



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESTUDIO DE LA BIOLOGÍA DE LOS INSECTOS Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL
POLINIZADOR PARA INCREMENTO DE PRODUCCIÓN DE CULTIVOS DE HÍBRIDOS
DE PALMA ACEITERA (*E. oleifera* x *E. guineensis*) EN EL LITORAL ECUATORIANO.

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

Profesora Guía

MSc. María Raquel Meléndez Jácome

Autor

Andrés Sebastián Dávila Montero

Año

2016

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
Máster en Protección Vegetal y Fitofarmacia
C.C. 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”

Andrés Sebastián Dávila Montero
C.C. 1719695866

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por brindarme la persistencia en los momentos difíciles, a la empresa Energy & Palma S.A por la realización del proyecto y a la Universidad de las Américas por formarme profesionalmente. Agradezco los consejos de mis profesores guías de tesis: Ing. Raquel Meléndez, Ing. Andrés Galvis y Dr. Patricio Ponce. Gracias también a las autoridades de Energy & Palma S.A: Ing. Flavio Paredes, Ing. Francisco Orellana, Dra. Olga León, Nelver Minar y a todo el personal. Por parte de ANCUPA: Dr. Gustavo Bernal e Ing. Mayra Ronquillo.

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a Dios, a mis padres Rafael Dávila y Mercedes Montero que son los pilares en mi vida ya que con mucho amor y esfuerzo han inculcado en mí todos los valores que poseo, siendo una mejor persona día a día. Mi hermano Nicolás Dávila y familia como mamá Bachita, papá Efra y mis hermanos Jorge, Kari, Juan sin olvidarme de ti negrita bella ya que son un apoyo fundamental en mi vida diaria.

RESUMEN

Los híbridos interespecíficos OxG obtenidos del cruzamiento de las palmas aceiteras *E. oleifera* y *E. guineensis*, se presentan como una solución a diferentes problemas productivos como tolerancia a enfermedades y rendimiento. Los híbridos interespecíficos, así como *E. oleifera* y *E. guineensis* son plantas monoicas que poseen inflorescencias femeninas y masculinas, estas flores se originan en períodos diferentes. De tal manera, la polinización entomófila y anemófila son de gran importancia. Sin embargo, estos tipos de polinización, no abastecen para el completo llenado de frutos, por lo tanto, la polinización asistida tiene un papel fundamental en plantaciones comerciales, aunque represente costos muy altos. El presente trabajo se plantea con la finalidad de investigar la incidencia de los insectos polinizadores tanto nativos como exóticos en el cultivo de palma aceitera, observando su biología en materiales tanto puros como híbridos de palma aceitera en el litoral ecuatoriano. Los resultados obtenidos del presente trabajo demostraron que los híbridos de palma aceitera como Unipalma y Coari x LaMe en las inflorescencias femeninas presentan un bajo índice de atracción de insectos 159 y 70 insectos en promedio respectivamente. Materiales puros como Papua, Taisha y Guineensis de ASD ya que presentaron 1374, 667 y 956 insectos promedio respectivamente en la plantación de Energy & Palma S.A. Las especies de insectos que mostraron estar en asociación con inflorescencias tanto masculinas como femeninas fueron *Elaeidobius kamerunikus*, *Grasidius hybridus*, *Couturerius sp.* y *Mystrops sp.* *Elaeidobius kamerunikus* fue el insecto que se presentó con mayor frecuencia y en mayor número en inflorescencias femeninas de *E. guineensis* y también fue el insecto que mayor cantidad de polen demostró acarrear. En *E. oleifera*, *Grasidius hybridus*, *Couturerius sp.* y *Mystrops sp.* fueron los insectos que presentaron mayor presencia en inflorescencias femeninas. Se determinó que la mayor parte del ciclo de vida de estos coleópteros, se desarrolla en las inflorescencias masculinas de palma aceitera y se compone de tiempos propios de cada especie y comprende las fases de huevo, cuatro etapas larvales, pupa y adulto.

ABSTRACT

Interspecific hybrids OxG obtained from the breeding of oil palms *E. oleifera* and *E. guineensis* are considered as a solution to different productive problems such as tolerance to diseases and yield performance. Interspecific hybrids, as well as *E. oleifera* and *E. guineensis* are monoecious plants possessing male and female inflorescence flowers originated in different periods. Therefore, entomophily and anemophily pollination are important for these species. However, these two kinds of pollination are not enough for achieving good fruit set levels. Therefore, assisted pollination has a fundamental role in commercial plantations, even if it represents a very high production cost. The present work investigated the incidence of exotic and native pollinators in inflorescences of oil palm crops. This work pretends to analyze the insect's biology in pure and hybrid OxG materials in the Ecuadorian coast at Energy & Palma S.A commercial plantations. The results of this study showed that oil palm hybrids such as Unipalma and Coari x LaMé in female inflorescences have a low rate of attraction for insects with 159 and 70 insects in average respectively: in comparison with pure materials such as Papua, Taisha and ASD Guineensis that present 1374, 667 and 956 insects respectively in average. The insect species that showed to be associated with male and female inflorescences were *Elaeidobius kamerunikus*, *Grasidius hybridus*, *Couturerius sp.* and *Mystrops sp.*. *Elaeidobius kamerunikus* was the insect specie that presented the highest numbers of individuals in female *E. guineensis* inflorescences. This insect was able to carry the biggest amount of pollen too. In *E. oleifera* and hybrids OxG, *Grasidius hybridus*, *Couturerius sp.* and *Mystrops sp.* were the insects that were associated in high numbers to the male and female inflorescences. It was determined that the life cycle of these beetles, takes place in male oil palm inflorescences and the cycle is composed by egg, four larval stages, pupa, and adult phase.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes	1
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1 La palma aceitera.....	4
2.1.1 Generalidades e importancia económica, agrícola y productiva del cultivo	4
2.2 Clasificación de especies de palma aceitera.....	7
2.2.1 Variables agrícolas: estado fenológico y fitosanitario del cultivo	8
2.3 Especies del género <i>Elaeis</i>	11
2.3.1 Especies puras de palma aceitera: <i>Elaeis guineensis</i> y <i>Elaeis oleifera</i>	11
2.3.2 <i>Elaeis oleifera</i> Taisha	13
2.4 Obtención de híbridos de palma aceitera.....	14
2.4.1 Híbrido interespecífico Coari x LaMé	15
2.4.2 Híbrido UNIPALMA	15
2.5 Proceso de desarrollo de la floración masculina y femenina en <i>Elaeis guineensis</i> e híbridos interespecíficos.....	16
2.6 Insectos polinizadores presentes en la polinización entomófila del cultivo de palma aceitera	17
2.6.1 Insectos polinizadores.....	17
2.6.2 Características generales y presencia de las familias <i>Curculionidae</i> y <i>Nitidulidae</i> en América Tropical	20
2.6.3 Metamorfosis de la familia <i>Curculionidae</i>	20
2.6.4 Acarreo de polen.....	22
3.1 Objetivo general:	23
3.2 Objetivos específicos	23

4. MATERIALES Y MÉTODOS	24
4.1 Ubicación del experimento.....	24
4.2 Muestreo general para la identificación y determinación de los insectos asociados a las inflorescencias masculina y femenina de palma aceitera y sus híbridos interespecíficos OxG.....	25
4.2.1 Toma de muestras de insectos en inflorescencias masculinas	35
4.2.2 Toma de muestras de insectos en inflorescencias femeninas	36
4.3 Determinación de la capacidad de acarreo de polen de insectos polinizadores muestreados	41
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
5.1 Inventario de insectos polinizadores	46
5.2 Resultados de la capacidad de carga de polen de los insectos asociados a inflorescencias de palma aceitera.....	51
5.3 Ciclo de vida de los insectos asociados a las inflorescencias de palma aceitera.....	54
5.4 Colección de Insectos.....	60
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	61
6.1 Conclusiones	61
6.2 Recomendaciones.....	62
REFERENCIAS	64
ANEXOS	69

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de <i>E. Guineensis</i> y <i>E. Oleifera</i>	8
tabla 2. Cuadro de registros de materiales y sus costos para la polinización asistida	10
Tabla 3. Descripción de cada tipo de fruto	12
Tabla 4. Número de plantas por material en la plantación Energy & Palma S.A.	26
Tabla 6. Histórico registros de precipitación mensual (mm / mes) mediante promedios obtenidos de la información diaria que se evalúa	31
Tabla 7. Balances hídricos de Energy & Palma S.A.....	32
Tabla 8. Anova cantidad de polen por especie de insecto polinizador.....	54
Tabla 9. Anova unidireccional: cv total vs. Especie.....	55

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales eventos durante el seguimiento del estado larva en <i>Curculionidae</i>	21
Figura 2. Principales eventos durante el seguimiento del estado de pupa en <i>Curculionidae</i>	22
Figura 3. Ubicación de la empresa Energy & Palma S.A.	24
Figura 4. Zona de control (testigo) de la investigación zona 6.	27
Figura 5. Zonas de la plantación de Energy & Palma S.A.....	29
Figura 6. Identificación y clasificación de los insectos por especies en campo.	36
Figura 7. Técnica de trampeo de insectos en inflorescencias femeninas.	37
Figura 8. Inflorescencias femeninas de los diferentes materiales de palma aceitera.....	39
Figura 9. Método de muestreo de inflorescencias masculinas y femeninas en Energy & Palma S.A.	39
Figura 10. Especificaciones de las etiquetas para la colección entomológica.	40
Figura 11. Imagen de los insectos con potencial polinizador.	47
Figura 12. Presencia total de insectos por especie de palma aceitera femenina en los periodos seco y lluvioso en Energy & Palma S.A.	48
Figura 13. Presencia de insectos por especie de palma aceitera masculina en los periodos seco y lluvioso.	49
Figura 14. Gráfica de caja de cantidad de polen de cada especie de insecto.....	52
Figura 15. Fases larvales de los insectos con potencial polinizador y ovoposición.	56
Figura 16. Pupas de los insectos con potencial polinizador.	57
Figura 17. Ciclos de vida de los insectos con potencial polinizador con sus respectivas desviaciones estándar.	59
Figura 18. Colección entomológica.	60

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El cultivo de *Elaeis guineensis* es originario de Guinea Occidental. Sin embargo, a partir del siglo XV el cultivo se introdujo en diferentes partes de África, del Sudeste Asiático y Latinoamérica (Herrera, 1976).

La palma aceitera es una planta perenne, de gran interés económico por su productividad en aceite y otros beneficios como el palmiste que se utiliza como suplemento alimenticio animal. La especie de palma *Elaeis guineensis*, tiene tres variedades principales: Dura, Tenera, Pisífera. La variedad que se utiliza comercialmente para la extracción de aceites es la Tenera (Herrera, 1976).

En el año 1953, en una zona cercana de la ciudad de Santo Domingo de los Colorados (Hoy provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas), se estableció la primera plantación de palma aceitera cultivada en el Ecuador, orientada a producir aceite vegetal por sus altos rendimientos. A nivel nacional aumentaron las siembras de plantaciones en forma significativa, expandiéndose 3.000 hectáreas por año (Hartley, 1968).

Esto generó nuevas inversiones para proyectos de siembra de palma aceitera en el Norte de la provincia de Esmeraldas. Los bajos costos de las tierras, facilitaron acaparar más superficie para el cultivo, considerando además que esta zona fue la de mayor productividad en el país (Hartley, 1968). Este sector posee características ideales para este tipo de cultivo, tanto en las condiciones meteorológicas (alta pluviosidad, radiación solar y elevadas temperaturas); como geográficas (terrenos planos y casi a nivel del mar). En San Lorenzo, las inversiones privadas para el cultivo de palma aceitera iniciaron a mediados del año 2001, esto contribuyó al desarrollo económico y social de esta zona (Naranjo, 2002). Actualmente en el país, la palma aceitera es uno de los principales cultivos agrícolas, debido a los múltiples usos que posee su fruta

como el consumo humano y producción de biocombustible. Esta especie de palma se cultiva principalmente en las provincias de Esmeraldas, Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas y Francisco de Orellana (Muñoz, 2014). Este cultivo en Ecuador es un gran generador de fuentes de trabajo y significativas inversiones económicas, mediante créditos otorgados por entidades públicas y privadas (Recalde, 2000). Las personas beneficiadas por su cultivo, son 60.000 aproximadamente y las plazas de trabajo que genera, por los diferentes negocios asociados, se estiman alrededor de 30.000 (Chávez y Rivadeneira, 2003).

En la década de los 80, Ecuador presentó los primeros casos de Pudrición del Cogollo (PC), enfermedad que devastó importantes extensiones de cultivo en diferentes regiones. Para esto, se considera como alternativa, la siembra de híbridos interespecíficos OxG (Barba y Baquero, 2012). Los híbridos interespecíficos son el resultado de cruzamientos entre palmas americanas (*Elaeis oleifera*) como madres y palmeras africanas (*Elaeis guineensis*) como padres (Barba y Baquero, 2012).

Entre las ventajas que poseen los híbridos de palma aceitera se pueden mencionar la alta tolerancia natural hacia las enfermedades y plagas, sobre todo al complejo PC, mejora de la calidad del aceite por los contenidos de ácidos grasos por lo que poseen mayor concentración de oleína frente al ácido láurico y el esteárico (Torres, 2013).

En las plantaciones que poseen palma aceitera *E. oleifera*, se ha determinado que el llenado de los racimos es pobre, provocando la formación de racimos partenocárpicos (racimos formados sin la fecundación de polen en la inflorescencia), de igual manera sucede con los híbridos interespecíficos OxG (Syed, 1984). Se ha planteado desde hace algún tiempo la necesidad de investigación, con el fin de incrementar la eficiencia de la polinización y encontrar un polinizador adecuado para los híbridos interespecíficos OxG (Syed, 1984).

La palma de aceite *E. guineensis* originaria de África occidental fue introducida en América alrededor de los años 30; esta planta presenta inflorescencias femeninas y masculinas en forma separada, y por mucho tiempo se había creído que la polinización se efectuaba con el viento, conocida también como anemófila (Syed, 1984). Las investigaciones realizadas en *E. guineensis*, han mostrado que la polinización entomófila juega un rol importante en la fecundación de la palma y que los principales insectos que cumplen estas labores son: *Elaeidobius kamerunicus*, *Elaeidobius subvittatus* y *Mystrops costaricensis* (Genty, 1985).

Existen investigaciones previas sobre insectos con alto potencial polinizador y a la vez se ha manejado poblaciones artificialmente; con el objetivo de demostrar en campo, la eficacia de la polinización de estas especies en inflorescencias femeninas de híbridos *E. oleifera* X *E. guineensis* (Preciado *et al.*, 2011). Sin embargo, la introducción de insectos ha ocasionado la reducción de las poblaciones de ciertos insectos polinizadores endémicos y esto se debe a los hábitos alimenticios de los estados larvales de los insectos exóticos *Elaeidobius kamerunicus* y *Elaeidobius subvittatus* (Zenner, 1985). Los estudios realizados por el CIRAD (1985), enfocados en reconocer los insectos nativos asociados con inflorescencias masculinas tanto de palmas *E. guineensis*, *E. oleifera* y sus híbridos, determinaron la importancia de otro insecto de la familia *Curculionidae*: *E. subvittatus* (Vera, 1985). Evaluaciones realizadas con el insecto *Nitidulidae*: *Mystrops costaricensis* indicaron que sus poblaciones son mayores en *E. oleifera* y los híbridos OxG, frente a *E. guineensis*. La mayor presencia de insectos no causó impacto alguno en la mejora de la polinización y por estudios posteriores se logró determinar que la fuente de alimento de la *M. costaricensis* es el polen. Estos insectos tienen una alta presencia en las inflorescencia masculinas pero solo por un corto periodo llegan a las inflorescencias femeninas (Syed, 1986).

2. MARCO TEÓRICO

2.1 La palma aceitera

2.1.1 Generalidades e importancia económica, agrícola y productiva del cultivo

La palma aceitera, por su alta producción de aceite y fuente natural de vitamina E, tocoferoles y tocotrienoles (substancias que actúan como protectores del envejecimiento de las células, la arteriosclerosis y el cáncer), genera un gran aporte industrial. Además, es utilizado para la producción de biocombustible, alimentación humana y animal, elaboración de cosméticos, aceite de kernel, pinturas, jabones, detergentes y es considerado también como el aceite más consumido en el mundo (Labarca *et al.*, 2009).

En los años 50, este cultivo fue introducido al Ecuador, en la provincia de Esmeraldas y al final de los años 60 comenzó una expansión significativa del cultivo en el país con más de 1000 hectáreas en el Oriente ecuatoriano (Morillo y Mendoza, 2013). Entre el año 2000 y 2012, se registró un crecimiento de un 141% debido a la progresiva demanda, pasando de 22 millones de toneladas producidas en el año 2000 a 54 millones de toneladas en el 2012 (Morillo y Mendoza, 2013).

En el mercado mundial de aceites y grasas vegetales, existen aceites suaves (palma, soya, algodón, canola, maní, colza y girasol) y aceites láuricos (palmiste y coco). El volumen total de aceites y grasas vegetales que se comercializa a escala mundial es de 34,5 millones de toneladas anuales (Rivadeneira, 2013). De este volumen, 13,6 millones de toneladas corresponden al aceite proveniente de la palma aceitera. Esto corresponde aproximadamente a 39,6% del total de la producción de aceites y grasas vegetales a nivel mundial (Santos *et al.*, 2004).

En Ecuador, los precios internos del aceite de palma son determinados por ANCUPA (Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Africana) y su socio comercializador FEDAPAL (Fundación de Fomento de Exportaciones de Aceite de Palma y sus Derivados de Origen Nacional); que de igual forma son los organismos encargados de fomentar la actividad, cultivo e industrialización de la palma aceitera. Estas organizaciones fijan los precios basándose principalmente en las cotizaciones internacionales del aceite de palma, la ubicación de las plantaciones y la calidad de la cosecha medida en base al nivel de acidez de la fruta (Aguilar, 2008).

Los precios a nivel internacional muestran una tendencia al alza, así lo registró el precio FOB del aceite de palma en Malasia presentando un aumento de 150%: USD 384/Tm en el 2005 a USD 957/Tm para el 2012. El precio máximo en el 2012 fue de USD 1,1/Tm y el precio mínimo en el 2005 fue de USD 384/Tm (Morillo y Mendoza, 2013). Globalmente, Ecuador es el séptimo mayor productor de aceite de palma (Morillo y Mendoza, 2013). De la producción mundial de aceite de palma, el 81% (41 millones de toneladas) es comercializada. India y China son los países que registran los mayores niveles de importación; juntos captan el 35% del comercio mundial; Indonesia y Malasia abastecen gran parte de la demanda mundial (Morillo y Mendoza, 2013).

Los principales importadores de aceite de palma en América del Sur son: Brasil y Venezuela; juntos importan cerca de 441.000 toneladas, destacando la necesidad de incrementar el cultivo de palma aceitera en la región. Colombia posee una extensión aproximada de 300.000 ha. de este cultivo y una producción de 4,7 millones de toneladas, ubicándose en el cuarto mayor productor a nivel mundial. Perú, posee una extensión del cultivo aproximada de 38.000 ha. y una producción anual cercana a 518.000 toneladas (Morillo y Mendoza, 2013).

Entre 2000 y 2012, la producción nacional del cultivo de palma aceitera aumentó en un 114%, principalmente por la alta demanda internacional y el

incremento en los precios de este producto. En el censo del año 2000, se reportó una producción de 1,2 millones de toneladas, en el 2012 (ESPAC-INEC) incrementó a 2,6 millones de toneladas, por lo que la tasa de crecimiento promedio anual es de un 8,3% (Morillo y Mendoza, 2013).

En el censo ecuatoriano del año 2000, se reveló que existe una superficie cosechada aproximada de 113.000 ha. en comparación con las 199.000 ha. de la encuesta del 2012, aumentando la superficie de producción en un 76%. En el mismo periodo aumentó la productividad en un 21% (de 10,9 a 13,3 tm/ha.) resultado obtenido de una mayor inversión tanto en infraestructura y paquetes tecnológicos por parte de los agro productores (Morillo y Mendoza, 2013). La productividad se ha incrementado considerablemente (13, tm/ha.) en los últimos diez años, pero es menor a la de Perú y Colombia, quienes han invertido en tecnificación del cultivo (Morillo y Mendoza, 2013).

En Ecuador, la provincia de Esmeraldas es reconocida por las extensas áreas sembradas y la productividad del cultivo con 1,2 millones de toneladas que equivale al 42% de la producción nacional y con un rendimiento aproximado de 10,9 tm/ha. Sucumbíos es la provincia con mayor productividad (24,7 tm/ha.) y cuenta con una producción de 509.000 toneladas equivalente al 19% de la producción nacional (Morillo y Mendoza, 2013).

Las condiciones ideales para el cultivo de palma se encuentran en las regiones tropicales de clima cálido y húmedo, con una altitud máxima de 500 msnm. La temperatura debe oscilar entre 24 y 26° C, las precipitaciones deben variar entre 1500 y 1800 mm/año (120 a 150 mm/mes). La humedad relativa mensual no debe ser mayor a 75% y la luminosidad anual propicia es de 1400 horas/año aproximadamente. Los suelos deben cumplir con las siguientes características: franco, franco limosas o franco-arcillosas con un pH entre 5 a 6,5 y una profundidad óptima entre 1 y 1,5 m., buen drenaje, estructura granular y fértil y permeable (Sáenz, 2006).

Para complementar, los cultivos de cobertura contribuyen al desarrollo del cultivo. En Energy & Palma S.A, se han realizado pruebas con el cultivo de cobertura *desmodium-ovalifolium* originaria del Sur-Este Asiático. Este cultivo llega a América en la década de los 70 y se lo puede encontrar entre alturas de (0 – 1800 msnm), su mayor adaptabilidad es a una altura de 450 msnm y con precipitaciones entre (1200 – 1500 mm/año). Su crecimiento llega hasta los 80 cm de altura, no es considerado como un cultivo trepador como es el caso de la *pueraria*, siendo una excelente opción como cultivo de cobertura por su índice de cobertura estable, resistente al estrés hídrico. Es además competitivo referente a las malezas, tolera suelos ácidos e inundaciones cortas, no soporta sequías de más de 4 meses, siendo una leguminosa perenne, fija nitrógeno, aporta materia orgánica y contribuye a la mineralización del suelo. La propagación la realiza mediante semillas, incluso en periodos de sequía continúa su propagación emitiendo las mismas. Aporta 355 g/m² (materia seca) mientras que las malezas 46.8 g/m² (materia seca). En el caso de la *pueraria* tiende a exterminarse con los controles mecánicos (guadaña), mientras que el *desmodium* mejor se dispersa.

2.2 Clasificación de especies de palma aceitera

El continente americano posee palmas aceiteras nativas adaptadas al ecosistema y se las ha diferenciado con el fin de mejorar la productividad del cultivo (Barba, 2011). En la tabla 1 se aprecia la clasificación taxonómica de *E. guineensis* y *E. oleifera*.

Tabla 1. Clasificación taxonómica de *E. guineensis* y *E. oleifera*

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	
Reino:	Vegetal
Clase:	Monocotiledónea
Orden:	<i>Arecales</i>
Familia:	<i>Areceaceae</i>
Género:	<i>Elaeis</i>
Especies:	<i>Elaeis guineensis</i> <i>Elaeis oleifera</i>

Tomado de (Hartley, 1983).

2.2.1 Variables agrícolas: estado fenológico y fitosanitario del cultivo

El cultivo de palma aceitera cumple tres etapas iniciales: la etapa de vivero, inicia desde el día cero hasta los 12 meses. La segunda etapa es la llamada improductiva que comprende desde los doce primeros meses desde el trasplante y dura hasta cumplir los 36 meses (3 años). Finalmente, la etapa de producción que inicia desde el tercer año en adelante (Morillo y Mendoza, 2013). La etapa de vivero como la etapa improductiva son de vital importancia

debido a que, dependiendo del cuidado que se dé a la planta, esta potencializará en su vitalidad productiva en el futuro (Morillo y Mendoza, 2013). Los primeros años del cultivo se debe tener extrema precaución y cuidado con la planta, por la debilidad que esta presenta a factores extrínsecos. Los labores culturales se deben realizar ya que son de gran importancia en el cuidado de la planta mediante la elaboración del área circular conocido como “anillo”. Igualmente los callejones se deben realizar para facilitar el control de lotes, facilidad de cosecha, además ayudan para el control de malezas.

La propagación de esta especie es en forma sexual, por semilla. La época de siembra se realiza durante el período lluvioso. Es importante que los suelos presenten alta humedad con el fin de favorecer al cultivo e igualmente la distancia de siembra entre hileras es de 7,8 metros y 9 metros entre palmas es importante (Barba, 2007). Es recomendable para el control de malezas la implementación de cultivos de cobertura. En efecto, en la mayoría de plantaciones se utiliza principalmente *Pueraria phaseoloides*, especie que fertiliza al suelo y puede llegar hasta una altura de 1 metro. Es importante manejar adecuadamente la cobertura porque puede obstruir el paso de luz, evitando el crecimiento de las palmas en su etapa de desarrollo (Barba, 2007). En las provincias de Pichincha, Sucumbíos, Los Ríos y Esmeraldas donde se concentra la mayor producción de la palma aceitera. Las fases fenológicas en la etapa de producción se distribuyen de la siguiente manera: la floración que empieza desde febrero a mayo y su duración aproximadamente es de cuatro meses; la etapa de maduración, comprende de junio a agosto y su duración es aproximadamente de tres meses (Morillo y Mendoza, 2013).

Las plagas que aquejan al cultivo de la palma aceitera son: Picudo de coco (*Rhynchophorus palmarum*), barrenador de la raíz (*Sagalassa valida*). Con menor incidencia se presentan plagas defoliadoras como el defoliador (*Dirphia gragatus*) y el gusano de la palma (*Brassolis sophorae*) (Morillo y Mendoza, 2013). Las principales enfermedades que afectan al cultivo de palma aceitera son: La Pudrición del Cogollo conocida como “PC” (*Phytophthora palmivora*),

anillo rojo del coco (*Rhadinaphelenchus cocophilus*) y la marchitez sorpresiva, causada por un tripanosoma (*Phytomona sp.*). Estas enfermedades se presentan en la fase de viveros y durante la etapa productiva de la planta por lo que, los labores culturales deben ser supervisados constantemente en estas etapas (Morillo y Mendoza, 2013).

Con respecto a la polinización, en condiciones naturales el híbrido presenta problemas de infertilidad afectando al correcto llenado de frutos. Estos problemas acarrearán inconvenientes en el manejo del personal por falta de capacitación y genera altos costos de producción (Genty y Ujueta, 2013). Sin embargo, la polinización manual es considerada una práctica rudimentaria que no logra alcanzar las utilidades que podría alcanzar el cultivo (Genty y Ujueta, 2013).

En la tabla 2 se aprecian los diferentes costos para realizar la polinización asistida en híbridos de palma aceitera, por lo que se demuestra que los rubros más altos se dan por la mano de obra (Tito, 2014).

Tabla 2. Cuadro de registros de materiales y sus costos para la polinización asistida

POLINIZACIÓN	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 de polinización	1,0	0,2
Libreta 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	511,3	

Tomado de (Tito, 2014).

2.3 Especies del género *Elaeis*

2.3.1 Especies puras de palma aceitera: *Elaeis guineensis* y *Elaeis oleifera*

Elaeis guineensis es una palmera monoica que posee estructuras similares a las demás palmas aceiteras. Esta especie presenta un sistema radicular altamente fasciculado, desarrollándose desde la base del tallo en forma paralela al suelo. Las raíces alcanzan una profundidad máxima entre 30 y 60 cm y se extienden de forma horizontal hasta 5 metros (Barba, 2007).

Las inflorescencias femeninas ubicadas en las axilas de las palmas poseen cerca de 150 raquillas, donde se agrupan entre 10 y 20 flores. 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* mide entre 18 y 22 cm de largo, 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 material híbrido llegan a emerger entre 2300 y 2800 flores (Hormaza, 2010). Cuando las espatas empiezan su proceso de apertura, dicha inflorescencia posee una forma similar a un corazón con dimensiones promedio de 50 cm. de largo x 35 cm. de ancho (Barba, 2007). Seis meses después de la fecundación de la inflorescencia femenina, ya sea entomófilamente o artificialmente, se cosechan los frutos y se clasifican de acuerdo a su estructura como se aprecia en la tabla 3.

Tabla 3. Descripción de cada tipo de fruto

TIPO DE FRUTO	CARACTERÍSTICA ESTRUCTURAL
FRUTOS NORMALES	Son fértiles (producto de la fecundación) con una nuez bien desarrollada
FRUTOS PARTENOCÁRPICOS	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.

Tomado de (Barba, 2007).

En Papúa Nueva Guinea, la industria de la palma de aceite comenzó en 1967, y en 1995 la superficie sembrada llegó a 67.500 hectáreas, de las cuales 36.500 son manejadas por cinco compañías y 31.000 pertenecen a pequeños agricultores o campesinos. Los factores para la siembra, junto con las diferencias en los entornos socioeconómicos locales y la edad de las plantaciones son los causantes de variaciones en los rendimientos anuales, que van de 13 a más de 30 tm/ha. (Dumortier, 1995).

La variabilidad genética que queda en las poblaciones de mejoramiento de la especie Dami actualmente se utiliza para la producción de semillas. Mediante observaciones acerca de los bajos coeficientes de correlación intra-clases, la mayor parte de la variabilidad acerca del rendimiento por racimo y características vegetativas, entre los progenitores evaluados permanece dentro de cada familia de palma aceitera (Dumortier, 1995).

Sólo las pruebas de progenie exhaustivas realizadas de Duras x Pisíferas (las palmas duras se caracterizan por tener un endocarpio grueso que protege a una, dos o tres almendras y fibras dispersas en la pulpa; las palmas pisíferas por su parte se caracterizan por la ausencia de endocarpio y en ocasiones presenta almendra de tamaño pequeño y presenta fibras agrupadas en el centro del futo) se pudo lograr mejoramientos significativos, lo cual parece ser muy prometedor. Ya se han identificado progenitores de progenies que producen 13,5 toneladas, en términos de producto total de la palma por hectárea, con un promedio de extracción de aceite del 36%. Estos progenitores se sometieron a procesos de auto-fecundación y clonación (Dumortier, 1995).

2.3.2 *Elaeis oleifera* Taisha

Esta palma fue denominada de esta manera por ser originaria de la localidad de Taisha en la Amazonía ecuatoriana. Su fenotipo es similar al de *E. guineensis*, su hábitat corresponde a humedales y pantanos en altitudes entre los 240 y 420 msnm. (Barba, 2011). La floración comienza en el mes 36, mostrando inflorescencias con pedúnculo largo y la antesis se presenta uniforme en la mayor parte de los casos (Barba, 2011). El índice de emisión foliar es de 1 a 2 hojas por mes, con entrenudos cortos, lo que provoca un crecimiento lento, de 5 hasta 7 cm por año (Barba, 2011). Las inflorescencias femeninas tienen pocas espatas, y cumplen con un período de formación de racimos de 150 días en promedio (Barba, 2011). 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 *E. guineensis* (con un cuesco que representa el 21, 2%) (Barba, 2011). En la plantación de Energy & Palma S.A tienen sembradas las especies de palma aceitera *E. oleifera*: Río Pastaza, Río Morona entre otras, extraídas del Oriente ecuatoriano.

2.4 Obtención de híbridos de palma aceitera

La mayoría de cultivos comerciales han sido sembrados con el material procedente de África *E. guineensis* desde la década de los años 60 en Ecuador. Este material presentó problemas fitosanitarios luego de manifestarse enfermedades como la Pudrición del Cogollo (PC), marchitez sorpresiva, *ganoderma*, entre otras (Bastidas, 2010). A fin de prevenir el avance de problemas fitosanitarios, algunas plantaciones actualmente cultivan híbridos inter específicos OXG (Bastidas, 2010).

Estos materiales híbridos, son obtenidos mediante el cruzamiento de la palma aceitera *E. oleifera* con polen de palmas Pisíferas (*E. guineensis*), fijando así ciertas características de los progenitores; principalmente la tolerancia a enfermedades de la *E. oleifera* y las características de productividad y calidad del aceite de *E. guineensis* (Bastidas, 2011).

Aunque los resultados sean a largo plazo, ahora se realizan investigaciones para identificar los materiales que presentan los mejores comportamientos en tolerancia a enfermedades: comportamiento fisiológico, productividad, entre otros aspectos. Actualmente, los híbridos han respondido de forma promisoría en el campo sanitario mostrando resistencia a la PC y mejores niveles de producción de fruta y calidad de aceite (Bernal, 2001).

Los diferentes estudios sobre el híbrido de palma aceitera, contempla la caracterización tanto morfológica y fisiológica de palmas como Taisha y sus híbridos correspondientes como Taisha x Avros y Taisha x LaMé. Sin embargo, todavía es necesario realizar estudios para determinar sus características morfo-fisiológicas como la concentración interna de CO₂, fotosíntesis, contenido de clorofila, densidad de siembra ideal, anatomía de estomas, diámetro del estipe, peso seco, tasa de crecimiento, área y área foliar específica (Cayón, 2014).

Actualmente existe la necesidad de incentivar el desarrollo de híbridos interespecíficos, que contempla materiales tanto *E. oleifera* como madre y

polen de *E. guineensis*, que presenten tolerancia a la mayoría de plagas y enfermedades que afectan al cultivo de palma aceitera, debido a que generarían mayor confianza para inversiones tanto de pequeños como grandes productores.

2.4.1 Híbrido interespecífico Coari x LaMé

A finales de los años setenta, tuvo lugar la recepción de un nuevo material proveniente de la región de Coarí, Amazonía brasilera. Con este híbrido indiscutiblemente empieza la historia del material híbrido interespecífico *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* (Coari x LaMé), presentando tolerancia a problemas como enfermedades letales que se diseminaron a finales del siglo XX y comienzos del XXI (Genty y Ujueta, 2013). Los resultados obtenidos con estas introducciones fueron muy buenos y rápidamente las producciones se estabilizaron entre 34 y 35 tm/ha/año. Estos ensayos sirvieron como base para otros estudios, ya que podría conservar cualidades de tolerancia a muchas plagas y enfermedades, crecimiento reducido en altura del estipe, producción con resultados superiores a los estimados (Genty y Ujueta, 2013).

La calidad del aceite es similar a la del componente Sinú (*E. oleifera*), con unos niveles altos de ácidos grasos insaturado, tocoferoles, tocotrienoles y cantidades altas de vitamina E. (Genty y Ujueta, 2013).

2.4.2 Híbrido UNIPALMA

Las *Elaeis oleifera* Brasil que conforman al híbrido Unipalma, son una recolección realizada en el Río Amazonas en Brasil, durante los años 50, por la compañía Unilever y llevadas a la estación experimental de Yaligimba en el Congo (UNILEVER, 1991). En 1991, se transfirió material de cruzamientos OxO y OxG a la plantación Unipalma en el departamento del META en Colombia. En aquel tiempo había mucho interés en el material *E. oleifera* pero hubo identificación del sitio exacto de la colecta de semillas en la Amazonía Brasileña (UNILEVER, 1991). La conformación genética de los progenitores

masculinos Congo mix, es una serie de retro cruzamientos de varios materiales *E. guineensis* producidos en Unilever, Congo, con énfasis en la elevada extracción de aceite y reducido crecimiento del tronco (UNILEVER, 1991). Por otro lado, el híbrido Unipalma es el resultado del cruzamiento entre Oleifera Brasil x Congo Mix a su vez Congo Mix es Avros x Dijongo y Mongana X Naifor (UNILEVER, 1991).

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

Los híbridos interespecíficos OxG como *Elaeis guineensis* y *Elaeis oleifera* cuando se encuentran en la edad reproductiva producen inflorescencias masculinas y femeninas, pero la maduración del gametofito masculino se produce antes que el gametofito femenino (Raygada, 2005). En efecto, cuando las palmas poseen pocos años de edad presentan androgénesis (etapa no reproductiva), después emiten con normalidad las diferentes inflorescencias (Hormaza, 2010), incluso en ciertos materiales vuelven a presentar androgénesis en edades más avanzadas. Durante la pre-antesis las inflorescencias se encuentran rodeadas por una bráctea triangular constituida igualmente por tres sépalos y tres pétalos (Juez, 2004). Durante este período, la flor presenta filamentos amplios y carnosos a los costados. 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). El número total de flores masculinas en proceso de floración es sumamente alto (aproximadamente 2500 inflorescencias por día). El polen puede ser viable aproximadamente seis días después de su liberación desde la flor (Hormaza, 2010). De las inflorescencias del híbrido OxG, se pueden obtener hasta 25 gramos/planta de polen durante la antesis y de *E. guineensis* 300 gramos del mismo (Hormaza, 2010).

Para que se dé la fecundación, es necesario trasladar el polen desde una flor masculina a una femenina, mediante los diferentes sistemas de polinización: anemófila (viento) y entomófila (insectos); siendo esta última la más frecuente en palma aceitera (Hormaza, 2010). El viento en todo caso, puede tomar una alta importancia en la polinización, pero está muy relacionado con el crecimiento en altura de la planta, mientras esta es más alta, este sistema es más efectivo (Hormaza, 2010). Lastimosamente, la polinización anemófila y entomófila son insuficientes y esto se vuelve aún más marcado en materiales híbridos; por lo que se vuelve imperativo el proceso de polinización manual en plantaciones comerciales (Hormaza, 2010).

En el caso de los híbridos interespecíficos se ha optado por la polinización asistida que consiste en la recolección y liberación controlada de polen de diferentes materiales de *E. guineensis* mezclado con talco estéril. La persona que transporta dicha mezcla, la aplica en las inflorescencias femeninas que se encuentran en anthesis, momento en que la flor presenta un color crema o blanco (Hormaza, 2010).

2.6 Insectos polinizadores presentes en la polinización entomófila del cultivo de palma aceitera

2.6.1 Insectos polinizadores

Anteriormente se consideraba que el viento tenía la función de polinización en la palma aceitera, sin embargo, al realizar diferentes comparaciones de racimos en África y Asia, se observó que, en el Golfo de Guinea, el porcentaje de frutos normales sobre racimos era superior que en Indonesia y Malasia. Esto incentivó la profundización de estudios en Camerún en 1979 y 1980, con el fin de comprender el motivo de que en esa región la polinización de los racimos fuera más satisfactoria (Genty, 1986).

Una vez realizados los estudios sobre la fauna de las flores masculinas y femeninas, se determinó que el *Curculionidae: Elaeidobius kamerunicus* es uno de los mejores agentes polinizadores de la palma africana (Genty, 1986). Los estudios que fueron realizados en la fauna de Malasia determinaron la presencia de *Trips* pero las poblaciones y actividad de dicho insecto no eran suficientes para asegurar una correcta polinización. En los años de 1981 a 1983, se introdujo el insecto *Elaeidobius kamerunicus* en Malasia e Indonesia, logrando demostrar una eficiencia significativa del 85% en la formación de los frutos en los racimos (Genty, 1986). En América Latina, en 1990, se determinó la presencia de dos insectos polinizadores: El primer insecto de la familia *Nitidulidae* del género *Mystrops* que existe solamente en la franja pacífica de América Central y América del Sur. El segundo insecto es de la familia *Curculionidae*, del género *Elaeidobius* (Chinchilla, 1990).

En el continente americano, *Elaeidobius subvittatus*, parece haber llegado por la costa Atlántica desde el noreste de Brasil, con base en observaciones de Francisco Lucchini (entomólogo del Brasil), se estima que el insecto siguió las poblaciones naturales de *Elaeis melanococca* en el borde de todos los ríos de la cuenca amazónica, colonizando la gran mayoría de la zona tropical americana y pasó los Andes, probablemente por la zona norte de Colombia (Genty, 1986). Este insecto colonizó una parte de la Costa Pacífica, exceptuando la región pacífica del Ecuador, entre Santo Domingo de los Tsáchilas y el Puerto de Esmeraldas (Genty, 1986).

En Ecuador, en las especies de palma *E. oleifera* se ha observado la presencia de *Grasidius hybridus* y *Couturierius constrictirostris* (Barba, 2011). *Mystrops sp.* es otro insecto asociado a las inflorescencias de *Elaeis sp.* Las especies *Mystrops sp.* por su aislamiento geográfico se realizaron estudios de morfología enfocados a nivel de genitales masculinas, comportamiento y actividad; se logró diferenciar el *Mystrops* de la zona central latinoamericana como una especie diferente al *Mystrops costaricensis* típico que en Ecuador se encuentra en el Oriente ecuatoriano (Genty, 1986).

En los estadios de adultos y larvas de *Mystryps sp.*, la fuente de alimento principal es el polen de las inflorescencias masculinas (*E. oleífera*) en antesis. Estas larvas se desplazan de manera rápida entre los espacios libres formados por los estambres de la inflorescencia y se ubican en la mayoría de ocasiones en las zonas de polen fresco. Las larvas en su último estadio se desplazan hacia los extremos apicales de las espigas y se dejan caer libremente para transformarse en pupas a nivel del suelo o generalmente en el substrato húmido de las bases peciolares de las palmas (Genty, 1986).

En muchas palmáceas, la flor femenina en antesis aumenta ligeramente su temperatura y tiene su pico justamente en el momento de mayor receptividad (Genty, 1986). La temperatura se mantiene entre 8 y 10 grados celcius, teniendo como fin la vaporización de sustancias químicas odoríferas que se asemejan al olor de anís muy característico que tienen las flores masculinas (Genty, 1986). Los insectos atraídos igualmente por las inflorescencias femeninas provienen de poblaciones que abandonaron las inflorescencias masculinas (cubiertos de polen), adultos recién eclosionados, en la etapa post antesis de la inflorescencia masculina. En esta fase, los insectos adultos se desplazan sin acarrear polen de flores masculinas (Genty, 1986).

La actividad de los insectos como agentes polinizadores se inicia identificando cuales son los insectos y en qué cantidad llegan a las inflorescencias femeninas. La polinización de las inflorescencias femeninas de las diferentes especies de palma aceitera se efectúa por la afluencia de distintos agentes polinizadores que interactúan entre sí, siendo unos más eficaces que otros (Genty, 1986). Por ausencia o deficiencia de insectos asociados a las flores, se obtiene una buena o mala fecundación. Entre los factores que influyen en los niveles de polinización de flores se pueden mencionar: poblaciones de insectos, viento, cantidad de polen, viabilidad de polen, número de inflorescencias en antesis por hectárea, interacción y sincronización en la antesis de inflorescencias femeninas y masculinas, temperatura, precipitación y eventual utilización de químicos (Genty, 1986).

Se definen dos clases de insectos generadores de una presión polinizadora, los insectos polinizadores indirectos como abejas, zancudos, etc. que visitan rara vez las inflorescencias y no tienen incidencia en la polinización y los polinizadores directos (*E. kamerunikus*, *G. Hybridus*, *Couturerius sp.* y *Mystrops sp.*), que visitan las inflorescencias masculinas como femeninas (Genty, 1986). Las inflorescencias femeninas generan un aroma parecido al de las inflorescencias masculinas y los insectos confundidos, se trasladan para realizar la polinización y posterior fecundación en estas flores (Genty, 1986).

Con respecto a la calidad de polen de *E. guineensis* que puedan transportar los insectos, se han realizado estudios de laboratorio, desde que los insectos abandonan las inflorescencias masculinas en pleno estado de antesis y transportan polen de buena viabilidad (80-90%) (Genty, 1986). Sin embargo, los insectos generalmente abandonan la inflorescencia masculina dos o tres días después de haber culminado el periodo de antesis y transportan un polen con una viabilidad entre (40-50%) (Genty, 1986). Por lo tanto, para asegurar una polinización entomófila eficiente, es necesario tener altas poblaciones de insectos que garanticen un desplazamiento de polen suficiente (Genty, 1986).

2.6.2 Características generales y presencia de las familias *Curculionidae* y *Nitidulidae* en América Tropical

En Ecuador se encuentran presentes alrededor de 103 especies de Curculionides según Juan Enrique Barriga (2011). Los insectos de las familias *Curculionidae* y *Nitidulidae*, durante su ciclo de vida, presentan una diferenciación estructural definida en los siguientes estadios: huevo, larva, pupa y adulto (Tuo, 2011).

2.6.3 Metamorfosis de la familia *Curculionidae*

La familia *Curculionidae* atraviesa por una metamorfosis sencilla, caracterizada en términos generales por las siguientes etapas: huevo, cuatro fases larvales, pupa y adulto (Tuo, 2011). En la figura 1 se aprecian los estadios larvales de la

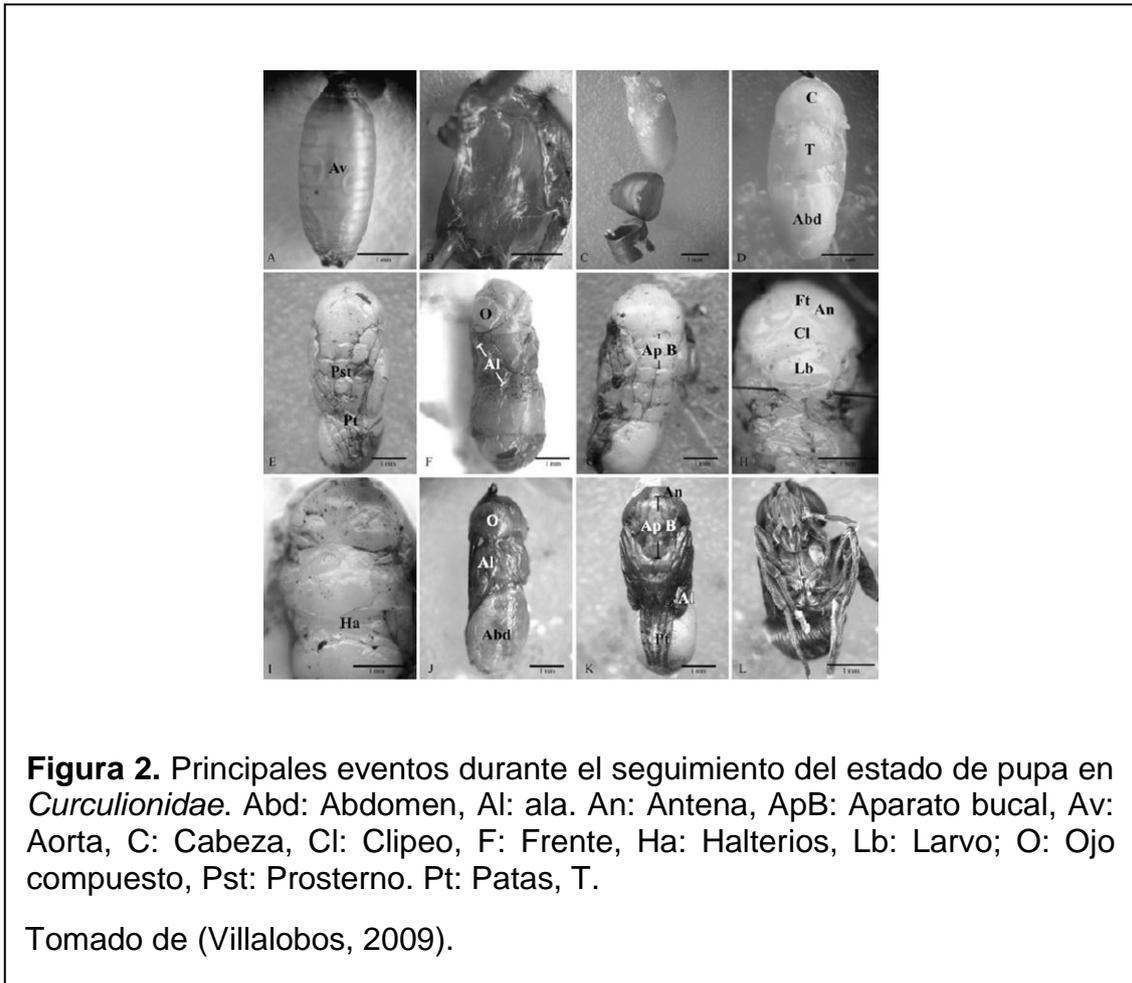
familia *Curculionidae* como es el caso de *E. kamerunikus*, *Grasidius hybridus* y *Couturerius sp.*



Figura 1. Principales eventos durante el seguimiento del estado larva en *Curculionidae*.

Tomado de (Zuluaga, 2012).

Es posible distinguir dos periodos principales: el primero es embrionario y se desarrolla en el interior del huevo como se observa en la figura 2 (desde la fecundación hasta la eclosión del huevo) y el periodo post embrionario, que se produce después de la eclosión del huevo y se extiende hasta que el insecto se convierte en adulto (Villalobos, 2009).



2.6.4 Acarreo de polen

Mediante estudios se determinó un mayor acarreo de polen de la especie exótica *E. kamerunicus* tanto para hembras como para machos (774 granos de polen por hembra y 1.319 por macho). En el caso de *E. subvittatus*, el insecto presentó un acarreo de 236 granos de polen por hembra y 578 granos por macho (Prada, 1998). La elevada cantidad de polen transportado por los insectos machos de la especie *E. kamerunicus* se debió sobre todo a su tamaño y la gran cantidad de setas que tiene en todo su cuerpo (Prada, 1998). Estas estructuras contribuyen aparentemente al aumento de la capacidad de retención de polen en su cuerpo. Cabe señalar que las hembras no disponen de estas setas y por lo tanto esta podría ser la razón por la que acarrear menos polen (Prada, 1998).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general:

Determinar el potencial polinizador y la biología de los insectos nativos y exóticos de híbridos de Palma Aceitera en el litoral ecuatoriano. (*E. oleifera* X *E. guineensis*)

3.2 Objetivos específicos

- Recolectar los insectos polinizadores nativos y exóticos de las inflorescencias masculinas y femeninas de diferentes especies de palma aceitera para establecer una colección entomológica.
- Conocer la biología (reproducción, alimentación, comportamiento) de los insectos polinizadores de palma aceitera durante los periodos lluvioso y seco.
- Evaluar el potencial polinizador de insectos en inflorescencias femeninas en los híbridos de palma aceitera.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación del experimento

El estudio de los insectos polinizadores en híbridos de palma aceitera se realizó en la plantación Energy & Palma S.A., ubicada en la costa ecuatoriana, a 23 Km de la ciudad de San Lorenzo, provincia de Esmeraldas – Ecuador (Latitud 1° 07' N Longitud 78° 45' 50" W, pluviosidad anual 738mm y con una altura de 35 msnm.) Las fases de laboratorio y estudio del ciclo de vida de los insectos, se efectuaron en el Laboratorio de Producción de Semillas y Fitosanidad (LPSF) perteneciente a la empresa, en la misma plantación Energy & Palma S.A, en el Anexo 1 se puede observar el mapa de la plantación. La colección entomológica se realizó y se depositó en los laboratorios de la Universidad de las Américas de Quito.

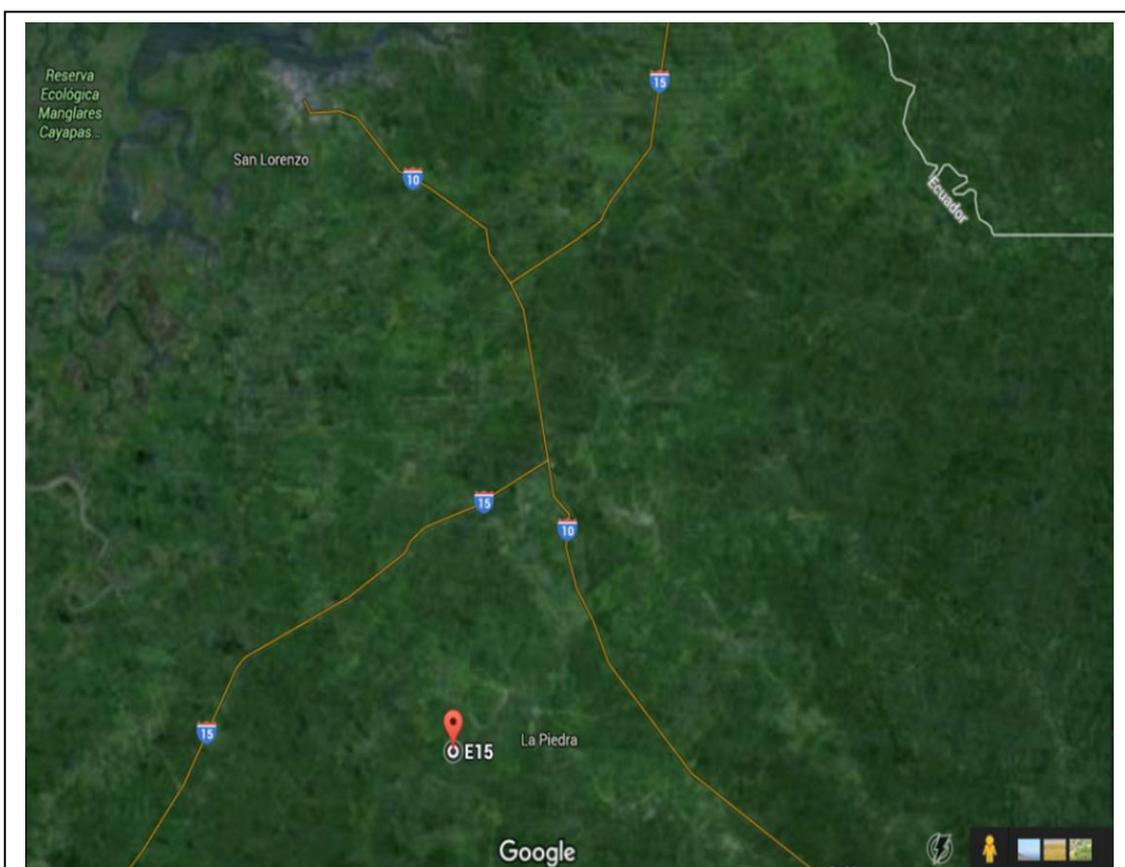


Figura 3. Ubicación de la empresa Energy & Palma S.A.
Tomado de Google Maps 2016

La investigación contempló las siguientes etapas:

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

Para cumplir los objetivos antes descritos, la investigación se realizó mediante estudios *in situ* e *in vitro* de los insectos asociados a las inflorescencias masculinas y femeninas de palma aceitera.

4.2 Muestreo general para la identificación y determinación de los insectos asociados a las inflorescencias masculina y femenina de palma aceitera y sus híbridos interespecíficos OxG.

La plantación de la empresa Energy & Palma S.A, se encuentra dividida en 6 zonas, de las cuales aquellas que se encuentran en producción son: Zona 1, Zona 2, Zona 5, Zona 6 y Zona 7 con una extensión promedio por zona de 750 ha. en total y constan con un método de siembra en tres bolillo con una densidad de siembra de 145 plantas por ha. las zona 3 se encuentra en resiembra y la zona 4 es utilizada para vivero.

Los materiales que nos indica la tabla 4 con sus cantidades de plantas respectivamente, son las especies de palmas puras *E. guineensis* como papua y guineensis de ASD (material de la empresa de Costa Rica), *E. oleifera* como Taisha así como los híbridos Coari x LaMé y Unipalma que se van a evaluar en este estudio.

Tabla 4. Número de plantas por material en la plantación Energy & Palma S.A

MATERIAL	NÚMERO TOTAL DE PALMAS
COARI X LAMÉ	27.368
UNIPALMA	81.454
PAPUA	40.502
TAISHA	1.980
GUINEENSIS DE ASD	13.034

Las zonas pertenecientes a la plantación están lotizadas y esto facilitó el control de las palmas, el manejo de personal, la cosecha, entre otras labores culturales. La zona de control establecida fue la Zona 6 ya que esta se conforma de todas las especies de palma que formaron parte del estudio: materiales puros e híbridos interespecíficos OxG como se indica en la figura 4.

Mediante datos históricos de la plantación se realizaron los muestreos seleccionando los picos de floración (mayor cantidad de inflorescencias femeninas y masculinas en antesis presentes en las plantas). Con los datos obtenidos por inflorescencia, se pudo determinar el número aproximado del total de insectos de insectos que se asociados a las inflorescencias masculinas de híbridos y de materiales puros (Marquez, 2005).

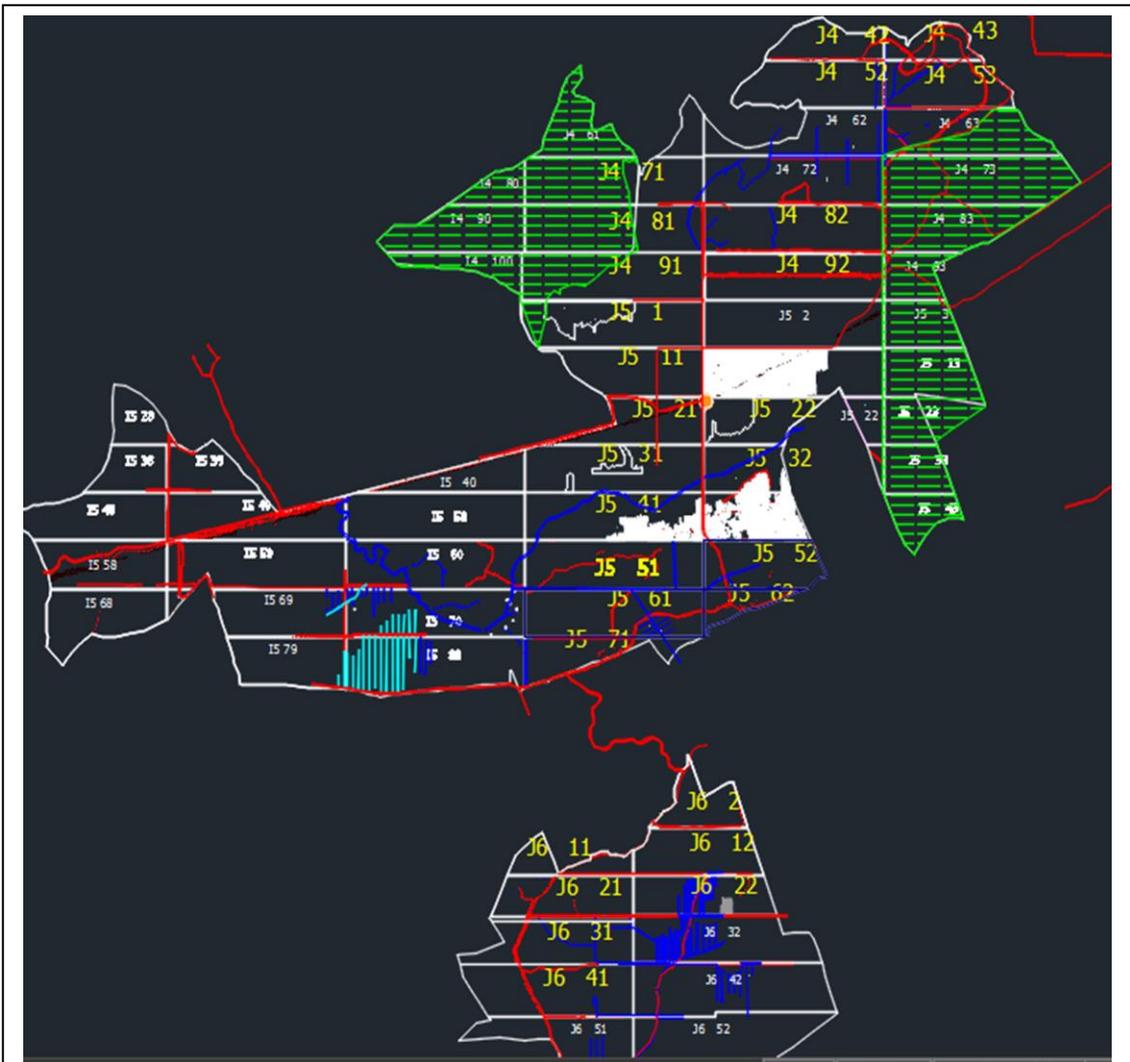


Figura 4. Zona de control (testigo) de la investigación Zona 6.

En los meses de septiembre del 2015 a enero 2016 se realizaron estudios de picos de llegada de insectos a las inflorescencias femeninas durante la estación seca y lluviosa. Se realizaron también evaluaciones de la capacidad de carga de polen y se estudió el ciclo de vida de los insectos identificados en las inflorescencias masculinas y femeninas de palma aceitera.

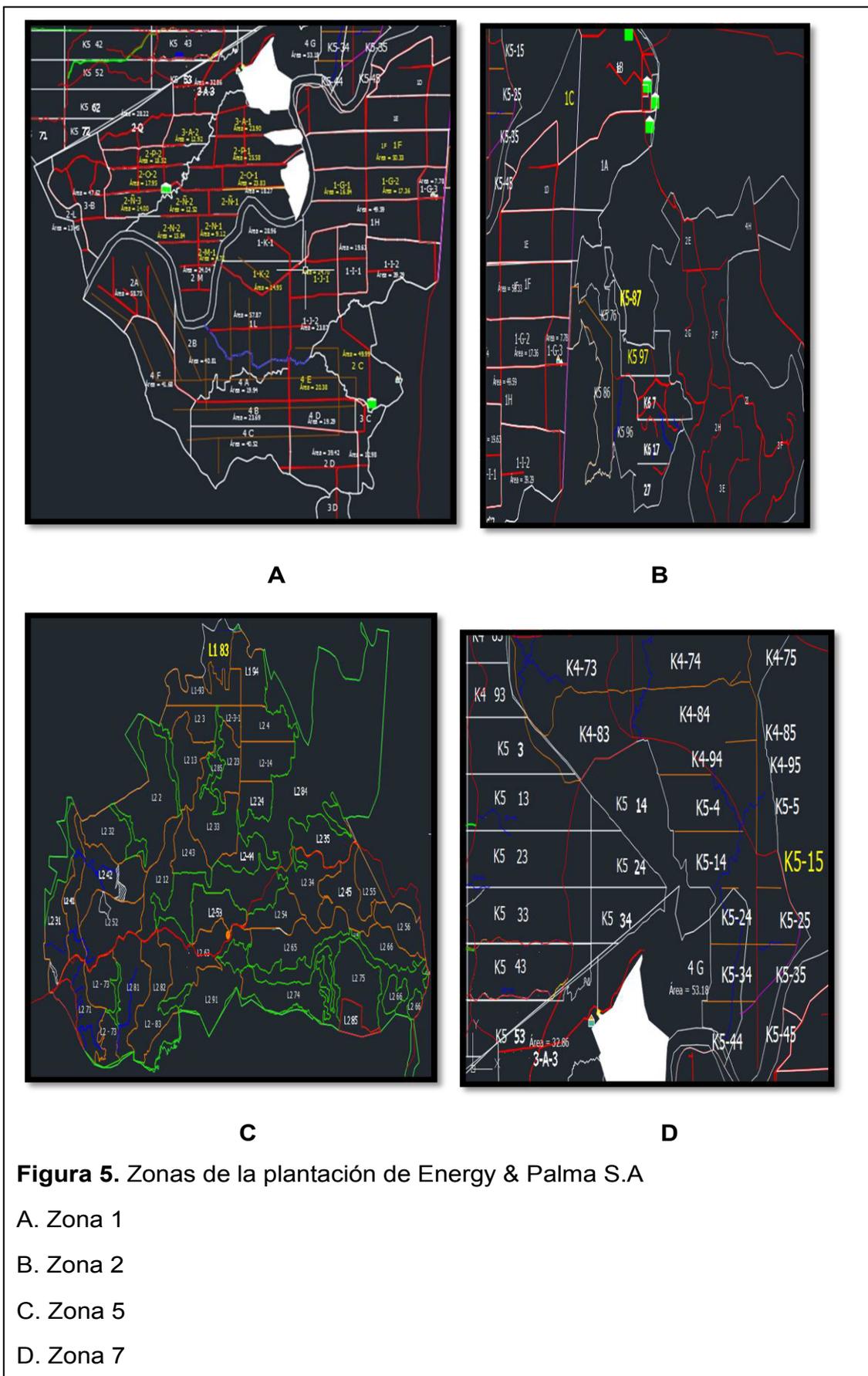
Para el muestreo general tanto en los periodos de seco y lluvioso se tomaron muestras de las zonas: 1, 2, 5, 6 y 7, en un diseño de muestreo estratificado con el fin de poder obtener un número de palmas representativo para el presente estudio tomando en cuenta la homogeneidad interna de las zonas y la heterogeneidad entre zonas. Debido a estas características entre zonas se

realizó un muestreo estratificado. En la tabla 5 se indica los lotes a muestrear en la plantación distribuidos por zonas y por especie de palma.

Tabla 5. Lotes muestreados en los diferentes muestreos.

Zona	1	2		5	6					7
E. Palma	Uni	CxL	Uni	Uni	Uni	CxL	Papúa	Taisha	G. ASD	Uni
Lotes	1F 2	1K 2	K6-67	L1 83	J6.71	J4.43	I5-39	J5-11	J6-11	K5-15
	1-G-1	1-J-1	K5 87		J5.22.1	J4.42	I5-48		J6-12	
	1-G-2	2P 1	1-C-1		J5.2.1	J4.52	I5-49		J6-2	
	2-C-1	2O1	K5-97		J5.32.1	J4.53	I5-59		J6-21	
	4-E		K6-7		J5-51-1	J4.62	I5-68		J6-22	
	2N1				J5-42-1	J4.63	I5-79		J6-31	
	2Ñ1				J6-42	J4.72	J5-21		J6-41	
	2O 2				J4-62-1	J4.81	J5-22			
	2-Ñ-3				J4-71-1	J4.82	J5-31			
	2-N-2				J4-72-1	J4.91	J5-32			
	2-Ñ-2				J4-81-1	J4.92	J5-41			
	2-M-1				J4-82-1	J5.1	J5-42			
	3-A-1				J4-91-1	J4-71	J5-51			
	3-A-2				J5-1-1		J5-52			
	2P 2				J5-52-1		J5-62			
					J6-31-1		J5-71			
					J6-32					
					J6-41-1					
Total de Lotes	15	4	5	1	18	13	16	1	7	1

En la figura 5, se puede observar la distribución de las diferentes zonas disponibles para los muestreos y en color amarillo se exponen los lotes muestreados.



El muestreo de la plantación de Energy & Palma S.A contó con un área total de muestreo de 3.000 ha. de cultivo de palma aceitera. Debido a que en la zona 6 se encontraban todas las especies de palmas en estudio, en esta zona se identificaron los lotes de control: J4-91, J5-1, J5-11, J5-21, J5-31, J5-41, J6-11, J6-21, J6-31.

El diseño de muestreo estratificado seccionó la plantación en 6 zonas de estudio: Zona 1 – Sarria (locación perteneciente a zona 1) con una extensión de 883,5 ha., Zona 2 con 789,9 ha., Zona 5 con 602,7 ha., Zona 6 con 773.1 ha. y Zona 7 con 178,1 ha. Se abarcaron diferentes materiales híbridos (Coari x LaMé y Unipalma) y materiales puros (Papúa, Guineensis de ASD y Taisha Río Morona y Río Pastaza). El diseño estadístico brindó un número significativo de palmas a muestrear por cada lote de cada zona. En la Zona 3, se encuentran plantaciones jóvenes por lo que no se tomaron en consideración para el presente estudio y la Zona 4 se compone del vivero de la plantación, por lo que tampoco fue tomada en cuenta para el muestreo. En el anexo 2 se puede observar las etiquetas para la realización del muestreo general periodo seco y lluvioso.

En la plantación de Energy & Palma S.A., se manejan registros históricos de la precipitación y balances hídricos. Estos datos fueron necesarios para definir las épocas del muestreo general, los cuales se establecieron durante las dos condiciones extremas de humedad y temperatura durante del año. Se identificaron los periodos más secos en el mes de septiembre con registro de 65,1 mm. y los períodos más lluviosos en el mes de enero con un registro de 244,5 mm. (Tablas 6 y 7). Se muestrean en los meses que marquen el periodo más secos y más húmedos para el estudio del comportamiento (existe o no diferencia) de los insectos en los dos periodos establecidos.

Tabla 6. Histórico Registros de precipitación mensual (mm / mes) mediante promedios obtenidos de la información diaria que se evalúa

ENERGYPALMA S.A.

REGISTRO DE PRECIPITACION MENSUAL (mm / mes)

2003-2015

OFICINAS	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	PROM. MENSUAL
ENERO	187,0	227,0	222,0	407,0	267,0	386,0	251,2	280,6	155,9	292,3	382,3	244,5	316,7	278,4
FEBRERO	84,1	416,0	247,0	362,0	140,0	310,0	314,8	415,3	154,7	324,9	205,4	286,6	268,7	271,5
MARZO	219,3	225,0	301,0	121,0	329,0	378,0	217,8	443,2	152,3	300,3	239,1	382,4	78,8	260,6
ABRIL	505,7	196,0	558,0	138,0	458,0	182,0	174,1	361,0	189,0	266,5	591,1	248,3	325,3	322,5
MAYO	578,4	349,0	199,0	84,0	606,0	431,0	374,0	225,7	175,9	604,4	431,0	440,8	653,2	396,3
JUNIO	231,1	80,0	17,0	68,0	172,0	278,0	133,0	418,8	178,7	295,5	147,4	366,3	416,4	215,6
JULIO	103,6	179,0	23,0	136,0	158,0	270,0	183,8	176,1	195,1	85,7	87,3	116,0	398,7	162,5
AGOSTO	225,0	37,0	38,0	179,0	75,0	297,0	170,6	112,9	137,5	36,5	90,0	221,9	164,5	137,3
SEPTIEMBRE	135,0	180,0	59,0	279,0	44,0	86,0	79,6	147,7	138,8	36,0	144,4	65,1	94,0	114,5
OCTUBRE	181,0	126,0	22,0	100,0	95,0	111,0	44,3	60,3	209,4	57,8	168,8	209,7	163,0	119,1
NOVIEMBRE	304,0	53,0	96,0	302,0	118,0	96,3	61,3	106,1	13,7	119,3	29,9	105,6		117,1
DICIEMBRE	285,0	85,0	198,0	101,0	92,0	92,0	173,4	173,5	89,8	70,8	139,6	153,2		137,8

TOTAL	3039,2	2153	1980	2277	2554	2917,3	2177,9	2921,1	1790,8	2489,9	2656,3	2840,4	2879,3	2533,1
--------------	---------------	-------------	-------------	-------------	-------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

TOTAL 1 SEMESTRE	1805,5	1493	1544	1180	1972	1965	1464,8	2144,5	1006,4	2083,9	1996,2	1968,8	2059,1	1745
-------------------------	---------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	-------------

TOTAL 2 SEMESTRE	1233,6	660	436	1097	582	952,3	713,02	776,5	784,3	406,0	660,0	871,5	820,2	788
-------------------------	---------------	------------	------------	-------------	------------	--------------	---------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	------------

Tabla 7. Balances Hídricos de Energy & Palma S.A

MES	Décadas	Prec total (mm)	Prec Efec 0.9	No. De Días Lluvia/Mes	Evaporación (mm)	ETP		Reserva agua (mm)	Exceso agua (mm)	Déficit mensual (mm)	Déficit acumulado (mm)
						Evapotranspiración (mm)k=1					
	1	27,3	24,6	6	40	40		0	0	15,4	15,4
ENERO	2	203,4	183,1	10	40	40		143,1	0	0	15,4
	3	85,8	77,3	11	40	40		37,3	143,1	0	15,4
Total Mes		316,6	284,9	27	120	120		150,0	143,1	15,4	15,4
	4	96,0	86,4	7	40	40		46,4	0	0	15,4
FEBRERO	5	94,0	84,6	8	40	40		44,6	0	0	15,4
	6	78,7	70,9	6	40	40		30,9	0	0	15,4
Total Mes		268,7	241,8	21	120	120		121,8	0,0	0	15,4
	7	27,4	24,6	10	40	40		0	0	15,4	30,8
MARZO	8	45,9	41,3	10	40	40		1,3	0	0	30,8
	9	5,6	5,0	4	40	40		0,	0	35,0	65,8
Total Mes		78,9	71,0	24	120	120		0,	0	50,4	65,8
	10	191,5	172,3	10	40	40		132,3	0	0	65,8
ABRIL	11	48,5	43,6	9	40	40		3,6	0	0	65,8
	12	85,3	76,8	8	50	50		26,8	0	0	65,8
Total Mes		325,3	292,7	27	130	130		150,0	0	0	65,8
	13	61,7	55,5	7	40	40		15,5	0	0	65,8
MAYO	14	237,8	214,0	10	40	40		150,0	39,5	0	65,8
	15	353,7	318,4	10	50	50		150,0	268,36	0	65,8
Total Mes		653,2	587,9	27	130	130		150,0	307,9	0	65,8
	16	115,3	103,7	9	40	40		63,7	0	0	65,8
JUNIO	17	230,6	207,5	10	40	40		150,0	81,27	0	65,8
	18	70,6	63,5	9	50	50		13,5	150	0	65,8
Total Mes		416,4	374,8	28	130	130		150,0	231,3	0	65,8

MES	Décadas	Prec total (mm)	Prec Efec 0.9	No. De Días Lluvia/Mes	Evaporación (mm)	ETP Evapotranspiración (mm)k=1	Reserva agua (mm)	Exceso agua (mm)	Déficit mensual (mm)	Déficit acumulado (mm)
	19		0		50	50	0	0	50,0	115,8
JULIO	20		0		50	50	0	0	50,0	165,8
	21		0		50	50	0	0	50,0	215,8
Total Mes		0	0	0	150	150	0	0	150,0	215,8
	22		0		50	50	0	0	50,0	265,8
AGOSTO	23		0		50	50	0	0	50,0	315,8
	24		0		50	50	0	0	50,0	365,8
Total Mes		0	0	0	150	150	0	0	150,0	365,8
	25		0		50	50	0	0	50,0	415,8
SEPTIEMBRE	26		0		50	50	0	0	50,0	465,8
	27		0		50	50	0	0	50,0	515,8
Total Mes		0	0	0	150	150	0	0	150,0	515,8
	28		0		50	50	0	0	50,0	565,8
OCTUBRE	29		0		50	50	0	0	50,0	615,8
	30		0		50	50	0	0	50,0	665,8
Total Mes		0	0	0	150	150	0	0	150,0	665,8
	31		0		50	50	0	0	50,0	715,8
NOVIEMBRE	32		0		50	50	0	0	50,0	765,8
	33		0		50	50	0	0	50,0	815,8
Total Mes		0	0	0	150	150	0	0	150,0	815,8
	34		0		50	50	0	0	50,0	865,8
DICIEMBRE	35		0		50	50	0	0	50,0	915,8
	36		0		50	50	0	0	50,0	965,8
Total Mes		0	0	0	150	150	0	0	150,0	965,8
Total		2.059	1.853	154	1.650	1.650	722	682		965,8

La asignación proporcional de muestras, se realizó de acuerdo al tamaño del estrato (Ecuación 1). La Plantación Energy & Palma S.A consta de diferentes zonas alejadas considerablemente entre ellas y las especies de palma aceitera que tenía una zona no estaba presente en otras zonas, siendo heterogéneas interna como externamente, de tal manera, el modelo que se ajusta con estas condiciones es el muestreo estratificado.

El tamaño de la muestra se calcula por:

$$n = \frac{N \left(Z_{\frac{\alpha}{2}} \right)^2 \sum_{i=1}^K N_i s_i^2}{E^2 N^2 + \left(Z_{\frac{\alpha}{2}} \right)^2 \sum_{i=1}^K N_i s_i^2} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Dónde:

E: error prefijado

(1- α): Nivel de confianza

N : población

s^2 : varianza

K : estrato

Los tamaños de las muestras de cada estrato se determinaron por la ecuación 2:

$$n_1 = N_1 \frac{n}{N}, \quad n_2 = N_2 \frac{n}{N}, \quad \dots, \quad n_K = N_K \frac{n}{N}. \quad (\text{Ecuación 2})$$

El procesamiento y la obtención de datos para el tamaño de muestra y los diferentes muestreos se realizaron mediante las funciones estadísticas del programa Excel 2010, utilizando cálculos de promedios, números aleatorios, desviación estándar y con un 10% de error (Galindo, 2008). Adicionalmente, para evitar un mayor porcentaje de error en el muestreo por factores climáticos, se definió que el muestreo se realizaría en el lapso de 1 a 2 días como máximo.

Para la obtención efectiva de muestras, se realizaron previamente capacitaciones teóricas y prácticas en el campo a 15 personas que contribuyeron a la realización del muestreo en la plantación Energy & Palma S.A.

4.2.1 Toma de muestras de insectos en inflorescencias masculinas

Se procedió a tomar 10 espigas de las inflorescencias masculinas en antesis en los lotes determinados para el muestreo. Las espigas se sacudieron 10 veces en hojas blancas de papel bond para realizar las identificaciones y conteos de las diferentes especies de insectos que se hubieran desprendido de las mismas y se colocaron los resultados en formatos establecidos.

La clasificación de insectos se realizó mediante tamices de diferentes tamaños: 4 mm., 3mm. y 2 mm. Posteriormente, con la ayuda de fundas ziploc se almacenaron los insectos debidamente identificados como se indica en la figura 6.

Se agruparon luego los insectos para ser conservados en cajas Petri, para transportarlos se utilizaron viales de tapa rosca con alcohol al 70%. Luego se trasladaron las muestras a los laboratorios de la Universidad de las Américas para la clasificación y montaje entomológico de acuerdo a las técnicas descritas por Borror y White (1970).



Figura 6. Identificación y clasificación de los insectos por especies en campo.

4.2.2 Toma de muestras de insectos en inflorescencias femeninas

Según los cálculos del tamaño y asignación de muestra, se determinó el número de inflorescencias femeninas a muestrear en cada zona. La georeferenciación de las muestras recolectadas fue obtenida utilizando un GPS marca Garmin 62s versión chipset GPS; el cual es un receptor de alta sensibilidad. La recepción fue buena y la unidad rápidamente re-adquiere una solución vía satélite (Garmin, 2008).

Para el muestreo de inflorescencias femeninas, se procedió a eliminar las espatas de las mismas facilitando la colocación de láminas de polifán previamente embadurnadas de un pegamento inodoro e incoloro BIO-TAC disuelto en aceite vegetal. En el anexo 3 se puede observar la ficha técnica del producto.

Las láminas fueron aplicadas entre 7:00 y 9:00 de la mañana, permaneciendo en el sitio por un lapso de 24 horas, debido a la posible actividad crepuscular o nocturna de ciertos insectos determinado por ensayos realizados anteriormente

(Marquez, 2005). Una vez recolectadas las muestras se rotularon y guardaron en fundas ziploc para clasificar y cuantificar los insectos que hubieran caído en la trampa como se indica en la figura 7.

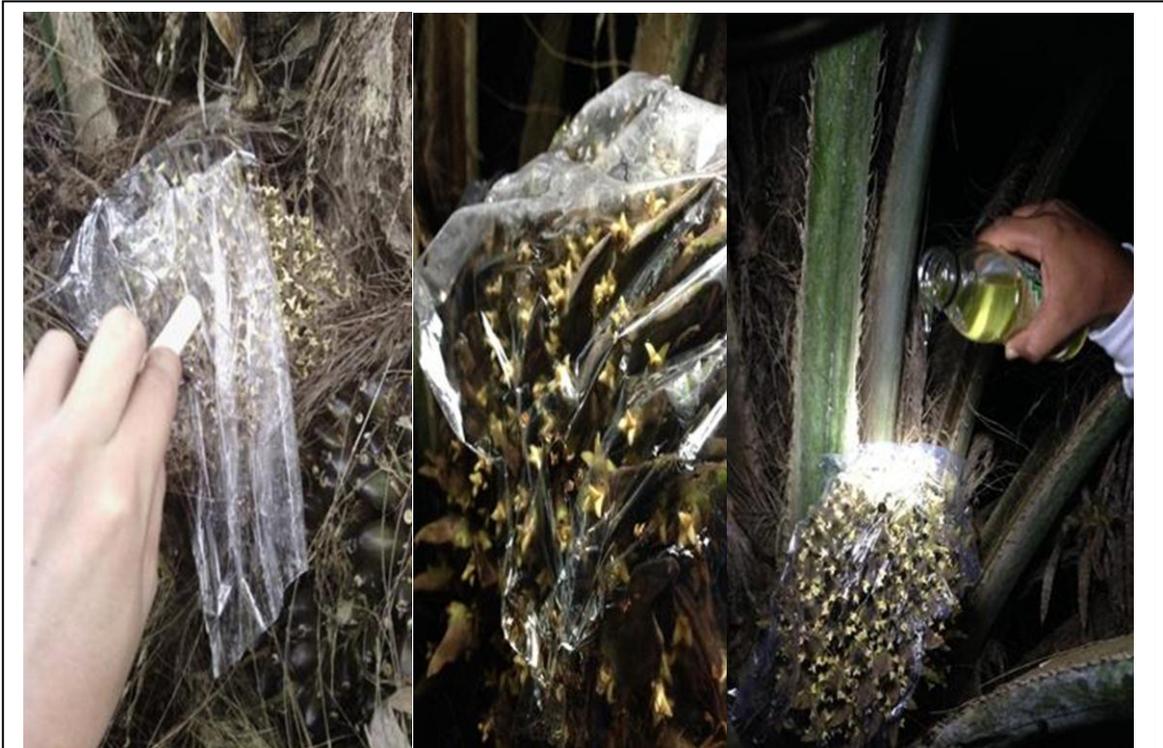
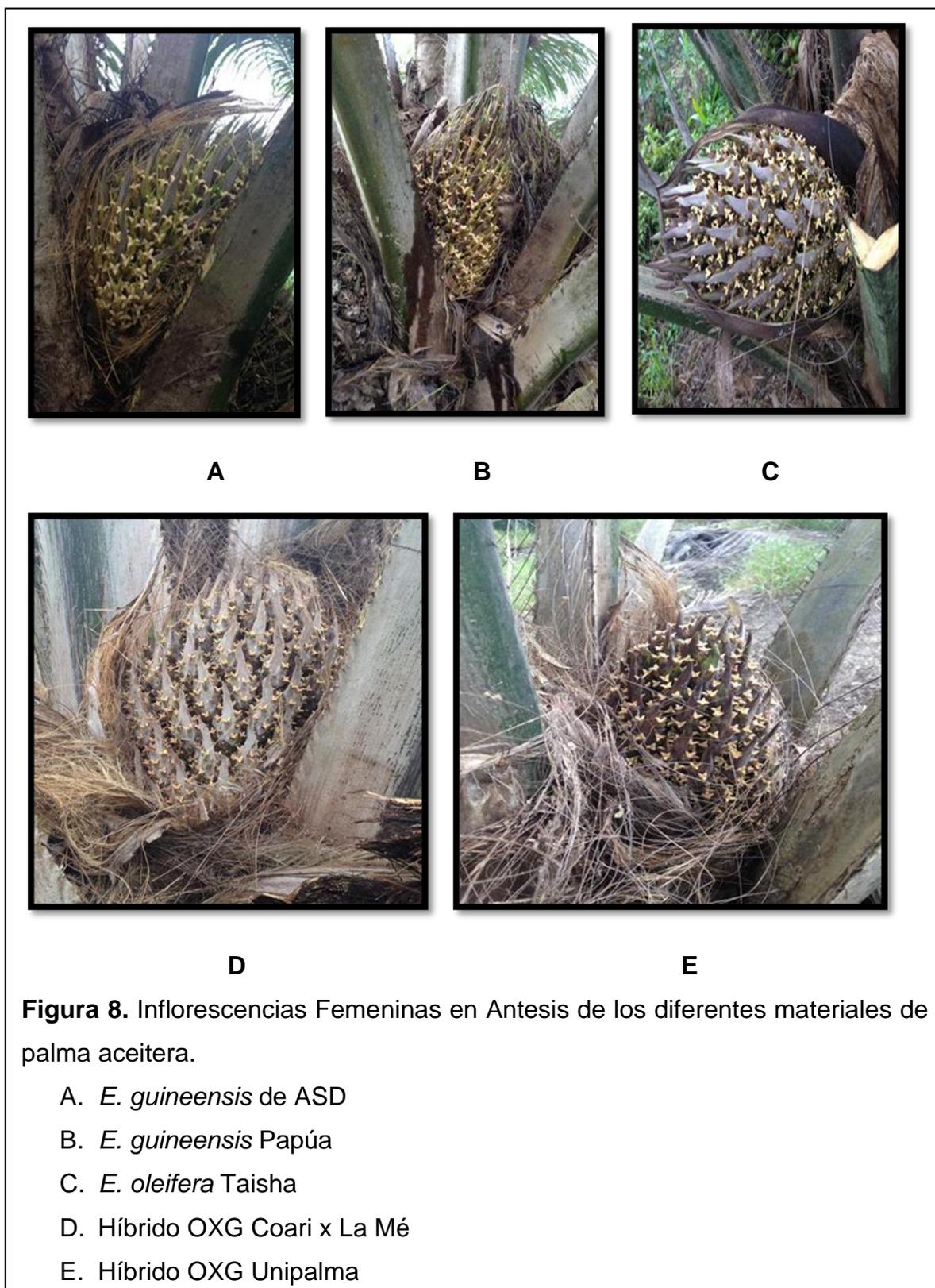


Figura 7. Técnica de trampeo de insectos en inflorescencias femeninas.

El muestreo de insectos en inflorescencias femeninas y masculinas se realizó durante el pico de antesis floral, que es la etapa de mayor presencia de insectos. Para esto se desarrolló una escala de la antesis floral tanto para los híbridos OxG, como para los materiales puros *E. oleifera* y *E. guineensis* de acuerdo a los estudios desarrollados por Márquez (2005). Las características de las inflorescencias femeninas de las diferentes especies puras de palma aceitera y sus híbridos en el punto de antesis se muestran en la figura 8.



En la figura 9 se indica los procedimientos de muestreo en la plantación Energy & Palma S.A., en donde se identificaron los insectos con potencial polinizador. Las palmeras se marcaron para facilitar los muestreos diurnos y nocturnos, se realizaron conteos de los insectos que quedaron en las trampas entomológicas mediante formatos establecidos. Una vez realizados los conteos se colocaron nuevas trampas para facilitar los nuevos conteos a diferentes horas, se tomaron puntos GPS de las inflorescencias tanto masculinas como femeninas. Con estas colectas, se realizó la colección entomológica.



4.2.3 Colección Entomológica

La colección entomológica de las muestras recolectadas se codificó de acuerdo a las normas de recolección y colección de insectos descrito por Borror y White (1970). Estos autores detallan la técnica más adecuada para montar cualquier insecto que tenga menos de 3 o 4 mm y las normas de etiquetado se exponen en la figura 10.

ECU: ESMERALDAS
San Lorenzo, Esmeraldas
17N 0730090; 0123859 17m
30 Nov 2015/ A.Dávila
Flor Femenina de Palma aceitera

Enero, 2016
Variedad Palma aceitera
Es. Taisha Río Pastaza

Figura 10. Especificaciones de las etiquetas para la colección Entomológica.

4.3 Determinación de la capacidad de acarreo de polen de insectos polinizadores muestreados

Para la determinación de la capacidad de acarreo del polen de cada especie de insecto asociado a la inflorescencia femenina de palma aceitera, se realizaron capturas de especímenes en flores masculinas en período de antesis. Se procedió a clasificar y separar los insectos con el fin de realizar un conteo de granos de polen que logran acarrear. Con la ayuda de pinzas entomológicas se depositaron los especímenes en tubos cónicos de 2,5 ml (eppendorf). Se agruparon 20 individuos por tubo y se adicionó 0,5 ml. de suero fisiológico y 0,5 ml de surfactante Tween 20 (Prada, 1998). En el laboratorio de la plantación Energy & Palma S.A se visualizaron los granos de polen en el microscopio y se aplicó la metodología de conteo celular en una cámara de Neubauer (Celeromics-0,100 mm.); descrito igualmente por (Bastidas, 2010). El método sugiere un rango para conteo de concentraciones entre 250.000 y 2,5 millones de células por mililitro (Bastidas, 2010).

Después de realizar el recuento celular, los resultados fueron anotados y para la determinación de la concentración de células se utilizó la fórmula descrita por la metodología descrita por Celeromics, utilizando el producto Cámara de recuento DIN 12847:

$$\text{Concentración} = \frac{\text{numero de células} \times 10000}{\text{Número de cuadros}} \quad (\text{Ecuación 3})$$

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

Donde:

$$ERROR \text{ máx} = 2 \times \frac{100}{\sqrt{n}} \% \quad (\text{Ecuación 4})$$

N: número de células contadas

Por lo tanto, el error depende del número de células contadas. El error se mantuvo inferior al 9%.

Para el análisis de estos resultados se aplicó un ANOVA en un diseño completamente al azar. Los resultados fueron procesados en el programa estadístico Minitab 16. Los diseños completamente al azar (DCA) son empleados cuando las condiciones en las que se va a ejecutar un experimento son muy homogéneas y el material experimental no presenta variaciones. Este método fue seleccionado por las condiciones homogéneas de toma de muestras y las condiciones estables de laboratorio, en las que se manejaron las muestras (Gutierrez y De La Vara, 2008).

Las ventajas de este diseño es la planificación, ya que existe la condición que haya repeticiones y aleatorización de tratamientos, puede también ser empleado cuando se tiene igual o diferente número de repeticiones por tratamiento o muestreo (Gutierrez y De La Vara, 2008). Por lo tanto, este modelo obedece al modelo Matemático:

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Dónde:

x_{ij} = cualquier observación n

μ = media general

α_i = tratamientos

ε_{ij} = error experimental

Las pruebas de hipótesis referentes a los residuos de los resultados obtenidos para el estudio de carga de polen nos indica si los datos evaluados cumplen con Normalidad. Para observar si F_1 : Carga de polen / Ciclo de vida; es un factor significativo se realiza el contraste de hipótesis (Gutierrez y De La Vara, 2008).

Prueba de hipótesis para la carga de polen:

$H_0: \alpha_i = 0$ No existe diferencia significativa en la carga de polen por especie de insectos.

H_1 : algún $\alpha_i \neq 0$ Existe diferencia significativa en la carga de polen por especie de insectos

4.4 Determinación del ciclo de vida de especies de insectos asociados a las inflorescencias femeninas y masculinas de palma aceitera

Para la evaluación del ciclo de vida de los insectos asociados a las inflorescencias de palma aceitera, se recolectó inflorescencias masculinas de materiales puros (*E. guineensis* y *E. oleifera*) y se evaluó la duración de los estadios de huevo, cuatro etapas larvales, pupa y adulto en los laboratorios de la plantación Energy & Palma S.A. con adaptaciones de los métodos descritos por Prada (1998).

Para determinar el lapso de tiempo que los insectos pasan en estadio de huevo y larvas, se recolectaron huevos y larvas de las inflorescencias de los materiales puros de palma aceitera. Se colocaron estas muestras en cajas plásticas pequeñas, debidamente etiquetadas y en el fondo se depositó un papel filtro humedecido para evitar la deshidratación. Además, se ubicó en cada caja polen obtenido de las mismas espigas florales de las palmeras de donde fueron extraídas las muestras. Cabe recalcar que la preparación de las cajas de cría se realizó en condiciones asépticas (Prada, 1998).

Posteriormente, se realizaron observaciones cada 24 horas para determinar cambios en los huevos y en las larvas con la ayuda de un estereoscopio de marca Olympus trinocular SZ61TR con una cámara de marca Infinity 2 modelo 1RC. Se controlaban los días de cada estadio en el proceso de transformación del insecto polinizador desde huevo hasta adulto a 40 insectos por especie. Los resultados fueron procesados en el programa MINITAB 16. Se evaluó la existencia de diferencias significativas de la duración del ciclo de vida entre especies aplicando un ANOVA, aplicando un diseño completamente al azar con número de 40 especímenes. Luego se aplicó una prueba de Tukey y finalmente se realizó la prueba de hipótesis de normalidad en los residuos de los datos obtenidos.

Prueba de hipótesis para el ciclo de vida:

$H_0: \alpha_i = 0$ No existe diferencia significativa en el ciclo de vida por especie de insectos.

$H_1: \text{algún } \alpha_i \neq 0$ Existe diferencia significativa en el ciclo de vida por especie de insectos

Dónde:

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

$H_0: \beta_j = 0$ para todo j

$H_1: \text{algún } \beta_j \neq 0$

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

Así mismo, 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).

La prueba de Tukey es considerada como una prueba estricta, debido a que para declarar como significativas a las medias de los tratamientos necesita valores más grandes, esta prueba puede ser empleada cuando se tiene experimentos con más de dos tratamientos.

Fórmula:

$$V. T. = (p f)(\alpha)(S\bar{x})$$

(Ecuación 6)

Dónde:

p= Número de tratamientos

f= grados de libertad del error

α = Nivel de significancia, al 5% en la tabla de Tukey

$$S\bar{x} = \text{Error estándar de las medias} = \sqrt{\frac{CME}{r}}$$

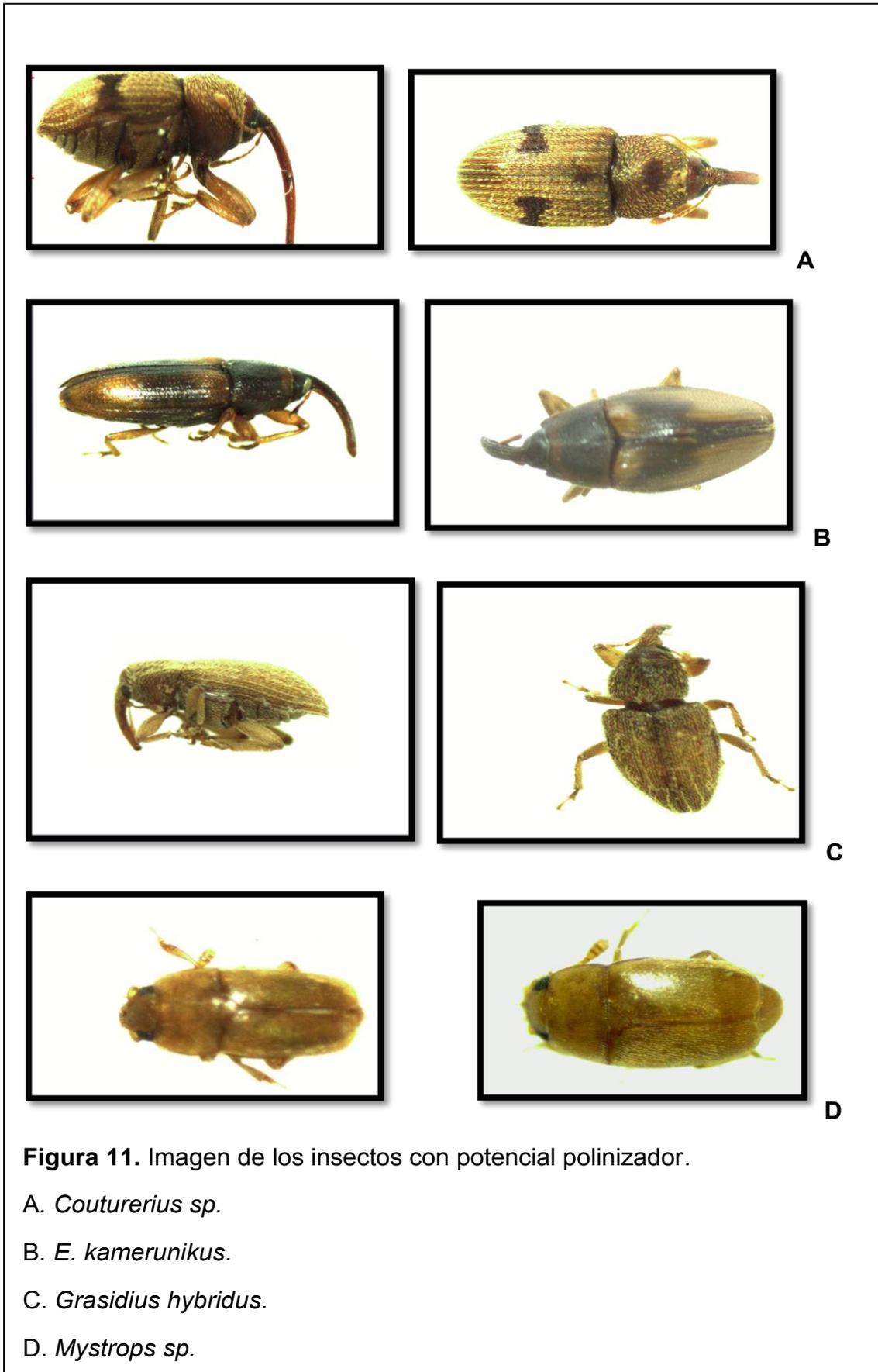
CME= Cuadrado medio del error

r= Número de repeticiones por tratamiento

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Inventario de insectos polinizadores

Para la colección entomológica de polinizadores de palma aceitera fueron montados los insectos muestreados en el Litoral ecuatoriano y se seleccionaron aquellos que demostraron potencial polinizador en el cultivo de palma aceitera. La mayor parte de insectos correspondieron a la familia *Curculionidae*; a los géneros *Elaeidobius sp.* y *Grasidius sp.* También se encontraron pero en menor número, insectos pertenecientes a los géneros *Couturierius sp.* y *Mystrops sp.* Estos resultados se pueden apreciar en la figura 11, donde se exponen los insectos con potencial polinizador de *Elaeis guineensis*, *E. oleifera* y sus híbridos interespecíficos. Los *Elaeidobius kamerunikus* son de color negro con tonalidades cafés en la parte inferior y poseen altas cantidades de vellosidades (setas) miden 3,5 mm., los *G. hybridus* son de color amarillo con alta cantidad de setas y miden 2,6 mm. Los *Couturierius sp.* por otra parte, son de color café y en el abdomen tienen dos manchas negras que los caracteriza, posee menor cantidad de setas que los anteriores insectos y miden 3,8 mm. Los *Mystrops sp.*, de la familia *Nitidulidae*, son de color café y, su tamaño es inferior a todos los insectos antes mencionados, también posee una menor cantidad de vellosidades y miden 1,44 mm.



Los insectos encontrados por Hala (2012), son similares a los insectos encontrados, identificados y colectados tanto en las inflorescencias masculinas como femeninas de *E. guineensis*, *E. oleifera* e híbridos interespecíficos OxG en el presente trabajo. Esto concuerda igualmente con lo expresado por Vera (1985), quien afirma sobre la presencia de once especies de insectos pertenecientes al orden Coleoptera y de estas, las de mayor prevalencia: *Mystrops costaricensis* y *Elaeidobius subvittatus* que han sido asociados con la polinización entomófila de la palma aceitera (Vera, 1985).

La variabilidad de la presencia de los insectos pertenecientes a la familia *Curculionidae* (*E. kamerunikus*, *Grasidius hybridus*, *Couturerius sp.*) y la familia *Nitidulidae* (*Mystrops sp.*), en las diferentes especies de palma aceitera: híbridos y materiales puros (Unipalma, CXL: Coari x LaMé, Papúa (*E. guineensis*), Taisha (*E. oleifera*) y Guineensis de ASD) en inflorescencias femeninas se indica en la figura 12.

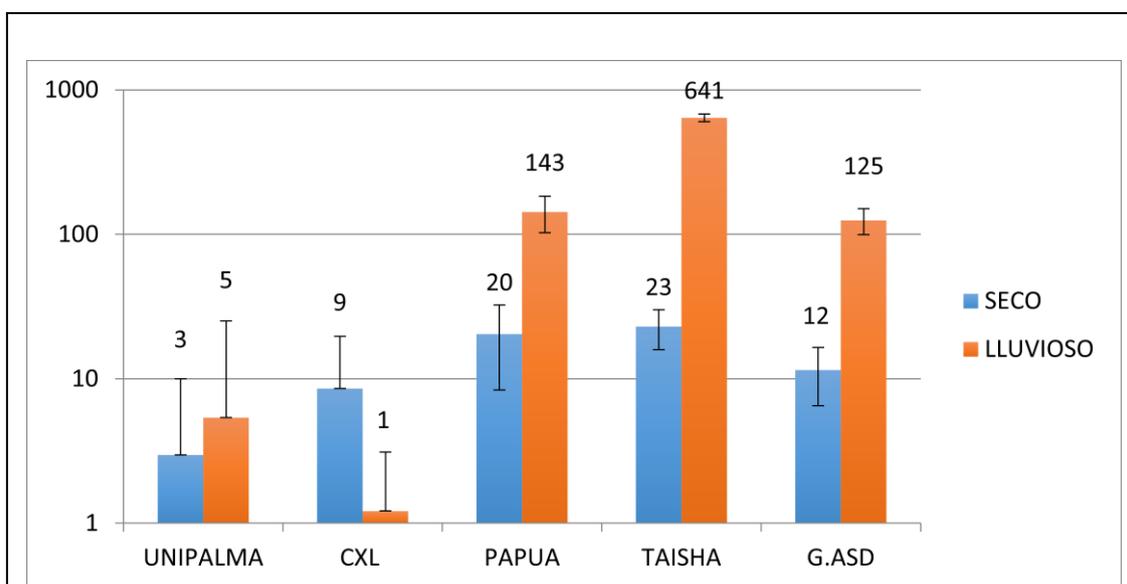
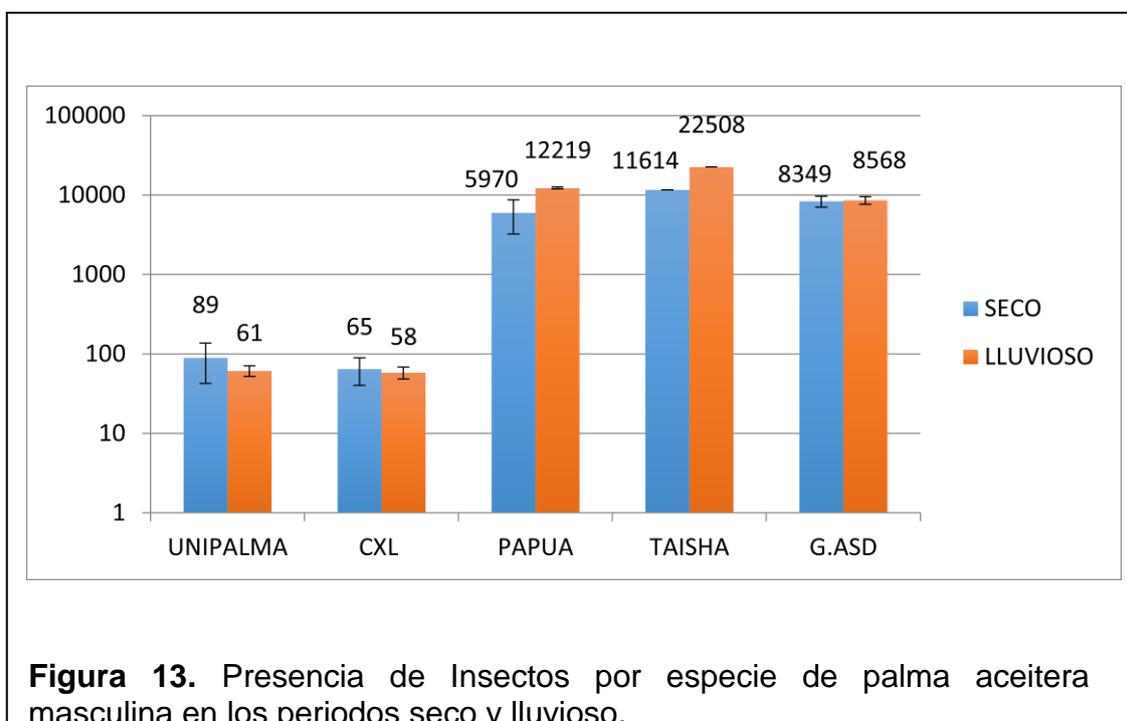


Figura 12. Presencia total de Insectos por especie de palma aceitera femenina en los periodos seco y lluvioso en Energy & Palma S.A.

Los resultados obtenidos en el muestreo general de insectos en los materiales de la plantación Energy & Palma S.A. durante la época seca y lluviosa en las inflorescencias femeninas como se indica en la figura 12, muestran que existe

una mayor presencia de éstos en periodo lluvioso. Estos resultados no concuerdan con los descritos por Prada (1988). 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 realizaron durante 8 días: cuatro en periodo seco y cuatro en periodo lluvioso. Por otro lado, en el lugar en donde se realizó el estudio, las condiciones climáticas fueron distintas en cuanto a pluviosidad, altura, (entre otras). Esto podría generar ciertos cambios en el comportamiento de los insectos. En el caso de *E. kamerunikus* se observó un aumento con respecto a la presencia de insectos en el periodo lluvioso, de igual manera en el caso de *Mystrops sp.*, *G. hybridus* y *Couturerius sp.*, sus poblaciones aumentaron.

Así mismo, en las inflorescencias masculinas se analizó la población total de los insectos pertenecientes a las familias *Curculionidae* (*E. kamerunikus*, *Grasidius hybridus*, *Couturerius sp.*) y *Nitidulidae* (*Mystrops sp.*) en las diferentes especies de palma aceitera: híbridos y materiales puros (Unipalma, CXL: Coari x LaMé, Papúa (*E. guineensis*), Taisha (*E. oleifera*) y Guineensis de ASD) como se indica en la figura 13.



La figura 13 muestra que los insectos se encuentran en mayor cantidad en las inflorescencias masculinas y esto podría explicarse porque ahí completan su ciclo de vida o pasan en este tipo de flor una gran parte de su ciclo de vida, a diferencia de lo que menciona Prada (1988) en el presente estudio el periodo lluvioso es donde se encuentran insecto en mayor cantidad.

En la Costa ecuatoriana, en las palmas aceiteras *Elaeis oleifera*, se encontró *Mystrops sp.* concordando con trabajos anteriores desarrollados por Genty (1986), quien indica que el insecto polinizador nativo del cultivo de palma aceitera en la zona occidental de Colombia es *Mystrops sp.*

En los materiales puros correspondientes a *E. oleifera* se determinó la mayor presencia de la familia *Curculionidae* (*Grasidius hybridus* con un promedio de 2560 y *Couturerious sp.* con un promedio de 1871 insectos por inflorescencia masculina) e insectos de la familia *Nitidulidae* (*Mystrops sp.*) con un promedio de 7183 insectos por inflorescencia masculina. En cambio, en *E. guineensis* se determinó mayor presencia de *E. kamerunikus*, con un promedio de 6630 insectos por inflorescencia masculina.

En el caso de los híbridos interespecíficos OxG se demostró que las especies de mayor presencia como insectos asociados a las inflorescencias femeninas fueron *G. hybridus* con un promedio de 26 insectos y *E. kamerunikus* con un promedio de 33 insectos en las inflorescencias en el híbrido Coari x LaMé. Se podría suponer que en algo influye la presencia de materiales puros como lotes aledaños en la mayor presencia de insectos en las inflorescencias femeninas.

Los materiales puros poseen gran cantidad de insectos en los diferentes periodos de antesis en las inflorescencias masculinas. Una vez que llega determinada hora en el día, empieza la actividad de los insectos, llegando en grandes cantidades a las inflorescencias femeninas, cumpliendo así funciones polinizadoras. Contrariamente, en los híbridos se observaron reducidas cantidades de insectos en las inflorescencias masculinas por lo cual no hay una cantidad significativa de insectos en las inflorescencias femeninas y esto podría

explicar la falta de polinización natural en estas especies de palma. Otra observación durante el periodo de muestreos fue una presencia mayor de insectos en las inflorescencias femeninas de los híbridos de palma aceitera Coarí x LaMé (CXL) en comparación con el otro híbrido y esto podría explicarse por la proximidad de materiales puros *E. oleifera* Taisha en lotes aledaños.

5.2 Resultados de la capacidad de carga de polen de los insectos asociados a inflorescencias de palma aceitera

Para el análisis de este ensayo se realizó un ANOVA con una sola variable en un diseño completamente al azar (DCA), con un nivel de confianza del 95% y esto permitió determinar una diferencia estadística significativa del promedio de granos acarreados por las diferentes especies de insectos considerados como polinizadores.

Como se muestra en la figura 14, obtenida en los resultados del programa MINITAB 16, el insecto *E. kamerunikus* el cual tiene una alta presencia tanto en inflorescencias masculinas como femeninas logra una carga considerable de polen con una media de 8083 y con una desviación estándar de $\pm 568,8$ granos de polen por espécimen. Esto podría explicarse debido al tamaño considerable que posee (3,5 mm.) y también porque cuenta con una alta cantidad de setas en su cuerpo, que podrían favorecer el transporte de granos de polen concordando con los estudios de Prada (1998). Este insecto podría ser considerado como un agente con buen potencial polinizador para *E. guineensis*, puesto que se asocia sobre todo a las inflorescencias femeninas de esta palmera (Prada, 1998).

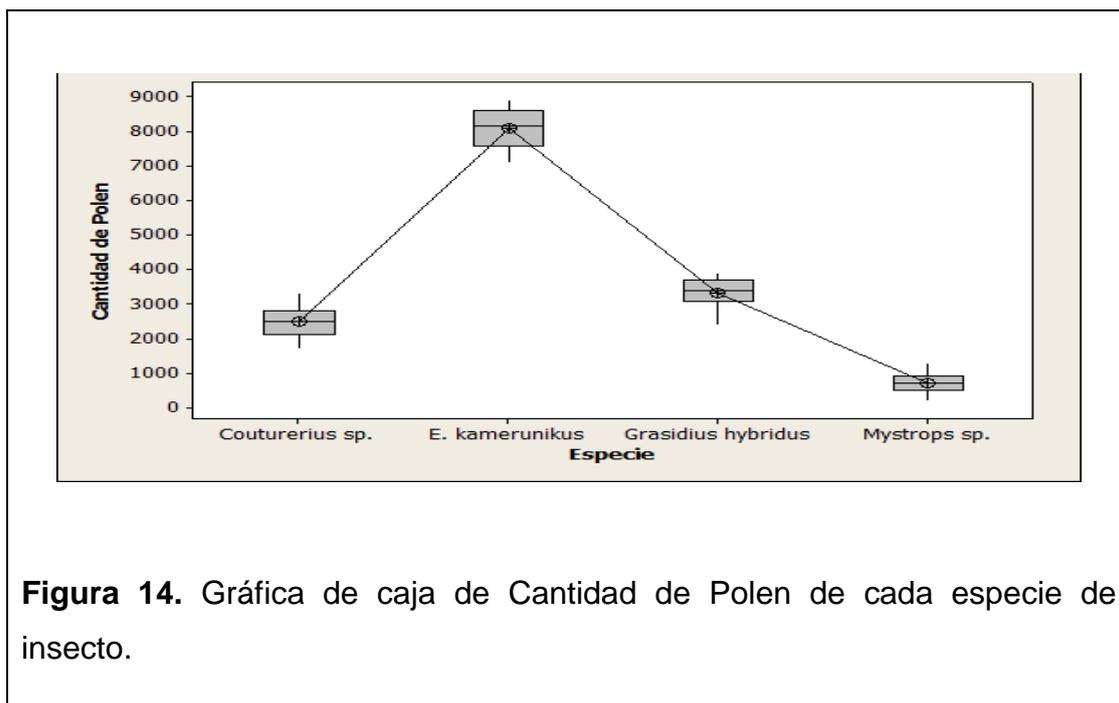


Figura 14. Gráfica de caja de Cantidad de Polen de cada especie de insecto.

El segundo insecto con mayor capacidad de carga de polen es *Grasidius hybridus*, aunque no tenga un gran tamaño como el *Couturerius sp.* o *E. kamerunikus*. Estos insectos presentaron una buena capacidad de carga de polen con una media de 3313 con una desviación estándar de $\pm 407,5$ granos de polen por espécimen, ya que poseen una considerable cantidad de setas. Estos insectos tienen gran presencia en inflorescencias masculinas y femeninas en *E. oleifera* como Taisha y en híbridos como CxL y Unipalma.

En el caso de *Couturerius sp.*, aunque posee un tamaño de 3,7 mm., este insecto mostró una carga de polen con una media de 2493,3 con una desviación estándar de $\pm 462,3$ granos de polen, la cual es inferior a los insectos anteriormente mencionados (*E. kamerunikus*, *G. hybridus*) y muestra una baja presencia en inflorescencias masculinas y femeninas si se compara con el resto de Curculionidos y *Mystrops sp.* Es por esta razón que se podría considerar como un agente polinizador menos efectivo (Prada, 1998).

La especie de insecto que presentó menor cantidad de acarreo de polen fue *Mystrops sp.*, con una media de 706,7 con una desviación estándar de $\pm 255,9$ granos de polen por individuo. Esto podría deberse a que en su cuerpo no tiene

alta cantidad de setas y es un insecto muy pequeño, a pesar de que tiene una gran presencia en número en las inflorescencias masculinas, se observó igualmente que durante el periodo lluvioso tuvo una mayor actividad que durante el periodo seco.

De acuerdo con Prada (1998), para los insectos polinizadores su fuente de alimentación es el polen, cuando las poblaciones de los insectos aumentan que en el presente estudio lo hacen en el periodo lluvioso los niveles de polinización aumentan significativamente, así mismo el porcentaje de llenado de frutos. Debido a que llegan mayor cantidad de insectos a las inflorescencias femeninas y favorecen así la polinización.

Estos valores son diferentes a los estudios desarrollados por Chinchilla (1990) quien afirma que cada insecto *Mystrops sp.* posee una carga promedio de granos de polen entre 64 y 46. Mientras que Prada (1998) establece un promedio de carga de polen entre 985 y 533. A pesar de que los resultados siguen siendo diferentes, estas diferencias se podría deber a las condiciones de Monagas en Venezuela, lugar donde se realizó el estudio difieren a las condiciones climáticas de la Costa ecuatoriana donde se realizó el presente trabajo.

En la tabla 8, se presenta el ANOVA referente a la carga de polen equiparándose con la especie de insecto polinizador y en el Anexo 5 se puede observar la prueba de Tukey, normalidad y gráfica de residuos.

Dado que el valor P indica 0,000 y es menor a $P < 0.05$ comprobamos la diferencia que existe respecto al polen acarreado por insecto con potencial polinizador como indica la tabla 8.

Tabla 8. ANOVA Cantidad de polen por especie de insecto polinizador.

ANOVA unidireccional: Cantidad de polen vs especie de insecto					
FUENTE	GL	SC	CM	F	P
ESPECIE	3	893066250	297688750	1548,96	0,000**
ERROR	116	22293667	192187		
TOTAL	119	915359917			

Se realizó igualmente la prueba de tukey a los datos referentes a la carga de polen con un nivel de confianza de 95%. Se logró identificar 4 grupos distintos, siendo el primer grupo compuesto por *E. kamerunikus*, el segundo perteneciente a *Grasidius hybridus*, el tercer grupo conformado por *Couturerius sp.* y el último grupo de la especie *Mystrops sp.* En el Anexo 4 se puede observar el porcentaje de error a partir de las células contadas.

De acuerdo con Prada (1998) es de gran importancia la identificación de estos 4 grupos, puesto que demuestra que hay 4 grupos distintos con respecto a eficiencia de transporte de polen. Los insectos *E. kamerunikus* son altamente eficientes en transporte de polen y se asocian a *E. guineensis*. En cambio, *G. hybridus* acarrea una buena cantidad de polen, pero se asocia a inflorescencias de *E. oleifera* e híbridos interespecíficos.

La especie de palma aceitera *E. guineensis* y la especie de insecto polinizador *E. kamerunikus* fueron introducidos al continente americano desde el continente Africano (Syed, 1984), por lo que existe una gran atracción entre el insecto y el material de palma aceitera siendo su desarrollo evolutivo conjuntamente.

5.3 Ciclo de vida de los insectos asociados a las inflorescencias de palma aceitera

Se realizaron observaciones *in vivo e in vitro* y se determinó que las larvas de las especies evaluadas mastican la parte superior de la antera de inflorescencia masculina abierta en pos-antesis. Estas se alimentan de los tubos de la antera ya que cuentan con una proboscis de estructura fuerte. Su

principal fuente de alimento es el polen producido por las inflorescencias masculinas en antesis de cada especie de palma aceitera; esta información se asemeja a aquella presentada en los trabajos desarrollados por Syed (1984).

Se notó una afinidad de los insectos por el polen emitido por materiales puros (*E. guineensis* y *E. oleifera*). En efecto, se observó una alta presencia de insectos en estos materiales en comparación de los materiales híbridos concordando con Syed (1984). La ovoposición empieza una vez culminado los dos días de antesis de la inflorescencia. El oviscapto, el órgano sexual que permite perforar los tubos de los estambres de las anteras en las inflorescencias es usado para depositar los huevos concordando con la información brindada por Syed (1984).

En el caso de *Mystrops sp.*, *Grasidius hybridus* y *Couturerius sp.*, se observó que el lugar donde depositan sus huevos es justo debajo de las anteras mientras que *E. kamerunicus* ubica sus huevos en la parte exterior de la antera (Syed, 1984). Algunos factores que pueden influenciar el ciclo de vida de los insectos polinizadores es la disponibilidad de alimento, humedad y otros indicadores climáticos como temperatura, pluviometría, altura, entre otros; presentes en las zonas donde se desarrollan los insectos. Esto es corroborado por los estudios de Syed (1984). En la tabla 9, se presenta el ANOVA referente al ciclo de vida total comprándose a la especie de insecto con potencial polinizador y en el Anexo 6 se puede observar la prueba de Tukey, normalidad y gráfica de residuos.

Tabla 9. ANOVA unidireccional: CV TOTAL vs. ESPECIE.

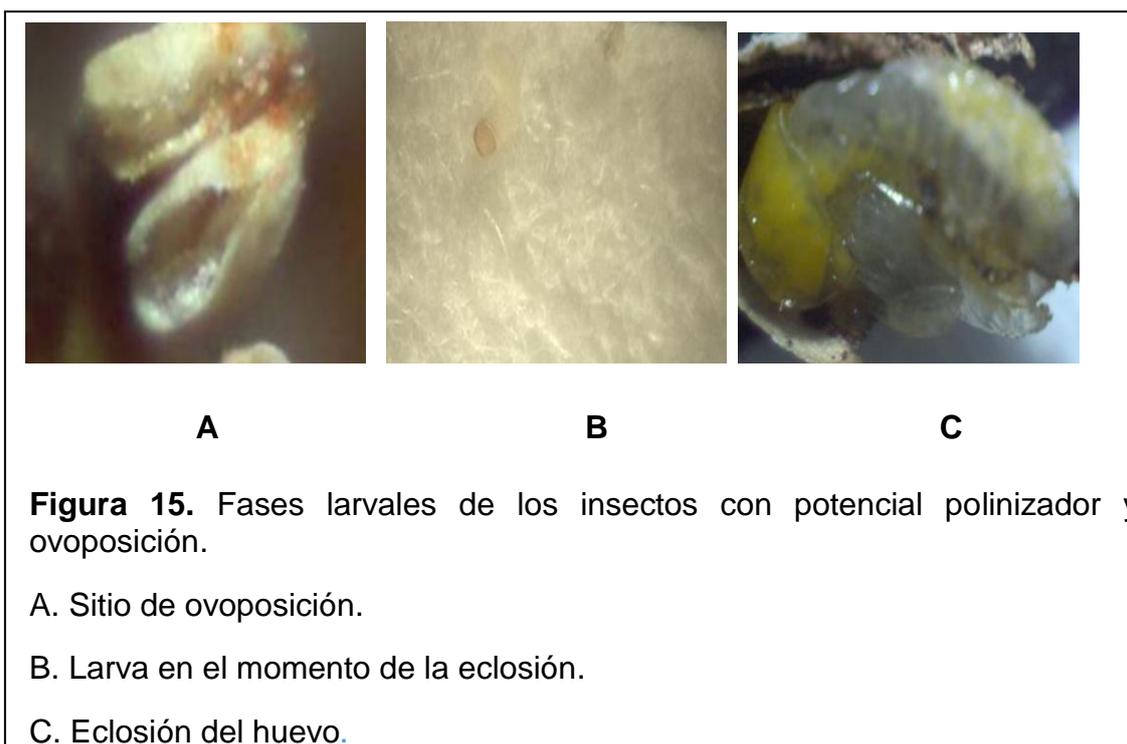
FUENTE	GL	SC	CM	F	P
ESPECIE	3	460,55	153,52	24,96	0,000 **
ERROR	40	246,00	6,15		
TOTAL	43	706,55			

Previo a los análisis ANOVA , se realizaron las pruebas de hipótesis sobre los residuos de los datos de los resultados, mediante el programa estadístico Minitab 16, no presentaron una distribución normal ya que su valor P es menor

que 0.010. Por lo tanto, se determina estos datos presentan una alta variabilidad interna y por lo tanto se necesitan estudios más profundos y realizar muestreos más extensos para poder generalizar los resultados presentados en el presente trabajo.

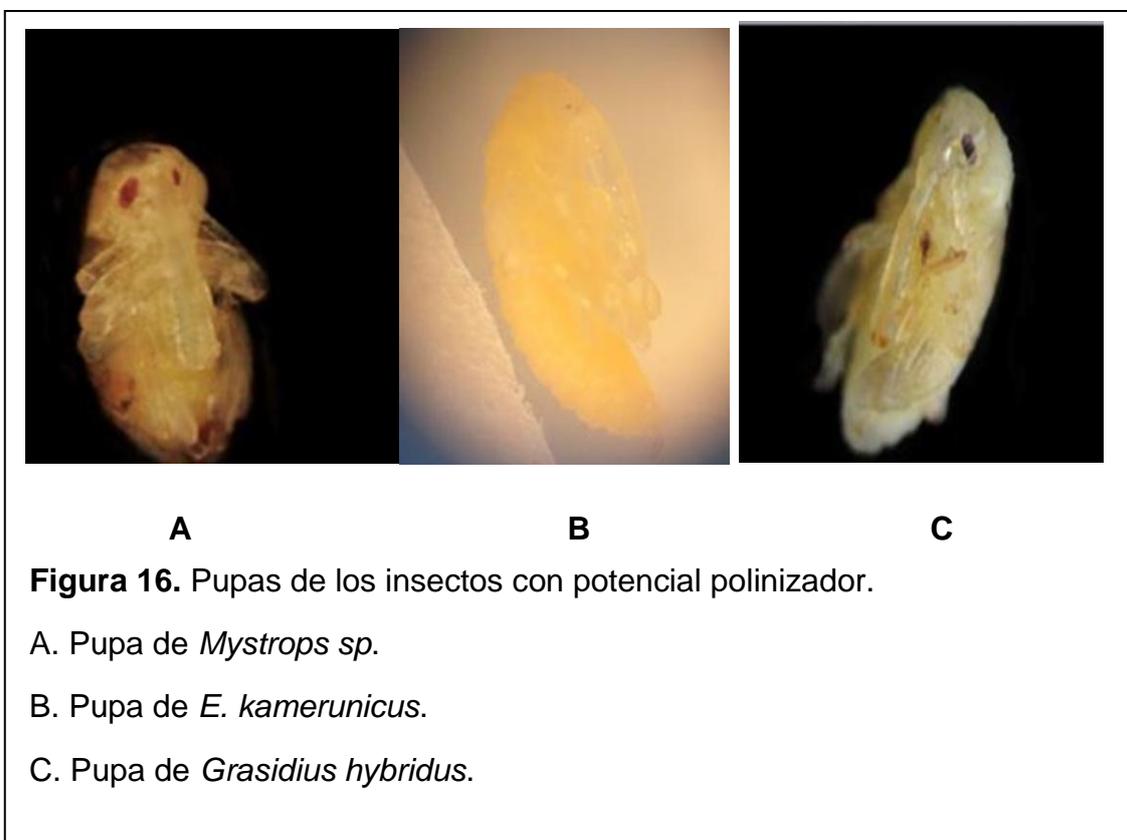
Generalmente, los huevos de los insectos polinizadores son ovopositados de manera individual por la hembra, específicamente entre la cutícula de la espiga y el mesófilo de la misma. Esto se observó en las recolecciones de los huevos de las diferentes especies de insectos, esto permite la protección del huevo de los depredadores, que en su mayoría son hormigas. Por otra parte, en este sitio, durante el momento de la eclosión, la larva cuenta con el alimento necesario para que se pueda desarrollar (Syed, 1984).

Previo a las eclosiones de las larvas de los insectos polinizadores, el huevo tiende a presentar pequeñas estrías y cambio de tonalidad, de un color blanquecino traslúcido cambia a un color amarillento oscuro. Luego, la larva del insecto para emerger muerde el cascarón y una vez afuera, su fuente de alimento es la estructura residual del huevo (Syed, 1984). En la figura 15, se puede observar el sitio de ovoposición de los huevos en las inflorescencias masculinas, las larvas recién eclosionadas y en durante el proceso de eclosión.



Una vez que el insecto emergió del huevo, en todas las especies de insectos se observó un aparato masticador desarrollado, este dato concuerda con las descripciones realizadas por Syed (1984). Las especies *Couturerius sp.* y *Grasidius hybridus*, durante su desarrollo, mostraron larvas con una cápsula cefálica bien diferenciada, de color café, el cuerpo de la larva se oscurece conforme avanza su madurez y se desarrollan pequeñas vellosidades. Esto se describe de igual manera por Syed en 1984. En la figura 16 se observan las pupas de cada especie de insecto asociadas a las inflorescencias de palma aceitera.

En las observaciones in vitro, se logró determinar que los insectos polinizadores utilizan las anteras necrosadas como método de protección hacia los diferentes depredadores como las hormigas descrito igualmente por Syed (1984). Las tonalidades empiezan a tornarse de un color amarillento a un café oscuro empezando por la cabeza hasta la base de los élitros. En la figura 16 se presenta las imágenes de pupas de las diferentes especies de nitidulidos y curculionidos con potencial polinizador.



En la figura 17, se aprecian los promedios de lapso de tiempo de los diferentes estadios a lo largo del ciclo de vida de cada insecto con potencial polinizador con sus respectivas desviaciones estándar. En el caso de *E. kamerunikus* en el estadio de huevo tiene un promedio 1,5 días. El periodo larval total tuvo un promedio de 6,7 días, siendo el periodo larval 1 de 1,5 días, el periodo larval 2 fue de 2,7 días y el periodo larval 3 fue de 2,4 días. El estadio de pupa tiene un promedio de 2,7 días. Finalmente, el estadio de adulto tiene un promedio de 19,3 días, siendo el ciclo de vida total promedio de 30,3 (± 3.93) días.

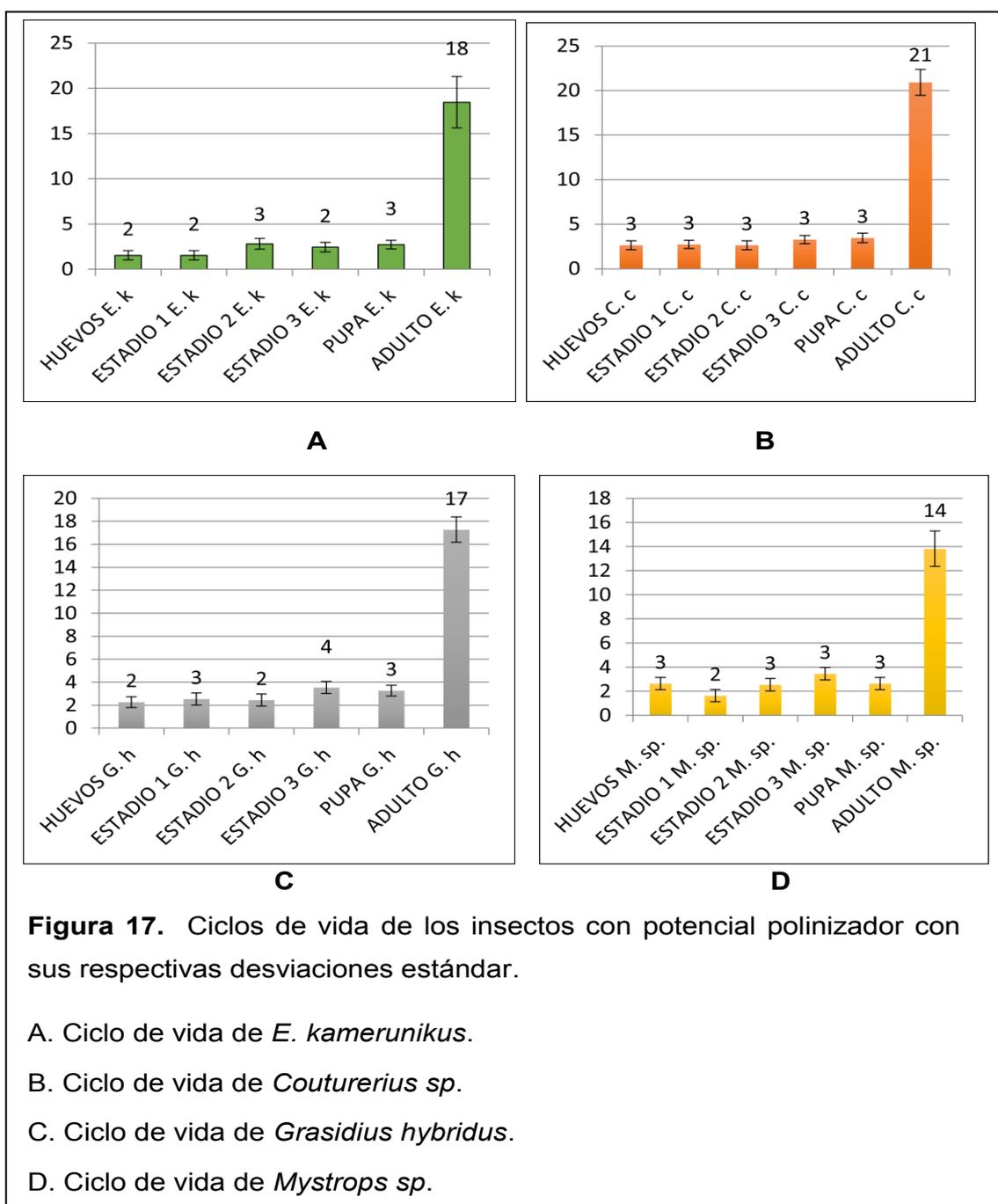
Couturerius sp. tiene un estadio de huevo en promedio de 2,6 días, en el periodo larval total un promedio de 8,7 días, siendo el periodo larval 1 de 2,6 días, en el periodo larval 2 de 2,6 días y el periodo larval 3 de 3,5 días, para el estadio de pupa tiene un promedio de 3,5 días, para el estadio de adulto tiene un promedio de 21,1 días, siendo el ciclo de vida total promedio de 36 ($\pm 1,96$) días.

En el caso de *Grasidius hybridus* el estadio de huevo tiene un promedio de duración de 2,3 días, en el periodo larval total presentó un promedio de 8,7 días, siendo el periodo larval 1 de 2,5 días, en el periodo larval 2 de 2,6 días y el periodo larval 3 de 3,6 días, para el estadio de pupa tiene un promedio de 3,5 días, para el estadio de adulto tiene un promedio de 17,2 días, siendo el ciclo de vida total promedio de 31,8 ($\pm 1,57$) días.

Finalmente, *Mystrops sp.* en el estadio de huevo pasa un promedio 2,7 días, en el periodo larval total un promedio de 7,5 días, siendo el periodo larval 1 de 1,6 días, en el periodo larval 2 de 2,4 días y el periodo larval 3 de 3,5 días, para el estadio de pupa tiene un promedio de 2,7 días, mientras que para el estadio de adulto tiene un promedio de 13,8 días siendo el ciclo de vida total promedio de 26,5 ($\pm 1,68$) días.

Couturerius sp. es el insecto que posee el ciclo de vida más largo, seguido por *E. kamerunikus*, *G. hybridus* y por último *Mystrops sp.* que posee el ciclo más corto. Según Syed (1984), estas diferencias podrían deberse al tamaño del

insecto, si existe o no la adecuada alimentación y si el hábitat cumple con las condiciones que el insecto requiere. En el presente estudio, el hábitat no cumple con las condiciones de donde fueron extraídos ya que el lugar de extracción es una selva semi tropical, por lo que en su mayoría es nublada/húmeda, es por ello que la actividad de los insectos con potencial polinizador incrementa en el periodo lluvioso.



5.4 Colección de Insectos

La colección elaborada en los laboratorios de la Universidad de las Américas contempló dos cajas entomológicas, en la primera caja se depositaron los insectos considerados como los más efectivos agentes polinizadores (*E. kamerunicus* y *G. hybridus*). Se ubicaron 120 insectos por especie debidamente etiquetados y conservados. En el caso de *Mystrops sp.* y *Couturerius sp.*, de igual manera se ubicaron 120 insectos por especie en la segunda caja y fueron correctamente etiquetados, clasificados y conservados en seco.

En la figura 18 se encuentra realizándose la colección entomológica en el laboratorio de la Universidad de las Américas. En el anexo 7 se puede observar la cantidad de insectos montados por especie.

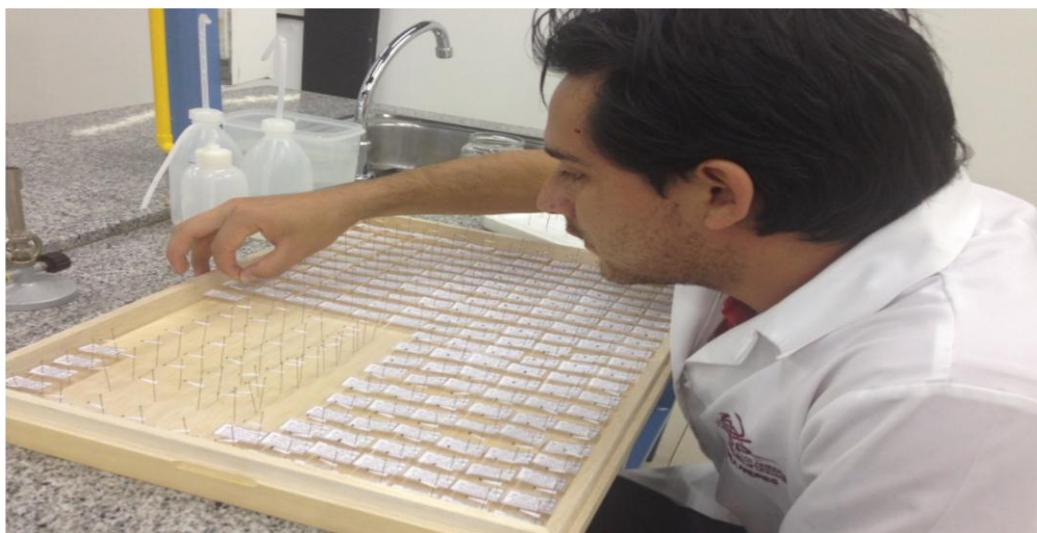


Figura 18. Colección Entomológica.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Las especies de insectos con potencial polinizador identificados en el cultivo de palma aceitera tanto en materiales puros (*E. guineensis* y *E. oleifera*) como en híbridos (Unipalma y Coari x LaMé), en la provincia de Esmeraldas, fueron *Elaeidobius kamerunicus*, *Grasidius hybridus*, *Couturerius sp.* y *Mystrops sp.*

Los insectos asociados a las inflorescencias: *Elaeidobius kamerunicus*, *Grasidius hybridus*, *Couturerius sp.* y *Mystrops sp.*, se encuentran en mayor proporción en las inflorescencias masculinas en comparación con las inflorescencias femeninas. Esto podría explicarse porque en las inflorescencias masculinas estos insectos cumplen su ciclo de vida (ovoposición, desarrollo larval, apareamiento y reproducción) y consiguen su principal fuente de alimento.

El híbrido de palma aceitera atrae en menor cantidad a los insectos que los materiales puros. En efecto, en el caso de híbridos, hay mayor presencia de insectos tanto en inflorescencias masculinas como femeninas si se encuentra un material puro en la cercanía. En el caso del material Coari x LaMé los insectos *Elaeidobius kamerunicus*, *Grasidius hybridus* cumplen su ciclo biológico en las inflorescencias masculinas.

Se analizó la dinámica poblacional tanto en periodo seco como lluvioso gracias al muestreo general realizado, determinándose que los insectos con potencial polinizador tienen una mayor actividad en el periodo lluvioso. En la etapa de anthesis de las inflorescencias tanto masculinas como femeninas, de materiales puros, como es el caso de *Elaeis guineensis* el insecto polinizador que siente mayor afinidad es *Elaeidobius kamerunicus* con 6630 insectos por planta. Con respecto al material puro *Elaeis oleifera*, los insectos polinizadores que sienten mayor afinidad son *Grasidius hybridus* con 2560 en segundo lugar, *Couturerius sp.* con 1871, *Mystrops sp.* con 7183, ya que se los encuentra con mayor

frecuencia en las inflorescencias femeninas. Se determinó una diferencia significativa debido a la presencia de insectos en las especies de palmas, mediante el método de Tukey, se generó cuatro grupos distintos que corresponden a cada especie de insecto.

Mediante los diferentes muestreos se determinó que el insecto polinizador con mayor capacidad de carga de polen fue *E. kamerunikus* presentando promedio de acarreo de polen de 8083,3 granos, y con un tamaño de 7,1 mm. Es posible que la cantidad de setas presentes en su cuerpo contribuyan a incrementar, la media de carga de polen a diferencia de los demás insectos. *G. hybridus* presentó un promedio de carga de 3313,3 granos de polen. *Couturerius sp.* carga en promedio 2493,3 granos y *Mystrops sp.*, un promedio de 706,6 granos. Falta mencionar que esto no es una buena característica como polinizador para *Mystrops sp.* Por protección a depredadores las larvas son ovopositados en las áreas de tejido de la inflorescencia masculina. *E. kamerunikus*, *Grasidius hybridus*, *Couturerius sp.*, y *Mystrops sp.*, se alimentan de los tubos polínicos, polen y de material necrosado de las inflorescencias en etapa de larvas. Los insectos polinizadores realizan su ciclo de vida o gran parte de este, en la inflorescencia masculina en las diferentes especies de palma aceitera.

6.2 Recomendaciones

Es necesario evaluar a los insectos polinizadores en la zona de Quinindé, La Concordia, Santo Domingo, para generar mayor información de los mismos. Evaluar los ciclos de vida por las condiciones climáticas, alimentación, competencias presentes en la zona.

Analizar el comportamiento de los picos de llegada en las inflorescencias femeninas en los periodos de seco y lluvioso como así también la presencia de insectos en las inflorescencias masculinas en los periodos mencionados.

La limpieza del área de trabajo donde se realizan los estudios de los ciclos de vida es de gran importancia, de igual manera humedecer las cámaras de cría paulatinamente y la alimentación otorgada debe ser de preferencia de la misma espiga donde fueron extraídos.

El manejo de los huevos, larvas y pupas, debe realizarse con el mayor cuidado posible ya que por el tamaño que poseen, son muy sensibles a lesiones mecánicas y mueren fácilmente por cambios de temperatura.

Como una posible solución al costo de polinización se podrían realizar estudios más profundos sobre la siembra intercalada en plantaciones de híbridos con filas de materiales puros, de preferencia *Elaeis oleifera*, por la variedad de insectos que cumplen su ciclo de vida en su inflorescencia masculina.

Para un mayor control en la cantidad de insectos por hectárea se deberían realizar estudios acerca de la distribución de insectos con el fin de evaluar la dispersión, capacidad de movimiento y conocer más sobre el comportamiento de los mismos.

REFERENCIAS

- Aguilar, G. (2008). Bolsa de Negocios. Recuperado el 17 de Junio de 2015, de <http://www.freewebs.com/bolsanegocios/palmaafricana.htm>.
- Aguilar, G. (2008). Tierras para palma africana. Recuperado el 22 de Marzo de 2015, de <http://www.freewebs.com/bolsanegocios/palmaafricana.htm>
- ANCUPA - SIGAGRO. (2005). Estudio macroeconómico de la situación del cultivo de palma africana en el Ecuador. *El Palmicultor*, 12-14.
- Bar, M. (2010). ORDEN COLEOPTERA. *Biología de los Artrópodos 2010*, 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*, 13.
- Barba, J. (2011). Oleíferas ecuatorianas alternativa de manejo agronomico para compensar las pérdidas ocasionadas por la pudrición del cogollo en america latina. *Coca*.
- Bastidas, O. (2010). Conteo celular con hematocitómetro. Florida: Technical Note- Neubauer Chamber Cell Counting.
- Bastidas. (2011). Predicción y control de la cosecha en el híbrido interespecífico *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* en la zona palmera occidental de Colombia. II. Santander: Corpoica Ciencia y tecnología Agropecuaria.
- Cayón, D. (2014). Caracterización Morfológica y Fisiológica de Palmas de aceite Taisha y sus Híbridos en la región amazónica del Ecuador. Recuperado el 09 de Septiembre de 2015, de https://drive.google.com/a/udlanet.ec/folderview?id=0BxAcOg6Hlr4CTUpKWE1rQ3MzUUk&usp=sharing_eid&tid=0B0PmsoAUNsPnZ0IkZEEueko1TTg
- Chávez, F., y Rivadeneira, J. (2003). Manual del cultivo de Palma aceitera (*E. guineensis*) para la zona Noroccidental de Pichincha. ANCUPA-INIAP , 44.
- Chinchilla C., D. R. (1990). Polinización en palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq) en Centroamérica. *Turrialba*, 452-460.

- Garmin. (2008). Garmin 62s. Recuperado el 16 de Octubre de 2015, de <http://gpsinformation.info/penrod/62S/sixtytwos.html>
- Genty, P. (1985). Polinización entomófila de la palma africana en América tropical. *Palmas*, pág. 6, 90-101.
- Genty P., A. G. (1986). Polinización entomófila de la palma africana en América tropical. *Oleagineux*, 101-102.
- Genty, P., y Ujueta, M. (2013). Relatos sobre el híbrido interespecífico de palma de aceite OxG- Coari x La Mé: esperanza para el trópico. *Fedepalma*, 277-283.
- Genty, P., y Ujueta, M. (2013). RELATOS SOBBRE EL HÍBRIDO interespecífico de palma de aceite OxG-Coari x La Mé: esperanza para el trópico. Bogotá: Fedepalma.
- Gutierrez, H., y De La Vara, R. (2008). Análisis y diseño de experimentos. México: McGraw-Hill.
- Hardon, J., y Corley, R. (1976). *Pollination in Oil Palm Research*. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company.
- Hartley, C. (1968). The oil palm in Ecuador. *Oil Palm News* , p. 5-9.
- Herlinda, S., y Pujiastuti, Y. (2006). DAUR HIDUP KUMBANG PENYERBUK, *Elaetdobius ktmerunicus* F AUST.(COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) BUNGA KELAPA SAWIT (f./a eis g uineensis J ACQ,I. *Agria* , 2.
- Herrera, G. (1976). Cultivo e Industria de la Palma Aceitera. Recuperado el 15 de julio de 2015, de https://drive.google.com/a/udlanet.ec/folderview?id=0B0PmsoAUNsPnZ0lkZEUeko1TTg&usp=sharing_eid.
- Hormaza, P. (2010). Fenología de la palma de aceite africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) y del híbrido. Bogotá: Corporación Centro de Investigación en Palma (Cenipalma).
- Javronicky, L. (1958). Error en conteo celular. Recuperado el 16 de Diciembre de 2015, de <http://www.celeromics.com/es/resources/docs/Articles/Formula-y-Tabla-Error-Recuento-Celular-ES.pdf>

- Juez, R. (2004). Cultivo y Produccion de palma africana en la provincia de los Rios. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politecnica del Litoral.
- 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 , 1.
- Marquez, J. (2005). Técnicas de colecta y preservación de insectos. Pachuca: Centro de Investigaciones Biológicas.
- Morillo, J., y Mendoza, R. (2013). Panorama Nacional. Recuperado el 28 de Febrero de 2016, de http://sinagap.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/BoletinesCultivos/palma_africana.pdf
- Muñoz, A. (2014). Agrytec.com. (Agrytec.com, Editor, & el Bananer) Recuperado el 19 de Enero de 2016, de http://www.agrytec.com/agricola/index.php?option=com_content&view=article&id=3468:palma-africana-en-el-ecuador&catid=49:articulos-tecnicos&Itemid=43
- Naranjo, O. (2002). Sectorial Palma Africana. Recuperado el 27 de Febrero de 2016, de http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB8QFjAA&url=http%3A%2F%2F repositorio.espe.edu.ec%2Fbitstream%2F21000%2F2400%2F1%2FT-ESPE-021902.pdf&ei=4jrdVlb4EcqnNt_ngLAP&usg=AFQjCNG09T1c4URM5I CU3TUDjERHHsokjw&sig2=P-Uw8eb0KCIFLfXXu1.
- Prada, M. (1998). Efectividad de dos especies del género *elaeidobius* (coleoptera: *curculionidae*) como polinizadores en palma aceitera. Monagas, Venezuela: Bioagro.
- Preciado, C., Bastidas, S., Betancourth, C., Peñal, E., y Pérez, R. (2011). Predicción y control de la cosecha en el híbrido interespecífico *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* en la zona palmera occidental de Colombia I. Determinación del periodo de madurez para obtener racimos con alto contenido de aceite. Recuperado el 22 de Febrero de 2016, de

http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/Revista/1_Prediccion_I.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).
- Recalde, O. (2000). Análisis de los resultados del III censo agropecuario. Proyecto SICA - MAG, 10.
- 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.
- Rivadeneira, J. (2013). Palmicultores piden precio estable. El Universo, pág. 1.
- Santos, J., Gaviles, B., Juez, D., y Maluk, O. (2004). Proyecto de cultivo y producción de palma africana en la provincia de los Ríos, Ecuador. Recuperado el 28 de Diciembre de 2015, de: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/736/1/1350.pdf>
- Syed, R. (1984). Los Insectos Polinizadores de la Palma Africana. Palmas , 43.
- Syed, R. (1986). Factibilidad de la introducción de *Elaeidobius kamerunicus* en Colombia. Palmas , 7, 11-15.
- Tito, P. (2014). Plan Mantenimiento PDR. Coca.
- Torres, E. (2013). Avances en el desarrollo industrial del híbrido OxG en Palmeras Ecuador. PALMAS.
- 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, 426-432.
- Unilever. (1991). Semillas Unipalma Eo x Eg. Recuperado el 23 de Noviembre de 2015, de <http://www.unipalma.com/semilla>.
- Vera, J. (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

interespecifico (*E. guineensis* x *E. melanococca*) en Colombia. *Palmas*, 6.

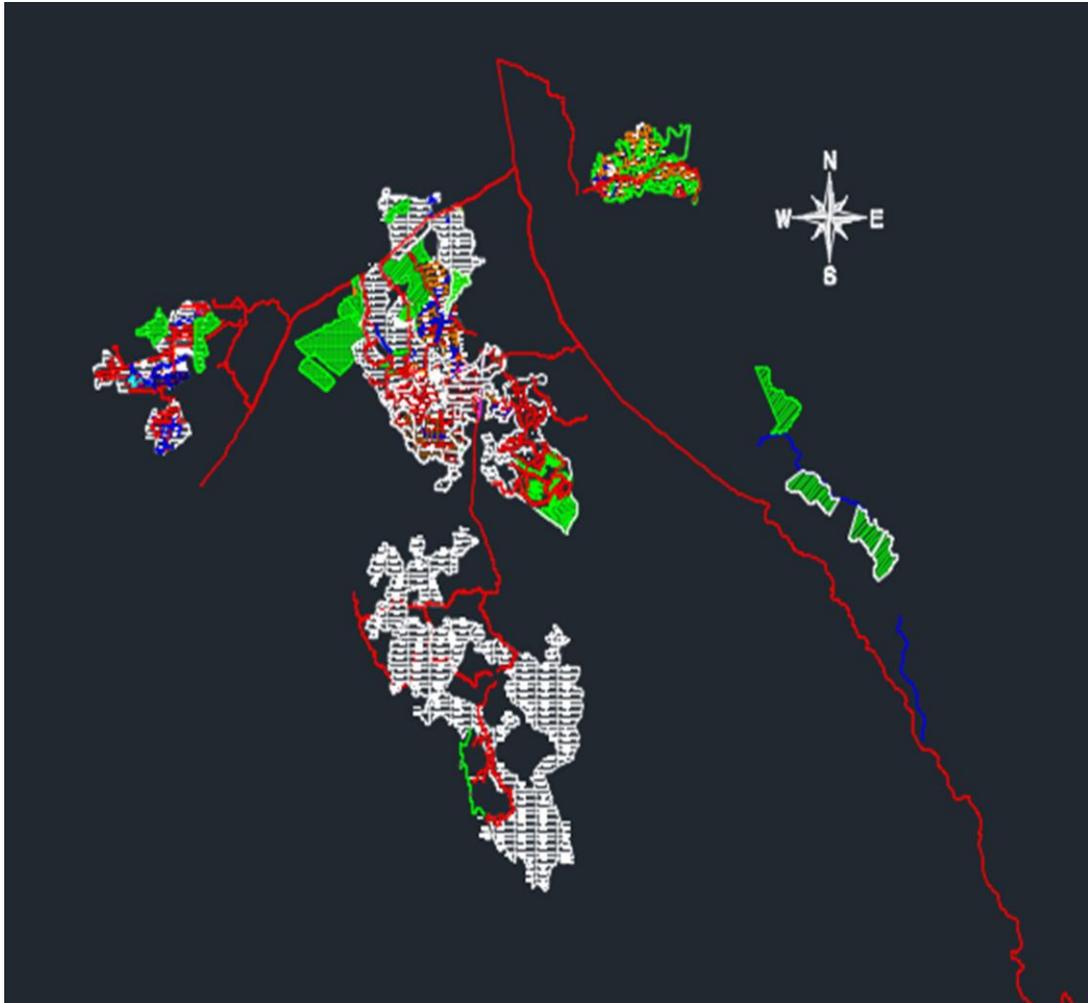
Vera, M. (1985). Entomofauna nativa y análisis de polinización en palma africana, palma americana e híbrido en Colombia. *Palmas*, 6, 101-108.

Villalobos, A. (2009). Cambios morfológicos durante la ontogenia del estado pupal de *Melanoloma viatrix* (Diptera: Richardiidae). *Scielo*, 24.

Zenner. (1985). Estudios iniciales de las poblaciones larvales de *Elaeidovius kamerunicus* en Colombia. *Palmas*, 6, 85-90.

ANEXOS

ANEXO 1. MAPAS DE LA PLANTACIÓN



MAPA DE LA PLANTACION ENERGY & PALMA S.A

ANEXO 2

Etiquetas para la realización del Muestreo General

Periodo Seco y Lluvioso.

UNIPALMA

ZONA 1	
PLANOS	SARRIA

1F 2	2	2N1	2
1-G-1	2	2Ñ1	2
1-G-2	2	2O 2	2
2-C-1	2	2-Ñ-3	2
4-E	2	2-N-2	2
		2-Ñ-2	2
		2-M-1	2
		3-A-1	2
		3-A-2	2
		2P 2	2

ZONA 2	
K6-67	1
K5 87	1
1-C-1	1
K5-97	1
K6-7	1

ZONA 5	
L1 83	1

ENERGY-PALMA UNIPALMA	
ZONA	1
LOTE	# PALMAS
2P 2	2
PALMAS MUESTREADAS IM	
FILA	NUMERO

ANEXO 3

Ficha Técnica 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 (H ₂ O): 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 4

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

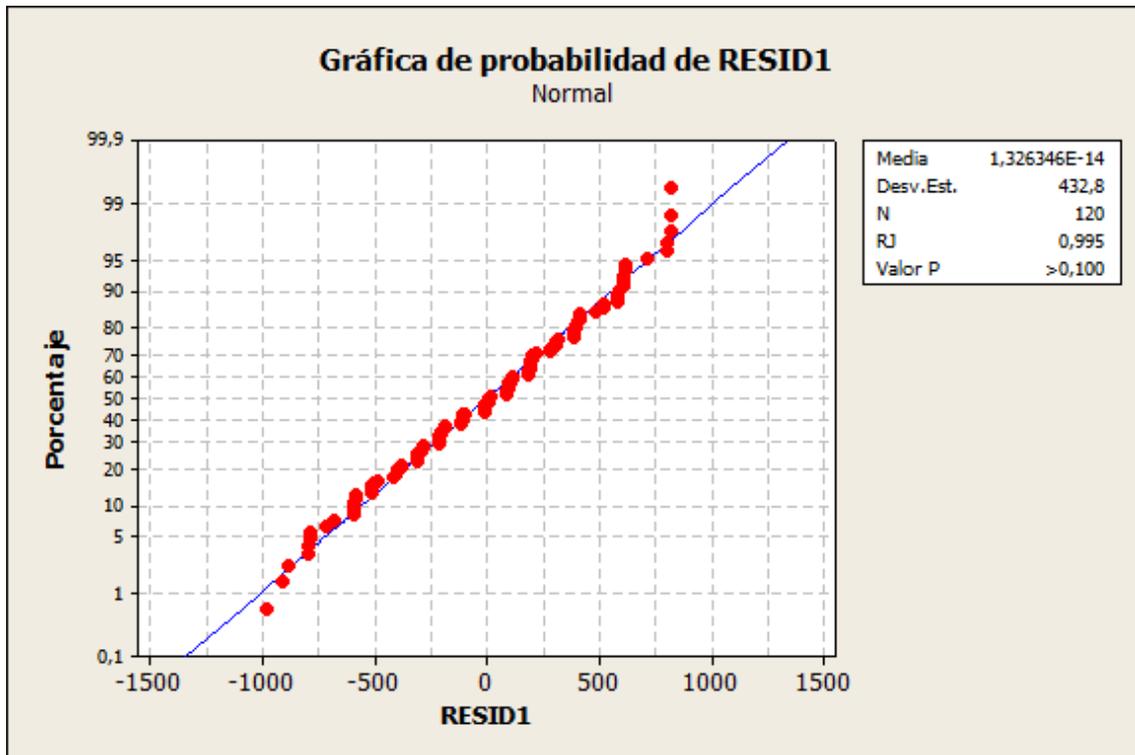
Células contadas	Error %
5	89
10	63
15	52
20	45
25	40
30	37
35	34
40	32
45	30
50	28
60	26
70	24
80	22
100	20
150	16
200	14
300	12
500	9

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

ANEXO 5

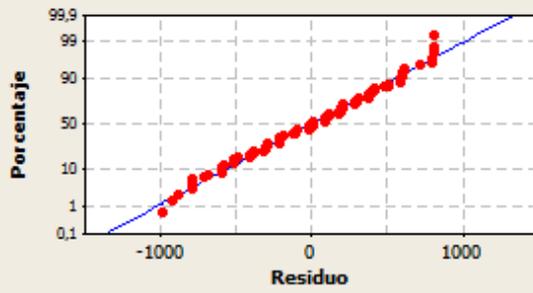
Análisis de la Prueba de TUKEY referente a la carga de polen por especie de insecto, Normalidad y Gráfica de Residuos.

ESPECIE	N	MEDIA	AGRUPACIÓN
<i>E. kamerunikus</i>	30	8083,3	A
<i>Grasidius hybridus</i>	30	3313,3	B
<i>Couturerius sp.</i>	30	2493,3	C
<i>Mystrops sp.</i>	30	706,7	D

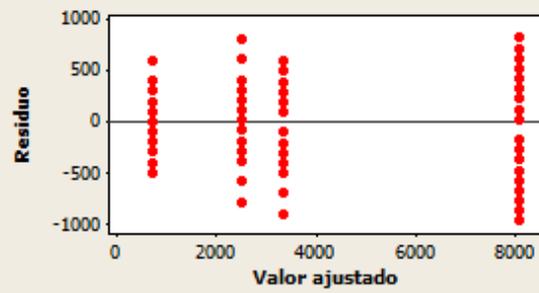


Gráficas de residuos para Cantidad de Polen

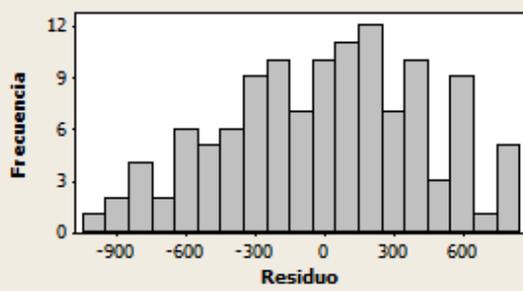
Gráfica de probabilidad normal



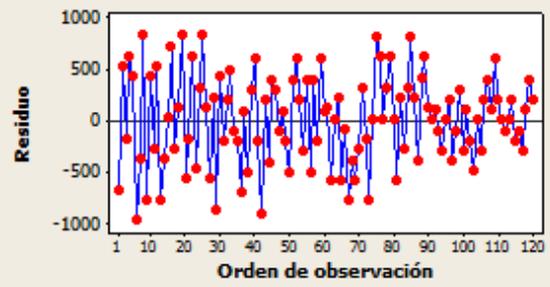
vs. ajustes



Histograma



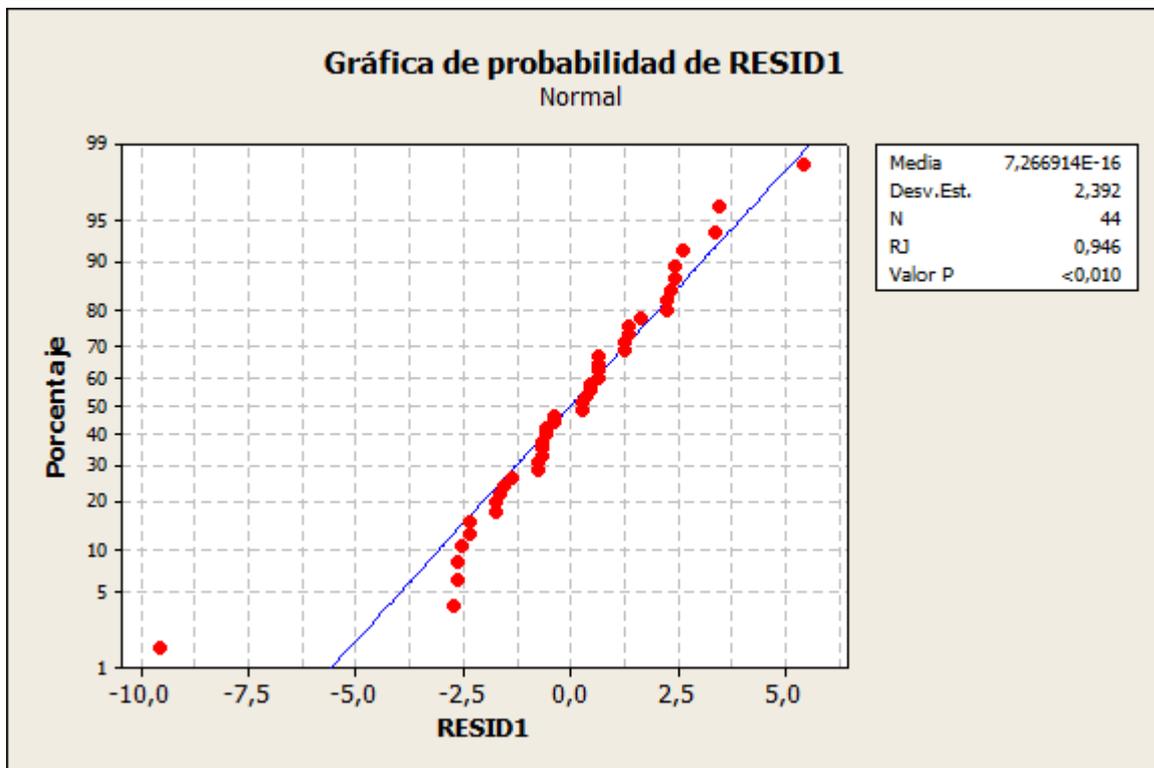
vs. orden



ANEXO 6

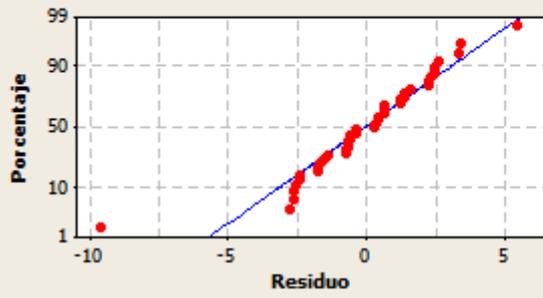
Análisis de la Prueba de TUKEY referente a la media del ciclo de vida por especie de insecto, Normalidad y Gráfica de Residuos.

NIVEL	N	MEDIA	DESV. EST.
<i>Couturerius sp.</i>	11	35,636	1,963
<i>E. kamerunikus</i>	11	29,545	3,934
<i>Grasidius hybridus</i>	11	31,364	1,567
<i>Mystrops sp.</i>	11	26,727	1,679



Gráficas de residuos para CV TOTAL

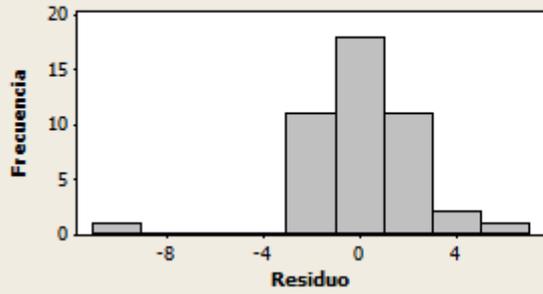
Gráfica de probabilidad normal



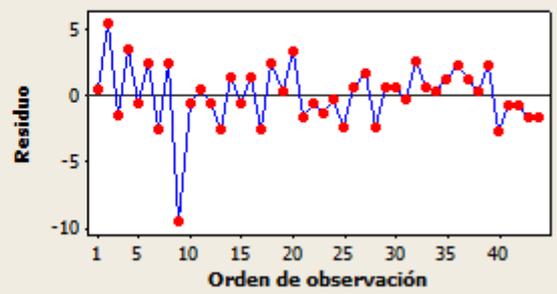
vs. ajustes



Histograma



vs. orden



ANEXO 7

Tabla que muestra la cantidad de insectos montados.

INSECTO	NUMERO DE INSECTOS MONTADOS EN LA COLECCION
<i>E. kamerunikus</i>	170
<i>G. Hybridus</i>	170
<i>Couturerius sp.</i>	170
<i>Mystrops sp.</i>	170