%. El proceso antes mencionado en *E. guineensis* tiene una duración entre 218 y 244 días; mientras que en los híbridos interespecíficos, dura aproximadamente 230 días (Juez, 2004).

Cuando la emergencia de la inflorescencia llega al 90%, la bráctea peduncular inicia un rasgamiento muy leve, el cual determina que la inflorescencia se encuentra en el inicio de la preantésis. (Juez, 2004). El siguiente paso del proceso de floración, se inicia con el rasgamiento de la bráctea peduncular. En

esta fase se logra diferenciar las espiguillas o raquillas que son de color verde claro en *Elaeis guineensis* y cafés en el híbrido interespecífico OxG (León, 2000). Las inflorescencias femeninas en esta fase aún no se visualizan y no muestran los botones florales, por lo que se la denomina como preantesis I , hasta este momento transcurren 30 días en *E. guineensis* y 98 en el híbrido interespecífico desde la emergencia de la estructura. En el caso de la inflorescencia masculina, esta fase se caracteriza porque la bráctea se rasga y se divisan las espiguillas de color café (Hormaza, 2010).



En pre-antesis II, la bráctea se encuentra abierta en un 30%, lo cual permite una observación clara de las raquillas y las flores. El color de los sépalos del híbrido es café oscuro, mientras que *Elaeis guineensis* muestra un color vino tinto a verde pálido entre los sépalos (Hormaza, 2010). La pre-antesis III en las inflorescencias femeninas, comienza cuando el prófalo desaparece y la bráctea muestra un rasgado entre el 50 y 70%. (Adam, 2007) Se puede observar además, como ciertas flores han finalizado su crecimiento y han cambiado de color, en *E. guineensis* toman un color rosado a blanco cremoso y en el híbrido

interespecífico son de color café oscuro a amarillo quemado. En la inflorescencia masculina, la pre-antesis III ocurre por la elongación de la inflorescencia; lo cual provoca la ruptura de la bráctea peduncular, permitiendo que las espiguillas estén más separadas entre sí. El periodo entre antesis II y III dura 7 días (Hormaza, 2010). La antesis plena inicia cuando el estigma sésil junto con sus tres lóbulos, inician su etapa receptiva. Los lóbulos se abren y exponen sus superficies exteriores y la bráctea peduncular se ha abierto casi en su totalidad, dejando observar por completo los lóbulos de color blanquecino (Hormaza, 2010).

El período de antesis, en el caso del híbrido interespecífico OxG es más lento en que en *E. Guineensis* (Hormaza, 2010). El tiempo de duración de la antesis de las especies *E. guineensis* puede durar una semana y hasta 3 o 4, dependiendo de la zona geográfica (Bastidas S. , 2007). En el caso de las inflorescencias masculinas, el estado de antesis se alcanza posterior a los siete días de pre-antesis III, cuando aproximadamente el 70% de las flores se encuentran abiertas desde la base de cada espiga hasta su parte distal, la mayor cantidad de polen se desprende durante 2 a 3 días desde el inicio de la antesis y termina al quinto día (Hormaza, 2010).

La antesis en estas plantas es acropétala, tanto en inflorescencias femeninas como masculinas. Las flores masculinas se abren entre las 8 y 10 de la mañana y las femeninas entre las 9 y 10 de la mañana. El estigma de las inflorescencias femeninas se torna receptivo en el momento de su separación y permanece así por casi 24 horas. La antesis puede durar entre 36 a 48 horas en una palma de 2 a 4 años (Hormaza, 2010).

Posterior a la polinización, la flor del híbrido interespecífico produce una secreción abundante el cual se ubica en el conducto estilar y en la ranura del estigma y muestra un color rojo, en la especie *Elaeis guineensis* es de color morado. La morfología de los granos de polen es variable en la especie *E. oleífera* son elípticos; en cambio, *E. guineensis* tiene granos por lo general

triangulares, y para el híbrido interespecífico una forma intermedia entre los dos materiales genéticos (Hormaza, 2010).

Tabla 12. Cuadro comparativo de los diferentes estadios de desarrollo y emergencia floral de *E. guineensis* y el híbrido interespecífico OXG (Hormaza, 2010)

	No. De días promedio		Posición filotáctica	
	Híbrido	<i>E. guineensis</i>	Híbrido	<i>E. guineensis</i>
Emisión de flecha a apertura foliar	14,37	13,62		
Apertura foliar a inflorescencia No diferenciada	229,74	193,69	14,70	16,49
Inflorescencia no diferenciada a Preantesis I	97,69	29,45	20,63	17,33
Preantésis I a Preantésis II	4,54	7,16	21,10	17,67
Preantésis II a Preantésis III	3,30	6,92	21,26	18,31
Preantésis III a Antesis	2,29	6,82	21,37	18,32

Las flores de las especies del género *Elaeis* son alógamas y monoicas (León, 2000). Las inflorescencias tienen flores protandras, la maduración del gametofito masculino se da antes que el gametofito femenino (Raygada, 2005).

Las flores tienen un desarrollo axilar y presentan una secuencia acopetada (Adam, 2007). *Elaeis guineensis*, *Elaeis oleifera* y los híbridos interespecíficos OxG, producen inflorescencias tanto masculinas como femeninas. La fecundación de estas estructuras está determinada por ciclos alternos y en ocasiones se observa la aparición de inflorescencias con características hermafroditas (andróginas), (Hormaza, 2010).

Las primeras inflorescencias en emerger son masculinas. Sin embargo, luego de la primera floración, la proporción de emergencia de inflorescencias masculinas y femeninas es variable. Entre los 30 y 36 meses de edad, la palma aceitera produce inflorescencias femeninas con mayor frecuencia (Hormaza,

2010). La figura 3 representa las estructuras de los híbridos interespecíficos OxG Coari x La Mé y OxG Taisha x Avros respectivamente.



Figura 2. Inflorescencias andróginas de híbrido interespecífico OxG Coarí x La Mé

Las inflorescencias pasan por tres fases de desarrollo: la primera, la individualización de la yema que ocurre entre los 14 meses, la segunda, al cabo de dos meses se observa el apareamiento de espigas. La siguiente fase corresponde a la diferenciación sexual, la cual ocurre a los 24 meses, período en el que se observa una ubicación media entre el punto de crecimiento y la emergencia al exterior. Por último, el alargamiento de la inflorescencia se da entre los 28 y 30 meses, período en el que comienza el desarrollo de la inflorescencia, la apertura de la bráctea y finalmente la floración: este evento sucede cuando se hace visible en la axila de la hoja (Hormaza, 2010).



Figura 3. Inflorescencias Masculinas

Izq. Inflorescencia masculina del híbrido interespecífico OxG Coari x La Mé.

Der. Inflorescencia masculina del híbrido interespecífico OxG Taisha x Avros

2.2 Insectos de importancia en la polinización del cultivo de palma aceitera.

2.2.1 Insectos polinizadores

Por varios años se consideró que el viento tenía la función de polinización en la palma aceitera, debido a diferentes características como: la alta cantidad de polen, estigmas alargados, perianto corto, un color poco atractivo y granos de polen pequeños con superficies lisas y secas (Labarca, 2009). Sin embargo, al realizar evaluaciones mediante la comparación de racimos en África y Asia, se observó que en el Golfo de Guinea de donde es originaria la palma aceitera, el porcentaje de frutos normales sobre racimos era superior que en Indonesia y Malasia. Posteriormente, se profundizaron los estudios en África, sobre las flores masculinas y femeninas y se determinó la presencia del agente polinizador de la familia *Curculionidae*: *E. kamerunikus* (Genty, 1986). En Malasia, en cambio, se observó la presencia de *Thrips hawaiiensis* como insecto asociado a las inflorescencias masculinas y femeninas de las palmeras.

Sin embargo, se determinó *que* su población y actividad no eran suficientes para asegurar una polinización suficiente (Genty, 1986). Entre el año 1981 y 1983 se introdujo *E. kamerunikus* a Indonesia y Malasia y posteriormente a

América, con la intención de que este polinizador incremente los niveles de llenado de fruta en las plantaciones comerciales (Genty, 1986).

En muestreos anteriores a la introducción de *E. kamerunikus*, realizados en América Latina (1990), se determinó la presencia de dos insectos polinizadores principalmente: uno perteneciente a la familia *Nitidulidae* del género *Mystrops* y otro de la familia *Curculionidae*, del género *Elaeobius* (Chinchilla, 1990). En Venezuela se reportó igualmente la introducción de *E. kamerunikus* en 1993 y se observó la presencia de otros polinizadores como *Mystrops* sp y *Elaeobius* sp. (Parra, 1993). Por otro lado, en Ecuador, en las especies de *E. oleífera* se ha observado la presencia de *Grasidius hybridus* y de *Couturierius constrictirostris* (Barba, 2011).

Tabla 13. Clasificación taxonómica de las principales especies polinizadoras de palma aceitera

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LAS PRINCIPALES ESPECIES POLINIZADORAS DE PALMA ACEITERA			
	ESPECIE 1 y 2	ESPECIE 3	ESPECIE 4
Reinos	Animalia	Animalia	Animalia
División	Uniramia	Uniramia	Uniramia
Clase	Insecta	Insecta	Insecta
Orden	Coleoptera	Coleoptera	Coleoptera
Familia	<i>Curculionidae</i>	<i>Curculionidae</i>	<i>Curculionidae</i>
Subfamilia	<i>Curculionidae</i>	<i>Curculionidae</i>	<i>Curculionidae</i>
Tribu		<i>Derelomini</i>	
Subtribus		<i>Derelomina</i>	
Genero	<i>Elaeobius</i>	<i>Grasidius</i>	<i>Couturierius</i>
Especie	<i>Elaeobius kamerunikus</i> <i>Elaeobius sp.</i>	<i>Grasidius hybridus</i>	<i>Couturierius sp.</i>

2.2.1.1 Descripción morfológica del Orden Coleóptera

Coleóptera es el orden más numeroso de insectos e inclusive de todo el reino animal, según algunos autores. Este orden se encuentra representado en prácticamente todos los ambientes del planeta y se conocen más de 370.000 especies (Bar, 2010). Estos insectos son de tamaño variable, algunos muy pequeños como los *Staphylinidae*, mientras que otros son muy grandes como

los *Scarabaeidae* (Bar, 2010). Su color es variable y esta característica guarda cierta relación con la composición del ambiente en que viven (Bar, 2010).

A este orden se le define por los siguientes caracteres:

1. Los escleritos que constituyen la cabeza se hallan fuertemente anastomosados y mal definidos con excepción de aquellos que conforman la frente, el clípeo, el vertex, la gula (en los individuos prognata) y las genas. (Bar, 2010)
2. La cápsula cefálica puede ser:
 - a. Completamente libre (*Carabidae*) o (Bar, 2010),
 - b. Parcialmente cubierta por el protórax (*Chrysomelidae* y *Elateridae*) (Bar, 2010);
 - c. Totalmente cubierta por el protórax (*Lampyridae*) (Bar, 2010),
 - d. La cabeza en algunos casos se prolonga en forma de pico y recibe el nombre de *proboscis*, en el ápice del cual se articulan las piezas bucales (*Curculionidae*). (Bar, 2010).

2.2.1.2 Características generales de la familia *Curculionidae* y su presencia en América Tropical.

El término *koleopteros*, deriva de *koleos*=vaina *pteron*=ala, y significa: "alas envainadas". Por tanto, la característica distintiva del orden constituye que el primer par de alas denominadas élitros, en reposo, cubren por completo al segundo par de alas de textura membranosa, como si fueran verdaderos estuches o vainas (Bar, 2010).

La familia *Curculionidae* contempla 48 000 especies conocidas de acuerdo a Anderson (1991). La clasificación es un tema de desacuerdo entre varios especialistas, dado que las investigaciones en etapas inmaduras son relativamente pobres y porque los estudios se enfocan principalmente en los adultos. Al momento, existe un creciente interés en la reconstrucción de las filogenias y el descubrimiento de sus grupos naturales utilizando para esto los

estados inmaduros (Anderson, 1991). Es así que la presente investigación puede ser útil con respecto a este tema.

En el Ecuador se encuentran presentes alrededor de 103 especies según Juan Enrique Barriga (2011). Por otra parte, Tuñón en su estudio "Curculionidae de Ecuador especies presentes en Ecuador de la familia Curculionidae" en 1986, reporta al género *Naupactini* como el de mayor prevalencia, con 56 especies.

Este grupo estaría ubicado en su gran mayoría en el oriente ecuatoriano por sus características de adaptación climática. El análisis cladístico implica 20 taxones terminales, incluyendo un ancestro hipotético construido por la comparación de sus grupos. Nueve de estos taxones terminales son gorgojos de hocico ancho pertenecientes a *Brachycerinae*: *Ithycerinae*, *Microcerinae*, *Brachycerinae*, *Thecesterninae*, *Amycterinae*, *Aterpinae*, *Rhytirrhininae*, *Gonipterinae* y *Entiminae*. Para el último se considera que existen cinco tribus: *Pachyrhynchini*, *Ectemnorhinini*, *Alophini*, *Sitonini* y *Entimini*. Los insectos estudiados en el presente trabajo son pertenecientes a la familia *Curculionidae*. Estos insectos se encuentran en esta clasificación por lo que su diferenciación estructural se divide en los estadios de huevo, larva, pupa y adulto (Tuo, 2011).

2.2.2 Ciclo de vida de polinizadores reportados en palma aceitera

De acuerdo a Mariau y Housson (1991), veinte especies de insectos se encuentran en las flores de la palma de aceite. Se determinó que los principales polinizadores corresponden al género *Elaeobius*. Las principales especies con alto poder polinizador fueron distinguidos como: *E. kamerunicus*, *E. plagiatus*, *E. subvittatus* y *E. singularis* (Mariau, 1991). Sus poblaciones varían de una manera muy importante en el espacio y el tiempo bajo la influencia de factores climáticos. Estos cambios han dado lugar a la reducción en el peso promedio del racimo y por lo tanto inciden directamente en los niveles de producción de la palma aceitera (Tuo, 2011). En Colombia se determinó la presencia de once especies asociadas a las inflorescencias masculinas de palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.), palma americana

(*Elaeis melanococca*) e híbrido interespecífico (*E. guineensis* x *E. melanococca*) la mayoría al orden coleóptera, *Elaeidobius subvitattus* (Faust), *Mystrops costaricensis* (Gillogly), *Cyclocephala discolor* (Herest), *Cyclocephala amazona* L. *Coproporus* sp. (Sharp) *Orthoperus minutissimus* Matth , *Ahasverus* sp. *Smicrips* sp. (Muss) *Thrips* sp. y *Aenigmatirum* sp. (Muss) (Mondragón & Roa, 1985).

2.2.2.1 Metamorfosis de la familia *Curculionidae*

La familia *Curculionidae* consta de una metamorfosis sencilla, caracterizada en términos generales por las etapas de: huevo, larvas, pupa y adulto. Como demuestran las figuras 5 y 6, ciertas características morfológicas son cambiantes en cada estadio del insecto (Villalobos, 2009). Estos artrópodos constan de un período de desarrollo: la fase en la cual se observa crecimiento y cambios graduales y continuos. Se pueden distinguir dos periodos principales: el primero es embrionario y se da en el interior del huevo (figura 4) (desde la fecundación hasta la eclosión del huevo), y el desarrollo post embrionario, que se produce después de la eclosión del huevo hasta que el insecto se convierte en adulto (Villalobos, 2009).



Figura 4. Huevos de *Curculionidae* (*Mystrops* sp.)

Tomado de Genty y Ujueta, 2013, p. 284

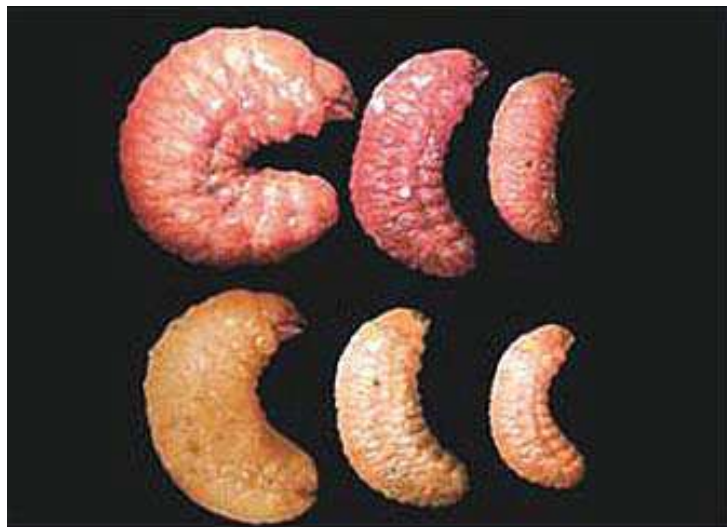


Figura 5. Principales eventos durante el seguimiento del estado larva en *Curculionidae*.

Tomado de Zuluaga, 2012, p. 1

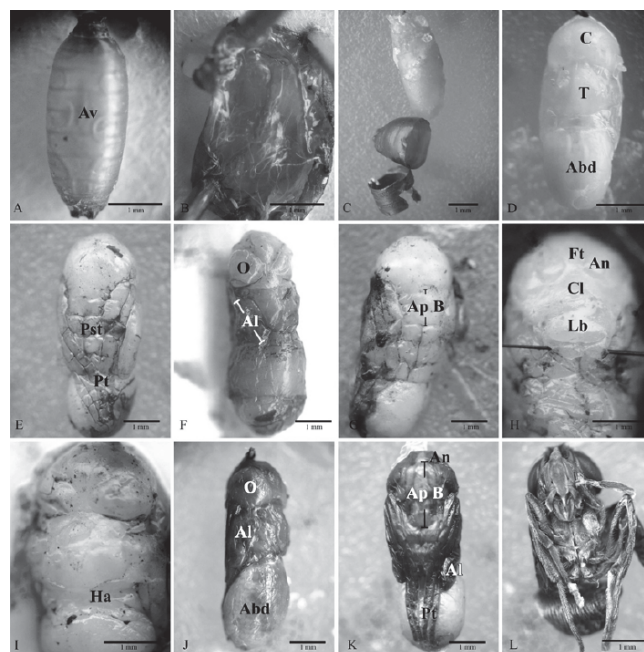


Figura 6. Principales eventos durante el seguimiento del estado pupa en *Curculionidae*.

Tomado de Villalobos, 2009, p 1

Abd: Abdomen

Al: ala

An: Antena

ApB: Aparato bucal

Av: Aorta

C: Cabeza

Cl: Clipeo

F: Frente

Ha: Halterios

Lb: Larvo

O: Ojo compuesto

Pst: Prosterno

Pt: Patas

T: Tor

2.2.2.2 Patrones de llegada de insectos polinizadores

En el artículo “Efectividad de dos especies del género *Elaeidobius* (*Coleoptera: Curculionidae*) como polinizadores en palma aceitera” de Marián Prada (1998) se evaluaron las especies de insectos que llegaban a la inflorescencias en antesis femeninas en *E. guineensis*. En este estudio se determinó que las principales especies en llegar se caracterizan por ser hembras (72%) y de machos (28%) del genero *E. kamerunicus*. En el caso de *E. subvittatus* se encontró un 63% de hembras y 37% machos. Sin embargo, los valores tenían una diferencia significativa cuando existía mayor humedad (Prada, 1998).

2.2.2.3 Acarreo de Polen

En observaciones realizadas en Venezuela se determinó un mayor acarreo de polen de la especie *E kamerunicus*. Esta especie presentó un mayor acarreo de polen para ambos sexos (774 granos de polen por hembra y 1.319 por macho). En el caso de *E. subvittatus* se presentó un acarreo de 236 granos de polen por hembra y 578 granos por macho (Prada, 1998). Syed (1979) por otro lado, obtuvo un promedio de 15 granos por individuo en Camerún. Chinchilla y Richardson (1990), señalaron valores promedios que oscilaron entre 46 y 64 granos de polen.

La mayor parte del polen transportado por los insectos machos de la especie *E. kamerunicus* se debió sobre todo a su gran tamaño, y la gran cantidad de setas que tiene en todo su cuerpo. Estas estructuras contribuyen aparentemente a aumentar la capacidad de retención de polen en su cuerpo. Cabe señalar que las hembras no disponen de estas setas y por lo tanto acarrear menos polen. (Prada, 1998).

2.2.3 Importancia y elaboración de colecciones de insectos

Las colecciones biológicas constituyen un archivo histórico natural de gran utilidad. En estas recopilaciones existe la preservación de ejemplares e información ligada a la taxonomía, ecología, filogenética, biogeografía, conservación y sistemática de los mismos (Mesa, 2006). Las colecciones biológicas en el caso de insectos, son muy beneficiosas para la sociedad, puesto que han tenido un papel protagónico en aspectos de salud humana (estudio de patógenos, vectores de enfermedades) y monitoreo de cambios ambientales (bioindicadores de contaminación, seguimiento y análisis del cambio climático global). Permiten además, que estos conocimientos sean refutables en el futuro (Mesa, 2006).

El deterioro de las colecciones biológicas se presenta de manera natural. Sin embargo, la falta de conservación de estos trabajos puede ser agravado por técnicas inadecuadas en el manejo de los ejemplares y ambientes inadecuados de almacenamiento (Mesa, 2006). En el Ecuador existe un organismo regulador el cual exige permisos de investigación y colección de especímenes, el Ministerio del Ambiente. Este organismo, mediante su normativa ambiental (artículo 9 del libro IV), exige realizar verificaciones constantes de los especímenes movilizados y el manejo adecuado de las especies en estudio (Ministerio del Ambiente, 2014).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

- a) Analizar la biología de insectos polinizadores de la familia *Curculionidae* de híbridos interespecíficos de palma aceitera (*E. oleifera* X *E. guineensis*) mediante métodos de observación, trapeo y recolección de insectos durante época de lluvia y sequía en el oriente ecuatoriano.

3.2 Objetivos específicos

- Recolectar insectos asociados a las inflorescencias de híbridos interespecíficos (*E. oleifera* X *E. Guineensis*) de palma aceitera nativos y exóticos presentes en plantaciones comerciales; para la identificación y estudio de los mismos.
- Analizar la presencia y el comportamiento de los polinizadores nativos y exóticos de palma aceitera durante las estaciones lluviosa y seca en el oriente Ecuatoriano.
- Determinar la dinámica de la población de insectos polinizadores durante las dos estaciones del año para evaluar el potencial polinizador de los insectos muestreados.

4 METODOLOGÍA

4.1 Ubicación del experimento

El estudio de los insectos polinizadores de la palma aceitera se llevó a cabo en la plantación Palmar del Río, ubicada en la Amazonía ecuatoriana, en la Provincia de Francisco de Orellana, Latitud 0°19' S Longitud 77°04' W. La altura de esta propiedad es 280 msnm, con un promedio de precipitación anual de 3.392 mm, distribuida durante todo el año, con una luminosidad de 1.440 horas luz por año.

El ciclo de vida de los insectos se estudió en los laboratorios de la plantación con material vegetal proveído por la Asociación Nacional de Cultivadores de Palma (ANCUPA) y por la Universidad de las Américas de Quito. Los suelos de esta zona se caracterizan por ser inceptisoles, derivados de ceniza volcánica, de textura franco arcillosa a arcillosa y planos (Barba, 2009). La plantación se conforma por varios lotes con diferentes especies de palma aceitera. Estos cumplen con las características descritas en las tablas 14 y 15.

Tabla 14. Características de la plantación Palmar del Río (Barba, 2009)

CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTACIÓN	
LATITUD	0°19'S
LONGITUD	77°04'W
ALTURA	280 msnm
PRECIPITACIÓN ANUAL PROMEDIO	3392mm
LUMINOSIDAD	1440 horas luz
HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO	83,0%
DÍAS DE LLUVIA PROMEDIO ANUAL	15,8
HUMEDAD RELATIVA MÁXIMA	87,4%
HUMEDAD RELATIVA MÍNIMA	76,3%
PH PROMEDIO	5,034
TEMPERATURA MÁXIMA °C	33,4
TEMPERATURA MÍNIMA °C	18,2
TEMPERATURA PROMEDIO °C	25

Tabla 15. Número de hectáreas por material en la plantación Palmar del Río (Tito, 2014)

MATERIAL	NÚMERO DE HECTÁREAS (ha)
Coari x LaMe	2803,88
<i>E. Guineensis</i>	757,01
<i>E. Oleifera</i>	24,46
Ox La Boca	1,29
O x Ishpingo	4,27
Ensayos	32,00
Pisifera	2,41
Taisha x Avros	781,86
Taisha x Lame	64,48

La figura 7 muestra la ubicación de la plantación Palmar del Río. En la figura se aprecia la conformación de los lotes, los cuales tienen cada uno, una extensión en promedio de 25 ha. La plantación cuenta además, con un área de manejo agrícola y su propia planta de extracción de aceite.

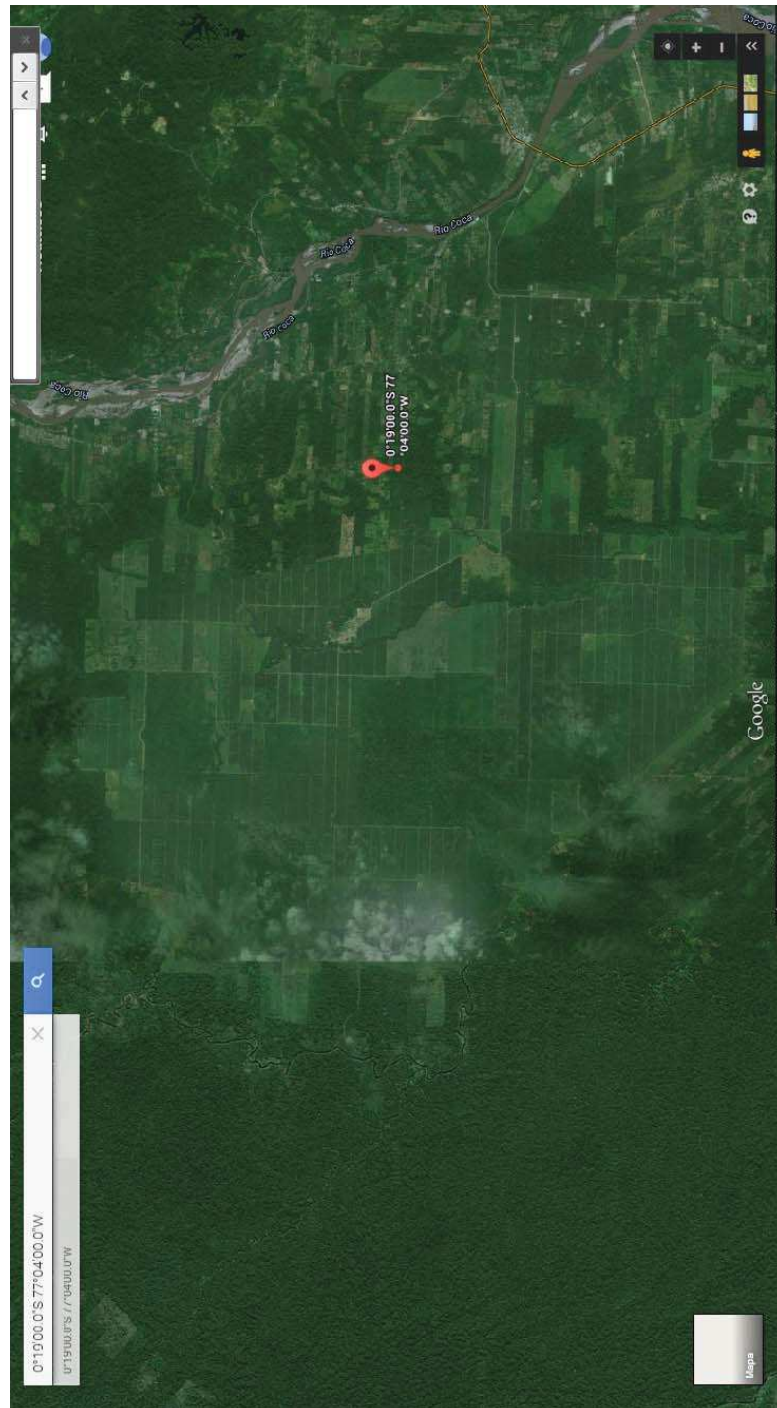


Figura 7. Ubicación de la plantación Palmar del Río.

Tomado de Google Maps, 2014

4.2 Diseño de muestreo y análisis de datos

La investigación contempla las siguientes etapas:

1. Recolección de insectos
2. Identificación y clasificación (elaboración de inventario) de insectos muestreados.
3. Análisis de la dinámica poblacional, comportamiento, reproducción y alimentación de los insectos polinizadores de palma aceitera

Con el fin de cumplir con los objetivos antes descritos, la investigación se realizó mediante estudios *in situ* e *in vitro*. Los lugares para la experimentación se seleccionaron en los cultivos de palma aceitera de Palmar del Río ubicados en la provincia de Francisco De Orellana, en el Oriente ecuatoriano (por la disponibilidad de la diversidad en especies de palma aceitera) y en los laboratorios del CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE INGENIERÍAS (CIEDI) de la Universidad de las Américas en Quito en la provincia de Pichincha.

Los estudios de campo, en la plantación Palmar del Río, se realizaron en una primera etapa para recolectar las especies de insectos, identificarlas y contarlas. De acuerdo a la información expresada en el capítulo 2, se determinó que las etapas de mayor presencia de insectos se da durante la antesis floral. Para esto se desarrolló la escala de la antesis floral tanto para los híbridos OxG, como para los materiales puros *oleifera* y *guineensis*. Esta escala aparece en la figura 8 y 9.



a) b) c) 3 d) e) f)

Figura 8. Estadios del proceso de antesis de la Inflorescencia masculina

- a) Preantesis I
- b) Preantesis II
- c) 3 Antesis
- d) PosAntesis I
- e) Posantesis II
- f) Espiga necrosada



4.2.1.1 Muestreo General para determinar especies y frecuencia de visita de insectos en inflorescencias de los materiales puros e híbridos en invierno y verano

La metodología experimental utilizada se basó en el trapeo y la recolección de insectos en campo y su estudio *in situ* mediante la implementación de un sistema que cumpliera las condiciones óptimas de vida para los insectos. Se realizó también un diseño de ensayos para evaluar variables de comportamiento, alimentación y crecimiento de los insectos.

La recolección de insectos requirió aplicar varias técnicas debido al gran número de especies y variabilidad en el comportamiento de cada uno de estos. Estas técnicas se aplican de acuerdo a los objetivos específicos de la investigación. En este caso, se definieron varios sistemas de colecta, basados en estudios previos y adecuaciones de acuerdo a la composición vegetal y de las condiciones logísticas de la plantación Palmar del Río.

4.2.1.2 Muestreo y recolección de insectos asociados a las inflorescencias masculinas y femeninas de palma aceitera (*E. guineensis*, *E. Oleifera* e híbridos OXG).

4.2.1.3 Colecta directa.

La colecta directa se basa en la recolección de manera activa de los organismos en el agro-ecosistema donde estos se desarrollan. Estos sitios son específicos para la recolección de insectos adultos, así como las fases previas de desarrollo del mismo. Se consideró el suelo e inflorescencias masculinas y femeninas (Marquez, 2005).

Para el estudio se realizó un muestreo estratificado de 8 lotes de materiales híbridos y progenitores puros, cuyas inflorescencias masculinas y femeninas se encontraban en estado de antesis, comprendido entre el 50-100% de apertura foliar correspondiendo, al estadio 3 y 4 de antesis (figuras 8 y 9). La disposición de los lotes muestreados aparece en el Anexo I. Se evaluó cada especie de insecto de manera sistemática, determinando hábitos de alimentación, movilización y reproducción. Las muestras fueron tomadas con la ayuda de una malla de tool, en la que se encerró a la inflorescencia femenina y a la inflorescencia masculina para la observación y conteo de insectos. Se realizaron igualmente capturas de insectos en tubos plásticos de punta cónica de 45 x 230 mm. con una tapa de tool para mantener los especímenes secos y proceder al montaje posteriormente en los laboratorios de la Universidad de las Américas.

Las espigas de las inflorescencias masculinas que albergaban los insectos se cortaron con tijeras podadoras, luego se clasificaron a los insectos encontrados y se ubicaron en viales. Estos viales fueron colocados en una habitación a temperatura de 12°C y humedad controlada al 70% (Marquez, 2005).



Los especímenes recolectados se codificaron de acuerdo a las normas de recolección y colección de insectos descrito por Borror y White (1970). En esta descripción se detalla que la técnica más adecuada para montar cualquier insecto que tenga menos de 3 o 4 mm., y se debe realizar con triángulos de cartulina blanca de 8 mm. por 4 mm.

ECU: FRANCISCO DE ORELLANA	mayo 25, 2014
Nuevo Paraíso, Orellana	Variedad Palma aceitera
S0 17.706 W77 06.224	Es. Coari x LaMé
25 May 2014/ F. Avalos	
Flor Femenina de Palma aceitera	

Figura 11. Especificaciones de las etiquetas utilizadas para el muestreo

La Geo-referenciación de las muestras recolectadas fue obtenida utilizando un GPS marca Garmin 62s lista una versión chipset GPS, el cual es un receptor de alta sensibilidad. La recepción es buena y la unidad rápidamente re-adquiere una solución vía satélite. (Garmin, 2008).

4.2.1.3.1 Sitios de muestreo

- Muestreo en hojas al pie del tallo de la planta y en el suelo:

De manera directa se recolectaron muestras de suelo utilizando un tamiz, debajo de las inflorescencias en antesis de acuerdo a una adaptación del método propuesto por Márquez (2005). Esto permitió retener las partículas grandes del sustrato y también evaluar los insectos que se encontraban en el suelo; en caso de que existiera huevos, larvas o adultos de los insectos con potencial polinizador (Marquez, 2005).

- Muestreo sobre partes aéreas de la planta:

Para la recolección de insectos sobre plantas e inflorescencias, se utilizó una red entomológica y se atraparon los insectos que se encontraban cerca a la inflorescencia o volaban junto a ella. Las muestras se trasladaron a los tubos plásticos, los cuales fueron codificados y almacenados. Así mismo, en el caso de especies encontradas en lugares donde la red no era efectiva, se tomaron las muestras directamente, con la ayuda de pinzas y luego se ubicaron en tubos (Marquez, 2005).

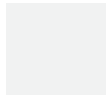


Tabla 16. Tabla del histórico de Humedad Relativa desde el año 2002 hasta el año 2013

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Mes	Promedio mensual	Promedio mensual	Promedio mensual	Promedio mensual	Promedio mensual	Promedio mensual	Promedio mensual	Promedio mensual	Promedio mensual	Promedio mensual	Promedio mensual	Promedio mensual	Promedio mensual	Promedio mensual
Ene	#¡DIV/0!	79,4%	75,6%	77,2%	69,6%	74,7%	79,2%	83,4%	90,4%	90,4%	89,7%	92,0%	91,1%	90,9%
Feb	#¡DIV/0!	77,8%	79,3%	78,1%	71,5%	76,9%	79,0%	81,8%	88,6%	88,6%	92,2%	91,0%	92,8%	92,1%
Mar	#¡DIV/0!	80,0%	81,1%	81,0%	80,5%	78,8%	87,1%	86,5%	88,5%	88,5%	92,0%	91,8%	94,6%	91,9%
Abr	#¡DIV/0!	80,1%	77,8%	79,9%	75,4%	79,4%	78,6%	86,9%	90,4%	90,4%	92,5%	91,3%	93,3%	90,5%
May	#¡DIV/0!	82,2%	81,2%	80,6%	77,9%	77,7%	81,1%	87,1%	89,7%	89,7%	89,7%	92,2%	94,4%	93,3%
Jun	#¡DIV/0!	81,8%	80,2%	79,1%	78,5%	77,3%	82,3%	87,0%	88,6%	88,6%	92,8%	90,8%	92,6%	93,4%
Jul	82,7%	80,9%	79,8%	80,0%	77,6%	76,2%	81,2%	86,0%	88,0%	88,0%	93,3%	93,0%	92,7%	92,7%
Ago	79,3%	79,3%	77,4%	77,4%	75,2%	73,5%	81,0%	85,0%	88,5%	92,3%	91,5%	88,4%	83,0%	92,4%
Sep	78,0%	78,0%	76,0%	75,7%	75,3%	76,5%	81,2%	86,7%	88,3%	94,3%	90,1%	89,6%	88,0%	89,0%
Oct	73,8%	75,1%	77,0%	74,5%	78,0%	80,3%	81,7%	86,8%	63,1%	92,2%	91,7%	88,4%	82,0%	85,9%
Nov	75,1%	81,2%	79,8%	73,6%	77,7%	76,0%	82,2%	83,7%	88,3%	90,8%	92,8%	90,9%	90,4%	87,1%
Dic	77,8%	82,4%	76,7%	74,3%	77,5%	78,3%	83,7%	86,6%	88,3%	92,5%	94,4%	93,8%	91,8%	85,3%
Promedio Anual	#¡DIV/0!	79,9%	78,5%	77,6%	76,2%	77,1%	81,5%	85,6%	86,7%	90,5%	91,9%	91,1%	90,6%	90,4%
Máximo	#¡DIV/0!	82,4%	81,2%	81,0%	80,5%	80,3%	87,1%	87,1%	90,4%	94,3%	94,4%	93,8%	94,6%	93,4%
Mínimo	#¡DIV/0!	75,1%	75,6%	73,6%	69,6%	73,5%	78,6%	81,8%	63,1%	88,0%	89,7%	88,4%	82,0%	85,3%

Tabla 17 Tabla del histórico de Temperatura desde el año 2002 hasta el año 2013

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Mes	Promedio Mensual	Promedio Mensual	Promedio Mensual	Promedio Mensual	Promedio Mensual	Promedio Mensual	Promedio Mensual	Promedio Mensual	Promedio Mensual	Promedio Mensual	Promedio Mensual	Promedio Mensual	Promedio Mensual	Promedio Mensual
Ene	26,1	25,1	28,0	26,8	25,5	27,0	24,5	26,0	25,8	25,5	22,1	23,0	25,4	25,7
Feb	25,9	26,1	27,6	27,3	26,0	25,3	25,5	26,3	25,8	26,1	21,6	25,2	24,7	25,0
Mar	25,6	25,2	27,1	25,0	26,3	26,5	25,5	25,8	26,6	25,5	24,9	25,1	24,5	25,3
Abr	25,0	26,3	27,4	26,3	26,5	25,5	25,5	26,5	26,5	25,6	23,0	25,0	25,2	24,9
May	26,1	26,3	25,1	26,0	25,5	26,0	25,0	25,5	25,3	24,7	23,1	24,8	24,5	24,8
Jun	25,8	25,2	26,5	25,0	25,5	25,5	25,3	25,0	25,3	24,7	24,3	25,1	24,6	24,4
Jul	24,1	25,8	26,3	24,8	25,5	25,5	25,0	25,8	26,0	24,3	23,7	24,3	24,6	23,9
Ago	25,6	25,6	25,8	25,0	25,5	26,5	24,8	25,1	26,5	22,2	24,6	25,4	25,1	24,2
Sep	25,5	26,6	25,8	25,3	25,0	26,5	26,3	25,5	25,7	25,5	24,6	25,1	25,4	25,2
Oct	25,9	27,6	27,3	26,0	26,5	26,0	26,8	26,0	27,3	27,8	23,9	25,9	26,4	25,7
Nov	26,2	26,6	26,9	26,0	27,5	25,5	25,3	26,0	26,7	24,2	24,0	25,7	26,0	25,6
Dic	26,0	26,8	26,6	25,0	25,5	24,5	25,3	25,2	26,3	22,4	25,0	24,9	25,5	25,8
Promedio anual	25,6	26,1	26,7	25,7	25,9	25,9	25,4	25,7	26,1	24,8	23,7	24,9	25,1	25,0

Tabla 18 Tabla del histórico de precipitaciones desde el año 2002 hasta el año 2013

Mes	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Ene	298,9	122,3	248,6	162,9	44,3	231,8	214,9	289,8	195,8	363,0	76,8	187,0	258,3	131,2
Feb	277,0	121,1	232,5	135,4	61,4	229,6	260,6	90,2	331,6	344,3	298,2	287,0	283,2	263,6
Mar	306,1	283,7	534,5	275,0	373,6	226,5	289,1	236,0	149,4	523,7	271,5	484,2	443,6	272,4
Abr	322,2	306,2	318,9	377,6	372,7	365,3	416,6	291,1	406,6	411,1	377,3	405,0	241,8	253,6
May	440,2	384,4	446,1	303,6	707,5	228,1	152,0	195,5	376,9	332,1	240,9	409,6	265,2	407,9
Jun	354,3	405,5	392,4	357,7	344,0	191,9	324,1	264,2	439,5	448,0	361,1	322,2	263,4	340,2
Jul	246,0	121,7	397,1	106,2	324,5	131,9	263,2	257,9	163,3	196,7	242,8	160,7	260,1	186,0
Ago	165,1	197,0	119,1	209,3	86,1	81,0	258,8	207,4	181,2	142,2	43,9	163,8	164,8	83,3
Sep	318,8	256,5	147,1	185,6	216,9	76,4	350,0	326,0	214,1	311,6	247,8	220,7	83,8	245,2
Oct	194,0	225,9	440,4	131,5	113,2	270,0	256,5	294,2	133,5	245,6	262,5	203,6	156,9	219,6
Nov	246,9	242,5	295,5	332,3	325,2	274,7	353,0	304,4	286,7	353,2	281,1	376,2	214,6	295,9
Dic	207,9	475,8	210,6	372,0	222,4	460,0	425,3	384,2	233,9	157,5	366,9	448,2	286,7	206,7
Total	3.377	3.143	3.783	2.949	3.192	2.767	3.564	3.141	3.113	3.829	3.071	3.668	2.922	2.906

Para la evaluación de otros tipos de insectos polinizadores se realizó primeramente la recolección de las inflorescencias; posterior a esto, se llevaron al laboratorio donde se procedió a sacudir cada espiga en un papel de color blanco, con el objetivo de obtener los insectos y ubicarlos en tubos plásticos. La información obtenida fue redactada en formatos diseñados específicamente para el presente estudio y aparecen en el Anexo II.

Paralelamente, se determinó el número de espigas por inflorescencia y tamaño de cada inflorescencia. Se tomó en cuenta el estado del pico de floración, (Marquez, 2005), es decir cuando mayor eran la cantidad de inflorescencias femeninas en la plantación. Con los datos recolectados se evaluó el número de espigas por inflorescencias y el número promedio de insectos asociados con las espigas tanto en híbridos como en materiales *guineensis* y *oleiferas* que fueron evaluados.

Mediante la evaluación de los registros históricos del año 2013 de la plantación Palmar del río (Tabla 16, 17 y 18), se establecieron los momentos de los muestreos. Para la definición de la fecha con respecto a los días de antesis, se recurrió a los registros de la estación meteorológica de la plantación, los cuales determinaron la fecha más apropiada para el muestreo.

Como se puede observar en tabla 18 en el área pintada de amarillo en el periodo de agosto del 2013, se registró la menor cantidad de precipitaciones con un registro de 83,3 mm., por lo que se consideró a agosto de 2014 como la época para la evaluación y muestreo de verano. En cambio, el muestreo de invierno se realizó el mes de junio debido a que las precipitaciones fueron altas durante ese mes, año anterior (340,2mm), la temperatura (tabla 17) tuvo un papel fundamental pero en los registros del año anterior esta se mantuvo similar en los dos meses, por otro lado la humedad relativa (tabla 16) muestra a junio de 2013 como el mes con mayor humedad, estos aspectos hicieron considerar a los meses de Junio y Agosto como los meses idóneos para los muestreos.

Cabe recalcar, que entre los meses de marzo a octubre del 2014 se realizaron los estudios del ciclo de vida, acarreo de polen y períodos de estancia en flores masculinas y femeninas de los insectos que se consideraron con alto potencial de efectividad en la polinización entomófila.

Indicador: Cambios en la diversidad y número de insectos polinizadores en híbridos y materiales puros de palma.

4.2.1.3.2 Distribución de poblaciones de acuerdo a tipo de inflorescencia (masculina/femenina)

Se dividió la plantación de 10.000 Ha. en 4 estratos, de los cuales uno se mantuvo como control (Ver Anexo I). En los tres estratos siguientes se definió el número de lotes y aquellos que debían ser muestreados, con cálculo de la muestra representativa de cada estrato. Para esto se utilizó la ecuación de muestra por proporciones, que ayuda a la determinación adecuada de una muestra representativa considerando un error de 20% y con un nivel de confianza 95%. Esta ecuación se escogió por la cantidad de hectáreas a muestrear y la disposición de los lotes que conformaban los estratos en la plantación.

$$n = \frac{(z_{\frac{\alpha}{2}})^2 N \hat{p} \hat{q}}{NE^2 + (z_{\frac{\alpha}{2}})^2 \hat{p} \hat{q}}$$

(Ecuación 1)

(Galindo,2008)

Donde;

E: error prefijado

(1- α): Nivel de confianza

N: población

El procesamiento y obtención de datos se realizó mediante las funciones estadísticas de Excel 2010, utilizando cálculos de promedios, aleatorios, desviación estándar y organización de datos con un 20% de error (Galindo,

2008). El detalle del cálculo de los tamaños de muestra aparece en el anexo 3. Adicionalmente, para evitar un mayor porcentaje de error en el muestreo por factores climáticos, se definió que el muestreo se realizara en el lapso de 1 a 2 días como máximo en las fechas propuestas.

Los datos obtenidos se analizaron mediante un análisis ANOVA en el programa Statgraphics Centurion XV, Versión 15.2.06 e IBM SPSS Statistics. Versión 20 La toma de muestras se realizó con el apoyo de los ingenieros y 23 controladores de polinización de la plantación Palmar del Rio (Ver Anexo 2). Para la obtención efectiva de muestras, se realizaron previamente capacitaciones en el campo y en la sala de reuniones.

4.2.1.3.2.1 Toma de muestras en inflorescencias Masculinas

Se procedió a tomar 20 espigas de las inflorescencias masculinas en antesis en los lotes a muestrear de cada línea previamente informada en cada hoja guía. Se procedió a retirar las muestras y colocarlas en fundas.

4.2.1.3.2.2 Toma de muestras de insectos en inflorescencias Femeninas

Para este muestreo, se cubrió la mayor parte de la inflorescencia con una lámina de polifán embadurnada con pegamento inodoro e incoloro BIO TAC (ficha técnica en anexo 4), las muestras fueron aplicadas entre las 6:30 de la mañana hasta las 8:47. Se esperó un lapso de 6 horas para la captura de insectos y posteriormente, las láminas con pegante fueron recuperadas el mismo día entre las 13:00 y 14:00 horas.



Figura 12. Técnica de trapeo de insectos en la inflorescencia femenina

4.2.2 Determinación de la capacidad de acarreo de polen de insectos polinizadores muestreados.

Para la evaluación de acarreo de polen por los polinizadores, se efectuaron capturas en el momento de ingreso de los especímenes en las inflorescencias.

Los insectos polinizadores se recolectaron con la ayuda de pinzas entomológicas, y se depositaron en tubos cónicos de 1,5 ml. Se agruparon 10 individuos; separados por sexo y especie en los tubos y se adicionó posteriormente, 0,5 ml. de agua destilada y 0,5 de surfactante (Tween 20) (Prada, 1998) . Finalmente se trasladaron las muestras a los laboratorios de la Universidad de las Américas.

En los laboratorios se colorearon con safranina al 7% (Prada, 1998), a fin de mejorar la visualización de los granos de polen en el microscopio y se aplicó la metodología de conteo de células en la cámara de Neubauer (Celeromics-0,100 mm.), para determinar la cantidad de granos de polen que transportaba cada espécimen (Bastidas, 2010). El método sugiere un rango de concentraciones entre 250.000 y 2,5 millones de células por ml, por lo que se estandarizaron las observaciones en 1 ml., de solución y 10 individuos. (Bastidas, 2010).

Para el cálculo de la concentración, después de haber realizado el recuento se anotaron los resultados y se siguieron las siguientes fórmulas:

$$\text{Concentración} = \frac{\text{numero de células} \times 10000}{\text{Número de cuadros}}$$

(Ecuación 2.)

(Bastidas, 2010)

El método consta de un error estadístico dependiendo de la muestra aplicando la siguiente fórmula:

$$ERROR \text{ máx} = 2 \times \frac{100}{\sqrt{n}} \%$$

(Ecuación 3)

(Bastidas, 2010)

Donde:

N: número de células contadas

Por lo tanto, el error depende del número de células contadas (Ver Anexo 4), el error se mantuvo inferior al 9%.

4.2.3 Determinación del Ciclo de vida de cada especie

4.2.3.1 Biología de los insectos polinizadores

Los parámetros de evaluación como tiempo de vida de huevo, larva y adulto *in situ* permitieron valorar la facilidad y velocidad de reproducción de cada especie; así como los hábitos alimenticios en cada tipo de material vegetal. (Prada, 1998).

Indicador: Diferencias en el comportamiento alimenticio, comportamiento y ciclo de vida de los insectos polinizadores. Existencia de una afinidad de los insectos polinizadores con respecto a la especie vegetal que visitan.

La investigación de la biología y distribución de los principales polinizadores (*Elaedobius kamerunikus*, *Grasidius hibridus*, *Elaedobius subitatus*, *Couturerius contristerostis*) se estableció durante la antesis de la inflorescencia masculina.

4.2.3.2 Estudios *in situ* del ciclo de vida de los insectos polinizadores de la palma aceitera

En el campo se determinó los principales estadios de estos insectos: huevo, larva, pupa y adulto

Etapas:

Preparación:

- Se utilizaron palmas sembradas a partir del año 2008 debido a que el manejo en el mismo es más fácil por la altura y posición de la inflorescencia.

Vegetativa:

- Se utilizaron áreas donde la presencia de inflorescencias era frecuente.

Productiva:

- Se identificaron los lotes que se encontraban en un pico de floración alto y posterior a esto, se identificó las diferentes variedades y el comportamiento de cada insecto en las mismas.

4.2.3.3 Estudios *in vitro* del ciclo de vida de los insectos polinizadores de la palma aceitera

Se efectuó primeramente la desinfección del área de trabajo y de las cámaras de crianza con formaldehído al 0,02%. El cuarto de cría contaba con un área de 1,73 m. x 0,80 m. con buena ventilación, baja iluminación, temperatura ambiente y acceso restringido (Rodríguez, 2010). El estudio se realizó con 110

huevos, 20 larvas y 74 pupas, las cuales fueron colectadas en el campo y presentaban actividad visible. El estudio del ciclo de vida lo determinó el entomólogo Patricio Ponce (2014) que definió los parámetros óptimos para la evaluación del ciclo de vida.

Los huevos, larvas y pupas se ubicaron en cajas pequeñas transparentes, y en su base se ubicó papel filtro esto con el ánimo de ayudar a los insectos con su desarrollo, la evaluación se mantuvo hasta observar la aparición del insecto adulto, realizando lecturas cada 24 horas de los especímenes.

4.3 Identificación del número de inflorescencias masculinas y femeninas en la plantación.

La identificación de número de inflorescencias se llevó a cabo en el estrato de control conformado por lote de la zona número 4 de la plantación Palmar del Río, mediante la metodología de Censo agrícola. Se determinó en cada línea el número de inflorescencias masculinas y femeninas en antesis y el comportamiento de los insectos que se encontraban en estas. Se recolectaron las muestras de insectos obtenidos en estos muestreos en frascos de plástico (viales) y se montaron en la colección de la Universidad de las Américas.

4.4 Métodos de análisis de datos de muestreos de insectos en inflorescencias y de acarreo de polen.

Se planteó una variable numérica continua Y (*Número de insectos*), llamada variable respuesta, y algunas variables categóricas F_1, \dots, F_n (llamadas factores, para determinar su relación (Gutierrez y De La Vara, 2008).

Factores significativos:

- Material
- Estación
- Tipo de Inflorescencia
- Tipo de Insecto

Este análisis es “similar” a varios ANOVAS simples, pero permite detectar influencias entre factores que en un ANOVA simple se podría pasar como desapercibidas (Gutierrez y De La Vara, 2008). La interacción de factores se basó en la determinación del grado de influencia cada uno de éstos sobre la variable respuesta. Sin embargo, los diferentes factores estudiados no constan con una interacción relevante lo que determinó que el método más adecuado para su análisis era el ANOVA multifactorial sin interacción (Gutierrez y De La Vara, 2008). Este modelo supone que:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ijk} \quad (\text{Ecuación 4.})$$

(Gutierrez y De La Vara, 2008)

Donde:

α_i : es el efecto del factor F_1 , en el nivel i

β_j : es el efecto del factor F_2 en el nivel j

ϵ_{ijk} : es el residuo que se entiende es debido al azar

μ : Media

Para observar si F_1 es un factor significativo se realiza el contraste de hipótesis (Gutierrez & De La Vara, 2008)

$$H_0: \alpha_i = 0 \text{ para todo } i \quad (\text{Ecuación 5})$$

(Gutierrez y De La Vara, 2008)

$$H_1: \text{algún } \alpha_i \neq 0 \quad (\text{Ecuación 6})$$

(Gutierrez y De La Vara, 2008)

Si H_0 se rechaza, decimos que F_1 es significativo, el mismo concepto para F_2

$$H_0: \alpha_j = 0 \text{ para todo } j \quad (\text{Ecuación 7})$$

(Gutierrez y De La Vara, 2008)

$$H_1: \text{algún } \alpha_j \neq 0 \quad (\text{Ecuación 8})$$

(Gutierrez y De La Vara, 2008)

Si H_0 se rechaza, decimos que F_2 es significativo (Gutierrez y De La Vara, 2008).

Asimismo, si F_1 tiene a niveles posibles, y F_2 tiene b niveles posibles (Gutierrez y De La Vara, 2008), entonces los requisitos o hipótesis de partida son:

- a) Cada uno de los a, b grupos es normal (Gutierrez y De La Vara, 2008).
- b) Homocedasticidad: La varianza es la misma en cada uno de los a, b grupos (Gutierrez y De La Vara, 2008)..
- c) Independencia de las observaciones: No hay relación entre unos datos y otros, o entre unas variables y otras (Gutierrez y De La Vara, 2008).

Las condiciones anteriores se traducen en que los residuos deben ser normales y aleatorios (Gutierrez y De La Vara, 2008).

4.4.1 Método LSD (diferencia mínima significativa)

Una vez rechazada H_0 en el ANOVA, nace el inconveniente de probar la igualdad de los posibles pares de medias de la hipótesis (Gutierrez y De La Vara, 2008).

$$H_0: \mu_i = \mu_j \quad \text{(Ecuación 9)}$$

(Gutierrez y De La Vara, 2008)

$$H_1: \mu_i \neq \mu_j \quad \text{(Ecuación 10)}$$

(Gutierrez y De La Vara, 2008)

Para toda $i \neq j$. Para k tratamientos se tienen en total $k(k - 1) / 2$ pares de medias. El estadístico de prueba para cada una de las hipótesis la correspondiente diferencia en valor absoluto entre sus medias muestrales $|i. - j. |$. Se rechaza la hipótesis $H_0: \mu_i = \mu_j$ si ocurre que (Gutierrez & De La Vara, 2008):

$$|i. - j. | > T_{\alpha/2, N-k} \sqrt{CMe \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)} = \text{LSD} \quad \text{(Ecuación 11)}$$

(Gutierrez y De La Vara, 2008)

Donde el valor de $t_{\alpha/2, N-k}$ se lee en las tablas de distribución T de Student con $N - k$ grados de libertad que corresponden al error. El CM_E es el cuadrado medio del error y se obtiene de la tabla ANOVA, n_i y n_j son el número de observaciones para los tratamientos i y j respectivamente. La cantidad LSD se llama diferencia mínima y corresponde a la diferencia mínima que debe existir entre dos medias muestrales, para considerar que los tratamientos correspondientes son significativamente diferentes. Así, cada diferencia de medias muestrales que si el diseño es balanceado, es decir, si $n_1 = n_2 = \dots = n_k = n$, la diferencia mínima significativa se reduce a (Gutierrez y De La Vara, 2008):

$$LSD = t_{\alpha/2, N-k} \sqrt{2CM_E/n} \quad (\text{Ecuación 12})$$

(Gutierrez y De La Vara, 2008)

En caso de rechazar H_0 se acepta la hipótesis alternativa $H_A: \mu_i \neq \mu_j$, la cual nos dice que las medias de los tratamientos i y j son diferentes. El método LSD tiene una potencia significativa (importante), por lo que expone significativas aun pequeñas diferencias (Gutierrez y De La Vara, 2008).

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Inventario de insectos polinizadores

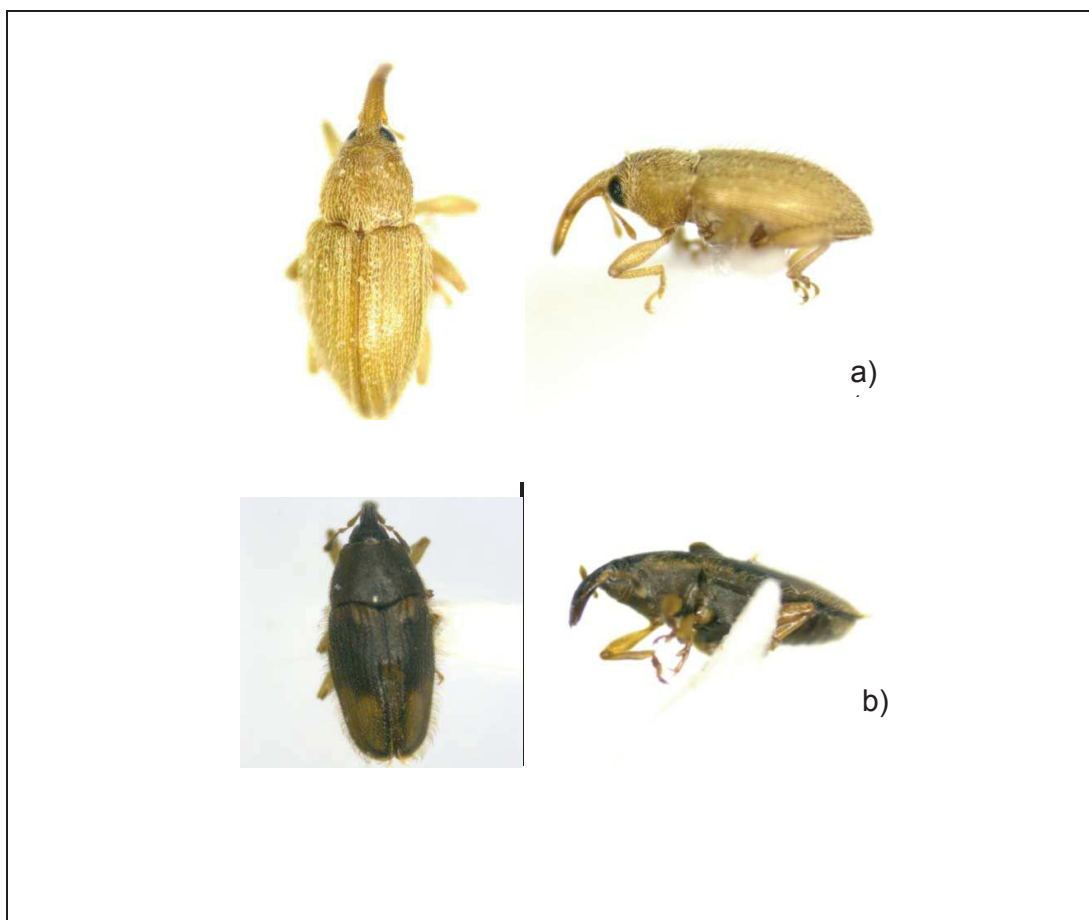
Los insectos recolectados, fueron montados en la colección entomológica de la Universidad de las Américas. Para esto, se definió la prevalencia de en tomo fauna relacionada con inflorescencias femeninas y masculinas, definiendo que la mayor parte de insectos correspondían a la familia *Curculionidae* y a los géneros *Elaeidobius sp.* y *Grasidius sp.*

Elaeidobius kamerunicus(Figura 13) (identificado por Ponce, 2014)

Grasidius hybridus (Figura 13) (identificado por: Ponce, 2014)

Couturerius sp. (Figura 13) (identificado por: Ponce, 2014)

Elaeidobius sp (Figura 13) (identificado por: Ponce, 2014)



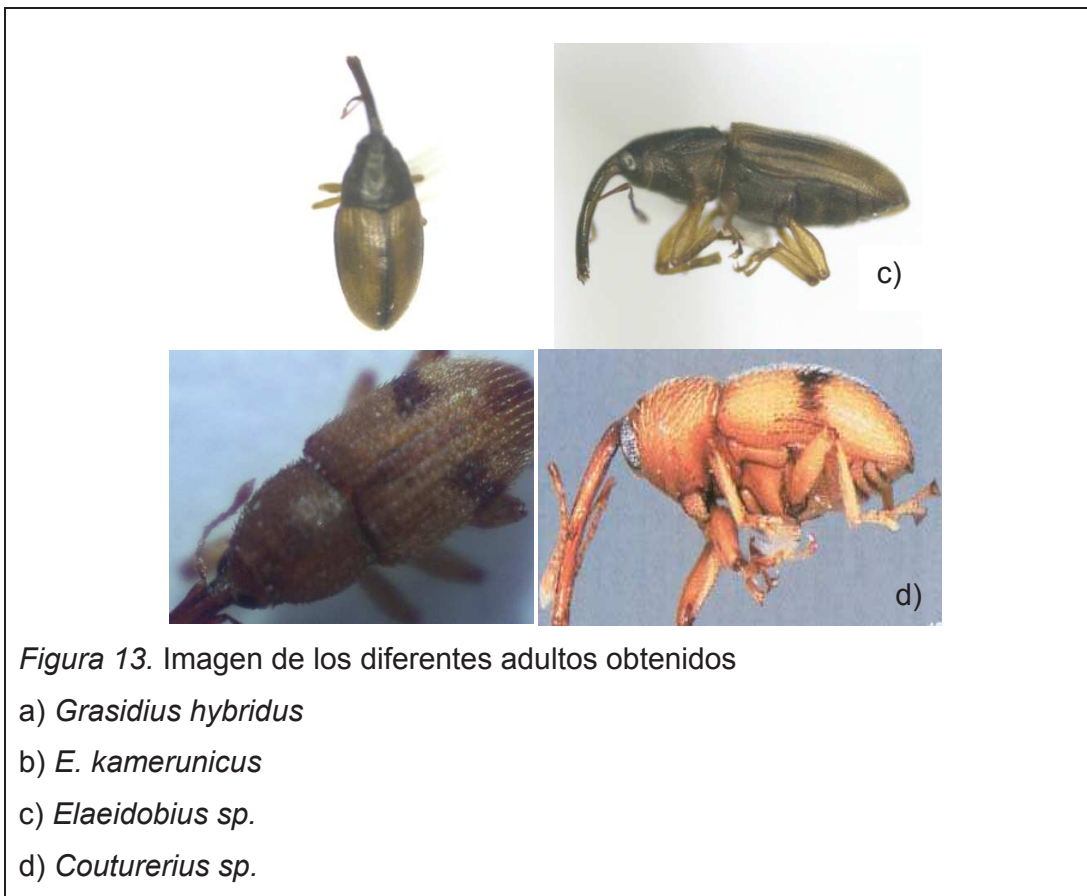


Figura 13. Imagen de los diferentes adultos obtenidos

a) *Grasiidius hybridus*

b) *E. kamerunicus*

c) *Elaeidobius sp.*

d) *Couturerius sp.*

Las muestras de los insectos llevados a colección, las especies que se presentaron en mayor cantidad correspondieron a *E. kamerunicus* (Coleoptera: Curculionidae) y *Grasiidius hybridus* (Coleoptera: Curculionidae). El resultado de este censo para la plantación aparece en el anexo VI. En palma africana se presentaron las especies: *E. kamerunicus*, *Elaeidobius sp.* Orthoptera, Thrips; en palma americana: *Grasiidius hybridus*, *Couturerius sp.*, *Thrips sp.*, Orthoptera sp. y en los híbridos interespecíficos OxG: *E. kamerunicus*, *Elaeidobius sp.* Ortóptera, Thrips, *Grasiidius hybridus* y *Couturerius sp.*

Los insectos colectados en inflorescencias masculinas y femeninas de *E. guineensis*, *E. oleifera* e híbridos interespecíficos OxG son similares a los encontrados por Hala (2012) quien reporta cinco especies del género *Elaeidobius* (*E. kamerunicus*, *E. plagiatus*, *E. subvittatus*, *E. singularis* y *E. bilineatus*), dos especies del género *Mystrops* (*M. dispar* y *M. congolense*) y otros grupos de insectos como *Prosoestus sculptilis* y cochinillas. Esto

concuera igualmente con lo expresado por Mondragón (1985), quienes afirman, sobre la presencia de once especies de insectos pertenecientes al orden *Coleoptera* y de estas, las de mayor prevalencia son *Mystrops costaricensis* y *Elaeidobius subvittatus*.

5.1.1 Muestreo General de insectos en los materiales de la plantación de Palmar del Río. Comportamiento de acuerdo a la estación (verano/invierno).

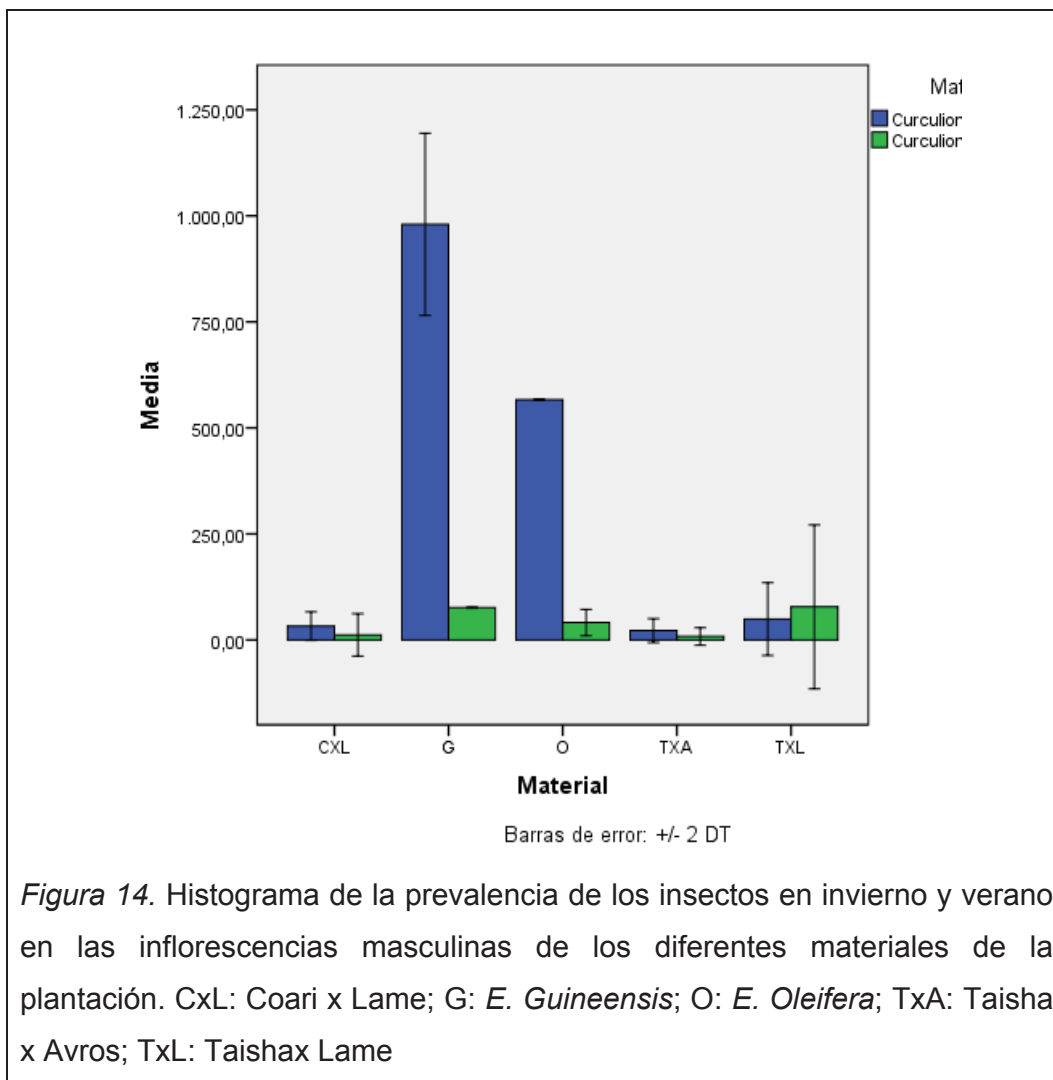
Los patrones de visita de insectos en las inflorescencias femeninas y masculinas en palma aceitera se determinó en tres grandes agrupaciones: familia *Curculionidae* (suma de *Couturerius sp. E. kamerunikus*, *Elaeobius sp.*, *Grasidius hybridus*), Depredadores (Arañas) y otros insectos (*Metamasius hemipterus*, Chinchas, Hormigas, *Demotispa neivai*, *Gryllidae*, *Trips sp.*, *M. domestica*, otros *Dipteros*). Este estudio toma en cuenta en su mayor parte a los Curculionides, ya que como menciona Mondragón (1985), Hala (2012), Genty (1985), Zenner (1985), Prada (1998), Chinchilla (2002) y Syed (1979) son los polinizadores más efectivos de palma aceitera. Además, el estudio permitió determinar que los insectos directamente relacionados con la polinización entomófila correspondían a la familia *Curculionidae*, por la cantidad de estos insectos presentes en las inflorescencias masculinas y femeninas.

En el presente estudio no se encontraron especímenes de *Mystrops palmarum* reportado por Syed (1984) como polinizador nativo de la palma de aceite en la zona occidental de Colombia; ni *Mystrops cotariscensis* reportado por Sánchez (2004) como polinizador en la zona de Tumaco, Colombia. La falta de presencia de estas dos especies de insectos registrados como polinizadores nativos de la palma de aceite americana, podría deberse a su desplazamiento por la introducción de *E. kamerunicus* desde 1985.

Se determinó que la mayor cantidad de Curculionides se encontraron en materiales puros *E. Guineensis* y *E. oleifera* tanto en invierno como en verano, en comparación con los materiales híbridos. En el caso de los híbridos

interespecíficos OxG se demostró que la mayor cantidad de insectos polinizadores se encontraban en el híbrido OxG Taisha x Avros. Esto puede deberse en gran medida a que es una planta con menor cantidad de espatas y esto favorece una mayor interacción de las flores con los insectos. Se observó lo contrario en el híbrido Coari x La Mé, el cual posee un alto contenido de espatas (Figura 14).

Con respecto a la estacionalidad, se observó una mayor cantidad de insectos en verano, en los materiales puros (figura 14), afirmando lo establecido por Syed (1984) y Sánchez (2004) quienes afirman que la lluvia y los días de precipitaciones altas afectan en un 47% al número de insectos polinizadores que visitan las inflorescencias. Estos resultados, contrastan con Prada (1998), que afirma una mayor presencia de insectos durante el periodo húmedo. Esto podría deberse a que el estudio realizado por Prada se realizó en un período de un solo día, mientras que en el presente ensayo, las observaciones se mantuvieron durante 4 días (dos en verano y dos en invierno). Por otro lado, el lugar de estudio y las condiciones climáticas en el que se realizó la investigación podrían generar ciertos cambios en el comportamiento de los insectos (Vazquez, 2005 y Rosado, 2002).



Para el caso de la inflorescencias masculinas se observa un mayor patrón de visita de los diferentes *Curculionides* polinizadores (suma de *Couturerius sp.*, *E. kamerunikus*, *Elaedobius sp.*, *Grasidius hybridus*) en el material *E. guineensis.*, tanto en invierno como en verano. En contraste, se observa algo diferente en el material Coari x LaMé el cual contiene la menor cantidad de insectos polinizadores en los dos periodos de evaluación (figura 14).

La tabla ANOVA de la tabla 19 descompone la variabilidad de la presencia de los Curculionides (suma de *Couturerius sp.*, *E. kamerunikus*, *Elaedobius sp.*, *Grasidius hybridus*). Los valores p demuestran un nivel de significancia estadística entre cada uno de los factores evaluados, con un 95% de nivel de

confianza. Dado que los valores p de material genético de palma aceitera (CxL: Coari x Lame; G: *E. Guineensis*; O: *E. Oleifera*; TxA: Taisha x Avros; TxL: Taishax Lame) y tipo de inflorescencia (masculina y femenina) son menores que 0,05, se establece que estos dos factores tienen un efecto significativo sobre la cantidad de Curculionides. Por otro lado, la estacionalidad no genera un efecto significativo en la comparación de medias, con respecto al número de insectos, por ser un valor p superior 0,05. El hecho de que no exista una diferencia significativa en los patrones de visita de insectos a las inflorescencias durante las dos estaciones del año, puede deberse a la poca variabilidad de temperatura y humedad relativa en el oriente ecuatoriano, durante todo el año, como se observa en las tablas 16 y 17.

Tabla 19. ANOVA para análisis de Varianza para Curculionides totales - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:ESTACIÓN	2867,52	1	2867,52	0,05	0,8175
B:MATERIAL	1,41742E7	4	3,54356E6	65,97	0,0000
C:TIPO DE INFLORESCENCIA	462169,	1	462169,	8,60	0,0038
RESIDUOS	9,93715E6	185	53714,3		
TOTAL (CORREGIDO)	2,45764E7	191			

Adaptado de Statgraphics Centurion XV, Versión 15.2.06

Nota: Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual.

Para la comparación de la cantidad de insectos polinizadores que llegan a los diferentes materiales genéticos de palma aceitera (CxL: Coari x Lame; G: *E. Guineensis*; O: *E. Oleifera*; TxA: Taisha x Avros; TxL: Taishax Lame), se realizó un análisis de rangos múltiples (método LSD), el cual permitió determinar las medias significativamente homogéneas o aquellas que son diferentes unas de otras (tabla 20). Se identificaron 3 grupos homogéneos. Los resultados mostraron que no hay diferencia entre materiales genéticos de híbridos interespecíficos TxA (Taisha x Avros), TxL (Taisha x La Mé) y CxL (Coari x La

Mé). En cambio, se determinó diferencia entre los materiales híbridos y los materiales *E. guineensis* y *E. oleífera*. La cantidad de insectos (Curculionides), está asociada en mayor cantidad con los materiales genéticos puros (*E. guineensis* y *E. oleífera*), y esto concuerda con las afirmaciones de Mondragón (1985), quien afirma que existe una mayor proporción de insectos en palma africana, menor en palma americana y poca presencia de insectos polinizadores en materiales híbridos. El autor menciona que las especies presentes con mayor frecuencia en palma africana (*Elaeis guineensis*) son: *E. subbitaftus*, *M. costaricensis*, *Coproporus sp*, *Orthoperus minutissimus*, *Ahasverus sp*, *Thrips sp*, *Smicrips sp*, *C. amazona*, *C. discolor*, en palma americana (Noli): *C. amazona*, *C discolor* y *Thrips sp*. y en el caso del híbrido interespecífico OxG se encontraron los géneros *Orthoperus* y *Aenigmatirum*.

Tabla 20. Pruebas de Múltiple Rangos para Curculionides totales por especie de palma aceitera

MATERIAL	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
TXA	68	20,0735	28,1055	X
CXL	96	25,5313	23,6543	X
TXL	12	54,5	66,9044	X
O	8	716,75	81,9408	X
G	8	1226,0	81,9408	X

Adaptado de Statgraphics Centurion XV, Versión 15.2.06

Nota: Método: 95,0 porcentaje LSD. CxL: Coari x Lame; G: *E. Guineensis*; O: *E. Oleífera*; TxA: Taisha x Avros; TxL: Taishax La Mé.

Para establecer la diferencia entre medias por tipo de inflorescencia (Masculina y Femenina) se utilizó el análisis de rangos múltiples para los Curculionides evaluados mediante el método LSD (nivel de confianza del 95%), y los resultados aparecen en la tabla 21. La mayor cantidad de Curculionides totales se encontraron en las inflorescencias masculinas y como menciona Prada (1998), es el lugar donde se encuentra la mayor fuente de alimentación y protección de los polinizadores y esto favorece su reproducción.

Tabla 21. Pruebas de Múltiples rangos para Curculionides totales por tipo de inflorescencia

TIPO DE INFLORESCENCIA	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
F	96	359,508	32,4026	X
M	96	457,633	32,4026	X

Adaptado de Statgraphics Centurion XV, Versión 15.2.06

Nota: Método: 95,0 porcentaje de confianza LSD. M: Masculina y F: Femenina

5.1.1.1 Comportamiento de cada especie de insecto con respecto su nivel de asociación con inflorescencias femeninas y masculinas de la palma aceitera

El ANOVA (con un 95,0% de nivel de confianza) multivariante, se determinó como un análisis adecuado para determinar la variabilidad de la cantidad de insectos por cada especie de insecto polinizador con respecto a cada inflorescencia de especies de palma aceitera (*Couturerius sp. E. kamerunicus*, *Elaedobius sp.*, *Grasidius hybridus*). Los valores p del análisis ANOVA, mostraron una significancia estadística entre las medias del número de insectos con respecto a las especies de insectos polinizadores (valor p es menor a 0,05). De igual manera, la cantidad de insectos resultó significativamente diferente en las inflorescencias masculinas y femeninas (tabla 22).

Tabla 22. ANOVA para análisis de Varianza para cantidad de insectos - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:ESPECIE DE INSECTOS	162869,	3	54289,5	3,68	0,0119
B:MATERIAL	3,91031E6	4	977578,	66,28	0,0000
C:TIPO DE IFLORESCENCIA	88900,9	1	88900,9	6,03	0,0141
RESIDUOS	1,11504E7	756	14749,2		
TOTAL (CORREGIDO)	1,53143E7	764			

Adaptado de Statgraphics Centurion XV, Versión 15.2.06

Nota: Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Para determinar las agrupaciones existentes entre las especies de insectos asociados a distintos materiales genéticos, se realizó una prueba de múltiples rangos con un nivel de confianza del 95,0%, mediante el Método LSD que aparece en la tabla 20. Se demostró que la mayor cantidad de insectos corresponde a *E. kamerunicus* con una media de 130,063 especímenes. Esto demuestra la adaptación a las plantaciones de palma aceitera del oriente ecuatoriano desde su introducción en 1985 (Mondragón, 1985). Esto podría deberse en gran medida a la cantidad de palmas con una carga genética de materiales provenientes de África, presentes en la plantación (representados por material La Mé de Costa de Marfil y Avros de Papúa, Nueva Guinea) (Barba, 2012). De igual manera, se observó cómo *Elaeidobius sp.* y *Grasidius hybridus* tienen una alta afinidad por los híbridos y la diferencia entre sus medias es mínima con 110,32 y 106,841 respectivamente. Por lo tanto, se podría suponer que estos insectos se encuentran, conviviendo de manera sinérgica en los híbridos de la plantación.

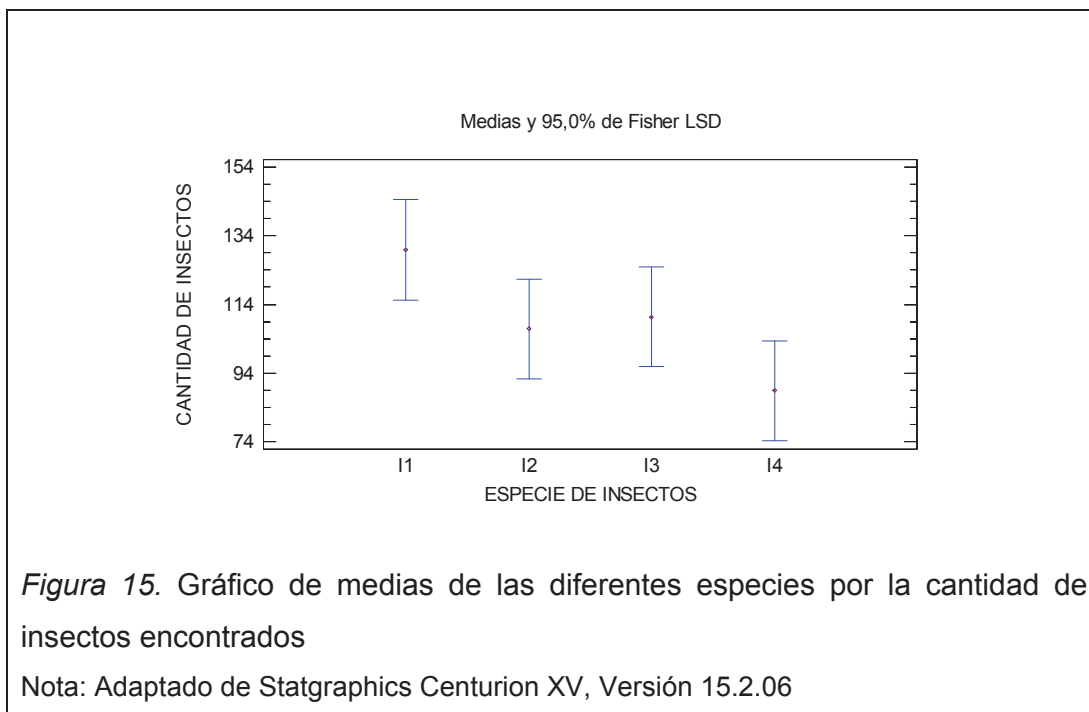
Por otra parte, *Couturerius sp.*, reportado por O'Brien (2004) en Brasil, presentó una media de 88,86 (Figura 23), por lo que lo hace el insecto con menor prevalencia en esta región del oriente ecuatoriano.

Tabla 23. Pruebas de Rangos múltiples rangos para Cantidad de insectos por Especie de insectos

ESPECIE DE INSECTOS	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
<i>Couturerius sp.</i> (14)	192	88,8666	10,5237	X
<i>Grasidius hybridus</i> (12)	192	106,841	10,5237	XX
<i>Elaeidobius sp.</i> (13)	192	110,32	10,5237	XX
<i>E. kamerunicus</i> (11)	189	130,063	10,6214	X

Nota: Método: 95,0 porcentajes de confianza LSD

Adaptado de Statgraphics Centurion XV, Versión 15.2.06



La figura 15 muestra como el Insecto polinizador *E. kamerunicus* siente mayor afinidad por el material Taisha x La Mé, y por el material *E. guineensis*, mientras que *G. hybridus* es atraído en mayor porcentaje por la especie *E. oleífera* y Taisha x La Mé.

5.1.2 Capacidad de acarreo de polen de los insectos. Potencial polinizador de insectos muestreados (estudios de acarreo de polen)

5.1.2.1 Potencial polinizador por especie de insecto

La especie *E. kamerunicus* presentó la mayor capacidad de acarreo de polen (media de 8.465 granos de polen), resultados que aparecen en la figura 16, Esto podría deberse en gran medida a la cantidad de setas que tiene en su cuerpo y a su tamaño (7.12 mm); así lo afirma también Prada (1998) y Dhileepan (1992). En el caso de *Couturerius sp.*, a pesar de su tamaño (7,93 mm.), mostró un promedio de carga de granos de polen inferior a la de *E. kamerunicus* (2.720 granos de polen). Por esto se estima que *Couturerius sp.*, podría ser un polinizador menos efectivo que *E. kamerunicus*.

Se realizó para el análisis de este ensayo un ANOVA univariante con un nivel de confianza del 95,0% (tabla 24). Este análisis permitió determinar la relación de significancia del promedio de granos acarreado por las especies de insectos polinizadores y dado que el valor p es inferior a 0,05, se puede afirmar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de acarreo de polen por cada especie de insectos polinizadores (*Couturerius sp.*, *E. kamerunikus*, *Elaeidobius sp.*, *Grasidius hybridus*),

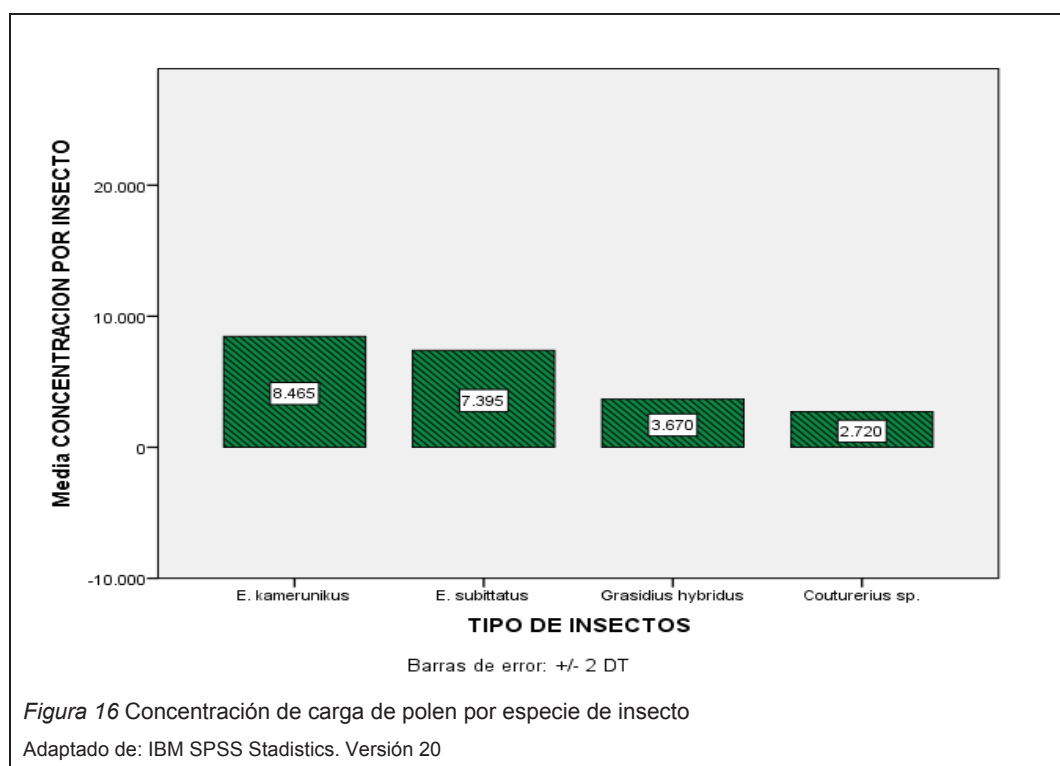


Tabla 24. Tabla ANOVA para Concentración de Polen por especie de insecto polinizador

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Especie de insecto	9,37757E8	3	3,12586E8	15,66	0,0000
RESIDUOS	3,11474E9	156	1,99663E7		
TOTAL (CORREGIDO)	4,0525E9	159			

Adaptado de Statgraphics Centurion XV, Versión 15.2.06

Mediante el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD), con un nivel de confianza de 95,0%, se identificaron 2 grupos homogéneos (tabla 25). El primer grupo homogéneo se compuso por *Couturerius sp.* y *Grasidius hybridus*, debido posiblemente por el origen del polen al que están atraídos. El polen muestreado en estos insectos fue de palmas americanas (*E. oleifera*). En cambio, el segundo grupo homogéneo señala a *Elaeidobius sp.* y *Elaeidobius kamerunicus* que fueron más atraídos por la palma africana (*E. guineensis*).

Esto podría explicarse porque tanto *E. gineensis* y *E. kamerunicus* son especies introducidas al continente americano desde África (Syed, 1984), y la atracción del insecto podría deberse a que su desarrollo evolutivo estuvo siempre ligado a este tipo de palma aceitera. En el caso de *G. hybridus*, se podría afirmar que siempre estuvo asociado con palmas americanas (O Brien, 2005), por lo que es considerado un insecto nativo.

Tabla 25. Pruebas de Múltiple Rangos para Concentración de Polen por Especie de insecto polinizador

<i>Especie de insecto</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Couturerius sp.	40	2720,0	706,51	X
Grasidius hybridus	40	3670,0	706,51	X
E. subittatus	40	7395,0	706,51	X
E. kamerunikus	40	8465,0	706,51	X

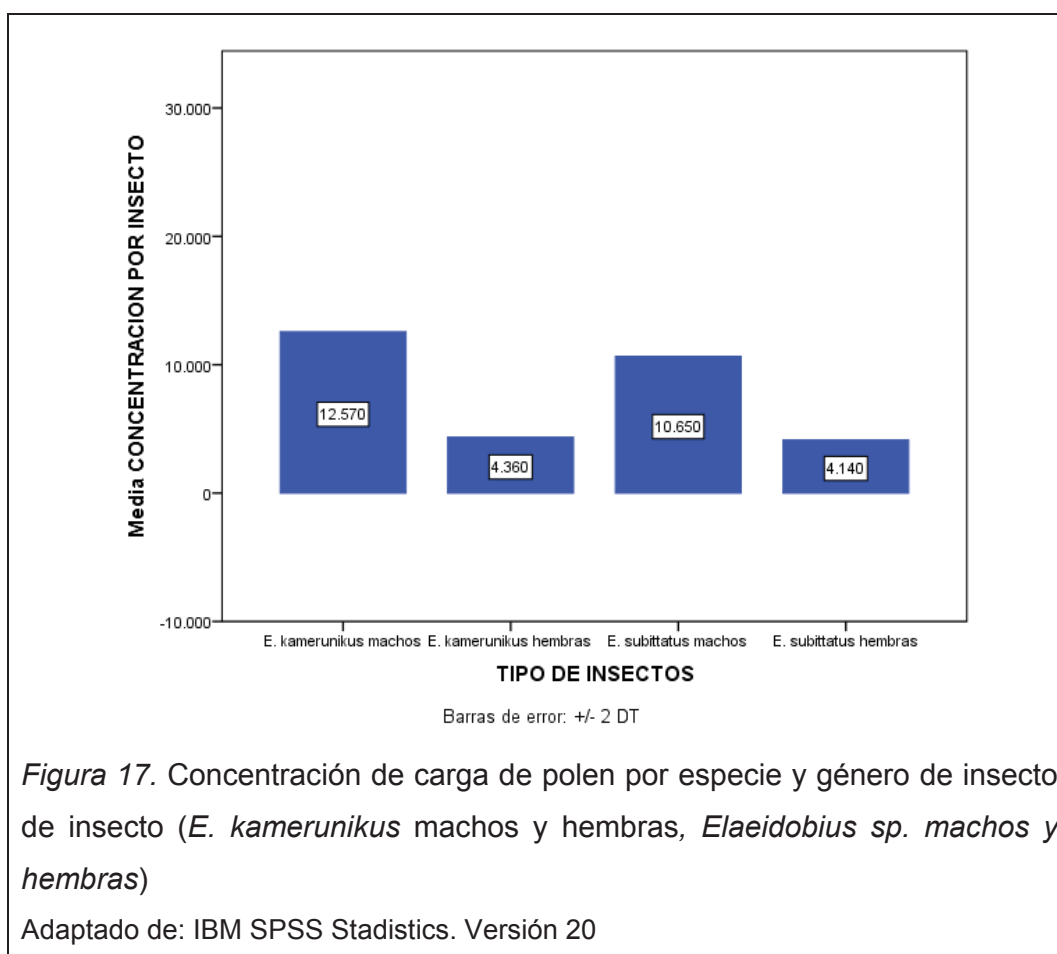
Adaptado de Statgraphics Centurion XV, Versión 15.2.06

Nota: Método: 95,0 porcentaje de confianza LSD

5.1.2.2 Comparación del potencial polinizador de machos y hembras de los insectos polinizadores (*Elaedobius sp.*, *Elaeidobius kamerunicus*)

El promedio de los granos de polen transportados por hembras y machos de *E. kamerunicus* fue de 4.340 y 12.570 respectivamente (Figura 17). Estos resultados difieren con lo expresado por Prada (1998) quien menciona un promedio de acarreo de granos de polen para hembras y machos, de 446 y de

266,4 respectivamente. Por otro lado, *Elaeobius sp.*, presentó una media de granos de polen acarreados por hembras y machos de 4.140 y 10.650 respectivamente. Estos valores son diferentes a aquellos reportados por Chinchilla (1990) quien afirma que cada insecto lleva un promedio entre 64 y 46 granos de polen. En cambio, Prada (1998) establece un promedio de acarreo de granos de polen por hembras y machos de 985 y 533 respectivamente. Estos resultados tan diferentes podrán explicarse a las condiciones a las que se encuentra el oriente ecuatoriano, que difieren mucho a las condiciones de Monagas en Venezuela lugar donde se realizó el estudio de Prada (1998).



La mayor cantidad de granos de polen transportados por los insectos machos de *E. kamerunicus* y de *Elaeobius sp.*, podría deberse en gran medida al tamaño, así como también a la gran cantidad de setas presentes en los

machos y ausentes en las hembras. Estas estructuras podrían estar asociadas a la mayor retención de polen en sus cuerpos; así lo afirma Dhileepan (1992) y Prada (1998).

En los análisis ANOVA (con un nivel del 95,0% de confianza) de la carga de polen por género de insectos polinizadores (*E. kamerunicus* machos y hembras, *Elaeidobius sp.* machos y hembras), la razón F, es igual a 15,73. Este es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor p es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de concentración de polen acarreado por los dos géneros de insectos polinizadores (*E. kamerunicus* machos y hembras, *Elaeidobius sp.* machos y hembras). Estos resultados se muestran en la tabla 26.

Tabla 26. Tabla ANOVA para carga de polen por género de especie de insecto polinizador (*E. kamerunicus* machos y hembras, *Elaeidobius sp.* machos y hembras)

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Especie de Insecto	1,12074E9	3	3,7358E8	15,73	0,0000
RESIDUOS	1,80551E9	76	2,37567E7		
TOTAL (CORREGIDO)	2,92625E9	79			

Adaptado de Statgraphics Centurion XV, Versión 15.2.06

Nota: Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

5.1.3 Ciclo de vida del insecto. Biología de los insectos polinizadores

5.1.3.1 Ciclo de Vida

Las larvas de las especies evaluadas mastican la parte superior o el tubo de la antera de la inflorescencia masculina abierta en Pos-antesis. Estos insectos, debido a su estructura, cuentan con una proboscis fuerte, que les permite alimentarse de los tubos de la antera además del polen de las flores. El

apareamiento de las especies se produce a cualquier hora del día y la ovoposición empieza al término de los dos días de antesis. Los huevos son depositados en las cavidades alimenticias de las anteras mediante el ingreso de su ovsicpto (órgano sexual de las hembras que permite perforar los tubos de las inflorescencias donde depositan sus huevos), esto fue observado en las flores muestreadas y también es un proceso confirmado por investigadores como Syed en sus estudios realizados en 1984. El tejido necrosado de las anteras se endurece y cubre a las larvas proporcionando alojamiento y protección para los insectos. Este proceso se puede observar en la figura 18.



Figura 18. Izq. Inflorescencia masculina en estado de necrosis. Der. Larva de *E.kamerunicus* ubicada en las anteras de la inflorescencia.

E. kamerunicus ubicó sus huevos en la parte exterior de la antera, *E. subvittatus*, *Grasidius hybridus* y *Couturerius sp.*, en cambio, depositaron los huevos ligeramente debajo de las anteras. Los huevos observados son de color blanquecino- traslucidos, ovalados y de textura lisa. La etapa larval cuenta con tres fases; las cuales, se alimentaron del tejido que muere en el lugar mismo de la ovoposición. Como se puede observar en el Tabla 27, el lapso de tiempo entre huevo y adulto de *Couturerius sp.*, se completó en un tiempo promedio de 14,86 días. La longevidad de los adultos se estableció entre 19 a 25 días (Promedio: 21,32 días); siendo este insecto el que mayor tiempo de vida tuvo con un promedio de 36,18 días. En contraste, la especie que menor tiempo de vida presentó, correspondió a *E. kamerunicus*. Este insecto completó su

vida presentó, correspondió a *E. kamerunicus*. Este insecto completó su periodo de huevo a adulto en 10,35 días y la longevidad de los adultos llegó hasta los 20,77 días en promedio. El promedio general del ciclo de vida de esta especie de insecto se estableció en 31,12 días. Estos resultados son diferentes a los expresados por Syed (1984) quien menciona un promedio de vida de 15 días para esta especie (Syed, 1984). Esta diferencia podría deberse a la disponibilidad de alimento y a las condiciones climáticas de la zona en que se realizó el estudio (Vázquez, 2005 y Rosado, 2002).

Tabla 27. Duración de los diferentes estadios del ciclo biológico de los polinizadores de palma aceitera

	Huevo		Larva					Pupa		Total huevo-adulto	Adulto		Total
	Promedio	DS	1	2	3	Promedio total	DS	Promedio	DS		Promedio	DS	
<i>Elaedobius kamerunicus</i>	1,4	1,03	1,3	2,22	2,13	5,65	3,88	3,3	2,54	10,35	20,77	3,61	31,12
<i>Elaedobius sp.</i>	1,03	1,38	1,95	2,76	2,44	7,15	3,3	2,9	1,92	11,08	21,52	2,71	35,6
<i>Grasidius hybridus</i>	2,37	1,19	1,3	2,05	3,8	7,25	3,26	4,9	1,74	14,52	17,41	1,15	31,93
<i>Couturerius sp.</i>	2,86	1,5	1,4	3,13	2,77	7,3	3,39	4,7	2	14,86	21,32	2,01	36,18

5.1.3.1.1 Etapa de huevo

Como se puede observar en la Tabla 27, la etapa de huevo de *Elaedobius sp.*, fue la de menor duración; esta fase osciló entre 1 y 4 días con un promedio de 1,03 días y una desviación estándar de 1,38. Estos resultados son similares a aquellos presentados por Syed (1984) quien indica una etapa de huevo entre 1 y 2 días. Igualmente, Herlinda y Pujiastuti (2006) mencionan un periodo de duración del huevo de 1 a 3.

Como se puede observar en la figura 19, los huevos fueron ovipositados individualmente por la hembra del insecto, entre la cutícula de la espiga y el mesófilo de la misma; principalmente en la cara interna de las espigas para la protección del huevo. De esta manera, en el momento de la eclosión, la larva contaba con el alimento necesario para su desarrollo.

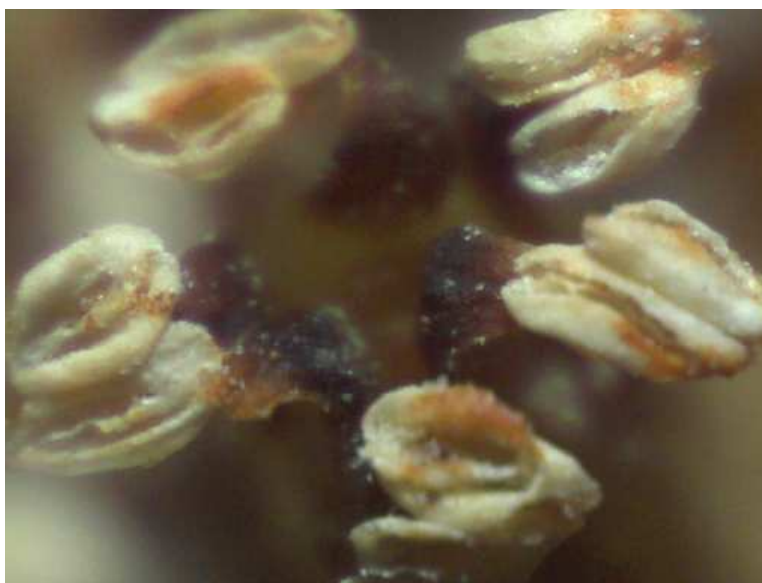


Figura 19. Sitio de ovoposición de *E. kamerunicus* en la parte interna de las anteras de la flor masculina

Antes de la eclosión se pudo observar cambios en la coloración del huevo. Este inicia de un color blanquecino traslúcido y con el pasar del tiempo, termina

tomando un color amarillento oscuro. Al llegar el momento de la eclosión, se observan pequeñas estrías en el huevo y durante la emergencia de la larva, ésta muerde el cascarón para salir y se sigue alimentando de esta estructura.

5.1.3.1.2 .Etapa de larva

Syed (1984) indica una duración de la etapa larval de *E. kamerunicus* entre 6 y 10 días y Herlinda y Pujiastuti (2006), menciona 7,2 días. Estos resultados son relativamente diferentes a los resultados obtenidos en el presente trabajo, en el cual se determinó un período de pupa de $5,65 \pm 3,88$ días. Durante el desarrollo de la investigación, se observó que la larva de *E. kamerunikus*, presenta un aparato masticador bien desarrollado desde su emergencia, dato que concuerda con lo mencionado por Syed (1984), esta característica la comparte con *Elaedobius sp.*

Couturerius sp. y *Grasidius hybridus*. Durante las observaciones del desarrollo del insecto, se evaluó que la larva posee una cápsula cefálica bien diferenciada de color café, el tórax de la larva se torna de un color oscuro conforme avanza su estado de madurez e incluso se observan pequeñas vellosidades (igura 20).

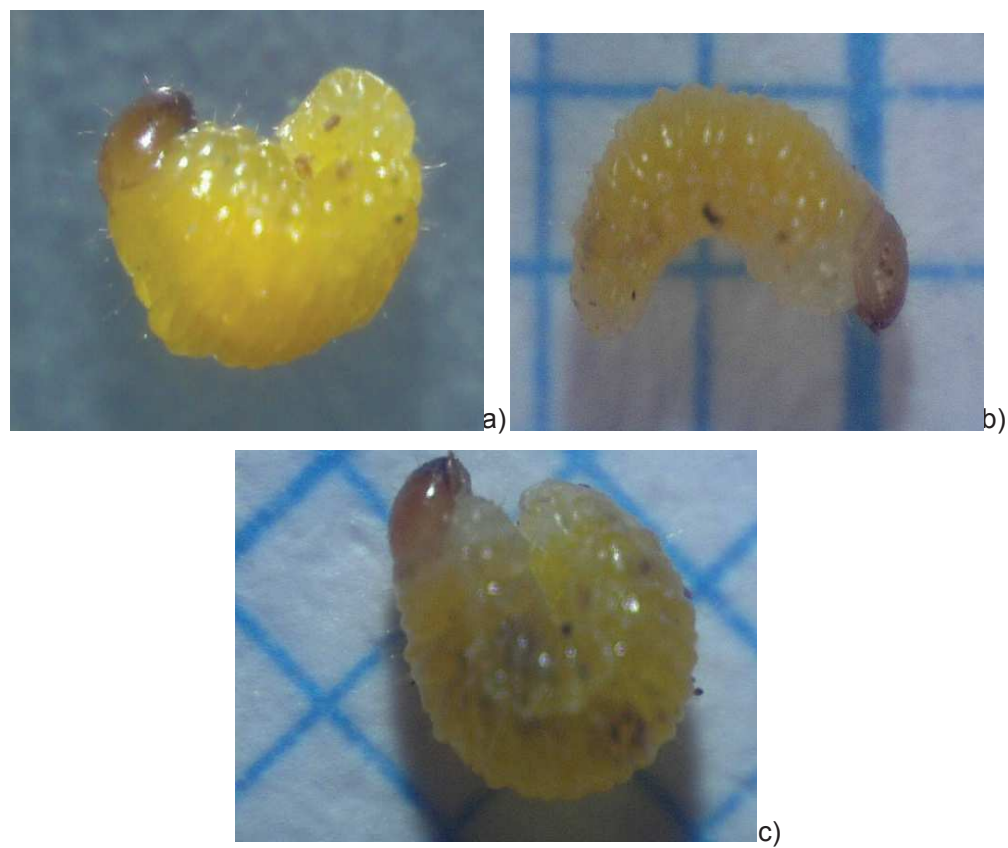


Figura 20. Larva de Elaedobius kamerunicus

a) Larva joven de 2 días después de su emergencia

b) Larva joven de 3 días

c) Larva adulta de 5 días

5.1.3.1.3 Etapa de pupa

La tabla 27 indica que la duración en etapa de pupa fue en promedio para *E. kamerunicus* de $3,30 \pm 2,54$, resultado semejante al obtenido por Syed (1984), en el cual indica una etapa de duración entre 2-6 días. En cambio, Herlinda y Pujiastuti (2006) indican una duración de 15 días en promedio.

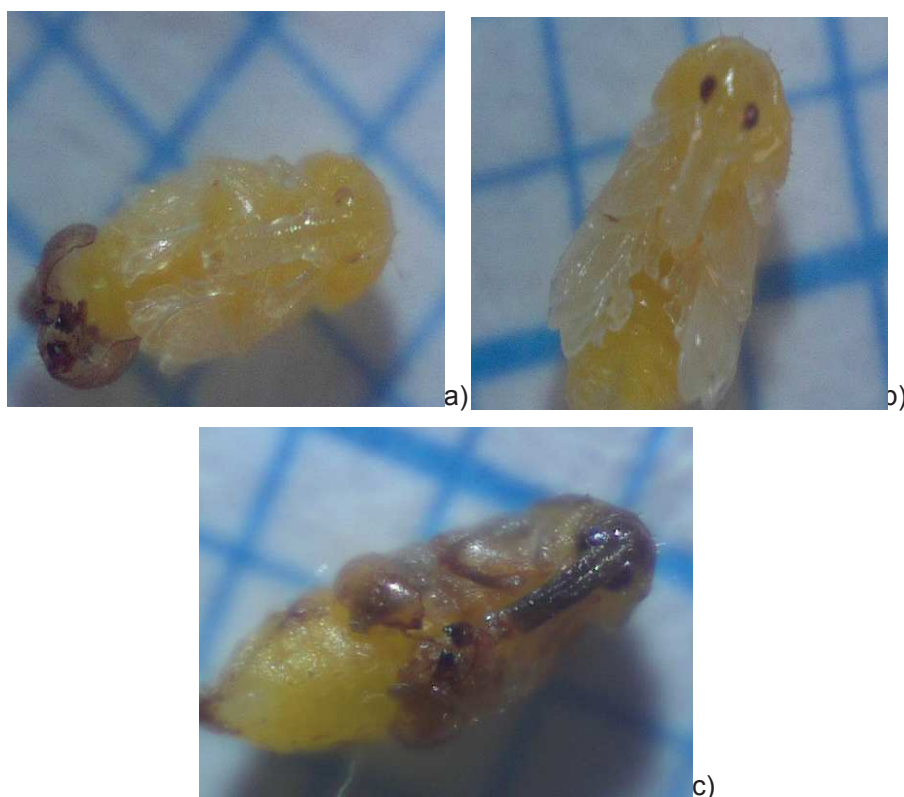


Figura 21. Etapa de pupa de *Elaedobius kamerunicus*

- a) Larva en parte de la espiga de la inflorescencia masculina
- b) Pupa en la cual se empieza a observar el color oscuro en los ojos
- c) Pupa que tiene la mayor parte de su cuerpo desarrollado.

Se observó además que estos insectos utilizaron las anteras necrosadas de la inflorescencia para su protección. Según los datos obtenidos el tamaño de la pupa varía entre 0,8 y 1,3cm de largo y 0,3 y 0,8 cm de ancho, se observó que empezó de un color amarillento hasta terminar en un café oscuro (desde su cabeza hasta la base de los élitros)(Figura 21).

5.1.3.1.4 Etapa de adulto

En el estudio realizado se determinó que los insectos adultos poseen una longitud promedio de 0,77cm (*E. kamerunicus*), 0,55 (*Grasidius hybridus*), 0,73 (*Elaedobius sp.*) y 0,84 (*Couturerius sp.*). Otra característica importante de los adultos es que se mantienen durante todo el día en la inflorescencia masculina, donde completa todo su ciclo vital, desde la ovoposición hasta su reproducción. Solamente en ocasiones se acerca a la inflorescencia femenina por atracción, posiblemente por la acción de sustancias que secreta la flor femenina durante su período de antesis.

5.1.4 Colección de insectos polinizadores

La colección de insectos se conformó con un total de 1100 insectos divididos como lo muestra el Anexo VIII. Cada espécimen cuenta con su respectiva identificación y georeferenciación (Figura 22).

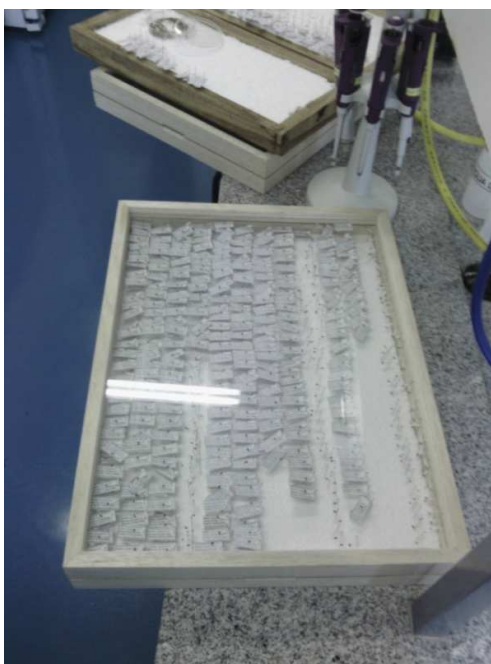


Figura 22. Insectos montados en la colección de la Universidad de las Américas

6 CONCLUSIONES

Las especies de insectos polinizadores identificadas en híbridos de palma aceitera, ubicados en la zona de Francisco de Orellana, oriente ecuatoriano, fueron *Elaeidobius kamerunicus*, *Elaeidobius sp.*, *Grasidius hybridus*, *Couturerius sp.*

Los insectos polinizadores *Elaeidobius kamerunicus*, *Elaeidobius sp.*, *Grasidius hybridus*, *Couturerius sp.*, sienten una alta afinidad por las inflorescencias masculinas de palma aceitera ya que es en este lugar donde realiza su ciclo de vida. Los insectos polinizadores se encuentran en mayor proporción en etapa de antesis de la inflorescencia masculina y femenina.

El arribo de los insectos *Elaeidobius kamerunicus*, *Elaeidobius sp.*, se produce en mayor cantidad a la especie de palma *Elaeis guineensis*. En cambio, *Grasidius hybridus* y *Couturerius sp.*, se presentan con mayor frecuencia en *Elaeis oleifera*. Las agrupaciones de los análisis estadísticos por LSD demostraron que la especie de palma es determinante sobre el comportamiento de llegada de los insectos polinizadores. *Elaeis guineensis* define un patrón de llegada de los insectos, *Elaeis oleifera* define otro comportamiento y finalmente, los híbridos generan un tercer tipo de patrón de llegada de los insectos a sus inflorescencias. En efecto, los híbridos de palma aceitera atraen a los insectos polinizadores en bajo porcentaje debido a las condiciones climáticas que se presentan y posiblemente a un sistema de atracción diferente de sus inflorescencias.

Las condiciones de invierno causaron una disminución en la cantidad de polinizadores resultando *Couturerius sp.*, la especie más afectada. Sin embargo, no hubo diferencia significativa en la cantidad de insectos que visitaba las inflorescencias masculinas y femeninas durante las dos estaciones del año.

E. kamerunicus fue el polinizador más eficiente por poseer mayor capacidad de acarreo de polen, esta especie presentó una media de 8465 granos de polen, esto en gran medida a la cantidad de vellosidades que tiene en su cuerpo y a su tamaño 7.12 mm, a diferencia de *Elaeidobius sp.*, (media de 7395), *Grasidius hybridus* (media de 3670), *Couturerius sp.*(media de 2720), que mostraron ser inferiores en su carga de polen.

Los insectos machos de las especies *E. kamerunicus* y *Elaeidobius sp.*, fueron las de mayor capacidad de carga de polen con una media de 12570 y 10650 respectivamente, debido a las setas presentes en su cuerpo que a diferencia de las hembras de estas especies no poseen.

El ciclo de vida en promedio tuvo una duración de *Elaeidobius kamerunicus* fue de 31,12 días, *Elaeidobius sp.*, 35,60 días, *Grasidius hybridus* 31,93 días, *Couturerius sp* 36,18 días. Con respecto a los detalles del ciclo de vida, los huevos fueron ovopositados en las áreas de tejido al finalizar la antesis de la inflorescencia masculina. Se observó también que la larva de *Elaeidobius kamerunicus*, *Elaeidobius sp.*, *Grasidius hybridus*, *Couturerius sp.*, se alimenta de material necrosado de las inflorescencias. Al finalizar la etapa de pupa, el adulto de *Elaeidobius kamerunicus*, *Elaeidobius sp.*, *Grasidius hybridus*, *Couturerius sp.*, emergen sexualmente activos. El adulto de *Elaeidobius kamerunicus*, *Elaeidobius sp.*, *Grasidius hybridus*, *Couturerius sp.* Se alimenta del tubo polínico de las inflorescencias y de polen.

7 RECOMENDACIONES

Evaluar a los insectos polinizadores y otras especies de polinizadores en otras regiones del Ecuador para una comparación tanto de duración de los ciclos de vida de las especies estudiadas, así como el comportamiento de las mismas bajo condiciones climáticas diferentes. Si se realizaran estos estudios en otro sector del país, se recomienda realizar un mapeo adecuado de la distribución de los insectos dentro de la zona de análisis.

Para el manejo apropiado de los huevos, larvas y pupas, se recomienda manejar con el mayor cuidado posible ya que por su tamaño son sensibles a los cambios de temperatura y a lesiones mecánicas.

Es importante tomar en cuenta la limpieza adecuada de las áreas y zonas en donde se realicen los estudios del ciclo de vida de los insectos, ya que si no hay la asepsia necesaria, la tasa de mortalidad incrementa en los especímenes.

En estudios posteriores, se debería determinar otros hospederos de los insectos polinizadores, como alternativas para su desarrollo o alimentación. Es de suma importancia en un futuro investigar métodos de crianza de los insectos polinizadores para su posible utilización por otros cultivadores de palma aceitera.

Es importante investigar e implementar métodos de evaluación de dispersión de los insectos con el objetivo de determinar la capacidad de movimiento de y conocer más sobre el comportamiento de los mismos.

Para la mejora de la productividad del cultivo de palma aceitera, habrá que enfocar futuros estudios en métodos de incremento de poblaciones de especies polinizadoras en las plantaciones de híbrido para mejorar el llenado de frutos en la plantación.

REFERENCIAS

- Adam, H. (2007). *Determination of flower structure in *Elaeis guineensis*: Do Palms use the same homeotic genes as other species* Annals of Botany.
- Aguilar, G. (2008). *Bolsa de Negocios*. Recuperado el 21 de Octubre de 2013, de
Bolsadenegocios:<http://www.freewebs.com/bolsanegocios/palmaafricana.htm>
- Anderson, D. (1991). Curculionidae (broad sense) (Curculionoidea). In "Immature Insects". Kendall/Hunt Publishing Company. , p. 594-612.
- Bank, W. (2014). *Aceite de palma Precio Mensual - Dólares americanos por tonelada métrica*. Malasia: Index mundi.
- Bar, M. (2010). Orden: Coleoptera. *Biología de los Artrópodos 2010*, p. 10.
- Barba, J. (2007). Híbridos OxG obtenidos a partir de Oleíferas taisha-palmar del río (pdr) – ecuador variedad – pdr (Taisha x Avros). *Palmar del Río*, p. 13.
- Barba, J. (2009). Recuperado el 29 de Septiembre de 2014, de <http://www.palmardelrio.com/sitio/>
- Barba, J. (2010). Recuperado el 29 de Septiembre de 2014, de <http://www.palmardelrio.com/sitio/>
- Barba, J. (2012). Híbridos oxg obtenidos a partir de oleíferas Taisha-palmar del río (PDR) – Ecuador variedad – pdr (Taisha x Avros). *Palmar del Río* , p. 13.
- Barba, J. (2011). *Oleíferas ecuatorianas alternativa de manejo agronomico para compensar las pérdidas ocasionadas por la Pudrición del Cogollo en América Latina*. Coca.
- Bastidas. (2011). *Predicción y control de la cosecha en el híbrido interespecífico *Elaeioleifera x Elaeis guineensis* en la zona palmera occidental de Colombia. II*. Santander: Corpoica Ciencia y tecnología Agropecuaria.
- Bastidas, O. (2010). *Conteo Célular con Hematocitómetro*. Florida: Technical Note- Neubauer Chamber Cell Counting.

- Bastidas, S. (2007). *Comportamiento agronómico del cultivar híbrido RC1 de Palma de aceite (Elaeis oleifera x Elaeis guineensis) x Elaeis guineensis*. El Mira: Genética vegetal y biodiversidad.
- Bletholder, h., Van der Boom, T., & Stauss, R. (1991). Codificación unifforme para los estadios fenologicos de las plantas cultivadas y de las malas hierbas. *Phytoma* , p. 54-57.
- Bonilla, M. (1 de Junio de 2014). Una enfermedad afecta a los cultivos de palma africana en Esmeraldas. *El Comercio* , p. 2.
- Borchsenius, F. (2006). Diversidad y usos de palmeras andinas (Arecaceae). *Botánica Económica de los Andes Centrales* , p. 412.
- Borror, D. y. (1970). *Insects*. New York: Peterson Field Guides.
- Chinchilla C., D. R. (1990). Polinización en palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq) en Centroamérica. *Turrialba*, p. 452-460.
- Corley, R., y Tinker, P. (2009). *La palma de aceite* (Cuarta edición ed.). Bogotá, Colombia: Fedepalma.
- Dhileepan, K. (1991). Insectis associated with oil palm in India. *FAO Plant protection Bulletin 39* , p. 94-99.
- Dhileepan, K. (1992). Pollen carryin capacity, polen load and polen transferring ability of the oil palm pollinating weevil, *Elaedobius kamerunicus* Faust. in India . *Oleagineux 47* , p. 55-61.
- Galindo, E. (2010). *Estadística métodos y aplicaciones*. Quito: Prociencia Editores.
- Galindo, E. (2008). *Problemas y ejercicios de Probabilidad y estadística* (Tercera ed.). Quito, Ecuador: Prociencia Editores.
- Garmin. (13 de Julio de 2008). *Garmin 62s*. Recuperado el 3 de Noviembre de 2014, de Garmin 62 s: <http://gpsinformation.info/penrod/62S/sixtytwos.html>
- Genty P., A. G. (1986). Polinización entomófila de la palma africana en américa tropical. *Oleagineux*, p. 101-102.
- Genty, P. (1985). Polinizacion entomofila de la palma africana en América tropical. *Palmas*, p. 4.

- Genty, P., y Ujueta, M. (2013). *Relatos sobre el híbrido interespecífico de palma de aceite OxG-Coari x La Mé: esperanza para el trópico*. Bogotá: Fedepalma.
- Gutierrez, H., & De La Vara, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. México: McGraw-Hill.
- Herlinda, S., & Pujiastuti, Y. (2006). Daur hidup kumbang penyerbuk, *Elaetobius ktmerunicus faust.*(Coleoptera: Curculionidae) bunga kelapa sawit (f./a eis g uineensis J ACQ,l. *Agría* , p. 2.
- Hormaza, P. (2010). *Fenología de la palma de aceite africana (Elaeis guineensis Jacq.) y del híbrido*. Bogotá: Corporación Centro de Investigación en Palma (Cenipalma).
- Huari, Y. (2013). Manejo de la resistencia de insectos a insecticidas. *Revista de divulgación científica* , p. 66.
- International, M. A. (2000). *Material safety data sheet*. Port Charlotte: Widden industrial Park.
- Javronicky, L. (1958). *Error en conteo celular*. Recuperado el 8 de Julio de 2013, de <http://www.celeromics.com/es/resources/docs/Articles/Formular-y-Tabla-Error-Recuento-Celular-ES.pdf>
- Juez, R. (2004). *Cultivo y Produccion de palma africana en la provincia de los Ríos*. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politecnica del Litoral.
- Kuschel, G. (1988). Families and subfamilies of *Curculionoidea*. Auckland, New Zealand. *Manuscript distributed by the autor*.
- Labarca, M. (2009). Identificación y fluctuación poblacional de insectos polinizadores en palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacquin) en el sur del lago de Maracaibo, estado Zulia, Venezuela. *Scielo* , p. 1.
- León, J. (2000). *Botánica de los cultivos tropicales* (Segunda edición ed.). San José, Costa Rica: Agronómica.
- Mariau, D., y Housson, M. (1991). Insectes pollinisateurs du palmier à huile et taux de nouaison en Afrique de l'ouest. *Oléagineux* , p. 43-45.
- Marquez, J. (2005). *Técnicas de colecta y preservación de insectos*. Pachuca: Centro de Investigaciones Biológicas.
- Mesa, D. (2006). Protocolos para la preservación y manejo de colecciones biológicas. *Boletín científico, Centro de Museos*, p. 2-6.

- Ministerio del Ambiente (2014). *Normativa ambiental. Libro IV*. Quito.
- Mondragón, V., y Roa, J. (1985). Censo de Entomofauna nativa asociada con inflorescencias masculinas y femeninas y análisis de polinización en palma africana (*E. guineensis*), palma americana (*Elaeis melanococca*) e híbrido interespecífico (*E. guineensis* x *E. melanococca*) en Colombia. *Palmas*, p. 6.
- Muñoz, A. (2010). *Agrytec*. Obtenido de http://agrytec.com/agricola/index.php?view=article&catid=49%3Aarticulos-tecnicos&id=3468%3Apalma-africana-en-el-ecuador&format=pdf&option=com_content&Itemid=43
- Muñoz, A. (2009). *Palma Africana en el Ecuador*. Quito: Agrytec.
- Neo, H., et. al. (2012). Entomofauna of Oil Palm Tre Inflorescences at La Mé Experimental Station (Côte d'Ivoire). *American Journal of Experimental Agriculture*, p. 18.
- O Brien, C. (2005). Taxonomy of *Couturierius*, New Genus and *Grasidius*, Genus New to South America, Palm Flower weevils in the Derelomini [Coleoptera, Curculionidae]. *Revue française d'Entomologie*, p. 12.
- Parra, Z. (1993). Introducción y evaluación preliminar del insecto polinizador *E. kamerunicus* (Faust) (Coleoptera: curculionidae) de la palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq) en Santa Cruz, Estado Zulia. *Tesis de grado de la Universidad Sur del Lago*, p.28-29.
- Prada, M. (1998). *Efectividad de dos especies del género Elaeidobius (Coleoptera: curculionidae) como polinizadores en palma aceitera*. Monagas, Venezuela: Bioagro.
- Quesada, G. (2009). *Cultivo e industria de la palma*. Recuperado el 4 de Octubre de 2014 de http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_palma.pdf
- Raygada, R. (2005). *Manual técnico para el cultivo de palma aceitera* (Primera ed.). Lima, Perú: Comisión Nacional para el desarrollo y vida sin drogas (Devida): proyecto de desarrollo alternativo Tocache- Uchiza (Prodatu).
- Rivadeneira, G. (2010). *Evaluación inicial del comportamiento de híbridos interespecíficos (E. Oleífera X E Guineensis J.) de palma aceitera de*

- diferentes orígenes en la zona de santo domingo y su área de influencia. La Concordia - Esmeraldas.* Manabí: Universidad Técnica de Manabí.
- Rodriguez, J. (2010). *Biología y distribución espacial del picudo (metamasius spp.) (coleoptera: curculionidae) en una plantación comercial de piña (ananas comosus).* Instituto regional de Costa Rica. Sa Carlos: Instituto Nacional de Costa Rica.
- Ronquillo, M. (2012). *Etiología de la pudrición del cogollo de la palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq.) en el Ecuador.* Puerto Rico.
- Rosado, M. (2002). *Polinizadores y biodiversidad.* Madrid: Asociación española de Entomología, Jardín Botánico Atlántico y Centro Iberoamericano de la Biodiversidad.
- Sáenz, L. (2006). *IICA guía técnica de cultivo de Palma aceitera.* Obtenido de <http://www.galeon.com/subproductospalma/guiapalma.pdf>
- Sanchez, E. (2004). Evaluación de poblaciones de polinizadores y su relación con la formación de racimos en la zona de Tumaco, Colombia. *Palmas* , p. 6.
- Sterling, y Alvarado. (2002). Historia de las colecciones de germoplasma de palma aceitera de ASD de Costa Rica. *ASD Costa Rica* , p. 22.
- Syed, R. (1974). Factibilidad de la introducción de *E. kamerunicus* en Colombia. *Palmas* , p. 12.
- Syed, R. (1979). Studies on pollination of oil palm en West Africa and Malaysia. Report of The Comm. Inter. Biological Control, CAB. 38 p 78.
- Syed, R. (1984). Los Insectos Polinizadores de la Palma Africana. *Palmas* , p. 43.
- Tipantuña, G. (2005). *Inventario de palma aceitera en el Ecuador.* Quito: ANCUPA.
- Tito, P. (2014). *Plan Mantenimiento PDR.* Coca. p.3
- Tuo, Y. (2011). Biology of *Elaeidobius Kamerunicus* and *Elaeidobius Plagiatus* (Coleoptera: Curculionidae) Main Pollinators of Oil Palm in West Africa . *European Journal of Scientific Research* , p.426-432.
- Varela, M. (2012). *Elaboración de aceite de palma africana de exportación.* Quito: Centro de Investigaciones económicas y de la micro, pequeña y mediana empresa del Ministerio de Industrias y competitividad.p.89

- Vazquez, L. (2005). Contribución de la sequía a los desastres fitosanitarios causados por insectos y recomendaciones para mitigar sus impactos. *Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV)* ,p. 14.
- Mondragón, V. (1985). Censo de Entomofauna nativa asociada con inflorescencias masculinas y femeninas y análisis de polinización en palma africana (*E. guineensis*), palma americana (*Elaeis melancocca*) e híbrido interespecífico (*E. guineensis* x *E. melancocca*) en Colombia. *Palmas* ,p. 6.
- Villalobos, A. (2009). Cambios morfológicos durante la ontogenia del estado pupal de *Melanoloma viatrix* (Diptera: Richardiidae). *Scielo* , p.24.
- Watson, L. (2008). *Flora Base*. Recuperado el 4 de Octubre de 2014, de <https://florabase.dpaw.wa.gov.au/browse/profile/22753>
- Zenner, I. (1985). Estudio inicial de las poblaciones larvales de *elaeidobius subvittatus* en Colombia. *Palmas* , 5.
- Zuluaga, P. (2012). Nematodos controlan en un 85% poderosa plaga de cítricos. *Agencia de Noticias UN* , pág. 1.

ANEXOS

ANEXO 1. MAPAS DE LA PLANTACIÓN

ANEXO 2.

Etiquetas para identificación de la ubicación del lote y palma en la
plantación

CÓDIGO DEL CONTROLADOR		8
LOTE	6 IS	
NÚMERO DE MUESTRA	LÍNEA	PALMA
1	5	
2	19	
3	19	
4	26	
5	27	
6	29	
7	30	
8	32	
9	33	
10	40	
11	46	
12	48	
13	52	
14	54	
15	56	
16	60	
17	83	
18	89	
19	99	
20	115	

ETIQUETA	
LOTE	
MUESTRA	
LÍNEA	
PALMA	

ANEXO 3.

TAMAÑO DE LA MUESTRA

Este es el cálculo de la muestra por proporciones, teniendo un error prefijado (E), a un nivel de confianza del (1- α), partiendo de una población de tamaño N. Fórmula que se encuentra a continuación,

$$n = \frac{(Z_{\alpha/2})^2 N \hat{p} \hat{q}}{NE_p^2 + (Z_{\alpha/2})^2 \hat{p} \hat{q}}$$

$$n = 20$$

Z	1,96
α	0,05
1- α	0,95
p	0,50
q	0,50
N	125
E	0,20

ANEXO 4. Ficha técnica de BIOTAC

PRODUCT DESIGNATION AND DESCRIPTION:		BIOTAC Adhesive For Use on Insect Traps	
SECTION 1. Source & Nomenclature Section			
EXPORTER'S NAME: MARKETING ARM INTERNATIONAL, Inc., Whidden Industrial Park. 23395 Janice Ave., Unit #16, Port Charlotte, Florida 33980, USA			
Tel: 941-743-5533 www.marketingarm.com		TRANSPORTATION EMERGENCY: INFOTRAC 1-800-535-5053	
Molecular Weight (A.I.): 56.1072			
CAS Reg. No. (A.I.): 9003-29-6			
Chemical Name (IUPAC) & Synonyms (A.I.): Polybutene Polymer			
Chemical Family (A.I.): Polybutene Polymer			
Formula (A.I.): C ₄ H ₈			
SECTION 2. Composition of Mixtures (Hazardous Materials over 1%; Carcinogens over 0.1%)			
Component	Molecular Formula	CAS #	Percent (%)
Polybutene Polymer	C ₄ H ₈	9003-29-6	100 %
Melting Point (F): 411 °F		Vapor Pressure (mm Hg): NA	
Specific Gravity (H₂O): NA		Vapor Density (Air=1): NA	
Solubility in water: Complete		Evaporation Rate (Butyl acetate=1): Non-volatile.	
Appearance and Color: Clear syrupy liquid, no foreign odor.		Volatile: Non-volatile.	
SECTION 4. Fire and Explosion Hazard data			
Flash Point: 200 °F		Flammable (Explosion) Limits in Air by Vol.	
Method Used: SETAFLASH Closed Cup		NA	
Extinguishing Media: CO ₂ , Foam or Dry Chemical, Foam		Hazardous Decomposition Product Resulting from a Fire: Smoke and fumes from fire may contain hazardous components	
Special Fire Fighting Procedures: Wear protective clothing and self-contained breathing apparatus.		Auto-Ignition Temperature (F): NA Unusual Fire and Explosion Hazards: Container in vicinity of fire should be cool to prevent overheat and decomposition into toxic fumes.	

ANEXO 5.

Porcentaje de error a partir de las celulas contadas (Javronicky, 1958)

Células contadas	Error %*
5	89
10	63
15	52
20	45
25	40
30	37
35	34
40	32
45	30
50	28
60	26
70	24
80	22
100	20
150	16
200	14
300	12
500	9

- *Nota:* *Error calculado con un intervalo de confianza del 95%

ANEXO 6.

Resultados del número de muestras obtenidas en la plantación

FECHA	LOTE	NÚMERO DE MUESTRAS TOMADAS
18/05/2014	8D1	0
19/05/2014	8D1	2
20/05/2014	8D2	1
21/05/2014	11D2	2
22/05/2014	10C1-13D1-12E2	4
23/05/2014	11C2-8D1-8D2	5
24/05/2014	11D2	4
25/05/2014	8D1	4
26/05/2014	8D2	3
27/05/2014	TODOS LOS LOTES	81
TOTAL DE FRASCOS		25

Número de muestras obtenidas en la plantación

FECHA	LOTE	NÚMERO DE MUESTRAS TOMADAS
21/04/2014	8D1	0
22/04/2014	8D1	24
23/04/2014	8D2	26
24/04/2014	11D2	7
25/04/2014	10C1-13D1-12E2	11
26/04/2014	11C2-8D1-8D2	4
27/04/2014	11D2	4
28/04/2014	8D1	4
29/04/2014	8D2	13
30/04/2014	11D2	2
TOTAL DE FRASCOS		95

ANEXO 7.

Concentración de granos de polen acarreados por *E. kamerunikus* machos y hembras, *Elaeidobius sp.* machos y hembras.

			CONCENTRACION POR INSECTO
TIPO DE INSECTOS	<i>Couturerius sp.</i>	Media	2720
		Máximo	8800
		Mínimo	600
		Desviación típica	1556
	<i>E. kamerunikus</i>	Media	8465
		Máximo	18600
		Mínimo	0
		Desviación típica	5293
	<i>Elaeidobius sp</i>	Media	7395
		Máximo	29800
		Mínimo	2000
		Desviación típica	6814
	<i>Grasidius hybridus</i>	Media	3670
		Máximo	9400
		Mínimo	1200
		Desviación típica	1731

Adaptado de: IBM SPSS Statistics. Versión 20

ANEXO 8.

Numero de insectos polinizadores en los diferentes materiales de la plantación

NFLORESCENCIAS FEMENINAS EN INVIERNO										
		Estrato								
		E1		E2		E3		EG	EH	EI
		Material		Material		Material		Materi al	Materi al	Materi al
		CXL	TXA	CXL	TXA	CXL	TXA	TXL	G	O
Insecto Polinizador <i>E. kamerunicus</i> Invierno	Media	0	6	14	4	5	4	68	50	1
	Máximo	0	23	108	4	8	15	170	56	2
	Mínimo	0	0	0	4	1	0	10	43	0
	Desviación típica	.	9	29	.	3	5	89	9	1
	Varianza	.	72	828	.	7	22	7852	85	2
Insecto Polinizador <i>G. Hybridus</i> Invierno	Media	0	0	2	7	1	4	6	1	30
	Máximo	0	0	7	7	4	24	11	1	37
	Mínimo	0	0	0	7	0	0	1	0	22
	Desviación típica	.	0	2	.	1	8	5	1	11
	Varianza	.	0	4	.	2	63	25	1	113
Insecto Polinizador <i>Elaedobius sp</i> Invierno	Media	0	1	2	1	1	2	3	27	1
	Máximo	0	3	12	1	3	11	6	32	1
	Mínimo	0	0	0	1	0	0	1	21	0
	Desviación típica	.	1	3	.	1	4	3	8	1
	Varianza	.	2	11	.	1	13	7	61	1
Insecto Polinizador <i>Couturerius sp.</i> Invierno	Media	0	0	0	0	0	0	1	0	10
	Máximo	0	0	1	0	0	0	2	0	12
	Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	Desviación típica	.	0	0	.	0	0	1	0	3
	Varianza	.	0	0	.	0	0	1	0	8
Avispas	Media	0	0	0	0	0	0	0	2	1
	Máximo	0	0	2	0	3	0	1	2	1
	Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	Desviación típica	.	0	1	.	1	0	1	1	1
	Varianza	.	0	1	.	1	0	0	1	1
Otros Insectos	Media	,00	3,43	7,92	4,00	6,00	4,22	6,00	19,00	24,00
	Máximo	,00	13,0 0	47,00	4,00	12,0 0	11,0 0	9,00	31,00	30,00
	Mínimo	,00	,00	,00	4,00	,00	,00	3,00	7,00	18,00
	Desviación típica	.	4,47	12,20	.	4,29	3,93	3,00	16,97	8,49
	Varianza	.	19,9 5	148,7 4	.	18,4 4	15,4 4	9,00	288,00	72,00

INFLORESCENCIAS FEMENINAS INVIERNO										
		Estrato								
		E1		E2		E3		EG	EH	EI
		Material		Material		Material		Material	Material	Material
		CXL	TXA	CXL	TXA	CXL	TXA	TXL	G	O
Insecto Polinizador <i>E. Kamerunicus</i>	Media	0	10	28	34	25	22	46	672	0
	Desviación típica	.	10	15	.	15	12	40	165	0
	Varianza	.	94	222	.	229	149	1577	27378	0
	Máximo	0	23	58	34	50	40	89	789	0
	Mínimo	0	0	7	34	7	7	11	555	0
Insecto Polinizador <i>G. Hybridus</i>	Media	0	3	6	2	4	4	4	0	386
	Desviación típica	.	2	4	.	2	2	4	0	74
	Varianza	.	6	20	.	4	6	16	0	5513
	Máximo	0	5	15	2	7	8	8	0	438
	Mínimo	0	0	2	2	0	0	0	0	333
Insecto Polinizador <i>Elaedobius sp.</i>	Media	0	0	2	0	2	1	0	308	0
	Desviación típica	.	1	4	.	4	1	0	58	0
	Varianza	.	1	15	.	19	1	0	3362	0
	Máximo	0	3	14	0	14	3	0	349	0
	Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	267	0
Insecto Polinizador <i>Couturerius sp.</i>	Media	0	0	0	0	0	0	0	0	181
	Desviación típica	.	0	0	.	0	0	0	0	74
	Varianza	.	0	0	.	0	0	0	0	5408
	Máximo	0	0	0	0	0	0	0	0	233
	Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	129
Arañas	Media	0	0	2	1	1	2	4	0	1
	Desviación típica	.	0	2	.	2	1	3	0	1
	Varianza	.	0	4	.	3	2	9	0	1
	Máximo	0	1	6	1	5	4	7	0	1
	Mínimo	0	0	0	1	0	0	1	0	0
Otros Artrópodos	Media	,00	2,71	6,46	4,00	4,30	5,89	14,33	3,50	3,00
	Desviación típica	.	2,21	4,61	.	3,06	3,59	11,59	2,12	1,41
	Varianza	.	4,90	21,27	.	9,34	12,86	134,33	4,50	2,00
	Máximo	,00	6,00	16,00	4,00	9,00	11,00	25,00	5,00	4,00
	Mínimo	,00	,00	,00	4,00	,00	1,00	2,00	2,00	2,00

INFLORESCENCIAS MASCULINAS VERANO										
		Estrato								
		E1		E2		E3		EG	EH	EI
		Material		Material		Material		Material	Material	Material
		CXL	TXA	CXL	TXA	CXL	TXA	TXL	G	O
Insectos polinizadores <i>E. kameunicus</i>	Media	0	1	18	4	4	3	10	1515	1
	Desviación típica	.	1	51	.	6	5	13	390	0
	Varianza	.	2	2576	.	32	22	160	151801	0
	Máximo	0	3	186	4	12	12	24	1790	1
	Mínimo	0	0	0	4	0	0	0	1239	1
Insecto Polinizador <i>G. hybridus</i>	Media	0	28	110	23	17	17	41	1	1760
	Desviación típica	.	30	272	.	25	28	70	1	42
	Varianza	.	878	73951	.	605	798	4840	2	1741
	Máximo	0	67	1003	23	56	78	121	2	1789
	Mínimo	0	0	0	23	0	0	0	0	1730
Insecto Polinizador <i>Elaedobius sp.</i>	Media	0	2	19	2	3	1	1	1372	0
	Desviación típica	.	5	42	.	5	1	1	229	0
	Varianza	.	23	1769	.	27	2	1	52488	0
	Máximo	0	13	152	2	13	4	2	1534	0
	Mínimo	0	0	0	2	0	0	0	1210	0
Insecto Polinizador <i>Couturerius sp.</i>	Media	0	4	18	18	1	7	2	0	1245
	Desviación típica	.	6	38	.	1	14	2	0	32
	Varianza	.	33	1425	.	1	183	4	0	1013
	Máximo	0	13	130	18	2	39	4	0	1267
	Mínimo	0	0	0	18	0	0	0	0	1222
Arañas	Media	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Desviación típica	.	0	1	.	0	0	1	0	1
	Varianza	.	0	1	.	0	0	0	0	1
	Máximo	0	0	4	0	0	0	1	0	1
	Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otros Artrópodos	Media	,00	,86	1,38	,00	,10	,22	1,00	2,00	2,50
	Desviación típica	.	,90	3,57	.	,32	,67	1,00	1,41	2,12
	Varianza	.	,81	12,76	.	,10	,44	1,00	2,00	4,50
	Máximo	,00	2,00	13,00	,00	1,00	2,00	2,00	3,00	4,00
	Mínimo	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	1,00	1,00

ANEXO 9.

Tabla que muestra la cantidad de insectos montados

Insecto	Genero	Numero de insectos montados en la colección
<i>Elaedobius kamerunikus</i>	Machos	150
	Hembras	150
<i>Elaedobius sp.</i>	Machos	150
	Hembras	150
<i>Grasidius hybridus</i>	NA	250
<i>Coutureius sp</i>	NA	250