



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESTUDIO DE LA VIABILIDAD Y COMPATIBILIDAD DEL POLEN DE
HÍBRIDOS INTERESPECÍFICOS EN PALMA ACEITERA OxG (*Elaeis
oleifera x Elaeis guineensis*) EN SAN LORENZO, ESMERALDAS

AUTOR

Franco Estéfano Tobar Gamba

AÑO

2018



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESTUDIO DE LA VIABILIDAD Y COMPATIBILIDAD DEL POLEN DE
HÍBRIDOS INTERESPECÍFICOS EN PALMA ACEITERA OxG (*Elaeis oleifera*
x Elaeis guineensis) EN SAN LORENZO, ESMERALDAS

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

Profesor Guía

M. Sc. María Raquel Meléndez Jácome

Autor

Franco Estéfano Tobar Gamba

Año

2018

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido el trabajo, ESTUDIO DE LA VIABILIDAD Y COMPATIBILIDAD DEL POLEN DE HÍBRIDOS INTERESPECÍFICOS EN PALMA ACEITERA OxG (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*) EN SAN LORENZO, ESMERALDAS, a través de reuniones periódicas con el estudiante Franco Estéfano Tobar Gamba, en el semestre 2018-1, 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.I: 1709384067

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, ESTUDIO DE LA VIABILIDAD Y COMPATIBILIDAD DEL POLEN DE HÍBRIDOS INTERESPECÍFICOS EN PALMA ACEITERA OxG (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*) EN SAN LORENZO, ESMERALDAS, del estudiante Franco Estéfano Tobar Gamba, en el semestre 2018-1, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Diego Cecil Proaño Egas

Máster en Ciencias Agropecuarias

C.I: 1705055646

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”

Franco Estéfano Tobar Gamba

C.I:1724123490

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer primero a Dios por el camino lleno de sabiduría que me brindó a lo largo de esta etapa. A mis padres y hermanos por su apoyo incondicional en todo momento y su cariño indispensable. A la Universidad de las Américas, a los docentes que me enseñaron y todos mis compañeros con los que compartí gratos momentos. A Energy & Palma por abrirme las puertas y al equipo del Departamento de Investigación y Desarrollo por su colaboración en el desarrollo de este trabajo.

DEDICATORIA

Quiero dedicar el trabajo a mis padres Leticia y Jorge, quienes siempre esperan tanto de mí y me han ayudado indispensablemente para mi formación profesional. A mis mejores amigos André y Jazmín por su confianza en mí y su cariño incondicional.

RESUMEN

Los híbridos interespecíficos OxG de palma aceitera fueron desarrollados a partir del mejoramiento genético como reemplazo de la palma africana, *Elaeis guineensis* debido a su susceptibilidad a la pudrición del cogollo (PC). Los híbridos OxG son resistentes a la PC gracias a que heredan esta resistencia de su madre, la palma americana *Elaeis oleifera*. A pesar de que se logró controlar las pérdidas por PC con la sustitución de las palmas de *E. guineensis* por material genético híbrido OxG, otros factores se han dificultado como la polinización entomófila, lo que ha generado la necesidad de recurrir a las actividades de polinización asistida para obtener excelentes racimos. Estas actividades representan altos costos de producción en las plantaciones de palmas OxG. En este estudio se evaluó la viabilidad y compatibilidad del polen de los materiales híbridos OxG Unipalma, Coarí x La Mé y Taisha x Avros comparándose con materiales puros de palma aceitera. El análisis de viabilidad de estos materiales híbridos demostró que son casi infértiles y sus medias porcentuales de germinación son 1,85%, 1,10% y 0,60% respectivamente, mientras que las medias porcentuales de germinación para *E. guineensis* y *E. oleifera* son de 98,85% y 42,65% respectivamente. Por otro lado, se realizaron cruces para determinar la compatibilidad del polen entre los materiales híbridos estudiados mediante el polen de estos híbridos y como testigo al polen comercial. Mediante el análisis del racimo (fruit set) se comprobó que la compatibilidad del polen de materiales puros e híbridos OxG de palma aceitera influye en la formación de frutos normales. La media fraccionaria de frutos normales conformados en racimo mediante el polen de Unipalma, Coarí x La Mé, Taisha x Avros y *E. guineensis* es de 0.15, 0.13, 0.10 y 0.23 respectivamente. El cruce entre los materiales de Coarí x La Mé y Taisha x Avros fue el que mayor media presentó con un 20,20% de frutos normales en racimo frente a una media de 22,38% del tratamiento de referencia.

ABSTRACT

The interspecific OxG hybrids of oil palm were developed from genetic improvement programs as a replacement for the African palm *Elaeis guineensis*, due to its susceptibility to Bud Rot or PC. The OxG hybrids have the capability of resist the PC thanks to the resistance granted by their mother the American palm *Elaeis oleífera*. Even though the fact that PC losses were controlled with substitution of *E. guineensis* crops for OxG hybrid materials, other facts such as entomophilous pollination have gotten more difficult, which has generated the need of draw on activities of assisted pollination to obtain a good *fruit set* of bunches. These activities represent high production costs in hybrid plantations. Interspecific OxG hybrids of oil palm have a poor fertility; they can even be completely sterile. In this study, the viability and compatibility of OxG hybrid materials Unipalma, Coarí x La Mé and Taisha x Avros were evaluated and compared with viability and compatibility from pure oil palm materials. The viability analysis showed that they are almost infertile and their germination mean rates are 1.85%, 1.10% and 0.60% respectively, while germination mean rates from *E. guineensis* and *E. oleífera* are 98.85% and 42.65% respectively. Moreover, crosses between the studied hybrid materials were made to determine pollen's compatibility from hybrid materials and commercial pollen was used as reference. It was verified through the fruit set analysis that the compatibility of pollen from pure and hybrid OxG materials of oil palm has effect on the formation of normal fruits. The fractional mean of normal fruits formed in bunch through pollen of Unipalma, Coarí x La Mé, Taisha x Avros and *E. guineensis* is 0.15, 0.13, 0.10 and 0.23 respectively. The cross between Coarí x La Mé and Taisha x Avros materials showed the highest mean rate with 20.20% of normal fruits in bunch in front of a mean rate of 22.38% obtained from the reference treatment.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	OBJETIVOS.....	3
2.1.	Objetivo General.....	3
2.2.	Objetivos Específicos	3
3.	MARCO TEÓRICO.....	3
3.1.	Generalidades del cultivo de palma aceitera.....	3
3.1.1.	Importancia Económica de la palma aceitera	4
3.1.2.	Descripción del Cultivo y Factores para su desarrollo	6
3.1.3.	Principales diferencias morfológicas entre <i>E. guineensis</i> y <i>E. oleifera</i>	14
3.2.	Impacto de la pudrición del cogollo.....	15
3.3.	Híbridos Interespecíficos OxG (<i>E. oleifera</i> x <i>E. guineensis</i>) 16	
3.4.	El polen de la palma aceitera	23
3.4.1.	El polen de híbridos OxG.....	23
3.5.	Polinización.....	24
3.5.1.	Polinización asistida o artificial en híbridos OxG	25
4.	METODOLOGÍA.....	26
4.1.	Ubicación y localización del proyecto.....	26
4.2.	Procedimiento experimental	30
4.2.1.	Recolección del polen.....	30
4.2.2.	Cosecha y procesamiento del polen.....	33

4.2.3.	Cuantificación y determinación del polen viable	33
4.2.4.	Polinización asistida y cruces entre materiales híbridos.....	37
4.2.5.	Compatibilidad del polen	39
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
5.1.	Resultados del porcentaje de Germinación del Polen.....	45
5.2.	Compatibilidad del polen entre cruzamientos.....	51
5.2.1.	Análisis de varianza del peso del racimo.....	52
5.2.2.	Conformación porcentual de frutos normales en racimo	54
5.2.3.	Conformación porcentual de frutos partenocárpicos en racimo....	59
5.2.4.	Conformación porcentual de frutos aborto en racimo.....	62
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
6.1.	Conclusiones.....	66
6.2.	Recomendaciones	67
	REFERENCIAS	69
	ANEXOS	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Zona 7	28
Figura 2. Mapa de Zona 1	29
Figura 3. Aislamiento de una inflorescencia.....	32
Figura 4. Visualización de los granos de polen en un medio de cultivo.	35
Figura 5. Polinización asistida y controlada	38
Figura 6. Granos de polen de E. oleifera.....	42
Figura 7. Morfología y medidas de los granos de polen de los híbridos Unipalma, Coarí x La Mé y Taisha x Avros.	43
Figura 8. Medias de los porcentajes entre materiales genéticos estudiados de palma aceitera.....	45
Figura 9. ANOVA de la viabilidad del polen de los materiales híbridos, agrupaciones representadas por letras Mayúsculas respectivas	49
Figura 10. Prueba de Varianzas Homogéneas.....	50
Figura 11. Análisis de varianza para peso del racimo y comparación de medias.....	53
Figura 12. Análisis de varianza del porcentaje de frutos normales en racimo y comparación de medias porcentuales entre tratamientos (Madre x Padre). Tratamientos diferenciados por color.	56
Figura 13. Comparación de medias porcentuales de frutos partenocárpicas. Tratamientos diferenciados por color.	60
Figura 14. Comparación de medias de frutos aborto.	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de la Palma aceitera.....	7
Tabla 2. Tipos de fruto en palma aceitera.....	12
Tabla 3. Formas del fruto de la palma de aceite.....	12
Tabla 4. Estados fenológicos de las inflorescencias en plantas híbridas.....	19
Tabla 5. Características agroecológicas y ubicación de la plantación Energy & Palma S.A.....	26
Tabla 6. Lotes y tipos de material genético estudiados en la plantación de Energy & Palma S.A.....	30
Tabla 7. Materiales genéticos utilizados como tratamientos para el estudio de la viabilidad del polen.....	37
Tabla 8. Cuadro de Punnett de los cruzamientos diseñados para la evaluación de la compatibilidad del polen.....	39
Tabla 9. Tratamientos correspondientes a los cruces planteados para el estudio de la compatibilidad del polen.....	41
Tabla 10. Análisis de varianza para peso del racimo.....	53
Tabla 11. Prueba de Tukey al 5% para peso del racimo.....	54
Tabla 12. Análisis de varianza para porcentaje de frutos normales.....	55
Tabla 13. Medias agrupadas por medio de la prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de frutos normales.....	56
Tabla 14. Análisis de varianza (ANDEVA) para el porcentaje de frutos partenocárpicos.....	60
Tabla 15. Prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de frutos partenocárpicos en racimo.....	61
Tabla 16. Análisis de Varianza para el porcentaje de frutos abortos en racimo.....	69
Tabla 17. Prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de frutos aborto.....	64

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de palma aceitera se ha establecido como una de las especies que contribuyen a la economía global, debido a su importancia en la utilización del aceite obtenido a través de su fruto oleoso (SOLIMEC, 2014). Los primeros cultivos que se establecieron en Ecuador datan de 1953, en el Cantón Santo Domingo, mediante el uso de una variedad procedente de Honduras, Dura Deli (ANCUPA, 2015).

El cultivo de palma aceitera en el Ecuador se desarrolla de forma óptima debido a las condiciones climáticas como luz, humedad, temperatura, entre otros factores. Estos factores que favorecen el desarrollo del cultivo, son característicos de las zonas tropicales del país (EPOA, 2014, pág. 3). Con base en estos antecedentes, en 1994, Ecuador promovió y logró las primeras exportaciones de aceite de palma, catalogándose a partir de allí, como uno de los rubros más importantes de la economía de las cadenas productivas agrícolas del país (ANCUPA, 2015).

Actualmente, el cultivo sigue creciendo sosteniblemente, llegando a ser el segundo cultivo perenne de mayor extensibilidad en Ecuador con más de 280000 ha cultivadas por más de 7000 palmicultores (Ministerio del Ambiente, 2016). La producción de aceite de palma en el Ecuador es de alta importancia económica ya que representa el 4% del PIB agrícola (FEDAPAL, 2015). Además, es una fuente de trabajo importante para el 87% de los pequeños productores de palma de aceite que forman parte del mercado nacional (PRO ECUADOR, 2014, pág. 5).

Los primeros híbridos interespecíficos OxG (*oleífera x guineensis*) se produjeron en el Instituto Agronômico do Norte (IAN) en Brasil, donde varios materiales genéticos de palma de aceite fueron evaluados. El fin de esta evaluación fue determinar los cruces que promovieran la alta resistencia a la “Pudrición del Cogollo”, enfermedad letal en el cultivo; y por otro lado, una alta productividad de frutos, tanto en cantidad y calidad de aceite (Vieira & Lopes, 2010).

El híbrido interespecífico OxG tiene características que favorecen a una mejor producción de palma aceitera y presenta resistencia al PC; por lo que en general

es considerada como una alternativa en lugares con alta presión de la enfermedad (Alvarado, Guzmán, Chinchilla, & Escobar, 2007, pág. 263). Sin embargo, esto ha generado otros inconvenientes en el manejo agronómico: las espatas que recubren toda la inflorescencia femenina, impiden la polinización entomófila. A la par de este inconveniente, estas palmas presentan una baja disponibilidad de flores masculinas (Alvarado y otros, 2007, pág. 263).

La polinización natural en híbridos OxG está imposibilitada por las espatas o bractéolas durante la antesis de la flor, de modo que los insectos no pueden acceder fácilmente al interior (Escobar, J., & Alvarado, 2013, pág. 309). Esto causó que se añadiera un motivo más a la necesidad de llevar a cabo la polinización asistida en este cultivo (Escobar, J., & Alvarado, 2013, pág. 309). La polinización asistida representa uno de los costos directos más altos dentro de la labor de producción del aceite de palma y es una de las más importantes, ya que sin polinización asistida no se da un eficiente llenado de racimos (ASD, 2010).

Debido a los altos costos implicados en la polinización asistida y los cambios en los factores climáticos que intervienen en el desarrollo de las plantaciones híbridas de palma aceitera, nuevas realidades relacionadas con cambios climáticos se han encontrado en estas zonas tropicales (Meléndez & Ponce, 2016, pág. 108). En las zonas donde se siembra palma aceitera, todavía se trabaja en determinar cuál es el material genético que debe ser usado para obtener mayor productividad y calidad de frutos bajo condiciones específicas de clima y suelo. Por esta razón, el presente trabajo tiene como finalidad evaluar la viabilidad del polen de híbridos de palma aceitera y, por otro lado, evaluar el llenado de racimos mediante el uso del polen de híbridos interespecíficos, como una posibilidad de sustituir al polen de *E. guineensis* dentro de la polinización asistida.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General:

- Analizar el porcentaje de germinación y compatibilidad del polen de distintos orígenes genéticos de palma aceitera.

2.2. Objetivos Específicos:

- Determinar el porcentaje de germinación del polen de diferentes materiales genéticos de palma aceitera.
- Evaluar la compatibilidad de polen entre materiales puros e híbridos OxG de palma aceitera mediante polinización asistida.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Generalidades del cultivo de palma aceitera

La importancia del aceite vegetal extraído de los frutos de la palma aceitera ha marcado la economía global, *Elaeis guineensis* fue la primera especie en usarse desde el inicio de las plantaciones comerciales dedicadas a la producción de aceite de palma, debido a su alta productividad en campo (EPOA, 2014, pág. 3 & Escobar, J., & Alvarado, 2013, pág. 307).

El cultivo de palma aceitera o comúnmente conocido como palma africana tiene su origen en África Occidental, en el golfo de Guinea que a causa de vectores naturales y artificiales, logró llegar hasta América y desarrollarse en nuevos suelos tropicales; en donde las condiciones climáticas favorecen su desarrollo (SOLIMEC, 2014).

La introducción en América se dio por medios artificiales, sucedió a causa de los comerciantes de esclavos portugueses y colonizadores, quienes en sus viajes a través del mar atlántico utilizaban los frutos de la palma como alimento de los esclavos provenientes de Brasil; a partir de estos hechos, la introducción de la palma aceitera se estableció en la región de San Salvador (SOLIMEC, 2014).

Por otro lado, los grandes ríos permitieron que las semillas se expandieran a varias zonas con condiciones favorables para su desarrollo (SOLIMEC, 2014).

En 1953 desde Centroamérica, lugar desde que inició la expansión de la palma aceitera en América, llegó al Ecuador el primer material de *E. guineensis* procedente de Honduras conocido como Dura Deli, el cual fue sembrado en el Cantón Santo Domingo (ANCUPA, 2015)

El aceite vegetal de palma se caracteriza por ser uno de los aceites más utilizados a nivel global y la palma aceitera es el segundo cultivo perenne de mayor extensión en el Ecuador, con más de 280.000 ha cultivadas e involucra a más de 7000 palmicultores. De estos productores, el 87% corresponde a pequeños cultivadores (EPOA, 2014, pág. 3; Ministerio del Ambiente, 2016: PRO ECUADOR, 2014, pág. 5).

La expansión de este cultivo ha dependido de los países en los que se encuentra. En efecto principalmente los gobiernos son los responsables de impulsar su desarrollo (SOLIMEC, 2014). A diferencia de América, los últimos 40 años, países asiáticos como Indonesia y Malasia han alcanzado un gran crecimiento de 2.5 y 3 millones de ha de palma aceitera, respectivamente (SOLIMEC, 2014).

3.1.1. Importancia Económica de la palma aceitera

La producción del aceite de palma de aceite es de gran importancia, pues tiene una participación en el Producto Interno Bruto (PIB) Agrícola del 4% y es el séptimo producto agrícola de exportación del Ecuador, además constituye una de las industrias con mayor dinamismo fuera de la producción no tradicional y producción petrolera (Ministerio de Comercio Exterior, 2017, pág. 3).

La rentabilidad del cultivo se basa en la producción de racimos de fruta de palma aceite, de modo que su aceite es extraído y aprovechado para distintos usos, incluso, los residuos producidos a partir de la extracción son utilizados para obtener otros productos como compost, balanceado para animales, biocarburantes, entre otros usos (Sánchez, Daza, Ruiz & Romero, 2011, pág. 32; Quesada, 2001, pág. 1).

El aceite de palma ha contribuido positivamente al equilibrio de la balanza comercial ecuatoriana. Durante los últimos 5 años ha llegado a generar 271 millones USD en divisas dentro de la exportación nacional; en este mismo rango de tiempo, el 58% del aceite producido fue dirigido a la exportación como productos elaborados, semi-elaborados y como aceite crudo de palma, mientras que el 42% restante fue destinado para el consumo interno (Ministerio de Comercio Exterior, 2017, pág. 3).

En la estratificación productiva del aceite de palma, se han clasificado a los palmicultores según el tamaño de superficie de palma sembrada que poseen (Ministerio de Comercio Exterior, 2017, pág. 4). Estos se encuentran distribuidos de la siguiente manera: Pequeños productores (1-50 hectáreas), medianos productores (51-500 hectáreas) y grandes productores (Mayor a 500 hectáreas) (Ministerio de Comercio Exterior, 2017, pág. 4).

Actualmente, el Ecuador presenta alrededor de 280.000 ha sembradas de palma de aceite, involucrando a aproximadamente 7000 palmicultores (Ministerio de Comercio Exterior, 2017, pág. 4). Según el diseño de la estratificación productiva, este sector está conformado de la siguiente forma:

- Pequeños Productores: Con 6099 productores a nivel nacional, con una participación del mercado del 87% (Ministerio de Comercio Exterior, 2017, pág. 4).
- Medianos Productores: Con 877 productores a nivel nacional, con una participación en el mercado del 13% (Ministerio de Comercio Exterior, 2017, pág. 4).
- Grandes Productores: Con 24 productores a nivel nacional, con una participación en el mercado del 0.3% (Ministerio de Comercio Exterior, 2017, pág. 4).

Las cifras de esta estratificación productiva muestran la importancia social del sector del aceite de palma, debido a que casi el 90% de la participación en el mercado de aceite de palma lo conforman los pequeños productores. Este sector también constituye una fuente de 150.000 empleos, tanto directos como indirectos, especialmente en zonas vulnerables y marginales; contribuyendo de esta manera a reducir la pobreza (Ministerio de Comercio Exterior, 2017, pp. 4-

5). Las provincias donde se localizan zonas productoras de aceite de palma son Santo Domingo, Pichincha, Sucumbíos, Los Ríos y Esmeraldas (Ministerio de Comercio Exterior, 2017, pág. 5). Los pequeños productores se encuentran dispersos en las distintas zonas productoras, sin embargo, los grandes productores tienen mayor concentración dentro del cantón San Lorenzo en Esmeraldas y del cantón Shushufindi en Sucumbíos (Ministerio de Comercio Exterior, 2017, pág. 5).

FEDAPAL (2017), Fundación de Fomento de Exportaciones de Aceite de Palma y sus Derivados de Origen Nacional y brazo comercializador de ANCUPA, afirma que la producción del aceite de palma en el Ecuador se ha mantenido en aumento. Para el año 2011, Ecuador produjo 472.988 TM de aceite de palma, para el 2016 se obtuvo una producción de 564.636 TM y para el presente año 2017, se estima una producción de 593.000 TM de aceite de palma. Esto demuestra una tendencia al aumento de producción de aceite de palma para los próximos años y dicho aumento se debe a que la demanda de este producto incrementa más y más, según la organización FEDAPAL (2017), fuente que afirma estos hechos a través de datos y gráficos estadísticos.

FEDAPAL también expone la producción de aceite de palma de cada país productor para el año 2017. El primer productor a nivel mundial de aceite de palma es Indonesia con 32600 TM, luego le sigue Malasia con 18930 TM y Tailandia con 1870 TM. En cuarto lugar está Colombia con 1300 TM, después viene Nigeria con 960 TM y en el sexto lugar está Ecuador en la producción mundial de aceite de palma con 565 TM; cabe destacar que, todos los países productores no se comparan con los volúmenes de producción que logra anualmente Malasia (FEDAPAL, 2017).

3.1.2. Descripción del Cultivo y Factores para su desarrollo

La palma aceitera es una planta monocotiledónea, del género *Elaeis* del griego *elaia* cuyo significado es “olivo” dado a la morfología semejante en los frutos de las especies *Elaeis guineensis* Jacq., y *Elaeis oleífera* (Kunth); el término *guineensis* hace referencia a la procedencia de la especie en el Golfo de Guinea

en África Occidental; y el término *oleífera* significa “que porta aceite” o “portador de aceite”, debido al contenido de aceite que producen los frutos de este género (Lerma, Marroquín, Toledo, Garza, Martínez, Gehrke & Gómez, 2009, pág. 10; Godino, 2016, pág. 2). *Elaeis oleífera* es del mismo género que la palma africana; sin embargo, tiene características ecológicas y morfológicas distintas (Mendoza, Palmar del Río, 2013).

Según varios autores y fuentes como Rojas (1989, pág. 13); Gómez, Jaramillo, Herrera, Wing & Callejas (2009, pág. 1300); Lerma et al. (2009, pág. 10); SIFUPRO (2013, pág. 2), Nabors (2006) y Fairhurst & Härdter (2012, pág. 33), la palma de aceite, sin importar que sea de la especie *E. guineensis* o *E. oleífera*, presenta una taxonomía en común, la misma que se detalla en la tabla 1.

Tabla 1.

Taxonomía de la Palma aceitera

Taxonomía	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Palmales
Familia	Palmaceae o arecaceae
Tribu	Cocoseae
Género	<i>Elaeis</i>
Especie	<i>Elaeis guineensis</i> Jacq. <i>Elaeis oleífera</i> (Kunth) Cortés 1897

La palma aceitera tiene 32 cromosomas y es una planta diploide (Lerma y otros, 2009, pág. 12). Las plantas adultas presentan hojas muy grandes, las cuales contienen reas foliares que pueden alcanzar hasta 12 m² por hoja. Las hojas están conformadas de: pecíolo, foliolos, raquis y base de la hoja (Lerma y otros, 2009, pág. 11). El sistema radicular es fibroso y tiene raíces gruesas que se extienden perpendicularmente hacia abajo desde la base del tallo hasta alcanzar algunos metros de profundidad. La función de las raíces gruesas es de sostén y

de absorción de agua, mientras que las raíces finas que se esparcen lateralmente en el sistema radicular se encargan de la absorción de nutrientes en el suelo (Lerma y otros, 2009, pág. 13).

La palma de aceite es una planta perenne que puede producir inflorescencias masculinas y femeninas (planta monoica), sin embargo, no se puede auto polinizar por el hecho de que es una planta alógama (Lerma y otros, 2009, pág. 10). Está conformada por un estipe del cual se desprenden las hojas pinnadas con pecíolos ligeramente espinosos, los folíolos de las hojas se encuentran insertados irregularmente con aspecto plumoso (Lerma y otros, 2009, pág. 10).

La palma aceitera es una especie que se ha adaptado a épocas secas, su productividad es buena sin importar que el medio en el que se encuentre sea poco favorable. Los factores climáticos óptimos para un buen crecimiento y buen rendimiento en palma son: Temperaturas comprendida entre 24 y 28°C; la intensidad y duración de la radiación solar requerida está entre 800 horas luz y hasta 2790 horas luz anuales; la precipitación pluvial ideal es de 150 mm/mes; y el porcentaje de evaporación debe oscilar entre 3.5 y 5.5 mm/día en temporadas de humedad y entre 0.6 a 2.9 mm/día en temporadas secas (Corley & Tinker, 2016, pág. 1f).

Los suelos necesarios para el desarrollo de la palma deben tener una acidez entre 4,5 y 8,0. Si se sobrepasa el rango descrito, pueden darse problemas en la absorción de nutrientes. Además, los suelos deben tener alto contenido de materia orgánica, y deben ser de tipo franco limoso o franco arcilloso (Rojas, 1989, pág. 22).

Como ya se ha dicho, la palma de aceite es una planta monoica, es decir, presenta ambas inflorescencias en la misma planta, pero no las dos en una misma inflorescencia, sino en ciclos alternados. Estos ciclos dependen de la edad de la planta, factores genéticos y sobre todo las condiciones ambientales (Corley & Tinker, 2016, pág. 8, pág. 8a). En la axila de cada hoja, dentro de los primordios florales, se produce una inflorescencia que puede ser masculina o femenina desde el inicio de su desarrollo y en vista de que en una misma planta pueden brotar los dos sexos, la planta definirá cual sexo emergerá, por lo que evita dar lugar a un hermafroditismo pero que puede ocurrir con muy baja

probabilidad (Lerma y otros, 2009). Las inflorescencias se forman en aproximadamente 30 meses antes de entrar en fase de antesis dentro del estípite en concordancia con cada una de las axilas foliares. Por un lado, las inflorescencias masculinas tienen la función de producir el polen en suficientes cantidades para fecundar las inflorescencias femeninas y estas últimas reciben el polen para dar lugar a los frutos (Corley & Tinker, 2009, pp. 119-122; Sánchez y otros, 2011, pág. 32).

Toda inflorescencia está formada por un raquis que es el eje principal, el cual consta de espiguillas o raquillas dispuestas en forma espiral a su alrededor (Corley & Tinker, 2016, pág. 116). Las espiguillas contienen espinas florales y en las axilas de estas brotan las inflorescencias, el raquis está conectado a un pedúnculo fuerte y este se une con el tallo de la planta, el pedúnculo presenta dos estructuras fibrosas, el prófalo y la bráctea peduncular, encargadas de cubrir toda la inflorescencia durante casi todo su desarrollo (Corley & Tinker, 2016, pág. 116). Las flores masculinas contienen de 100 a 160 espigas con 10 y 20 cm de largo, cada espiga tiene entre 700 a 1200 flores las cuales proveen de polen (Lerma y otros, 2009, pág. 13)

Como ya se ha dicho antes, de las axilas de las hojas emergen las inflorescencias, las cuales están formadas por las siguientes partes: Pedúnculo, prófalo, bráctea peduncular, raquis, raquillas o espiguillas, espinas florales o brácteas y botones florales (Sánchez y otros, 2011, pp. 33-34). A continuación, se describen cada una de estas estructuras:

- Pedúnculo: Al igual que en todas las otras especies de plantas, esta se encarga de sostener la estructura floral y unirla junto a las axilas de las hojas, de modo que pueda transportar los nutrientes que la planta absorbe hacia las partes de la inflorescencia. Es corto y grueso en inflorescencias femeninas, pero en inflorescencias masculinas, el pedúnculo es más largo que el de la inflorescencia femenina (Sánchez y otros, 2011, pp. 33-34).
- Prófalo: Estructura que recubre a la inflorescencia por encima de la bráctea peduncular durante las primeras etapas de desarrollo de la inflorescencia (Sánchez y otros, 2011, pp. 33-34).

- Bráctea peduncular: Se trata de una estructura fibrosa que recubre internamente a la inflorescencia para protegerla frente a posibles daños, la cual se va rompiendo a medida que la inflorescencia entra en antesis (Sánchez y otros, 2011, pp. 33-34).
- Raquis: Es la estructura central del cual emergen las raquillas o espiguillas. Esta estructura es la fuente principal a la que están unidas todas las espiguillas tanto en las flores masculinas y femeninas (Sánchez y otros, 2011, pp. 33-34).
- Raquila o espiguilla: Es la estructura central espinosa de la cual están unidas todas las espigas florales; en las inflorescencias femeninas las raquillas contienen varias espigas florales. A diferencia de la inflorescencia femenina, la masculina contiene raquillas largas no espinosas y digitiformes cilíndricamente de color café, que, a lo largo de éstas, están situados los botones florales y las espigas florales (Sánchez y otros, 2011, pp. 33-34).
- Espina floral o bráctea: Estructuras que están unidas al raquis y circundando los botones florales, las mismas que se forman de las axilas de estas espigas (Sánchez y otros, 2011, pp. 33-34).
- Botón floral: Situado en las axilas de las espigas florales en las inflorescencias femeninas y presenta tres pétalos que se abren cuando la flor llega a la fase de antesis para recibir el polen y fecundarlo. En las inflorescencias masculinas, están situados a lo largo de la espiguilla y las anteras de cada flor masculina producen polen (gameto masculino) junto a un olor peculiar semejante al anís (Sánchez y otros, 2011, pp. 33-34).

En los materiales puros de palma aceitera, el polen producido oscila entre 25 a 60 gramos por inflorescencia, en cambio en los materiales híbridos producen mucho menos cantidad de polen (Sánchez y otros, 2011, pág. 34; Lerma y otros, 2009, pág. 13).

Cuando las flores llegan al 90% de su desarrollo floral, la bráctea peduncular sufre necrosis y se rompe levemente, en este punto, visualmente se puede saber con certeza el sexo de la inflorescencia y un indicio del estadio de la flor (estadio de crecimiento 611 según la escala de BBCH), más conocido como preantesis I,

en donde no se reconocen totalmente los botones florales (Hormaza, Forero, Ruiz, & Romero, 2010, pág. 21, pp. 51-54).

Frutos

Después de que las inflorescencias femeninas han sido polinizadas, una serie de procesos bioquímicos suceden para dar lugar a un fruto oleaginoso dispuestos en racimos, compuestos por aceites o triglicéridos, que es el principal interés en los frutos de la palma aceitera (Corley & Tinker, 2016, pág. 125; Sánchez y otros, 2011, pág. 32). Los racimos son producidos por las inflorescencias femeninas después del tiempo de fructificación, que son el resultado de que estas inflorescencias hayan sido fecundadas a través del polen (Sánchez y otros, 2011, pág. 32).

El fruto de la palma de aceite es una drupa sésil, cuya forma varía entre esférica y ovoide o de forma alargada y abultado en la punta. Su longitud es aproximadamente desde los 2 cm hasta por encima de los 5 cm y su peso promedio es 10 g. El fruto está compuesto de tres partes como cualquier fruto, el exocarpo o pericarpo, consiste en una capa externa gruesa; el mesocarpo es la pulpa del fruto y el endocarpo es lo que se denomina cuesco lignificado o semilla, de esta manera, el endocarpo junto con el germen aceitoso, forman la semilla del fruto (Corley & Tinker, 2016, pág. 124; Lerma y otros, 2009, pág. 10).

La capa externa o pericarpo del fruto oleaginoso puede presentar dos tipos de coloración denominados “Nigrescens” o “Virescens”; a partir de esta diferencia visual, los tipos de fruto de la palma de aceite se clasifican según las siguientes características de la tabla 2 (Corley & Tinker, 2016, pág. 1398p).

Tabla 2.

Tipos de fruto en palma aceitera.

Nigrescens	Virescens
Es el tipo de fruto más común, su ápice tiene una coloración que va desde un violeta a un negro y un pálido amarillo verdoso en la base del fruto antes de su madurez. Las antocianinas en el pericarpio es la razón de que presente un color negro.	Es relativamente poco común, se presenta con una coloración verde antes de su madurez y cambia su color a un color anaranjado rojizo claro sin importar de que el ápice permanezca verdoso. A diferencia del fruto <i>Nigrescens</i> , el pericarpio de esta no presenta antocianinas.

Adaptado de (Corley & Tinker, 2016, pág. 124, pág.1398p)

En la formación de frutos, la diferencia más importante entre estos es la dureza de la cáscara. La dureza de la cáscara puede estar entre 1 y 8 mm, aunque se puede distinguir a la mayoría de las frutas con cáscara más delgada por el hecho de que contienen un anillo de fibras negras en el mesocarpio que se pueden ver desde la sección transversal, rodeando a la nuez o almendra (Corley & Tinker, 2016, pág. 125). De acuerdo a la tabla 3, la forma de los frutos puede clasificarse en tres: Dura, Tenera y Pisífera (Corley & Tinker, 2016, pág. 1398p).

Tabla 3.

Formas del fruto de la palma de aceite.

Dura	Tenera	Pisífera
Cáscara o exocarpio grueso, entre 2 a 8 mm de grosor y en ocasiones	Exocarpio fino, entre 0,5 a 4 mm de grosor; el mesocarpio constituye	No presenta exocarpio y usualmente presenta esterilidad femenina.

menor. Contiene entre el 55 y 96% del mesocarpio fruto. Presenta el anillo fibroso que rodea a la almendra en la sección transversal

Adaptado de (Corley & Tinker, 2016, pág. 125, pág. 1398p)

Dependiendo de la eficiencia de la polinización, entre el 30 y el 60% de las flores normalmente se desarrollan en frutos (Corley & Tinker, 2016, pág. 126). Dentro de la conformación del racimo, una vez que las flores femeninas han sido fecundadas por efecto de la polinización, toma entre 4.5 a 6 meses para que el racimo madure y forme los frutos hasta el punto indicado de su desarrollo. Una vez cosechados los frutos, se puede realizar el análisis de eficiencia de polinización del racimo mediante *Fruit set*, el cual indica la proporción de frutos normales desarrollados con relación al número total de frutos encontrados en el racimo. En la conformación del racimo, también pueden encontrarse frutos que no son normales como: frutos partenocárpicos, frutos blancos y frutos vanos, (Corley & Tinker, 2016, pág. 126, Prada & Romero, 2012, pp. 66-68, Barba & Baquero, 2013, pág. 11). A continuación, se describen los frutos mencionados.

- **Frutos Normales:** Son frutos con semilla, que contienen nuez conformada por cuesco, almendra y mesocarpio (Corley & Tinker, 2016, pág. 126, Barba & Baquero, 2013, pág. 11).
- **Frutos Partenocárpicos:** Frutos que se forman sin que haya habido polinización y no presentan almendra (Barba & Baquero, 2013, pág. 11).
- **Frutos Abortivos:** Pueden ser dos, frutos blancos y frutos vanos. Los frutos blancos muestran una despigmentación y no presentan almendra ni cuesco. Los frutos vanos son aquellos que no se desarrollaron completamente, usualmente se desprenden del racimo antes aun sin haber madurado (Barba & Baquero, 2013, pág. 11)

3.1.3. Principales diferencias morfológicas entre *E. guineensis* y *E. oleifera*

En particular la especie *E. guineensis*, a diferencia de la especie *oleifera*, presenta un tallo que cada año llega a crecer entre 30 a 60 cm, por lo que las palmas de avanzada edad logran ser muy altas, por ende, la cosecha se dificulta (Lerma y otros, 2009, pág. 11). Por otro lado, *Elaeis oleifera* es una especie que puede desarrollarse sin problema en lugares pantanosos y con mucha sombra, posee un tronco procumbente y crece de 5 a 10 cm anualmente, mucho menos a comparación de *E. guineensis* (Corley & Tinker, 2016, pág. 1a).

El desarrollo de la raíz de *E. oleifera* es similar al material *guineensis* pero los folíolos si se distinguen puesto a que no poseen cayos basales y las espinas sobre el pecíolo son duras y cortas (Corley & Tinker, 2016, pág. 1a). Además, las flores masculinas en *E. oleifera* también difieren de *E. guineensis*, ya que las espiguillas están presionadas juntas hasta que emergen a través de la espata, justo antes de la antesis; además de que el racimo es un poco más pequeño y su antesis dura menos tiempo (Corley & Tinker, 2016, pág. 1a). La espata de la flor femenina de *E. oleifera* presenta mayor firmeza que la de *E. guineensis*, pero cuando llega a la madurez, el racimo queda cubierto con el material fibroso (Corley & Tinker, 2016, pág. 1a). El período de antesis en la flor femenina tiene más variación y puede durar entre 3 a 4 semanas o incluso puede llegar a tener dos picos (Corley & Tinker, 2016, pág. 1b).

A pesar de que *E. guineensis* se constituyó como el material genético predominante de palma de aceite en la mayoría de plantaciones dentro de los países latinos, ha presentado inconvenientes que datan desde los años 60 relacionados con una enfermedad devastadora cuyo agente causal se desconoce, esta enfermedad se trata de la pudrición del cogollo (PC) o *lethal decay* (Martínez, 2010, pág. 44; de Franqueville, 2001, pp. 4-6). La incidencia de esta enfermedad tuvo implicaciones arrasadoras en suelos ecuatorianos, ya que representó la causa de grandes extensiones perdidas de palma africana (Martínez, 2010, pág. 45). Como ejemplos se pueden mencionar los citados por Franqueville (2001, pág. 6) en Palmeras del Ecuador con más de 5000 ha afectadas y en Palmoriente, de igual forma con más de 5000 ha afectadas. En

contraparte, Meunier (1991, pp. 40-42) menciona que *E. oleífera* presenta la característica genética de ser resistente a la pudrición del cogollo o PC, del cual se saca provecho en el híbridos OxG (De Franqueville, 2001, pág. 11). También Meunier (1991, pág. 42) determina que dichos híbridos son la única solución que perdurará por mucho tiempo para combatir el problema de la PC. Los únicos inconvenientes hallados en híbridos es que producen un 30% de aceite menos en comparación con *E. guineensis*, su esterilidad es baja y las inflorescencias quedan cubiertas con un material fibroso que impiden a los polinizadores acceder a estas para llevar a cabo la polinización entomófila (De Franqueville, 2001, pág. 11).

3.2. Impacto de la pudrición del cogollo

Las afecciones por pudrición del cogollo (Oil palm bud rot) o PC comenzaron en 1960, llegando a devastar a grandes extensiones de *E. guineensis* (De Franqueville, 2001, pág. 4). Tales son los datos que se reportan en los años 1992-1993 sobre pérdidas de más de 5000 ha en las plantaciones de Palmeras del Ecuador; y en el año 2000 en Palmoriente con más de 5000 ha provocadas en ambos casos, a causa de esta enfermedad (de Franqueville, 2001, pág. 4; Revista El Agro, 2016). El primer avistamiento de PC en el Ecuador fue en 1976 dentro de las plantaciones de Palmera de los Andes, sobre palmas de 3 a 4 años de edad, en las que, en algunos casos, fueron recuperándose. A partir de estos acontecimientos, Ecuador junto con Colombia y Brasil son epicentros de problemas ligados a la PC; no obstante, no se descarta la idea de que las zonas fronterizas cercanas a estos países no estén libres de PC (De Franqueville, 2001, pág. 6).

Desde el inicio de las producciones comerciales de palma de aceite, *E. guineensis* fue el material genético puro de mayor utilidad, aprovechado por su productividad en campo (De Franqueville, 2001). El único inconveniente de usar este género fue la aparición de la PC, pues la incidencia de esta enfermedad afectó a más de 15000 ha en plantaciones como Palmoriente y Palmeras del Ecuador en los 80s y 90s (Revista El Agro, 2016). Desde la primera afección de

este problema hasta hoy en día, Colombia, Ecuador y Brasil son puntos céntricos de problemas de PC (Franqueville, 2001, pág. 6).

La PC impacta de manera directa a la rentabilidad de las plantaciones dedicadas a la producción de palma aceitera. En años pasados, provocó que algunas empresas entren en conflicto y caigan en banca rota, tal es el ejemplo que menciona Turner (1981, pág. 280) sobre el caso de Coldesa en 1965, compañía que se ubicaba en la región de Turbo al norte de Colombia. Coldesa reportó que casi todos los lotes de *E. guineensis* habían sido arrasados por la PC, causando la pérdida de 49000 palmas de aceite de una plantación de 1800 ha, aproximadamente el 20%. Para el año 1973 restaban solo 850 ha de las 2800 que inicialmente se encontraban para el año 1961. A pesar de que se trató de replantar con material híbrido, pero por inconvenientes políticos y sociales, Coldesa tuvo que entrar en liquidación para el año 1981 (Ospina, 1998).

Tal fue el impacto de la PC en las plantaciones de América latina, que tuvieron que crearse alternativas para remediar y evitar un impacto negativo a la rentabilidad de las plantaciones de palma aceitera. Una de estas y que hasta el día de hoy sigue siendo la opción más viable y factible es el uso de híbridos interespecíficos OxG, material que es resistente a la PC dado a que ha adquirido dicha resistencia de su parental madre *E. oleifera* (De Franqueville, 2001, pág. 11; Meunier, 1991, pág. 42).

3.3. Híbridos Interespecíficos OxG (*E. oleifera* x *E. guineensis*)

Los primeros híbridos OxG fueron producidos en el Instituto Agronômico do Norte (IAN) en Brasil a raíz de programas desarrollados para el mejoramiento genético de la palma de aceite (Vieira & Lopes, 2010, pp. 1-3; Escobar, 1981, pp. 79-97) El principal objetivo de la realización de los programas de crianza en palma aceitera era obtener un híbrido con buena productividad en campo y tolerante a la PC (Escobar, 1981, pp. 79-97; Alvarado, Escobar y Peralta, 2010, pp. 305-314). Dentro de los programas de mejoramiento desarrollados, muchas razas fueron evaluadas para así identificar los cruces que dieran como resultado

material con alta producción de frutos y buena calidad de aceite (Vieira & Lopes, 2010, pp. 1-3).

Los híbridos OxG de palma aceitera se introdujeron en la mayoría de plantaciones en América Latina, como única respuesta y alternativa para la prevención de PC (Alvarado & Baquero, 2013, pág. 316; Meunier, 1991, pág. 42). Dado a que hasta al momento no hay otra opción para el manejo de la PC, el reemplazo de grandes extensiones *E. guineensis* por híbridos OxG era evidente, incluso esta medida se optó dentro de las plantaciones ecuatorianas (Alvarado & Baquero, 2013, pág. 316; Meunier, 1991, pág. 42), provocando una tendencia al desuso del género *guineensis*. Desde el año 2008, los híbridos OxG han sido la alternativa más efectiva en las zonas céntricas con PC de América Latina por su alta resistencia a esta enfermedad como ya se ha mencionado anteriormente (Sánchez y otros, 2011, pág. 52).

Algunas características adquiridas de los parentales *E. oleifera* (madre) y *E. guineensis* (padre) que se pueden recalcar de los híbridos según Corley & Tinker (2015, pág. 1d) son: Hojas más largas que *E. guineensis* pero la conformación de foliolos igual a *E. oleifera*, las características internas del fruto dependen de la forma del fruto del padre (*E. guineensis*), puede presentar frutos partenocárpicos y retiene la forma y el color del fruto tal y como lo hacen sus parentales. Aunque, también tiene características diferenciadas a sus parentales como incremento de altura, hojas caídas, espatas persistentes y la maduración del racimo es bastante irregular (Corley & Tinker, 2016, pp. 1d-1e).

Aunque la resistencia a la PC es la gran ventaja de este híbrido, se debe considerar el hecho de que produce aproximadamente 30% menos aceite que *E. guineensis*, además las inflorescencias masculinas son escasas y la viabilidad del polen es baja (entre 2 a 20%, en algunos casos es mayor a 20%) (Alvarado, Bulgarelli & Moya, 2000, pp. 32-36; Franqueville, 2001, pág. 11). Otro punto a considerar es que cuando la inflorescencia femenina empieza el estado fenológico de preantesis, las brácteas no se rompen o la ruptura no es completa, impidiendo así la polinización entomófila y convirtiendo a la polinización artificial en una actividad indispensable (Corley & Tinker, 2016, pág. 1e).

Inflorescencias

A diferencia de las inflorescencias en los materiales puros, los híbridos presentan una bráctea peduncular y prófalo mayormente persistentes durante todo el desarrollo y crecimiento de la inflorescencia, sea masculina o femenina. También presenta un pedúnculo más corto, las raquillas son más largas y las espinas de las brácteas, donde brotan las flores, son más cortas, son de color verde o café y su extremo no es puntiagudo (Sánchez y otros, 2011, pág. 34). Cuando el racimo madura, la bráctea peduncular aún sigue rodeando a la inflorescencia con sus tejidos fibrosos; además, cuando está a punto de abrirse, el botón floral cambia a color café, aunque cuando llega a fase de antesis, los estigmas son de color crema y una vez polinizado cambia a un color rosado; al finalizar la polinización, los estigmas se tornan de color negro mientras que el ovario de la flor comienza la formación del fruto (Sánchez y otros, 2011, pág. 34).

Otra diferencia con respecto a los materiales puros es la “asincronía floral”, dando lugar a que la fase de antesis en las inflorescencias sea más irregular ya que los botones florales se abren progresivamente desde el tope hacia abajo, llegando a tener una duración de hasta tres semanas, lo que genera que la maduración de los racimos sea desigual (Corley & Tinker, 2016, pág. 122; Sánchez y otros, 2011, pág. 34)

Al igual que los materiales genéticos puros, durante el desarrollo de cada inflorescencia, sin importar el sexo, se presentan distintos estados fenológicos. Tanto la inflorescencia masculina y femenina presentan un desarrollo parecido hasta que inicia la formación de las espinas en los primordios de las espiguillas, justo como los materiales puros (Corley y Tinker, 2009, pp. 113-123; Hormaza y otros, 2010, pp. 39-77; Sánchez y otros, 2011, pág. 38)

En cuanto a las inflorescencias masculinas, no presentan diferencias significativas frente a los materiales puros de la palma aceitera, por lo que, las características de cada fase o estado fenológico y su duración es semejante (Sánchez y otros, 2011, pág. 40).

Tanto los materiales híbridos como puros pueden presentar casos androgénesis, ya que en el primordio de la inflorescencia se encuentran órganos masculinos y femeninos. A partir de esto, existe la posibilidad de que se desarrollen ambos

completamente, resultando una flor hermafrodita (Corley & Tinker, 2016, pág. 113).

Estados Fenológicos de las inflorescencias en materiales híbridos

Al igual que los materiales puros, los híbridos presentan estados fenológicos en los que se definen el desarrollo de las inflorescencias masculinas y femeninas y Hormaza et al. (2010, pp. 52-62). En la tabla 4 se detallan y se diferencian estos estados fenológicos según el género de la inflorescencia.

Tabla 4.

Estados fenológicos de las inflorescencias en plantas híbridas.

Inflorescencia Masculina	Inflorescencia Femenina	Fase
Se pueden visualizar las raquillas todas reunidas en el centro, de forma digitiforme y de color verde. Tiene una duración entre 7 a 8 días	La bráctea peduncular rodea a la estructura con una forma ovoide, esta empieza a rasgarse y mostrando así las espiguillas de color verde. Las espiguillas se visualizan apretadas hacia el centro. En particular, la punta de estas presenta dicha coloración. Tiene una duración de 4 a 5 días	Preantesis I
Las raquillas presentan mayor libertad y ya no están muy unidas hacia el centro a causa del rasgamiento de la bráctea peduncular. Aún puede tener vestigios de color verde. Esto ocurre al octavo día desde la preantesis I.	Las raquillas ya no están tan apretadas hacia el centro debido a que la bráctea peduncular se rasga un 20% de su superficie total, otorgándoles más libertad; de las axilas de cada espina floral comienza brotar el botón floral. El estado presenta una duración de 3 a 4 días promedio.	Preantesis II
La bráctea peduncular gana mayor altura y llega a romperse totalmente,	Hay un rasgamiento entre el 50 y el 60% del total de la superficie de la bráctea peduncular. En	Preantesis III

permitiendo así separar a las esta etapa, el prófiro está raquillas, las cuales también desintegrado y las raquillas que presentan un color café. Esto ahora presentan un color café ocurre 7 días después del claro, están separadas aún más anterior estado fenológico. separadas; el botón floral deja de crecer y presenta un color amarillo oscuro. Este estado dura 3 días a partir de preantesis II

<p>Estado en el que más del 70% de flores se han abierto en cada raquilla. Debido al polen producido en las anteras, se presenta un color amarillo en las flores. Es peculiar que en este estado la inflorescencia emita un aroma similar al anís. La mayoría del polen es desprendido durante dos o tres días a partir del inicio de la antesis ya que todas las flores generalmente se abren a partir del segundo día. La producción del polen termina en cinco días de haber empezado la antesis.</p>	<p>En este estado, ya no presenta bráctea peduncular protegiendo a la inflorescencia, pero si adherida a la superficie total de esta; se abren los botones florales y exponen los lóbulos del estigma que tienen un color crema. Este estado tiene una duración de 24 horas.</p>	<p>Antesis</p>
--	--	----------------

<p>Las flores entran en proceso de descomposición, las anteras de las flores comienzan a secarse y presentan un color café opaco. También las raquillas comienzan a descomponerse.</p>	<p>Las flores polinizadas cambian progresivamente el color de los lóbulos del estigma a un color amarillo muy oscuro, cambiándose paulatinamente a café y al final de color negro.</p>	<p>Fin de la floración</p>
--	--	----------------------------

Este estado tiene una duración
de 24 horas.

Adaptado de (Sánchez et al 2011, pp. 39-42).

Frutos

Los híbridos OxG producen frutos normales, frutos partenocárpicos y frutos abortivos, conocidos como frutos blancos y frutos vanos; los frutos normales y frutos partenocárpicos son los que aportan con el aceite aprovechable para extracción y según Prada & Romero (2012, pág. 66), la formación de frutos normales aumenta por medio de una adecuada polinización asistida en el racimo femenino en estado de antesis. Al igual que los frutos obtenidos de los materiales genéticamente puros, la evaluación de la eficiencia del llenado del racimo se hace por medio del *Fruit Set* (Prada & Romero, 2012, pág. 68).

Materiales híbridos

A partir de los programas de crianza para obtener híbridos, se obtuvieron varios materiales híbridos que en la actualidad se utilizan en las plantaciones dedicadas al cultivo de la palma. A continuación, se detallan tres de ellos.

Unipalma Eo x Eg

Es un material genético proveniente del cruce entre parentales muy bien seleccionados de *E. oleifera* x *E. guineensis* desde los años 50. Las semillas *E. oleifera* utilizadas fueron extraídas de la amazonía del Brasil y dicha colecta fue enviada a la estación Experimental de Yaligimba en el Congo, en el África. La iniciativa de este programa de mejoramiento fue gracias a Unilever en Yaligimba, de esta manera, en el año 1991 inicia la introducción de este material híbrido en plantaciones comerciales (UNIPALMA S.A., 2013).

Este híbrido tiene una vida útil de 35 años, tiene una tasa de crecimiento de 25 a 30 cm/año, un área foliar por palma de 143 m², una biomasa de 496,7 Kg peso seco/palma/año. Cada palma puede producir hasta 20 racimos por año (UNIPALMA S.A., 2013).

Coarí x La Mé

El material Coarí x La Mé es un material novedoso que se ha introducido en las plantaciones de palma en el Ecuador desde hace algunos años. En el 2016, Torres de Palmeras del Ecuador realizó una evaluación sobre el comportamiento de este híbrido, con el fin de determinar las ventajas frente a otros materiales tanto híbridos como puros, a lo que Torres (2016, pág. 298) concluye que este material posee larga vida útil, tolerancia natural a plagas y enfermedades (sobre todo a la PC), los costos por mantenimiento y cosecha son reducidos, presenta alta producción de fruta y la calidad de aceite es muy aceptable. Sin embargo, Torres (2016, pág. 298) también expresa que la tasa de extracción de aceite es baja a comparación de *E. guineensis* y la polinización asistida es indispensable para el llenado del racimo.

Taisha x Avros

El material Taisha x Avros resulta de la selección de progenitores femeninos de *E. oleifera* y el posterior cruzamiento con el polen de Avros obtenidos de la región de Dani, en Papúa Nueva Guinea y su representante en Murgas & Lowe de Colombia (Barba & Baquero, 2013, pág. 2). Este material fue sembrado en plantaciones como Palmar del Río en el 2004 y han sido evaluados para determinar su rendimiento en campo y en producción de aceite (Barba & Baquero, 2013, pág. 2). Tal es el trabajo realizado por Barba y Baquero (2013, pp. 1-12) en el que se determinan las características más aprovechables del material Taisha x Avros. Barba y Baquero (2013, pp. 1-12) expresan que este material tiende a iniciar floración más rápido que otros híbridos OxG (entre los meses 17 y 18), además de que la productividad hasta el tercer año es de 10,6 Tn/ha/año y a partir del tercero superan las 24 Tn/ha/año. Por otro lado, este híbrido presenta tolerancia a la PC; la cantidad de brácteas sobre el racimo es baja, lo que hace más sencillo la polinización asistida a diferencia de otros híbridos; el pedúnculo del racimo es largo, lo que facilita la cosecha; presenta baja tasa de crecimiento por año y su antesis es uniforme. Estas características fueron heredadas por parte de su parental femenino *E. oleifera* según los autores Barba y Baquero (2013, pp. 3-4). Los mismos autores concluyen que este material tiene una productividad similar al material *E. guineensis*.

3.4. El polen de la palma aceitera

Una vez que la inflorescencia masculina entra en antesis, las espiguillas empiezan a abrir botones florales desde la base y al mismo tiempo las anteras van produciendo granos de polen (Corley & Tinker, 2016, pág. 122). Los granos de polen tienen forma ovalada en un principio, pero a medida que avanza su maduración, el contorno de los granos de polen adoptan una forma triangular y son bicelulares (Corley & Tinker, 2016, pág. 122). En el género *E. oleifera*, los granos de polen tienen una forma elíptica, a comparación de la forma triangular de los granos de polen en *E. guineensis* (Corley & Tinker, 2016, pág. 1d). La producción de polen termina después de los 5 días posteriores de haber iniciado la antesis y la mayoría del polen producido se esparce en el transcurso de 2 a 4 días después de haber iniciado la antesis (Corley & Tinker, 2016, pág. 122). El polen permanece viable hasta 6 días después de haber sido liberado, sin embargo, durante este período, su viabilidad disminuye y puede llegar a ser muy baja (Corley & Tinker, 2016, pág. 122). Una inflorescencia produce entre 25 a 100 gramos de polen (Corley & Tinker, 2016, pág. 122).

El porcentaje de la viabilidad del polen depende de muchos factores según José Sanz, Director Ejecutivo de Cenipalma, quien los detalla en el trabajo realizado por Sánchez y Romero (2013, pág. 1). Estos factores son: Genéticos, como morfología del polen, la viabilidad, la germinación y capacidad germinativa; condiciones climáticas, como temperatura, humedad, presión parcial de oxígeno y composición de la atmósfera.

3.4.1. El polen de híbridos OxG

Los granos de polen de los híbridos tienen una forma intermedia a la de los materiales puros y el tamaño de los granos varían. A diferencia de los materiales puros, el polen de híbridos no es muy eficiente, ya que se ha determinado que hay divisiones celulares anormales que ocurren frecuentemente en el desarrollo del grano de polen, incluso el porcentaje de la viabilidad del polen y su germinabilidad es baja innatamente (Corley & Tinker, 2016, pág. 1d). Dado a que

las espatas persisten en el desarrollo de la inflorescencia femenina, la polinización natural también se da muy poco o no existe (Escobar, J., & Alvarado, 2013, pág. 309). A raíz de estos inconvenientes, el *fruit set* en híbridos es usualmente pobre; por lo que, para lograr un llenado de racimo eficiente, las plantaciones realizan indispensablemente la polinización artificial (Corley & Tinker, 2016, pág. 1d).

3.5. Polinización

La polinización es básicamente la transferencia del gameto masculino desde los estambres de la flor masculina hasta el estigma de la flor femenina por medios naturales (animales, agua o viento) o artificiales (participación del humano), posibilitando la fecundación y dando como resultado la producción de frutos y semillas (FAO, 2014, pág. 8). Sin la polinización, las especies angiospermas no podrían reproducirse a través de la producción de frutos y semillas, por ende se extinguirían (FAO, 2014, pág. 8). Los grandes sistemas agrícolas dependen de la producción de frutos, por lo que la polinización tiene gran importancia económica (FAO, 2014, pág. 8).

La palma aceitera es una especie que no se puede autofecundar, por lo que produce gametos masculinos y femeninos a través de los órganos de sus inflorescencias masculinas y femeninas respectivamente (Corley & Tinker, 2016, pp. 113-122). La polinización en la palma de aceite es de gran importancia ya que, si no es eficiente, el llenado del racimo será pésimo (Corley & Tinker, 2016, pág. 126), es por este motivo que la polinización es uno de los mayores costos agrícolas en las plantaciones de palma; considerando que también el uso de híbridos predomina en estas, la polinización artificial es muy frecuente (Castiblanco, Fontanilla, Santacruz, Rosero & Mosquera, 2013, pág. 40; ASD, 2010).

3.5.1. Polinización asistida o artificial en híbridos OxG

Es una práctica que se ha venido aplicando desde los años 80 en plantaciones con híbridos de palma aceitera y en lugares donde había escasez de insectos polinizadores (Meléndez & Ponce, 2016; Chávez & Rivadeneira, 2003). Esta actividad se lleva a cabo para incrementar la productividad según Romero y Ramírez (1992, pág. 2), pues implica recolectar polen de flores masculinas y luego esparcirlo en las flores femeninas receptivas, las mismas que tienden a obtener una fecundación adecuada.

En la actualidad, la polinización asistida es requerida para obtener racimos con buena conformación, pues las inflorescencias femeninas al entrar en Preantesis, no eliminan las espatas que las recubre, por lo que es necesario que se remuevan manualmente (Corley & Tinker, 2016, pág. 126; Sánchez y otros, 2011, pág. 70; Prada & Romero, 2012, pág. 68). La polinización asistida provoca que aumente la relación de frutos normales frente a partenocárpicos en el racimo, como también mejora la formación de este y permite obtener mayor cantidad de aceite (Prada & Romero, 2012, pág. 66).

El polen destinado a fecundar las flores femeninas se lo suele combinar con talco, a una relación de 1:10, 1g de polen y 10g de talco, ya que esta mezcla aumenta la dispersión y la cobertura del polen (Sánchez y otros, 2011, pág. 69). El polen también se puede mezclar con otros compuestos en diferentes proporciones, como el silicato de magnesio por ejemplo (Sánchez y otros, 2011, pág. 69).

La polinización asistida permite que se aproveche el mayor número posible de flores femeninas en un racimo, lo que incrementa el número de frutos y el peso promedio de racimos (Ramírez & Romero, 1992, pág. 7). Sin embargo, el costo de la polinización asistida se estima entre 1000 a 2500 USD/ha al año, dependiendo de la zona en donde se la realice y los costos asociados (Barba & Baquero, 2012, págs. 4, 5; Torres, Rey, Gelves & Santacruz, 2004, págs. 356, 357; Castiblanco, Fontanilla, Santacruz, Rosero & Mosquera, 2013, pág. 40, Ruiz, Fontanilla, Mesa, Mosquera, Molina & Rincón, 2015, pág. 21).

Ya que esta actividad representa uno de los costos más altos en la producción de aceite de palma Los criterios para llevar a cabo la polinización asistida correctamente son los siguientes: Viabilidad del polen; mezcla de polen con un compuesto mineral y cantidad de dicha mezcla necesaria a aplicar entre 2.1 a 3 gramos, dependiendo del tamaño de la inflorescencia femenina y finalmente la inflorescencia debe estar en estado fenológico de antesis (Sánchez y otros, 2011, pp. 39-42, pp. 69-70). El polen se aplica con un esparcidor, de manera que pueda llegar a todas las flores receptivas y se lo realiza hasta que todos los botones florales de una misma inflorescencia estén polinizados, ya que la antesis no suele ser uniforme en los híbridos OxG y la antesis puede durar hasta una semana (Corley & Tinker, 2015, pág. 122; Sánchez y otros, 2011, pp. 39-42).

4. METODOLOGÍA

4.1. Ubicación y localización del proyecto

El trabajo sobre el estudio del polen de híbridos interespecíficos OxG se realizó en la plantación de Energy & Palma S.A, ubicada en el Cantón de San Lorenzo, provincia de Esmeraldas, Ecuador. Las características agroecológicas del sitio de la plantación se describen en la tabla 5.

Tabla 5.

Características agroecológicas y ubicación de la plantación Energy & Palma S.A.

Característica	Valor
Latitud	1° 07 'N
Longitud	78° 45' 50''
Pluviosidad Anual	738 mm
Altitud	35 msnm
Temperatura Máxima	34°C
Temperatura Mínima	27°C

La pluviosidad anual de la zona es de 738 mm anuales, con una altitud de 35 msnm, en donde particularmente su temperatura varía entre los 34°C a 27°C a lo largo de las extensiones de suelo pertenecientes a Energy & Palma S.A.

El departamento de investigación y desarrollo de Energy y Palma S.A. cuenta con 110 hectáreas para su gestión. Para el presente trabajo, se utilizaron 3 lotes de la plantación con material de Unipalma, Coarí x La Mé y Taisha x Avros. Las edades de las palmas de los lotes seleccionados fueron de 3 años de edad para el material Unipalma y para Coarí x La Mé, mientras que la edad de las palmas en el lote de Taisha x Avros son de 8 años. Esta diferencia de edad se debe a que no poseen material de Taisha x Avros con la misma edad de Unipalma y de Coarí x La Mé. Los materiales híbridos Unipalma y Coarí x La Mé se encuentran localizados en los lotes K4-64 y K4-74 respectivamente ubicados en "Zona 7" (figura 1); mientras que el material Taisha x Avros se localiza en el lote 2-P-1 ubicado en "Zona 1" (figura 2); dentro de la plantación de Energy & Palma. En los mapas de Zona 1 y Zona 7, por medio de una circunferencia de color negro, se encuentran marcados los lotes donde se realizó el estudio como se presenta en la figura 1 y 2.



Figura 1. Mapa de Zona 7

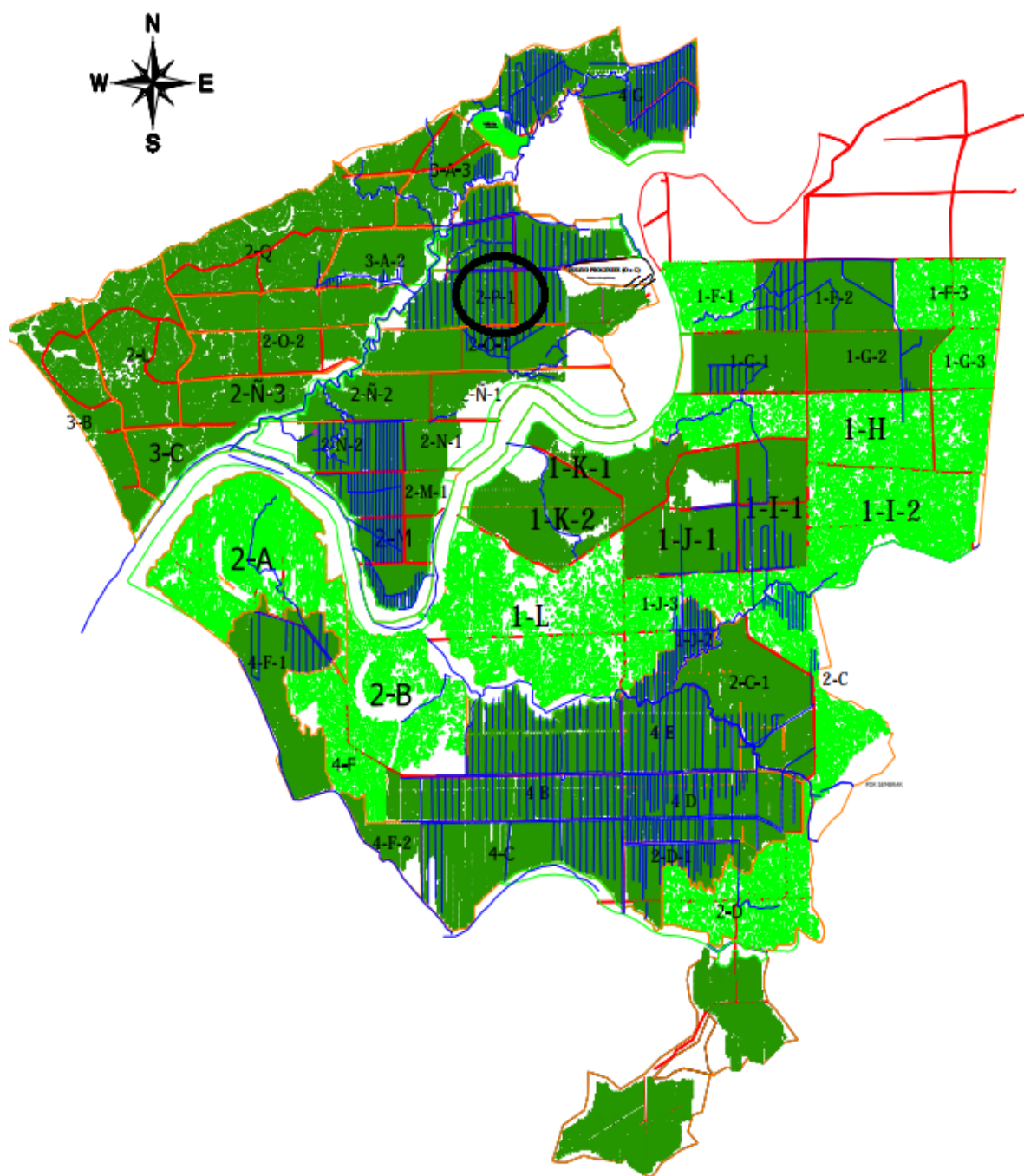


Figura 2. Mapa de Zona 1

4.2. Procedimiento experimental

Para el presente trabajo, se distinguen cuatro etapas que se llevaron a cabo para el estudio sobre el polen de híbridos interespecíficos OxG de palma aceitera, descritos a continuación:

- 1) Recolección del polen de los materiales seleccionados y su procesamiento para el proceso de estudio de polen y polinización artificial.
- 2) Preparación del medio de cultivo para la cuantificación de granos de polen viables y viabilidad del polen de cada material.
- 3) Realización de los cruces entre materiales por medio de polinización asistida y controlada
- 4) Cosecha de racimos producidos a través de los cruzamientos y *fruit set*

4.2.1. Recolección del polen

La recolección del polen se realizó en el mes de agosto del 2017, mediante el aislamiento de flores masculinas de los materiales Unipalma, Coarí x La Mé y Taisha x Avros, usando el método de aislamiento de inflorescencias descrito por Sánchez *et al* (2011, pág. 56) durante el estadio fenológico de preantesis I, definido por Hormaza *et al* (2010, pág. 57). Los materiales utilizados y el lote donde se encuentran ubicados dentro de la plantación se describen la tabla 6.

Tabla 6.

Lotes y tipos de material genético estudiados en la plantación de Energy & Palma S.A.

Lote	Fecha de Siembra	Superficie Total del Lote	Superficie Ocupada por Palmas	Tipo de Material Genético
K4-64	18 septiembre, 2013	28,41 ha	25.08 ha	Unipalma

K4-74	30 agosto, 2013	13.84 ha	21.19 ha	Coarí x La Mé
2P1	15 noviembre, 2010	27.61 ha	22.30 ha	Taisha x Avros

Durante la recolección de polen, se seleccionaron palmas libres de enfermedades y de racimos andrógenos. La etapa de preantesis I, como lo describe Sánchez *et al* (2011, págs. 39), empieza cuando la bráctea peduncular se rasga y se pueden observar las espiguillas apretadas hacia el centro, hacia el raquis. En esta etapa fenológica se aislaron las flores masculinas para evitar que los insectos, atraídos por el olor semejante al anís, invadieran el racimo en antesis, provocando que haya una contaminación cruzada de polen de otras flores (Raygada, 2005, pág. 76). La preparación de la inflorescencia para su aislamiento se presenta en la figura 3.

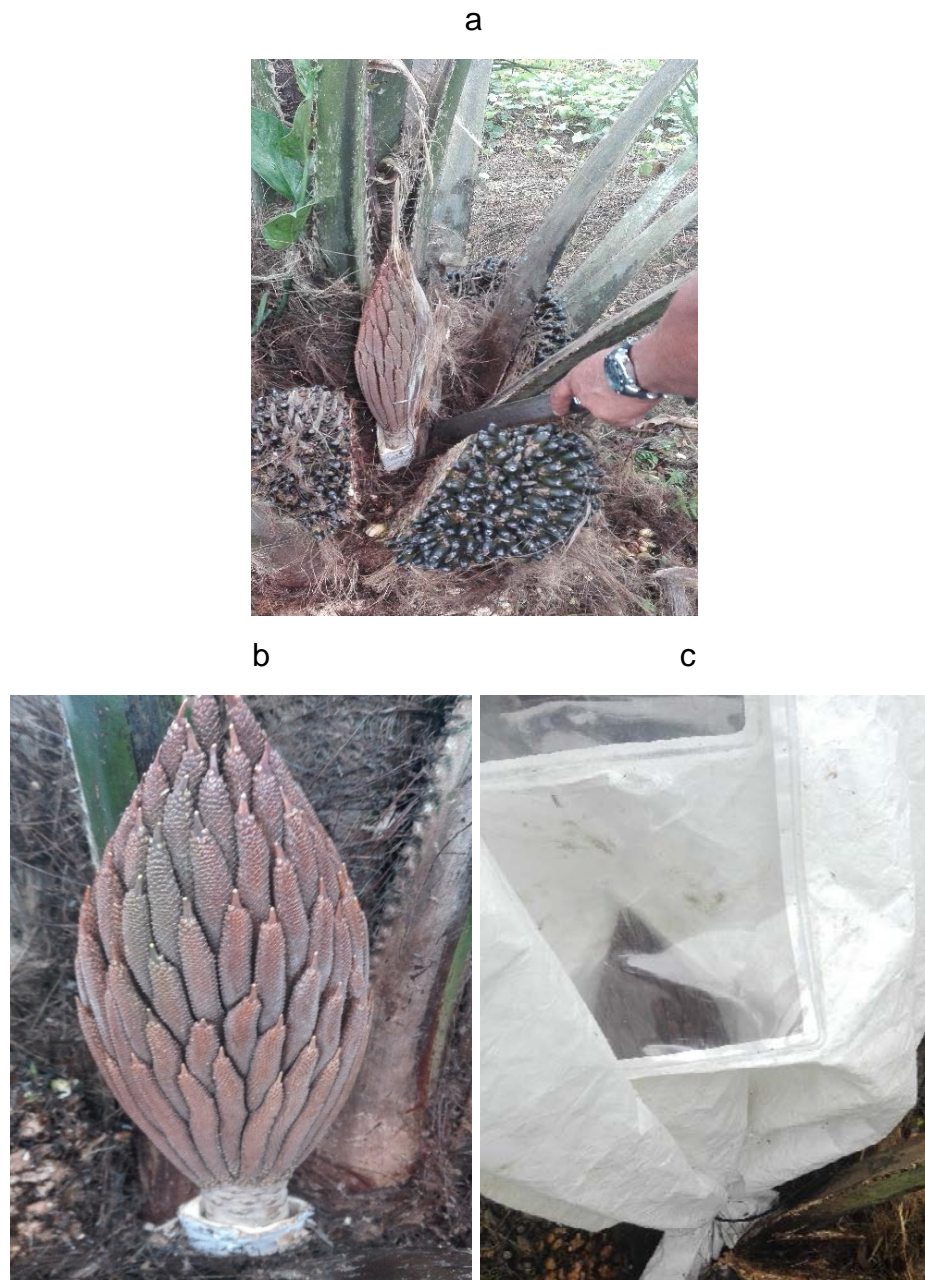


Figura 3. Aislamiento de una inflorescencia.

a) Limpieza del racimo.

b) Inflorescencia libre del prófalo y la bráctea peduncular lista para aislarse.

c) Inflorescencia aislada.

El proceso de aislamiento comenzó con la limpieza del área donde se encuentra la inflorescencia masculina, retirando el material fibroso que se encuentra alrededor del pedúnculo. Después se hace un corte en el prófalo (capa fibrosa externa) con un gancho metálico y se lo extrae, luego se corta y se retira la bráctea peduncular (capa fibrosa interna) con un cuchillo, sin herir el pedúnculo

o las espiguillas. Al dejar la inflorescencia desnuda, se aplicó una solución desinfectante por medio de un atomizador y luego el insecticida con la finalidad de eliminar todo insecto presente en la inflorescencia. Finalmente se cubrió la inflorescencia con una funda de aislamiento de duraweb de PBS Interacional; se la rotuló y se amarró con una liga de caucho (Sánchez y otros, 2011, pág 56).

Después de 8 días, se revisaron las inflorescencias aisladas para determinar si ya habían llegado a plena antesis y así cosechar el racimo con todo el polen disponible. En ciertos casos, algunas de las inflorescencias aisladas no presentaron antesis después de los 8 días, o lo hacían de una forma incompleta; por lo que a partir del octavo día, se las revisaron día a día hasta que estuviera lista para ser cosechada (con todos los botones florales en antesis). El corte para cosechar el racimo se lo hace desde el pedúnculo, por debajo de la liga de caucho (Sánchez y otros, 2011, pág 56).

4.2.2. Cosecha y procesamiento del polen

El racimo envuelto en la funda, ingresó a un cuarto de secado frío y permaneció allí durante 48 horas a 16°C. Al cabo de las 48 horas, se sacudió la funda pasando la mano por medio de las espiguillas y así extraer los sacos polínicos, después se cortó una esquina superior de la funda y se depositaron los sacos polínicos y el polen sobre una malla metálica para tamizar y separar el polen de los residuos florales (material fibroso y sacos polínicos) (Sánchez y otros, 2011, pág. 117). Luego, se guardó el polen en frascos rotulados, se sellaron y se almacenaron en congelación a -4°C hasta su utilización.

4.2.3. Cuantificación y determinación del polen viable

Para el estudio de la viabilidad del polen de los materiales híbridos seleccionados, se preparó un medio de cultivo para germinar el polen en cajas Petri. Este medio de cultivo estaba compuesto de: 150 mililitros de agua destilada, 16.5 gramos de sacarosa, 1.8 gramos de agar (Turner & Gilbanks, 1974).

Se colocaron entre 5 a 10 mL del medio de cultivo en cajas Petri y por medio de algodón, se esparció el polen. La aplicación por medio de algodón es recogiendo una mínima cantidad de polen y se lo sacude a una altura de la caja Petri, de modo que los granos de polen caigan en todo el medio de cultivo (Sánchez y otros, 2011, pág. 118). Ya colocado el polen, se rotularon las cajas Petri e ingresaron en una incubadora por 3 horas a 37°C (Sánchez y otros, 2011, pág. 118).

Después de las 3 horas de incubación, se aplicó el método de Turner y Gilbanks (1974) para la cuantificación de polen germinado y la obtención del porcentaje de viabilidad. Para esto, se dividieron las cajas Petri en cinco secciones y por cada sección definida se observaron 4 campos visuales a través del microscopio. Cada campo visual constaba de 100 granos de polen y se contabilizó tanto los granos de polen que formaron tubo polínico (viables) y los que no lo formaron (no viables). Un ejemplo de un grano de polen germinado se puede observar en la figura 4.

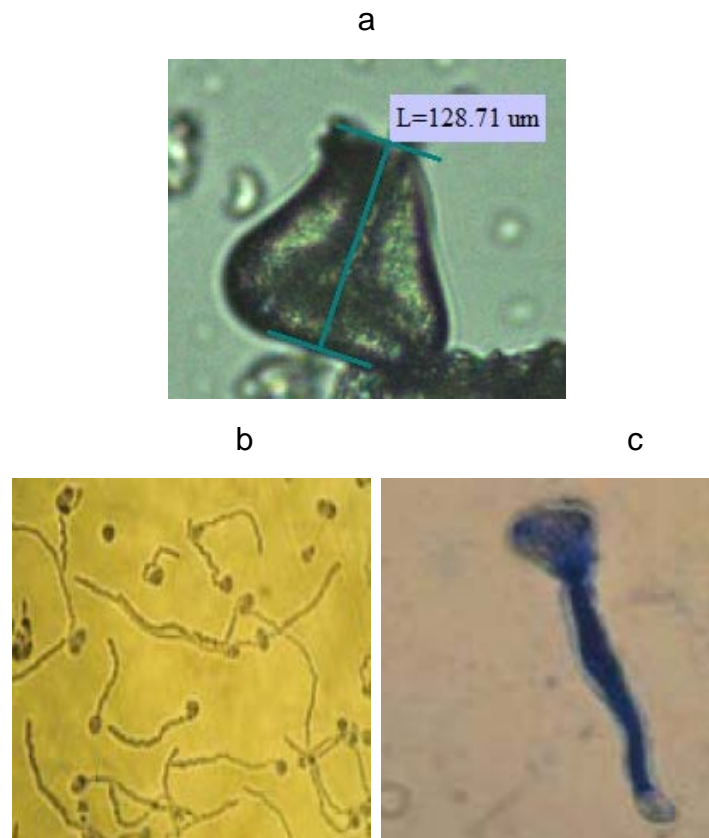


Figura 4. Visualización de los granos de polen en un medio de cultivo.

Tomado de (Sánchez *et al*, 2011, pág. 118)

- a) Grano de polen.
- b) Granos de polen germinados y no germinados.
- c) Tinción del tubo polínico de un grano de polen.

Para la obtención del porcentaje de viabilidad del polen, se debe contar los granos de polen que formaron tubo polínico y los que no lo formaron a través de la observación en el microscopio. Se consideran granos de polen viables a aquellos que formaron tubo polínico de mayor longitud al del grano de polen; en contraparte, los granos de polen son considerados como no viables cuando no forman tubo polínico o este es de menor longitud al del grano de polen. Al tener ambos datos, se aplica la siguiente ecuación para la obtención del porcentaje de viabilidad de acuerdo a la fórmula de la ecuación 1 (Sánchez & Romero, 2013, pág. 2).

$$\% \text{ de Germinación} = \frac{\text{Número de granos de polen viables}}{\text{Número de granos de polen}} \times 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Diseño Experimental para la viabilidad del polen

Para el estudio de la viabilidad del polen, se aplicó un diseño completamente al azar (DCA), con 5 tratamientos y 5 repeticiones, refiriéndose como tratamientos, a los materiales genéticos de palma aceitera seleccionados (*E. guineensis*, *E. oleifera*, Unipalma, Coarí x La Mé y Taisha x Avros); y como repeticiones, al número de flores como fuente de polen por cada material (tabla 7). Ya que el diseño planteado obedece a un experimento con un solo factor (Gutierrez & de la Vara, 2008, pág. 64), debe cumplir o acercarse a la veracidad de la ecuación 2

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

Y_{ij} es el porcentaje de germinación de la i -ésima especie (1, 2, 3, 4) en la j -ésima inflorescencia (1, 2, 3, 4, 5)

μ es la media global del incremento común del porcentaje de germinación por efecto de cada tratamiento.

T_i indica la diferencia entre la media de la i -ésima especie (1, 2, 3, 4) y la media global. Es decir, $T_i = \mu_i - \mu$

ε_{ij} es la variable de error aleatoria asociada a la j -ésima unidad experimental de la i -ésima especie.

Al aplicar el diseño experimental DCA, se plantea como hipótesis:

H1: El origen genético del material vegetal influye sobre el porcentaje de germinación del polen

$$H1 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$$

Al contrario de no cumplirse este enunciado, se rechaza y se acepta la hipótesis nula:

H0: El origen genético del material vegetal no tiene influencia sobre el porcentaje de germinación del polen

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$$

Tabla 7.

Materiales genéticos utilizados como tratamientos para el estudio de la viabilidad del polen.

<i>E. guineensis</i>	Tratamiento Testigo
<i>E. oleifera</i>	Tratamiento 1
Unipalma	Tratamiento 2
Coarí x La Mé	Tratamiento 3
Taisha x Avros	Tratamiento 4

4.2.4. Polinización asistida y cruces entre materiales híbridos

Una vez que se recolectó el polen de los materiales híbridos seleccionados, el polen de cada material fue mezclado con talco mineral a una relación de 1:10, 1 gramo de polen y 10 gramos de talco mineral. Luego, se procedió a aislar 20 inflorescencias femeninas en preantesis II de los híbridos Unipalma, Coarí x La Mé y Taisha x Avros respectivamente y después de 6 a 13 días, tiempo en el que las inflorescencias femeninas se demoran en entrar en antesis de acuerdo con Sánchez *et al* (2011, pp. 41-42), se las polinizaron según los cruces respectivos descritos en la tabla 8 correspondientes a los 12 tratamientos diseñados.

Para la polinización, se realizó un agujero pequeño en el panel o ventana de la funda de aislamiento, por donde se ingresó el pico metálico de una piseta modificada, el cual constaba de un frasco plástico donde se deposita el polen, conectado a dos tubos de plástico; uno conectado al pico metálico para la salida de la mezcla polen-talco, y el otro tubo conectado a una bomba de aire, tal y como se aprecia en la figura 5. De esta manera, se esparció la mezcla de polen-talco por toda la inflorescencia femenina, cubriendo todos los botones florales disponibles. Al final se sella el agujero realizado con cinta adhesiva, se rotuló y se marcó como polinizada.

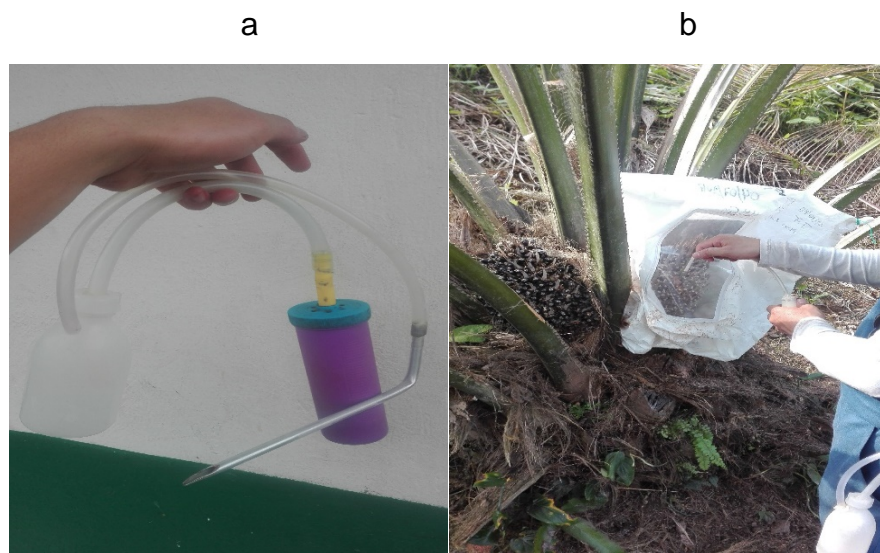


Figura 5. Polinización asistida y controlada

- a) Bomba para polinización
- b) Polinización según la metodología descrita

La antesis de las inflorescencias femeninas de los 3 materiales híbridos utilizados suele ser irregular en condiciones normales de su desarrollo, por lo que, en ciertas ocasiones, hubo la necesidad de polinizar hasta 3 días seguidos una misma inflorescencia (Corley & Tinker, 2016, pp. 1d-1e).

En la tabla 8 se muestra el cuadro de Punnett diseñado para los cruces de cada material. El polen comercial de *E. guineensis* es el que Energy & Palma utiliza para su actividad normal de polinización. Por cada cruzamiento que se muestra en la tabla 8 se realizaron 5 réplicas, es por esto que se utilizaron 20 inflorescencias femeninas como unidades experimentales, esto se repitió para cada material híbrido. Con esto resultó un total de 60 unidades experimentales utilizadas para el presente trabajo

Tabla 8.

Cuadro de Punnett de los cruzamientos diseñados para la evaluación de la compatibilidad del polen.

♀ \ ♂	<i>Elaeis guineensis</i>	Unipalma	Coarí x La Mé	Taisha x Avros
Unipalma	UxG	UxU	UxCLM	UxTA
Coarí x La Mé	CLMxG	CLMxU	CLMxCLM	CLMxTA
Taisha x Avros	TAxG	TAxU	TAxCLM	TAxTA

4.2.5. Compatibilidad del polen

Después de los 110 días de haber realizado la polinización, los racimos fueron cosechados y llevados al laboratorio para proceder con la evaluación del *fruit set*, en donde se clasificaron los frutos según el tipo, frutos normales, frutos partenocárpicos, frutos blancos y frutos vanos, para después cuantificarlos y pesarlos (Corley & Tinker, 2016, pág. 126; Hormaza y Otros, 2010, pág. 68). Finalmente, se pesó los residuos del racimo.

Diseño Experimental para la compatibilidad del polen

Para el segundo estudio, referente a la compatibilidad del polen, se aplicó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con 4 tratamientos y 5 réplicas, refiriéndose como tratamiento al tipo del material genético utilizado para polinizar y realizar el cruzamiento entre especies; y a repeticiones como el número de plantas de un mismo material genético utilizado para un mismo factor de tratamiento. Dentro de los tratamientos, se consideró la utilización de un testigo, siendo este el polen de *E. guineensis*, que es el polen más común dentro de la polinización comercial de híbridos OxG. Se consideró como variables de respuesta al porcentaje de frutos normales y porcentaje de frutos partenocárpicos frente al porcentaje de frutos abortivos. En base a la tabla de tratamientos para la compatibilidad del polen (tabla 9), los datos obtenidos para este estudio fueron analizados por medio de un ANOVA con dos criterios de

clasificación, ya que se controlan dos fuentes de variación: el factor de bloque y el factor de tratamientos (Gutierrez & de la Vara, 2008, pág. 104). Ya que el diseño planteado obedece a 2 criterios de clasificación, debe cumplirse o acercarse a la veracidad de la ecuación 3.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + y_j + \varepsilon_{ij} \quad \begin{cases} i = 1,2,3 \dots k \\ j = 1,2,3,4 \dots b \end{cases} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

Y_{ij} indica el porcentaje de frutos normales o partenocárpicos de la progenitora femenina de la especie i -ésima (1, 2, 3) en el bloque de la j -ésima (1, 2, 3, 4) especie del progenitor masculino.

μ es la media global poblacional

T_i es la diferencia entre la media del efecto de la i -ésima (1, 2, 3, 4) especie del padre.

y_j es el efecto del bloque de la j -ésima (1, 2, 3) especie de la progenitora femenina.

ε_{ij} se refiere a la variable de error aleatoria atribuido a la medición de Y_{ij} .

Al aplicar el Diseño experimental DBCA, se plantea como hipótesis:

H1: La compatibilidad del polen de materiales puros e híbridos OxG de palma aceitera influye sobre el llenado del racimo.

$$H1 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$$

Al contrario de no cumplirse este enunciado, se rechaza y se acepta la hipótesis nula:

H0: La compatibilidad del polen de materiales puros e híbridos OxG de palma aceitera no influye sobre el llenado del racimo.

$$H0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$$

Tabla 9.

Tratamientos correspondientes a los cruces planteados para el estudio de la compatibilidad del polen

Tratamientos	Cruce (Progenitor por Progenitora)
Tratamientos Testigo	<i>E. guineensis</i> por Unipalma
	<i>E. guineensis</i> por Unipalma
	<i>E. guineensis</i> por Unipalma
Tratamiento 1	Unipalma por Unipalma (UxU)
Tratamiento 2	Unipalma por Coarí x La Mé (UxCLM)
Tratamiento 3	Unipalma por Taisha x Avros (UxTA)
Tratamiento 4	Coarí x La Mé por Unipalma (CLMxU)
Tratamiento 5	Coarí x La Mé por Coarí x La Mé (CLMxCLM)
Tratamiento 6	Coarí x La Mé por Taisha x Avros (CLMxTA)
Tratamiento 7	Taisha x Avros por Unipalma (TAxU)
Tratamiento 8	Taisha x Avros por Coarí x La Mé (TAxCLM)
Tratamiento 9	Taisha x Avros por Taisha x Avros (TAxTA)

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de la morfología del polen

La morfología de los granos de polen, tanto en materiales puros como híbridos, comparten una forma triangular, pero con variaciones dependiendo del material del que procede el polen. Los granos de polen de la especie *E. oleifera* tienen una forma ligeramente más elíptica; pero sin dejar de lado esa tendencia a tener una forma triangular (Figura 6).

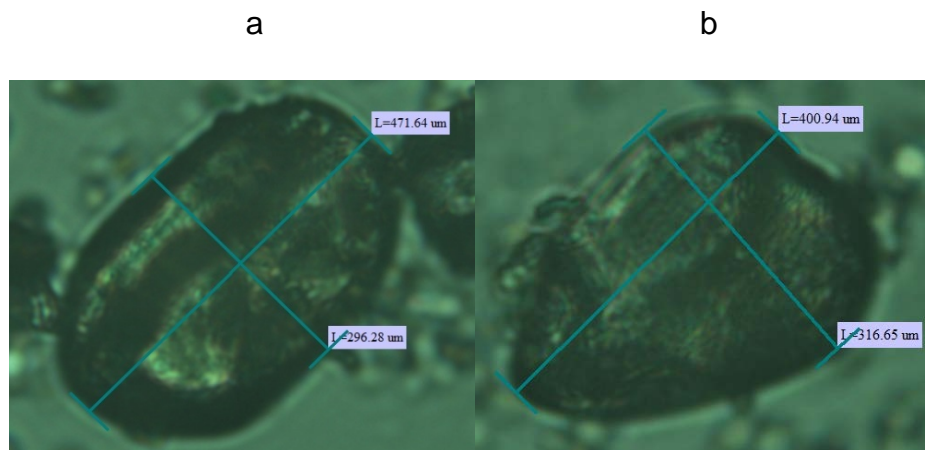
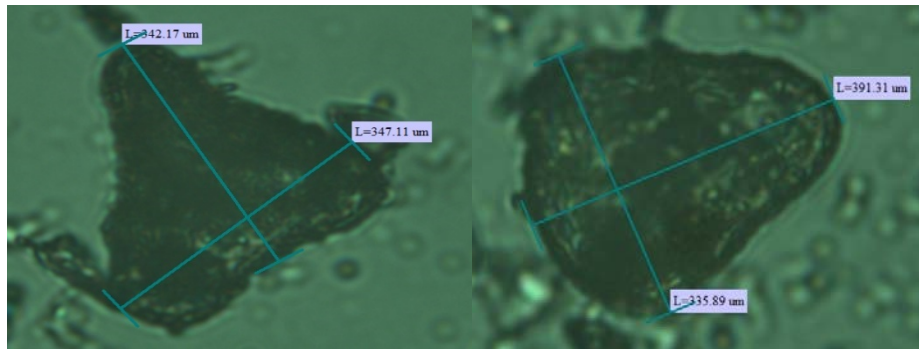


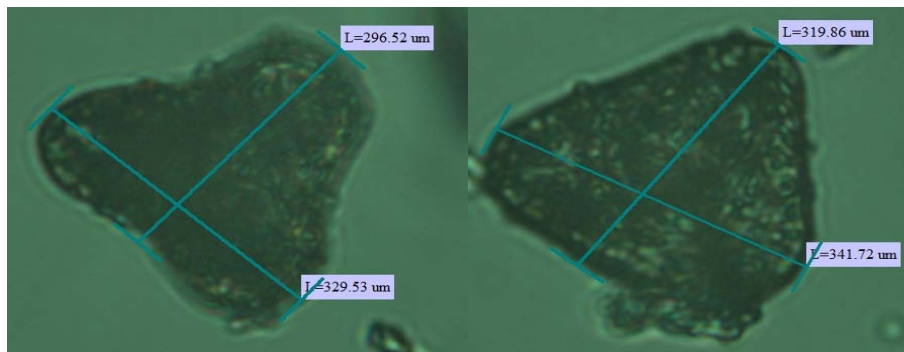
Figura 6. Granos de polen de *E. oleifera*

- a) Grano de polen con forma elíptica.
- b) Grano de polen con forma triangular y circular en un extremo.

Con relación a la morfología de las especies Unipalma y Coarí x La Mé, en efecto, presentan una forma triangular como se muestra en la figura 7. En ciertos casos, también los granos de estas dos especies pueden tener una forma triangular con vértices más pronunciados (Figura 7). En cambio, Taisha x Avros es la única especie entre aquellas estudiadas, cuyos granos de polen muestran una forma más elíptica a diferencia de las otras especies (Figura 6).



b



c

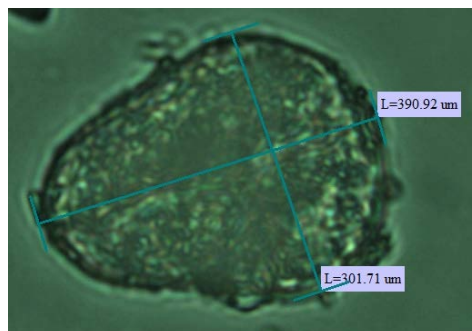


Figura 7. Morfología y medidas de los granos de polen de los híbridos Unipalma, Coarí x La Mé y Taisha x Avros.

- a) Granos de polen de la especie Unipalma.
- b) Granos de polen de la especie de Coarí x La Mé.
- c) Grano de polen de Taisha x Avros.

Como se observa en la figura 7, la morfología de los granos de polen de los materiales híbridos Unipalma y Coarí x La Mé también lo presenta la especie *E. guineensis*, tal y como se presenta en la figura 4. A diferencia de lo anterior, la

morfología de los granos de polen de Taisha x Avros se asemejan más a la morfología de los granos de polen de la especie *E. oleifera*.

La morfología de los granos de polen observados comparte las mismas descripciones que dieron Sánchez y Romero (2013, pp. 3-4). Sánchez y Romero (2013, pp. 3-4) también observaron granos de polen de un híbrido OxG, cuya forma es similar al del material Taisha x Avros que se visualizó (granos redondos) en el presente trabajo. Esto corrobora lo que autores como Corley y Tinker describen sobre los granos de polen (2015, pág. 1d), quienes también afirman que la forma de los granos de polen de la especie *E. guineensis* es triangular y que los de la especie *E. oleifera* tienen forma elíptica.

En la figura 7, también se muestran las medidas polares y ecuatoriales de los granos de polen. El híbrido Unipalma presenta una media del diámetro ecuatorial de 341.5 μm y una media del diámetro polar de 366.74 μm ; el híbrido Coarí x La Mé presenta una media del diámetro ecuatorial de 335.63 μm y una media del diámetro polar de 308.19 μm y el híbrido Taisha x Avros presenta un diámetro ecuatorial de 301.71 μm y un diámetro polar de 390.92 μm . Comparando las medidas entre los tres híbridos, Coarí x La Mé es el material con mayor diámetro ecuatorial, mientras que Taisha x Avros es el material con mayor diámetro polar.

Por lo que se observa en la figura 7, las medidas de los diámetros polar y ecuatorial de los granos de polen varían de acuerdo a la forma que presenta el grano de polen; forma que depende del tipo de material híbrido. Se puede apreciar que en la figura 7, los granos de polen de Unipalma y Coarí x La Mé tienen sus vértices más pronunciados, lo que provoca que sus diámetros polar y ecuatorial sean mayores a los diámetros de los granos de polen cuyos vértices no son pronunciados o que tienen una forma más triangular; a excepción del material Unipalma, donde su diámetro ecuatorial es mayor cuando el grano de polen presenta una forma mucho más triangular. Lo que quiere decir que el diámetro polar o ecuatorial de los granos de polen aumenta o disminuye de acuerdo a la forma del grano. A diferencia de las medidas obtenidos de los materiales híbridos, los granos de polen de *E. oleifera* presentan una media del diámetro polar de 436.29 μm y una media del diámetro ecuatorial de 306.47 μm (figura 6). Claramente *E. oleifera* tiene mayor diámetro polar que los granos de polen de los materiales híbridos dada por su forma elíptica.

5.1. Resultados del porcentaje de Germinación del Polen

Los resultados del porcentaje de germinación del polen en el presente estudio se indican a continuación en la figura 8.

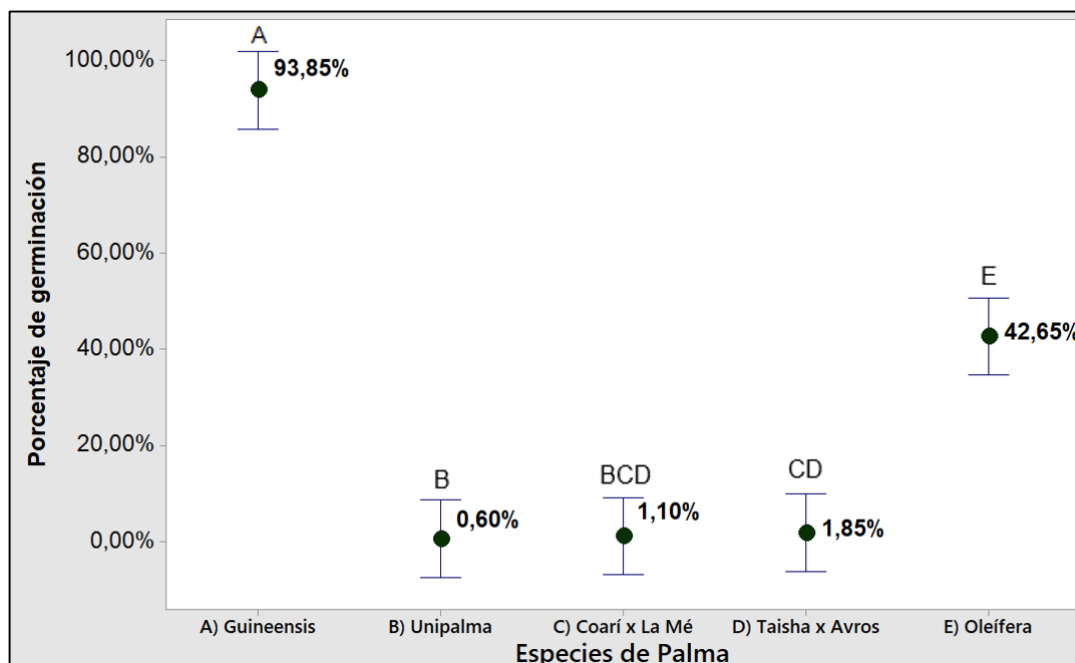


Figura 8. Medias de los porcentajes entre materiales genéticos estudiados de palma aceitera.

En la figura 8 se puede observar que los materiales puros de palma aceitera poseen polen con mayor porcentaje de germinación en comparación con el polen de los híbridos OxG. Clasificándose de mayor a menor germinación, el polen del género *E. guineensis* tiene una media de germinación del 93,85%; le sigue el polen del género *E. oleífera* que presenta una media de germinación del 42,65%; el híbrido Taisha x Avros con una media de germinación de 1,85%; y continúa casi al último Coarí x La Mé con una media de germinación de 1,10% y finalmente, Unipalma con una media de germinación del 0,60%. Estos datos demuestran que la viabilidad en híbridos OxG de los materiales estudiados en esta zona (Cantón San Lorenzo) es muy baja a comparación con otros estudios realizados sobre viabilidad del polen de híbridos OxG en otras zonas, como el estudio Chávez (2007, pp. 18-19) realizado en San Alberto-Colombia, en el que la viabilidad del material híbrido Coarí x La Mé sobrepasa el 75% de germinación, mayor a los obtenidos en el presente trabajo. Esto también corrobora la idea

general que mencionan varios autores como Barba *et al* (2013, pág. 12) y Alvarado (2013, pág. 310) sobre la esterilidad total o parcial de los materiales híbridos OxG (por debajo el 20% de germinación).

De acuerdo a la literatura, es necesario un polen con al menos 75% de germinación para un llenado de racimo eficiente, es decir, un racimo con mayor proporción de frutos normales y menor proporción de frutos partenocárpicos y abortivos. Con un polen de tan baja viabilidad como los obtenidos en el presente estudio (entre el 0.60% y el 1.85%) no se esperaría un llenado de racimo eficiente (Prada & Romero, 2012, pág. 15, pág. 122; Alvarado, Escobar, & Peralta, 2010, pág. 310; Alvarado, Bulgarelli, & Moya, 2000, pp. 32-36).

Las causas de la viabilidad baja en híbridos OxG no se conocen con claridad, sin embargo en ocasiones ocurre una homologación incompleta de los cromosomas (Alvarado y Otros, 2000, pp. 34-35). Por otro lado, también se ha especulado que entre las etapas de meiosis y dispersión en anthesis existe degeneración del polen, dando como resultado baja viabilidad (Alvarado y Otros, 2000, pp. 34-35).

El polen de *E. oleifera* a pesar de ser genéticamente puro, tiene una media de germinación considerablemente baja (42,65%) en comparación a *E. guineensis* (93,85%); esto ratifica lo que Alvarado *et al* (2000, pp. 35-36) afirman en cuanto a la baja viabilidad del polen proveniente de la especie *E. oleifera* con valores entre 20% y 60% de viabilidad. Alvarado *et al* (2000, pp. 35-36) señalan que los híbridos tienen baja viabilidad por el hecho de que su parental *E. oleifera* posee bajos porcentajes de viabilidad. Alvarado *et al* (2000, pp. 35-36) citan que parece tener relación con el vigor híbrido o heterosis, ya que básicamente los híbridos OxG fueron desarrollados como una alternativa a las prácticas convencionales para controlar la PC, enfermedad a la que *E. guineensis* es muy susceptible (de Franqueville, 2001, pág. 11; Meunier, 1991, pág. 42).

Según Meunier (1991, pág. 42) el gen que permite la resistencia a la PC proviene de la madre *E. oleifera* a través de Heterosis (heterocigotos dominantes) en el momento del cruce con el padre *E. guineensis*. Esto también sucede con el gen de producción predominante de inflorescencias femeninas, haciendo que la producción de inflorescencias masculinas sea escasa en los híbridos OxG (Barba, 2016, pág. 292; Rajanaidu, 2016, pág. 198; Birchler, Yao, Chudalayandi,

Vaiman, & Veitia, 2010; Ortiz & Fernández, 2000, pág. 9, pág. 46). Basándose en lo que indican autores como Barba (2016, págs. 286, pág. 292) sobre el vigor híbrido y Alvarado *et al* (2000, pp. 35-36) sobre la baja viabilidad del polen de *E. oleifera* heredado por híbridos OxG, es probable que la baja viabilidad del polen predomine dentro del vigor híbrido y ésta presumiblemente sea la razón para que estos materiales presenten bajos porcentajes de germinación, pues estos híbridos no se enfocaron para producir inflorescencias masculinas (Rajanaidu, 2016, pág. 198; Ortiz & Fernández, 2000, pág. 9, pág. 46).

A este respecto, Vallejo (1976) menciona que la baja viabilidad del polen en los híbridos OxG se debe a que durante las primeras inflorescencias, el polen se desarrolla anormalmente. Existe la posibilidad de que lo citado por Vallejo (1976) sea la respuesta referente a la viabilidad pobre del polen en los materiales Unipalma y Coarí x La Mé, pues se conoce que la madurez gametofítica comienza a aproximadamente a los 3 años de edad. Sin embargo, esto no es una respuesta para la baja viabilidad del polen de Taisha x Avros, pues el polen de este material fue extraído de palmas de 7 años de edad, mientras que el polen de Unipalma y Coarí x La Mé fue extraído de palmas con 3 años de edad (Hormaza y otros, 2010, pág. 39; Henry, 1955). Entonces, a partir de los resultados obtenidos es posible que la edad de las palmas no tenga influencia sobre la viabilidad en estos híbridos y por lo tanto no se demuestra lo que Vallejo (1976) menciona.

De manera general, la esterilidad o baja fertilidad en los híbridos OxG ocurre por la segregación aleatoria de los cromosomas en la anafase I del proceso de división celular según Lacadena (1996, pág. 469). Lacadena (1996, pág. 469) también indica que se pueden formar aleatoriamente híbridos con comportamiento meiótico regular y de forma natural siempre y cuando exista una afinidad evolutiva, lo cual argumenta a la idea de que los parentales del híbrido comparten un ancestral común.

Aunque la fertilidad del polen no solo depende de factores genéticos, sino también depende de factores ambientales, su morfología, capacidad de competencia germinativo y crecimiento del tubo polínico (Davarynejad, Szabó, Nyéki, & Szabó, 2008, pp. 673-675). La información que sustente que la morfología del polen es la razón de la baja viabilidad del polen sigue siendo

insuficiente, pero varios autores mencionan que la morfología de los granos de polen sea el vector para una fertilidad muy baja en los híbridos (Sánchez & Romero, 2013, pág. 1; Davarynejad y otros, 2008, pp. 673-674). Los análisis del presente estudio no concuerdan con otros realizados, ya que la morfología no tiene influencia sobre la viabilidad, pues se demostró que *E. guineensis* que es la especie con mayor germinación y del cual los híbridos Unipalma y Coarí x La Mé toman su forma triangular (Figuras 7 y 8), presentan diferencias significativas entre las medias de germinación; entonces en los materiales híbridos OxG se creería que, en efecto, la razón de la baja viabilidad es por la deficiencia genética adquirida por su parental *E. oleifera* por presentar bajos porcentajes de viabilidad frente a *E. guineensis* (Alvarado y otros, 2000, pp. 34-36).

Para demostrar que los datos de germinación obtenidos entre especies provienen de una distribución normal, se realizó una prueba de Anderson-Darling (anexo 1) debido al número de muestras que se analizan y por la tan variable viabilidad entre especies (Heckert, 2013; Marín, 2014, pp. 347-349; Marques, 2001, pp. 41-44). Mediante un índice de confianza del 95% en el ajuste de datos, se obtiene como resultado un valor de P menor a 0.005 (anexo 1), por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa de la prueba de normalidad (no todas las medias son iguales).

A través de la prueba de Levene en el análisis de igualdad de varianzas del anexo 3, se obtiene un valor de P equivalente a 0.000, lo que demuestra que no existe homogeneidad de varianzas y por lo tanto los datos no pueden ser comparados dentro de un análisis de varianza. Esto demuestra que no hay una distribución normal entre las medias de germinación de las especies puras e híbridas, y que los tratamientos son diferentes por la alta variabilidad interna entre estos y por ende los datos obtenidos no obedecen satisfactoriamente al modelo estadístico lineal propuesto. Es por esto que se procedió a realizar un análisis de varianza entre las medias de germinación de los materiales híbridos únicamente (figura 9) para determinar si estas se rigen dentro de un modelo estadístico lineal.

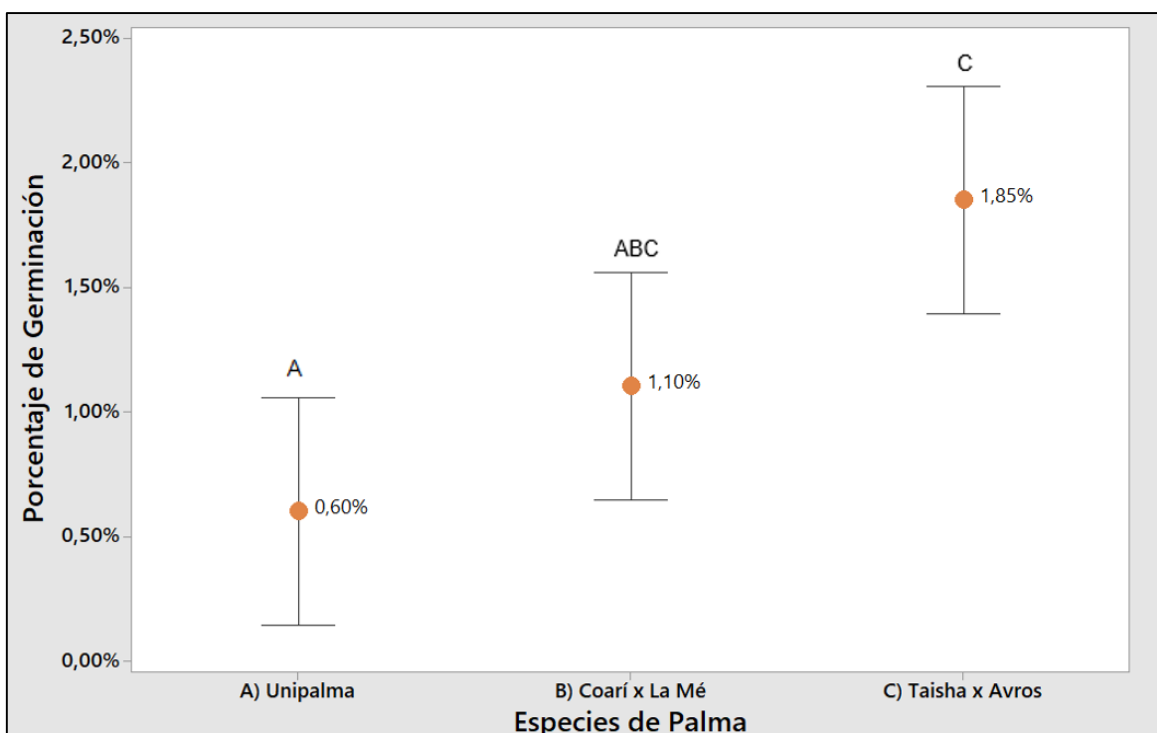


Figura 9. ANOVA de la viabilidad del polen de los materiales híbridos, agrupaciones representadas por letras Mayúsculas respectivas

La figura 9 demuestra que existe igualdad entre las medias de viabilidad de los híbridos de palma aceitera. Específicamente, el ANOVA indica que el tratamiento Coarí x La Mé, a través del método de Tukey al 5%, es igual a las medias de Unipalma y Taisha x Avros, pero que en general, estos tres híbridos tienen una capacidad germinativa distinta. Añadiendo a lo anterior, los datos obtenidos del ANOVA muestran que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de Coarí x La Mé y Unipalma, y entre Taisha x Avros y Coarí x La Mé, pero entre las medias de Taisha x Avros y Unipalma si existe diferencia estadísticamente significativa. A partir de esto, se puede afirmar que no todas las medias son iguales, por lo que se acepta la hipótesis alternativa.

En el anexo 4, la prueba de Anderson-Darling indica un valor de P de 0.005, lo que indica que el análisis de varianza entre los materiales híbridos no tiene una distribución normal de los residuos, porque este valor de P es menor a 0.05, por lo cual, se rechaza una distribución normal en la viabilidad de las especies híbridas tratadas. Al contrario de la prueba de normalidad, la prueba de igualdad de varianzas a través de la prueba de Levene indica un valor de P mayor a 0.268 (Figura 10). Como se ve en la figura 10, los intervalos de confianza de cada

especie se sobreponen uno sobre otro, lo que quiere decir que no existe diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar de las especies híbridas. Esta prueba también concluye con un 98,33% de confiabilidad seguro de que la desviación estándar de los porcentajes de germinación de cada una de las especies híbridas se encuentra dentro de los intervalos de confianza mostrados en la figura 10.

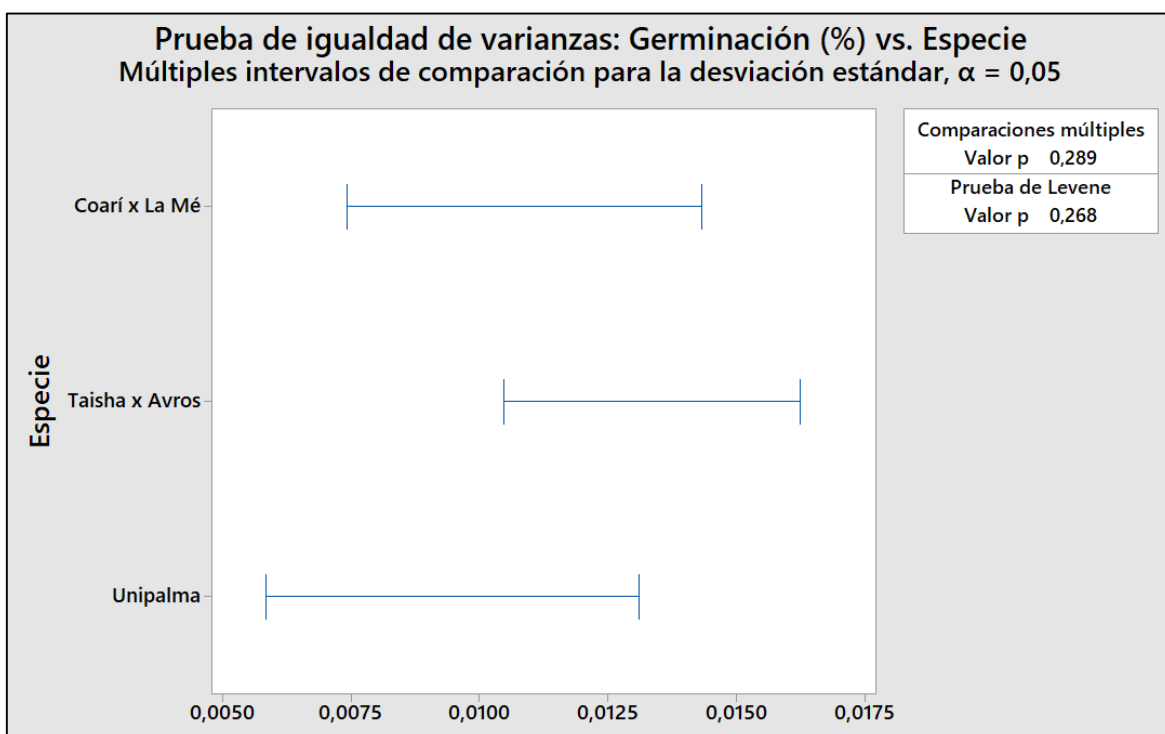


Figura 10. Prueba de Varianzas Homogéneas

La diferencia significativa entre las medias del material Unipalma y Taisha x Avros presentados en el ANOVA (figura 9) indica que el origen genético de las especies influye en la viabilidad del polen. Esto se debe al hecho de que ambos materiales genéticos provienen de distintos materiales genéticos únicos, provenientes de varios lugares del mundo (Rajanaidu, 2016; Alvarado y otros, 2007). A pesar de que ambos híbridos tanto Unipalma y Taisha x Avros son palmas *tenera*, el lugar de origen de sus parentales en sus respectivas líneas genéticas son diferentes, con características únicas y que han sido seleccionadas a partir de características comerciales específicas para su utilización (Barba, Baquero, & Mendoza, 2016, pág. 35). El material Unipalma fue obtenido a través de germoplasma de *oleifera dura* proveniente de la región amazónica del Brasil, cuyas progenies fueron evaluadas en Yaligimba, el Congo

(UNIPALMA S.A., 2013). A partir de dicha evaluación, el material seleccionado fue cruzado con varios materiales *E. guineensis pisífera* provenientes de África y Asia para dar origen al material Unipalma (UNIPALMA S.A., 2013; Alvarado, Escobar, & Peralta, 2010). Por otro lado, la obtención del material Taisha x Avros proviene del germoplasma seleccionado de palmas *E. oleífera dura* de Taisha en la Amazonía ecuatoriana y de palmas *E. guineensis pisíferas* provenientes de la región de Avros en el África (Barba, Orellana, Vallejo, & Manzano, 2008, pág. 2). Esto demuestra que los genes de palmas de tipo dura o pisífera, no influyen en la viabilidad del polen, mas si lo hace en la conformación del racimo, como lo expresa Rajanaidu (1995, pág. 34). En general, Los materiales híbridos estudiados en el presente trabajo provienen de progenies seleccionadas donde se han escogido como madre a *E. oleífera dura* y como padre *E. guineensis pisífera*, por el hecho de que las palmas *dura* producen generalmente inflorescencias femeninas, mientras que las palmas *pisífera* se utilizan como fuentes de polen dentro de los programas de mejoramiento genético (Rajanaidu, 2016, pág. 198; Ortiz & Fernández, 2000, pág. 9, pág. 46).

El material Coarí x La Mé al igual que los materiales híbridos Unipalma y Taisha x Avros, también siguió el mismo esquema de cruzamiento de los parentales Dura x Pisífera, pero no muestra diferencia significativa entre su media y la media de los otros híbridos evaluados en el ANOVA de la figura 9, (Barba y otros, 2008, pp. 1-2; Ortiz & Fernández, 2000, págs. 9, pág. 46). Es posible entonces, que la viabilidad del polen esté relacionada con las características agroecológicas del lugar donde fue extraído; así como se puede evidenciar en el trabajo de Chávez (2007, pp. 18-19) realizado en San Alberto-Colombia, donde el porcentaje de germinación del material híbrido Coarí x La Mé sobrepasa el 75%.

5.2. Compatibilidad del polen entre cruzamientos

Tras haber realizado el fruit set de los racimos mediante polinización asistida y controlada, se realizaron análisis de varianza de dos factores para el peso de racimo y para la conformación del racimo en porcentajes de frutos normales, frutos partenocárpicos y frutos abortos (frutos blancos y frutos vanos). Los frutos

blancos y frutos vanos se simplifican dentro de una misma categoría ya que estos no son aprovechables para extracción de aceite y por lo tanto son considerados como un desecho en la industria según Hormaza *et al* (2010, pp. 68-69). Sin embargo, los porcentajes de estos frutos dentro de la conformación en el racimo es útil para comparar frente al porcentaje de frutos normales y frutos partenocárpicos (Prada & Romero, 2012, pág. 62). Los frutos partenocárpicos conforman al racimo en mayor proporción y aportan una cantidad considerable de aceite. Sin embargo, los frutos normales son de mayor interés para la industria de aceite de palma porque de estos se extrae la mayor cantidad de aceite (Prada & Romero, 2012, pág. 15, pág. 63; Ruiz, 2000, pág. 56).

Todos los análisis de varianza que se presentan a continuación cumplen con las pruebas de distribución normal (Anexos 5, 6, 7, 8), la cual valida las conclusiones generadas del análisis de datos mediante un ANOVA de dos factores.

5.2.1. Análisis de varianza del peso del racimo

El análisis de varianza para el peso del racimo de los distintos tratamientos demostró un valor de P de 0.000 para el factor “madre” y un valor de P de 0.053 para el factor “padre”. Como se puede observar en la tabla 10, los valores de P difieren en los dos factores; el valor de P en el factor madre es menor a 0.05 y por lo tanto existe una diferencia significativa en la variable del peso del racimo. Esto es porque cada material genético utilizado como progenitora madre tiene diferentes características; de igual forma la edad de las palmas puede influenciar en el peso del racimo, dado a que las palmas receptoras de polen en Taisha x Avros tienen una edad de 7 años, mientras que las progenitoras en Unipalma y Coarí x La Mé son palmas de 3 años de edad (Erales, 2017, pág. 2; Barba & Baquero, 2010, pág. 4). Según Erales (2017, pág. 7), la edad de la palma influye en el peso de racimo ya que cada año el peso de los racimos aumenta entre 2 a 2.5 Kg hasta un máximo de 28 a 30 Kg. Lo mencionado por Erales (2017, pág. 7) se corrobora con los datos de la figura 11, donde el peso del racimo de la progenitora Taisha x Avros es mayor al de las otras progenitoras, siendo esta la de mayor edad.

Tabla 10. Análisis de varianza para peso del racimo

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor P
		Ajustado	Ajustado		
Madre	2	388,800	194,401	30,95	0,000
Padre	3	51,520	17,174	2,73	0,053
Error	54	339,210	6,282		
Falta de ajuste	6	85,790	14,298	2,71	
Error puro	48	253,420	5,280		
Total	59	779,530			

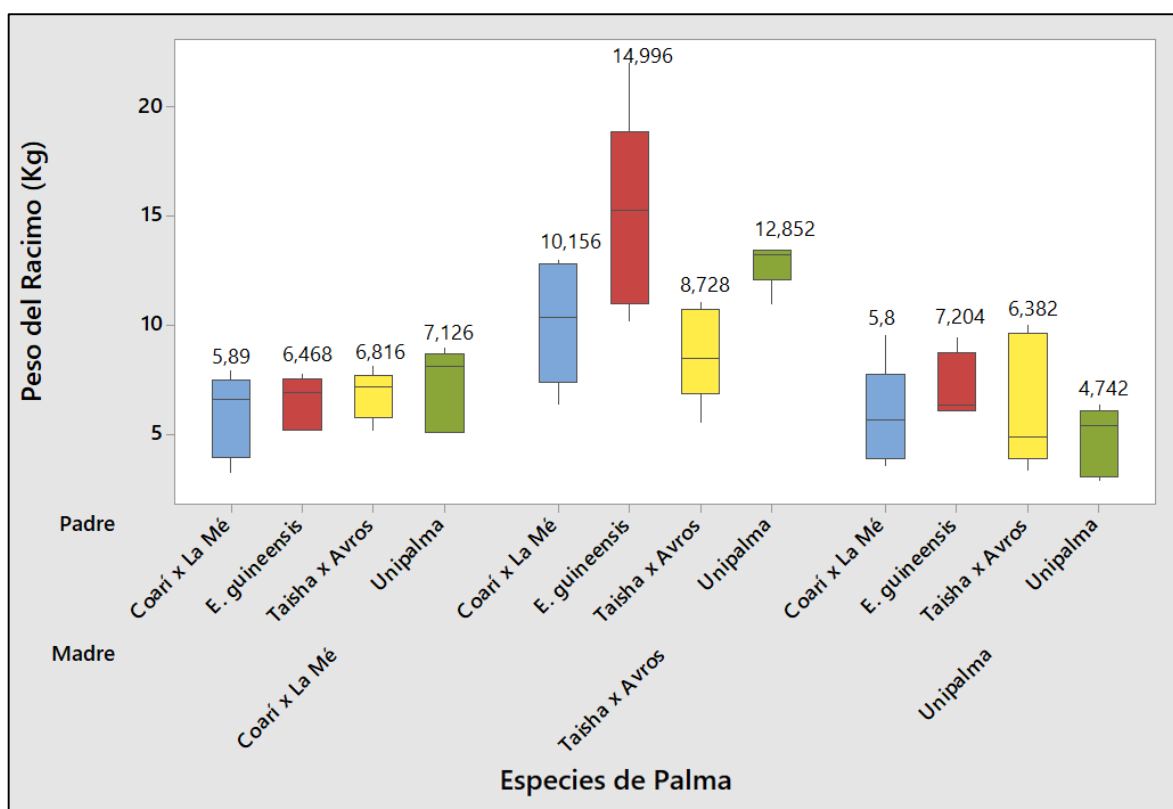


Figura 11. Análisis de varianza para peso del racimo y comparación de medias.

Por otro lado, en el análisis de varianza para el peso de racimo de la tabla 10, se obtiene un valor de P de 0.053 para el factor “padre”, lo que significa que no existe diferencia significativa en el peso del racimo sin importar el origen genético del polen. Si la fuente de polen no influye en el peso del racimo, entonces se puede esperar que, al aplicar polen híbrido, el peso del racimo (incluyendo frutos)

sea igual que aplicando el polen comercial (*E. guineensis*) con una probabilidad del 98.95% de confiabilidad en base a la prueba de Tukey al 5% de la tabla 11.

Tabla 11. *Prueba de Tukey al 5% para peso del racimo*

Padre	N	Media	Agrupación
<i>E. guineensis</i>	15	9,55600	A
Unipalma	15	8,24000	A
Taisha x	15	7,30867	A
Avros			
Coarí x La Mé	15	7,28200	A

Según Broekmans (1957), el peso del racimo depende del número de espigas y número de flores por espiga que se convierten después en frutos, de la conformación de frutos en el racimo; del peso promedio por fruto y del peso del raquis. Todas estas características están ligadas a la madre como progenitora, lo cual explica el por qué no existe diferencia significativa en las fuentes genéticas del polen en cada cruzamiento y por lo tanto, el origen genético del polen de palma aceitera no influye en el peso del racimo (Broekmans, 1957).

Cabe destacar que en el tratamiento de progenitora Coarí x La Mé por progenitor Unipalma se obtiene un racimo con mayor peso en comparación con todos los demás tratamientos con una media de 7.126 Kg. Este es el único tratamiento en el que mediante un polen híbrido se obtiene un racimo de mayor peso que los demás tratamientos. Es posible, que exista compatibilidad por el vigor híbrido entre ambos tratamientos según Lacadena (1996) y Ortiz & Fernández (2000, pág. 9, pág. 46).

5.2.2. Conformación porcentual de frutos normales en racimo

La tabla 12 muestra el análisis de varianza del porcentaje de frutos normales y como se puede observar, el valor de P difiere entre el tratamiento “madre” y tratamiento “padre”. Específicamente sobre el tratamiento madre, su valor de P de 0.200 supera al nivel de significancia, lo que significa que sin importar el

material híbrido que sea tomado como progenitora, esto no influirá sobre la conformación de frutos normales en el racimo. Esto podría explicarse porque, la formación de los frutos normales en la palma aceitera depende de la polinización; esto a su vez, guarda relación con la viabilidad de polen que se utiliza para polinizar las inflorescencias femeninas (Prada & Romero, 2012, pág. 15; Hormaza y otros, 2010, pág. 65; Nabors, 2006). Durante el estadio fenológico de antesis (estadio 620) descrito por Hormaza *et al* (2010, pág. 60), las inflorescencias femeninas de la palma aceitera disponen de su gameto femenino dentro de sus ovarios para ser fecundado, como en cualquier otra angiosperma. Si el gameto femenino es correctamente fecundado por el gameto masculino, formará un fruto con semilla o también conocido como fruto normal (Nabors, 2006). Dicho así, la formación de frutos normales en el racimo depende del polen y sus características y no de la progenitora (Prada & Romero, 2012, pág. 15; Nabors, 2006).

Tabla 12. *Análisis de varianza para porcentaje de frutos normales*

Fuente	GL	SC Ajustado	MC Ajustado	Valor F	Valor P
Madre	2	0,01721	0,008607	1,66	0,200
Padre	3	0,12687	0,042289	8,14	0,000
Error	54	0,28054	0,005195		
Falta de ajuste	6	0,01440	0,002400	0,43	0,850
Error puro	48	0,26614	0,005544		
Total	59	0,42462			

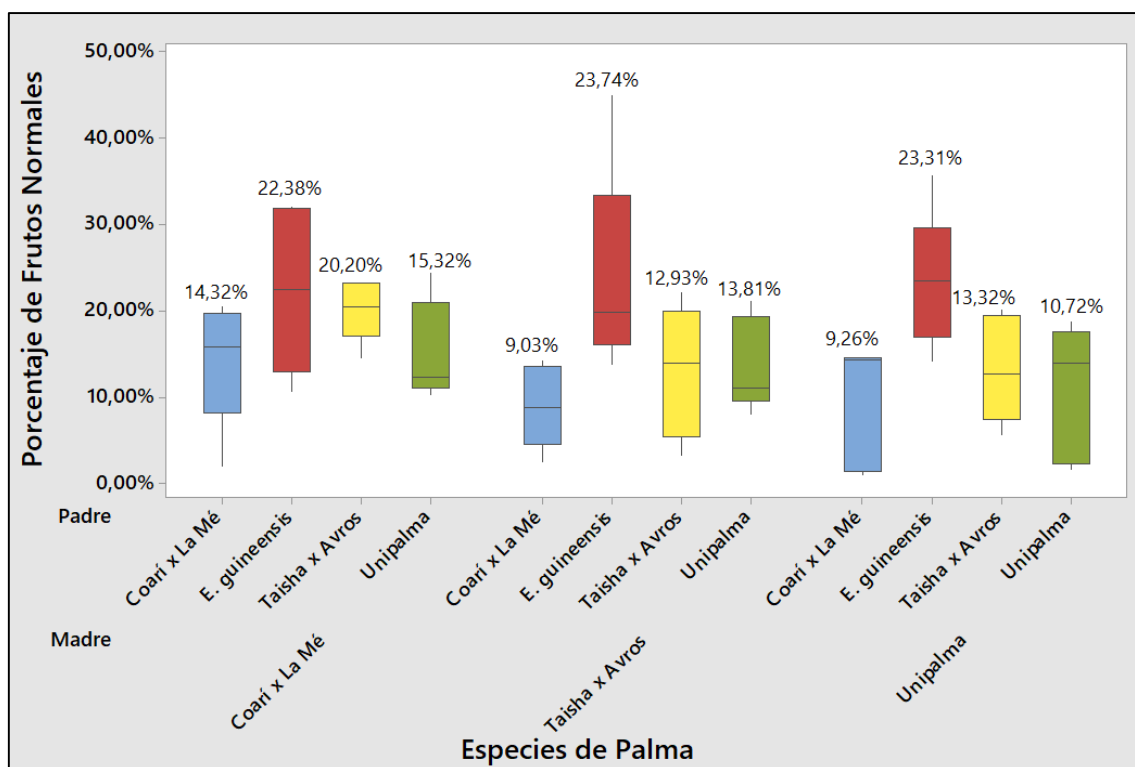


Figura 12. Análisis de varianza del porcentaje de frutos normales en racimo y comparación de medias porcentuales entre tratamientos (Madre x Padre). Tratamientos diferenciados por color

Por otro lado, el valor de P para el tratamiento “padre” es de 0.000, demostrando así que existe diferencia significativa entre el polen aportado por los distintos materiales híbridos OxG de palma aceitera utilizados para evaluar la compatibilidad entre materiales híbridos. La razón de esto es por la variabilidad genética que existe en los materiales de palma aceitera, esto incluye al polen de cada material híbrido respectivo (Rosero & Santacruz, 2014, pág. 13). Sin embargo, según la agrupación de la tabla 13, el polen de los materiales híbridos produce una conformación de frutos normales en racimo similar, pero todos estos difieren del tratamiento de referencia, el polen de *E. guineensis*.

Tabla 13. Medias agrupadas por medio de la prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de frutos normales

Padre	N	Media	Agrupación
<i>E. guineensis</i>	15	0,231408	A
Unipalma	15	0,154857	B

Taisha x Avros	15	0,132842	B
Coarí x La Mé	15	0,108698	B

En base a la figura 12, los tratamientos con progenitora Coarí x La Mé por *E. guineensis*, Taisha x Avros, Unipalma y Coarí x La Mé, presentan una media de 22.38%, 20.20%, 15.32% y 14.32% respectivamente, siendo el tratamiento *E. guineensis* el de mayor media. Los tratamientos con progenitora Taisha x Avros por *E. guineensis*, Taisha x Avros, Unipalma y Coarí x La Mé presentan una media de 23.47%, 13.81%, 12.93% y 9.03% respectivamente, siendo el tratamiento *E. guineensis* el de mayor media. Los tratamientos con progenitora Unipalma por *E. guineensis*, Taisha x Avros, Unipalma y Coarí x La Mé presentan una media de 23.31%, 13.32%, 10.72% y 9.26% respectivamente, siendo el tratamiento *E. guineensis* el de mayor media.

A través de la prueba de Tukey al 5% en la tabla 13, se puede tener la certeza de que hay una probabilidad del 98.95% de volver a obtener las mismas diferencias entre medias de los mismos tratamientos de polen al replicar la metodología de polinización asistida y controlado por medio de polen de materiales híbridos respecto al tratamiento testigo. En la tabla 13, también se puede observar que el polen de *E. guineensis* es el que mayor número de frutos normales produjo.

Como se muestra en la tabla 13, los tratamientos de los materiales híbridos Unipalma, Taisha x Avros y Coarí x La Mé tienen una media de 0.154857, 0.132842 y 0.108698 respectivamente; mientras que *E. guineensis* tiene una media de 0.231408. Apoyándose en lo detallado en la tabla 13 y en la figura 12, el tratamiento con polen de *E. guineensis* presenta una mayor media en la formación de frutos normales en todas las progenitoras híbridas. Según Rosero y Santacruz (2014, pág. 14) la posible razón de esto por la fertilidad del polen, ya que como se ve en la figura 8, el polen con mayor porcentaje de germinación con un 93.85% es *E. guineensis*. En cambio, de los materiales híbridos que se encuentran por debajo del 1.86%, aunque aún con porcentajes tan bajos de germinación, en ciertos casos como en el tratamiento de progenitora Coarí x La Mé por progenitor Taisha x Avros, la media de frutos normales en racimo fue de

20.20%, casi igualando al tratamiento de referencia con una media de 22.38% (figura 12). Esta comparación es útil ya que existe la posibilidad de que se considere la polinización asistida usando polen de materiales híbridos, porque son capaces de dar lugar a un número considerable de frutos normales, pues en la industria de producción de aceite de palma, los frutos normales son los más requeridos (Prada & Romero, 2012, pág. 62; Ruiz, 2000, pág. 56)

Por otro lado, otros estudios en los que se utilizan polen de *E. guineensis*, la conformación de frutos normales puede llegar hasta casi el 60% en materiales híbridos OxG de EMBRAPA y Taisha x Avros, según Barba y Baquero (2013, pág. 11) y Barba *et al* (2008, pág. 11). Pero en el presente estudio, los resultados obtenidos con la aplicación del polen comercial no llegan ni al 25% de frutos normales en racimo, corroborando así que el *fruit set* en híbridos OxG es usualmente pobre según Corley & Tinker (2015, pág. 1c). A pesar de que los tratamientos respectivos de polen de materiales híbridos presentan medias inferiores al tratamiento de referencia (figura 12), estos pueden llegar a formar racimos con un porcentaje de conformación de frutos normales similar a los obtenidos por medio del polen de *E. guineensis* (como el tratamiento Coarí x La Mé y Taisha x Avros) bajo las mismas condiciones en el que se realizó el presente estudio y sin importar la baja viabilidad del polen. Corrado (1984, pp. 66-72) evaluó el índice de frutos normales en racimo durante todo el año de 1983, tomando en cuenta los cambios climáticos estacionarios mes a mes, en dos plantaciones distintas (Monterrey de Colombia y Camerún). Sus resultados demostraron que el porcentaje de frutos normales en racimo variaban de un mes a otro y de acuerdo al lugar donde se cosechaban; el porcentaje más bajo registrado en la primera plantación fue en febrero del 83 con un 39.0% y el porcentaje más alto fue en Julio con un 57.1%; mientras que en la otra plantación, el porcentaje más bajo registrado fue en abril del 83 con un 75.4% y el porcentaje más bajo registrado fue en octubre con un 43.5%. Posiblemente, los cambios estacionarios y el factor climático es la razón principal de la variación de la formación de frutos normales en el racimo en base a los resultados de Corrado (1984, pp. 66-72); esto también podría indicar que hay un comportamiento similar en la fertilidad del polen dependiendo del lugar donde se lo extrae y de las condiciones climáticas al igual que la formación de frutos en

racimo. Como toda especie vegetal, la palma elige el momento apropiado y las circunstancias necesarias para reproducirse, mediante la liberación del polen con alta viabilidad y la apertura del estigma de la flor femenina para la posterior fecundación del gameto femenino y formación de frutos normales biológicamente desarrollados para perpetuación de la especie (Sánchez & Romero, 2013, pág. 1; Campbell & Reece, 2007, pág. 218, pág. 474, pág. 964).

5.2.3. Conformación porcentual de frutos partenocárpicos en racimo

En el ANDEVA de dos factores para el porcentaje de frutos partenocárpicos de la tabla 14, en el tratamiento “madre” se obtuvo un valor de P del 0.228 y un valor de P de 0.604 por parte del tratamiento “padre”, por lo tanto, no hay diferencia significativa entre los tratamientos. Esto quiere decir que la conformación de frutos partenocárpicos en el racimo no depende del material genético de la palma madre ni del origen genético del polen. Entonces, las medias de producción de frutos partenocárpicos es la misma en el material puro *E. guineensis* y en híbridos. La formación de frutos partenocárpicos se debe a diversos estímulos que afectan al crecimiento del tubo polínico durante la fecundación, como ambiente, nutrición o manejos hormonales (Chamarro, 1995). Estos factores están ligados totalmente a la planta receptora del polen, ya que el crecimiento del tubo polínico depende de la nutrición y la producción de hormonas de la palma receptora, y al ambiente donde se encuentra la palma madre (Chamarro, 1995). El ambiente se refiere a las características climáticas y geográficas del lugar donde se desarrolla la palma madre (IISC, 2006). Cabe recalcar que las hormonas de crecimiento se crean espontáneamente al recibir estímulos; la auxina y las giberelinas son las principales hormonas que están detrás de este fenómeno (Agustí, 2000, pp. 420-427). Existen datos aportados por Daza *et al* (2016) sobre la obtención de una alta proporción de frutos partenocárpicos por medio de la aplicación de auxinas. El ANOVA sobre porcentaje de frutos partenocárpicos se presenta en la tabla 14 y figura 13.

Tabla 14. Análisis de varianza (ANDEVA) para el porcentaje de frutos partenocárpicos

Fuente	GL	SC Ajustado	MC Ajustado	Valor F	Valor P
Madre	2	0,09224	0,046121	1,52	0,228
Padre	3	0,05667	0,018891	0,62	0,604
Error	54	1,63873	0,030347		
Falta de ajuste	6	0,05787	0,009646	0,29	0,937
Error puro	48	1,58085	0,032934		
Total	59	1,78764			

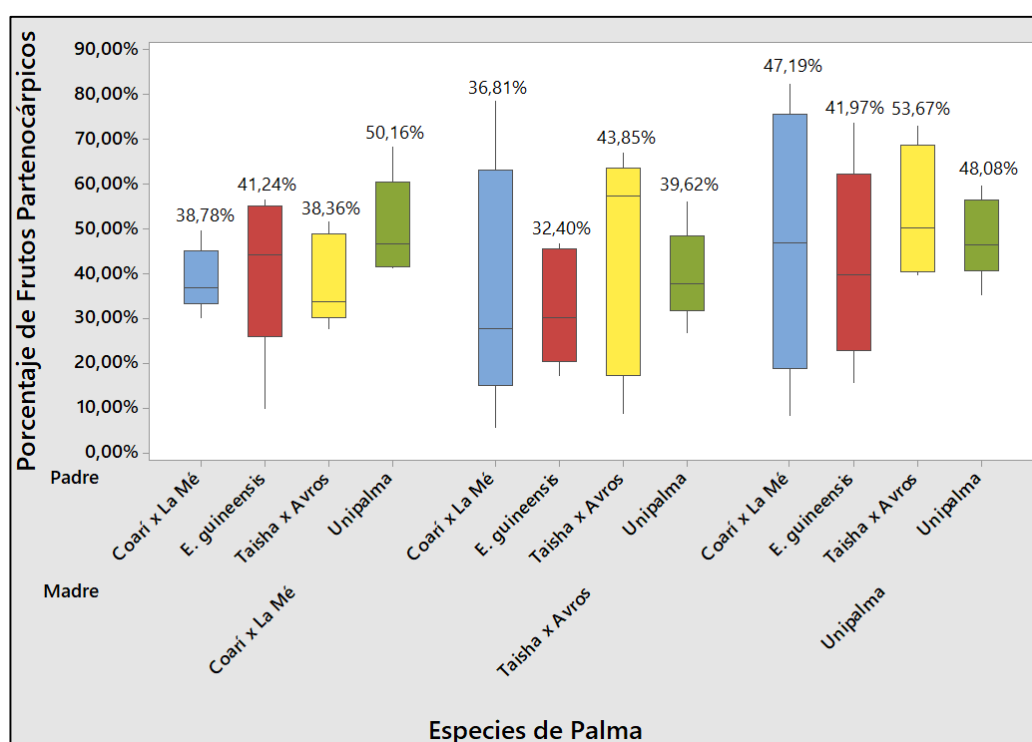


Figura 13. Comparación de medias porcentuales de frutos partenocárpicos. Tratamientos diferenciados por color.

En base a la figura 13, los tratamientos con progenitora Coarí x La Mé por Unipalma, *E. guineensis*, Coarí x La Mé y Taisha x Avros presentan una media de 50.16%, 41.24%, 38.78% y 38.36% respectivamente. El tratamiento con polen de Unipalma fue el que presentó mayor promedio. Los tratamientos con

progenitora Taisha x Avros por Taisha x Avros, Unipalma, Coarí x La Mé y *E. guineensis* presentan una media de 43.85%, 39.62%, 36.81% y 32.40% respectivamente. El tratamiento con polen de Taisha x Avros presentó mayor media porcentual. Los tratamientos con progenitora Unipalma por Taisha x Avros, Unipalma, Coarí x La Mé y *E. guineensis* presentan una media de 53.67%, 48.08%, 47.19% y 41.97% respectivamente, siendo el tratamiento Taisha x Avros el de mayor media. En la tabla 15, se muestra las medias agrupadas por el factor “padre” para el porcentaje de frutos partenocárpicos.

Tabla 15. Prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de frutos partenocárpicos en racimo.

Padre	N	Media	Agrupación
Unipalma	15	0,459532	A
Taisha x Avros	15	0,452940	A
Coarí x La Mé	15	0,409276	A
<i>E. guineensis</i>	15	0,385371	A

A través de la prueba de Tukey al 5% de la tabla 15, se puede saber con certeza de que existe un 98.95% de probabilidad de obtener las mismas medias en otras muestras en las que se apliquen los mismos tratamientos de polen. Según la tabla 15. El polen de Unipalma produjo mayor cantidad de frutos partenocárpicos a excepción de Taisha x Avros cuya media de frutos partenocárpicos iguala a Unipalma.

A partir de los resultados obtenidos sobre la formación de frutos normales detallados en la tabla 13 y la figura 11, la cantidad de frutos normales es menor a la cantidad de frutos partenocárpicos según la tabla 15 y la figura 13, debido a que los materiales híbridos no presentaron buenos porcentajes de germinación (figura 8). El estímulo que induce la formación de frutos partenocárpicos también es causado por la polinización, ya que las flores que receptan los granos de polen que no germinan son estimuladas hormonalmente, generando auxinas que inducen la partenocarpia (García, 2003; Agustí, 2000, pp. 420-427). Es así como se podría pensar que los granos de polen que no fecundaron el ovario, solo lograron estimular la formación de frutos partenocárpicos, como se menciona

anteriormente (García, 2003). Aunque eso no justifica la baja conformación de frutos normales con el polen comercial (*E. guineensis*), pues su viabilidad es alta (93.85% de germinación). La razón más factible para esto, podría ser que el fenómeno de frutos partenocárpicos se da por heredabilidad de *E. oleifera* hacia los descendientes híbridos de acuerdo con Corley y Tinker (2015, pág. 1d) y Mendoza (2015, pág. 20). Los frutos partenocárpicos pueden contener menor cantidad de aceite (37% en mesocarpio) que los frutos normales (45% en mesocarpio y endospermo), pero aportan una cantidad considerable y aprovechable de aceite según Prada y Romero (2012, pág. 63). Aunque hay datos sobre híbridos de Unipalma con frutos partenocárpicos que han presentado porcentajes similares y hasta mayores de extracción de aceite que en frutos normales (Ochoa, Suárez, & Cayón, 2013). Es por esto que aunque se hayan obtenido mayor cantidad de frutos partenocárpicos que frutos normales según la figura 13 y la figura 12, el aceite que proporcionan puede ser aprovechado en la industria de igual manera que el aceite de frutos partenocárpicos obtenidos a través del polen comercial (Contreras, Ussa, Cayón, Rodríguez, & Zúñiga, 2013, pág. 4).

5.2.4. Conformación porcentual de frutos aborto en racimo

El ANDEVA de dos factores para el porcentaje de frutos abortos en el racimo demostró que no hay diferencia significativa tanto para el tratamiento “madre” como para el tratamiento “padre” ya que el valor de P en ambos casos supera al nivel de significancia de 0.05, con valores de 0.315 y 0.491 respectivamente (tabla 16). En base a la figura 14, las medias del tratamiento Coarí x La Mé por Coarí x La Mé, Taisha x Avros, *E. guineensis* y Unipalma son de 46.90%, 41.44%, 36.38%, 34.52% respectivamente. Las medias del tratamiento Taisha x Avros por Coarí x La Mé, Unipalma, *E. guineensis* y Taisha x Avros son de 54.16%, 46.57%, 43.86%, 43.22% respectivamente. Las medias del tratamiento Unipalma por Coarí x La Mé, Unipalma, *E. guineensis* y Taisha x Avros son de 43.55%, 41.20%, 34.72% y 33.00% respectivamente.

Tabla 16. Análisis de Varianza para el porcentaje de frutos abortos en racimo.

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor P
		Ajustado	Ajustado		
Madre	2	0,08800	0,043999	1,18	0,315
Padre	3	0,09105	0,030350	0,81	0,491
Error	54	2,01191	0,037258		
Falta de ajuste	6	0,03142	0,005237	0,13	0,992
Error puro	48	1,98048	0,041260		
Total	59	2,19095			

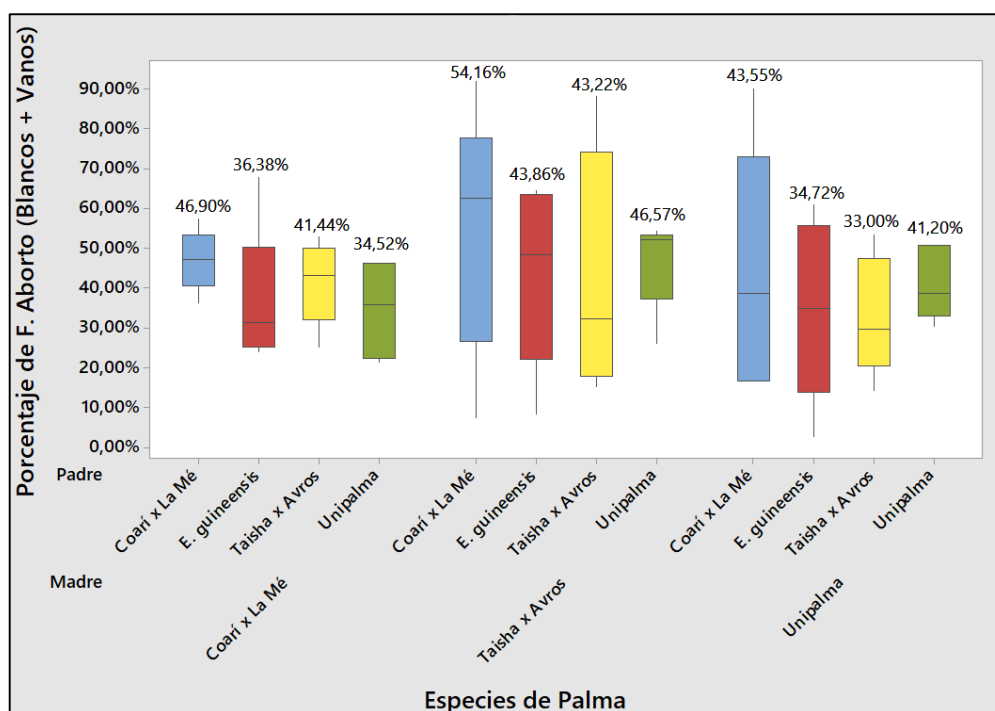


Figura 14. Comparación de medias de frutos aborto.

En la tabla 17 se puede observar las medias agrupadas por el factor “padre”, la media más alta es de 0.482026 por parte del polen de Coarí x La Mé, luego sigue Unipalma con 0.407626, después Taisha x Avros con 0.392203 y finalmente *E. guineensis* con 0.383222. A través de la prueba de Tukey al 5% de la tabla 17, se muestra que existe una probabilidad del 98.95% de que estas medias se encuentren de nuevo en otras muestras. Si bien Coarí x La Mé es el material con el polen con el que se obtuvo mayor cantidad de frutos abortados según la tabla

17, es posible que este polen tenga menos compatibilidad con los materiales híbridos (Chamarro, 1995; Lacadena, 1996). La compatibilidad del polen de *E. guineensis* parece ser un poco más aceptable con los híbridos por presentar una media porcentual menor de frutos aborto, pues los pólenes de Taisha x Avros y Coarí x La Mé tienen medias cercanas a 0.43, mientras que el polen de *E. guineensis* tiene una media alrededor de 0.38 (tabla 17).

De acuerdo con Breure y Menendez (1990) explican que parece haber una tendencia por el aborto preferencial cuando se trata de inflorescencias de mayor tamaño. Lo dicho por Breure y Menendez (1990) se corrobora ya que las palmas progenitoras de Taisha x Avros con edad de 7 años produjeron mayor cantidad de frutos abortados en comparación de las otras palmas progenitoras Unipalma y Coarí x La Mé con edad de 3 años.

Tabla 17. Prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de frutos aborto

Padre	N	Media	Agrupación
Coarí x La Mé	15	0,482026	A
Unipalma	15	0,407626	A
Taisha x Avros	15	0,392203	A
<i>E. guineensis</i>	15	0,383222	A

Prada y Romero (2012, pág. 62) explican que los frutos abortados se producen a consecuencia de la falta de fecundación. Los datos obtenidos confirman que no importa con que tipo de polen sean polinizados las progenitoras Unipalma, Coarí x La Mé y Taisha x Avros, porque al parecer es un inconveniente ligado a las palmas madres (Rajanaidu, 1995, pág. 34). De acuerdo con Barba y Baquero (2010, pág. 4), los híbridos OxG presentan parentesco a las palmas pisíferas, las cuales pueden presentar flores femeninas estériles y puede que esto tenga algún tipo de relación con la formación de frutos que no son normales ni partenocárpicos (Hormaza y otros, 2010, pág. 67). Cabe recalcar que los materiales híbridos OxG provienen del cruce entre Dura x Pisífera (*E. guineensis* x *E. oleífera*). Esto supone, como ya se ha explicado anteriormente, que los problemas de fertilidad de los híbridos OxG sean heredados por su progenitora *E. oleífera* (Rajanaidu, 2016, pág. 198; Ortiz & Fernández, 2000, pág. 9, pág. 46).

Corley y Breure (1994, pág. 42) también agregan que algunas inflorescencias pueden abortar antes de entrar en antesis y consecuentemente prevenir la maduración de los racimos (Hormaza y otros, 2010, pág. 68).

Por otro lado, si bien se sabe que los frutos abortados son el producto de la esterilidad de las flores femeninas, es posible que al recibir el polen sobre su estigma se induzca un estímulo hormonal, tal y como sucede en los frutos partenocárpicos. Lo que provoque que el ovario madure, pero sin llegar a formar un fruto desarrollado (Prado y Romero, 2012, pág. 62; García, 2003; Agustí, 2000, pp. 420-427).

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Las medias del porcentaje de germinación de cada uno de los materiales estudiados presentan diferencias entre sí. A través de la comparación entre materiales híbridos y puros presentados en el ANOVA, se determinó que hay mucha variabilidad entre las especies, ya que no presentan una distribución normal, es decir, no comparten una población muestral con características similares. Cada material presenta características genéticas distintas; por un lado, los materiales puros presentan mayor viabilidad mientras que, por otro lado, los materiales híbridos tienen viabilidad muy pobre.

Las diferencias y semejanzas morfológicas que se ven en los granos de polen demuestran que la morfología de los granos de polen no influyó sobre la viabilidad del polen cada material estudiado.

El polen de los materiales híbridos en el Cantón San Lorenzo es baja a comparación de otros estudios realizados en la Amazonía ecuatoriana, es posible que la viabilidad tenga que ver con las características climáticas del lugar donde se extrae el polen.

El análisis de varianza demostró que hay diferencia significativa entre las medias de viabilidad de las especies híbridas y por lo tanto, la viabilidad del polen varía dependiendo de su origen genético.

La evaluación de los frutos normales del presente estudio demuestra que el polen de los híbridos Unipalma, Coarí x La Mé y Taisha x Avros pueden llegar a producir la misma cantidad que con el polen de *E. guineensis*, siendo este el progenitor con mayor producción de frutos normales en todos los cruces.

Aunque el polen de *E. guineensis* produce mayor cantidad de frutos normales que el polen de los materiales híbridos, también produce mayor cantidad de frutos partenocárpicos y abortados.

El polen de los materiales híbridos utilizados, pueden llegar a producir iguales cantidades de frutos partenocárpicos y abortos que el polen de *E. guineensis*.

La conformación de frutos normales en los racimos obtenidos a través de los cruces realizados es bajo a comparación de otros estudios, incluso el tratamiento testigo (polen comercial de *E. guineensis*) presenta una baja conformación de frutos normales (23% según la prueba de Tukey al 5%). El número de frutos normales obtenidos por medio del polen de Unipalma, Coarí x La Mé y Taisha x Avros puede llegar a igualar al número de frutos normales que se obtienen a través del polen comercial. Por lo que, a pesar de la pobre viabilidad del polen de los materiales híbridos estudiados, pueden ser utilizados como una alternativa al polen comercial.

El polen puede estimular la formación de frutos partenocárpicos sin importar la viabilidad ni el origen genético de este. Además, los frutos partenocárpicos producidos por los materiales híbridos son aprovechados en la industria de aceite de palma, ya que pueden llegar a aportar más aceite que los frutos normales por ser más numerosos en el racimo. Sin embargo, el objetivo principal de la industria de aceite es obtener el mayor número y peso de frutos normales.

Los análisis de varianza para evaluar la compatibilidad del polen de *E. guineensis*, Unipalma, Coarí x La Mé y Taisha x Avros, demuestran que el origen genético del polen si influyen en la conformación de frutos normales en racimo, pero no en la conformación de frutos partenocárpicos y frutos aborto en racimo.

6.2. Recomendaciones

Considerar un ensayo de viabilidad de los mismos híbridos interespecíficos OxG bajo distintas condiciones climáticas, ya que la capacidad germinativa del polen no solo depende del origen genético de estos.

Aumentar el número de muestras para el análisis de varianza de la viabilidad entre especies de palma aceitera, de modo que pueda comprobarse que las especies híbridas y puras comparten o no una distribución normal.

Investigar sobre la viabilidad del polen durante los distintos cambios estacionarios y en períodos más largos de evaluación, con el fin de obtener información más completa.

Considerar un estudio que determine si la esterilidad de los híbridos interespecíficos es heredada por el parental *E. oleifera*.

Evaluar la producción de aceite de los racimos obtenidos a través de cruces entre materiales híbridos interespecíficos OxG.

REFERENCIAS

- Agustí, M. (2000). Crecimiento y maduración del fruto. Barcelona, España: McGraw Hill
- Alvarado, A., Bulgarelli, J., & Moya, B. (2000). Germinación del polen en poblaciones derivadas de un híbrido entre *Elaeis guineensis Jacq* y *E. oleifera HBK*, Cortes. Bogotá, Colombia: Fedepalma.
- Alvarado, A., Escobar, R., & J., H. (2013). El híbrido OxG Amazon: una alternativa para regiones afectadas por Pudrición del cogollo en palma de aceite. Bogotá, Colombia: PALMAS. Vol. 34 No. Especial, Tomo I. Recuperado el 15 de agosto de 2017 de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjH79XjudHZAhVNtIMKH4LATEQFggIMAA&url=https%3A%2F%2Fpublicaciones.fedepalma.org%2Findex.php%2Fpalmas%2Farticle%2Fdownload%2F10689%2F10674&usg=AOvVaw32r9bDjkmAOK9_JrkAsl_R
- Alvarado, A., Escobar, R., & Peralta, F. (2010). El programa de mejoramiento genético de la palma de aceite de ASD Costa Rica y su contribución a la industria. Costa Rica: ASD Oil Palm Papers, No. 34: 17-32. Recuperado el 18 de agosto de 2017 de http://www.asd-cr.com/index.php?option=com_content&view=article&id=52&Itemid=58&lang=es
- Alvarado, A., Guzmán, N., Chinchilla, C., & Escobar, R. (2007). El programa de clonación de variedades compactas de palma aceitera por ASD de Costa Rica: Realidades y potencial comercial. Costa Rica: PALMAS Vol. 28 No. Especial, Tomo 1. Recuperado el 10 de septiembre de 2017 de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiVm5KtutHZAhVSzVMKHRA-BRgQFggIMAA&url=https%3A%2F%2Fpublicaciones.fedepalma.org%2Findex.php%2Fpalmas%2Farticle%2Fview%2F1262&usg=AOvVaw2FzOUAavik8oC5o7gSLdYg>

- ANCUPA. (2015). Obtenido de Informativo 2015. Recuperado el 11 de septiembre de 2017 de <http://www.ancupa.com/pdfs/otros/kit-informativo-2015.pdf>
- ASD. (2010). NUEVO HÍBRIDO OxG COMPACTO. Costa Rica: Agricultural Services & Development.
- Barba, J. (2016). Introgresión de genes *E. guineensis* en híbridos interespecíficos OxG para recuperar la fertilidad del polen y otras características deseables en palma de aceite. Bogotá, Colombia: PALMAS. Vol. 37 No. Especial. Tomo I. Recuperado el 20 de septiembre de 2017 de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwjhg4Dvu9HZAhWwslkKHdRJDNoQFggtMAE&url=http%3A%2F%2Fweb.fedepalma.org%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Ffiles%2FFedepalma%2FMemorias%2520de%2520la%2520XVIII%2520Conferencia%2520Internacional%2520sobre%2520Palma%2520de%2520aceite%2FM_1_20_%2520Introgresion%2520de%2520genes.pdf&usg=AOvVaw3tMvswLNgo0OG8MsShVikO
- Barba, J., & Baquero, Y. (2010). EVALUACION DE PROGENITORES MASCULINOS GUINEENSIS EN LA OBTENCIÓN DE HIBRIDOS INTER - ESPECIFICOS O x G A PARTIR DE OLEÍFERAS TAISHA. Francisco de Orellana, Orellana: Palmar del Río. Recuperado el 25 de septiembre de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi80tu8vNHZAhUkpFkKHwuODhEQFggIMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.palmardelrio.com%2Fsitio_en%2Ffiles%2FEvaluaciondeProgenitoresMasculinosGuineensisenhibridosOxGTaishaW.pdf&usg=AOvVaw3m0xXsnSgUmssVTwWATCK1
- Barba, J., & Baquero, Y. (2013). Híbridos OxG obtenidos a partir de oleíferas Taisha Palmar del Río (PDR), Ecuador. Variedad-PDR (*Taisha x Avros*). Francisco de Orellana, Orellana: Palmar del Río. Recuperado el 10 de octubre de 2017 de

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjMpd3zvNHZAHVotlkKHRJPDUwQFggIIMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.palmardelrio.com%2Fsitio_en%2Ffiles%2FHIBRIDOS_OxG_OBTENIDOS_A_PARTIR_DE_OLEIFERAS_TAISHA_-_CARTAGENA_2012.pdf&usg=AOvVaw2tk499aCEXJs8fCnRDwGWC

Barba, J., Baquero, Y., & Mendoza, L. (2016). DIVERSIDAD GENETICA EN PALMA ACEITERA ALTERNATIVA ECOLOGICA PARA AREAS AFECTADAS POR LA PUDRICION DEL COGOLLO. El Coca, Orellana: Palmar del Río. Recuperado el 20 de octubre de 2017 de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiWmYiuvdHZAWhxVkkHRDWA6oQFggIIMAA&url=http%3A%2F%2Fdocplayer.es%2F15233531-Diversidad-genetica-en-palma-aceitera-alternativa-ecologica-para-areas-afectadas-por-la-pudricion-del-cogollo.html&usg=AOvVaw0yBpUi4RdwMc-nu7aPqcy9>

Barba, J., Orellana, F., Vallejo, G., & Manzano, R. (2008). EVALUACION AGRONOMICA DE HÍBRIDOS INTERESPECIFICOS DE PALMA DE ACEITE O x G (*Elaeis oleífera* x *Elaeis guineensis*) PROVENIENTES DE DIVERSOS ORIGENES AMERICANOS Y SU TOLERANCIA A LA PUDRICION DEL COGOLLO. El Coca, Orellana: Palmar del Río. Recuperado el 29 de agosto de 2017 de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwi1gln0vdHZAHWlxFkKHTx2BpcQFggIIMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.palmardelrio.com%2Fsitio_en%2Ffiles%2FEvaluacionAgronomicadeHibridosOxGPalmardelRioEcuadorW.pdf&usg=AOvVaw0GqBJXKkBjU8jLHh8M6roL

Birchler, J., Yao, H., Chudalayandi, S., Vaiman, D., & Veitia, R. (2010). Heterosis: Recuperado el 05 de octubre de 2017 de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2929104/>

- Breure, C., & Menendez, T. (1990). *The Determination of Bunch Yield Components in the Development of Inflorescences in Oil Palm (Elaeis Guineensis)*. (pp. 99-115). Inglaterra: Experimental Agriculture, 26 (1). Recuperado el 20 de septiembre de 2017 de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjDm7mWv9HZAhUC0VMKHQm3DrQQFggoMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.cambridge.org%2Fcore%2Fjournals%2Fexperimental-agriculture%2Farticle%2Fdetermination-of-bunch-yield-components-in-the-development-of-inflorescences-in-oil-palm-elaeis-guineensis%2F0D148BE23F54F8BC7DE8A0D1B87F53A5&usg=AOvVaw3CeZiZLYFGKcGmpghFFtpW>
- Broekmans, A. (1957). *Growth, flowering and yield of the oil palm in Nigeria*. Nigeria, África: J. West African Institute Oil Palm Res., 2.
- Campbell, N., & Reece, J. (2007). *Biología*. Madrid, España: Panamericana. Recuperado el 10 de septiembre de 2017 de [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=QcU0yde9PtkC&oi=fnd&pg=PA2&dq=Campbell,+N.,+%26+Reece,+J.+\(2007\).+Biolog%C3%ADa&ots=AKm_uJqhgV&sig=jtea27XUOfH1K1gUZSOUje3O2QY](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=QcU0yde9PtkC&oi=fnd&pg=PA2&dq=Campbell,+N.,+%26+Reece,+J.+(2007).+Biolog%C3%ADa&ots=AKm_uJqhgV&sig=jtea27XUOfH1K1gUZSOUje3O2QY)
- Castiblanco, J., Fontanilla, C., Santacruz, L., Rosero, G., & Mosquera, M. (2013). Comportamiento de los costos y beneficios de los materiales Coari x La Mé e IRHO 1001 en condiciones de Guaicaramo S.A. Bogotá, Colombia: Palmas. Vol. 34 (4) 33-45. ISSN 0121-2923. Recuperado el 11 de septiembre de 2017 de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi8iq2mwNHZAhXCq1MKHYuaBi4QFggIIMAA&url=https%3A%2F%2Fpublicaciones.fedepalma.org%2Findex.php%2Fpalmas%2Farticle%2Fdownload%2F10934%2F10918&usg=AOvVaw0WyvSW57yvo9zl0fPKtTJh>
- Chamarro, J. (1995). *Anatomía y fisiología de la planta*. Madrid, España: Mundiprensa.

- Chávez, F., & Rivadeneira, J. (2003). Manual del Cultivo de Palma Aceitera (*Elaeis guineensis Jacq.*). Santo Domingo: INIAP.
- Chávez, G. (2007). Evaluación del porcentaje de germinabilidad y determinación de diferentes dosis de polen en inflorescencias de híbridos (*Elaeis oleífera H.B.K. Cortes x E. guineensis Jacq.*). Bogotá, Colombia: Cenipalma. Recuperado el 13 de septiembre de 2017 de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj9jq7wdHZAhWP6IMKHVA8CiUQFggIIMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.cenipalma.org%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Ffiles%2FCenipalma%2F16_porcentaje_de_germinabilidad_y_determinacion_de_dosis_de_polen.pdf&usg=AOvVaw0ZqJ-rN4QcXmaWulOHofou
- Contreras, A., Ussa, I., Cayón, D., Rodríguez, D., & Zúñiga, E. (2013). Efecto de giberelinas y auxinas en el desarrollo de racimos y producción de aceite en híbrido (O x G) en Oleaginosas Las Brisa. Bogotá, Colombia: Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite. Cenipalma. Recuperado el 13 de octubre de 2017 de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj14KGGwtHZAhVDq1MKHa6UAQsQFgg6MAY&url=http%3A%2F%2Fdocplayer.es%2F11527355-Efecto-de-giberelinas-y-auxinas-en-el-desarrollo-de-racimos-y-produccion-de-aceite-en-hibrido-o-x-g-en-oleaginosas-las-brisas.html&usg=AOvVaw2xVyniZiPoPnko_te_ZQJ7
- Corley, R., & Breure, C. (1994). Actividad de fructificación, crecimiento y rendimiento de la palma de aceite. Bogotá, Colombia: Palmas, Volumen 15, No. 3. Recuperado el 05 de octubre de 2017 de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwii8amjxNHZAhUkw1kKHSbMBNUQFggIIMAA&url=https%3A%2F%2Fpublicaciones.fedepalma.org%2Findex.php%2Fpalmas%2Farticle%2Fdownload%2F445%2F445&usg=AOvVaw3o_o55X4qhN2dGmf_BnfZc

Corley, R., & Tinker, P. (2016). *The Oil Palm*. Chichester, West Sussex, Reino Unido: Wiley Blackwell.

Corrado, F. (1984). La Conformación de los Racimos de la Palma Africana en las Plantaciones de Colombia. Bogotá, Colombia: Revista Palmas. Vol. 5. Recuperado el 10 de octubre de 2017 de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjzjufXxNHZAhXvpVkJHQLsAv4QFggIIMAA&url=https%3A%2F%2Fpublicaciones.fedepalma.org%2Findex.php%2Fpalmas%2Farticle%2Fdownload%2F73%2F73&usg=AOvVaw3ITk0BC6JMHjU6ccg8Ikmm>

Davarynejad, G., Szabó, Z., Nyéki, J., & Szabó, T. (2008). *Phenological stages pollen production level, pollen viability and in vitro germination capability of some sour cherry cultivars*. Mashhad, Irán: Asian Journal of Plant Sciences. Recuperado el 20 de septiembre de 2017 de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiSm_HqxNHZAhXEzlkKHaPvBgYQFggvMAE&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Fprofile%2FGholamhossein_Davarynejad%2Fpublication%2F45947041_Phenological_Stages_Pollen_Production_Level_Pollen_Viability_and_in_vitro_Germination_Capability_of_Some_Sour_Cherry_Cultivars%2Flinks%2F55fbab0008aeba1d9f3a144e%2FPhenological-Stages-Pollen-Production-Level-Pollen-Viability-and-in-vitro-Germination-Capability-of-Some-Sour-Cherry-Cultivars.pdf&usg=AOvVaw3mnu2_2Xs5k8C_HoV5Lz6x

Daza, E., Pardo, A., Urrego, N., Ayala, I., Ruiz, R., & Romero, H. (2016). Evaluación del uso de hormonas sobre la formación de frutos partenocárpicos en el híbrido interespecífico OxG. Recuperado el 15 de septiembre de 2017 de <http://web.fedepalma.org/bigdata/reunion2016/poster/5poster.pdf>

De Franqueville, H. (2001). *OIL PALM BUD ROT IN LATIN AMERICA*. Montpellier: CIRAD. Recuperado el 05 de octubre de 2017 de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd>

=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiLz6vAxdHZAhXPtVMKHU3yA1MQFggoMAA&url=http%3A%2F%2Fpublications.cirad.fr%2Fune_notice.php%3Fdk%3D515848&usg=AOvVaw1b_9d97_sXRv4syFhibqPs

Domínguez, J. (2014). Germinabilidad y viabilidad del polen de cuatro cultivares mejorados de palma aceitera bajo condiciones de laboratorio. San Juan de Pasto, Colombia: Universidad de Nariño. Recuperado el 18 de septiembre de 2017 de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjGvoSRxtHZAhXLqIMKHXE4DeqQFggIMAA&url=http%3A%2F%2Fbiblioteca.udenar.edu.co%3A8085%2Fatenea%2Fbiblioteca%2F90152.pdf&usg=AOvVaw2PSt-5vU7_odwomJT__4Ne

EPOA. (2014). Historial del Aceite de Palma. Datos y Cifras. European Palm Oil Alliance. Recuperado el 17 de octubre de 2017 de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiZ16KtxtHZAhXBoFMKHWJhARYQFggnMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.palmoilandfood.eu%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2FEuropeanPalmOilAlliance-Factsheet2014-ES-DEF.pdf&usg=AOvVaw2CCGMhcxUkxYqi2lkx43_w

Erales, R. (2017). La palma. Guatemala: GREPALMA

Escobar, R., J., H., & Alvarado, A. (2013). El híbrido OxG Amazon: una alternativa para regiones afectadas por Pudrición del cogollo en palma de aceite. Costa Rica: ASD: PALMAS Vol34 No. Especial, Tomo I. Recuperado el 04 de octubre de 2017 de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiliP-ax9HZAhXFyVMKHdH1AIQQFggIMAA&url=https%3A%2F%2Fpublicaciones.fedepalma.org%2Findex.php%2Fpalmas%2Farticle%2Fdownload%2F10689%2F10674&usg=AOvVaw32r9bDjkmAOK9_JrkAsl_R

Fairhurst, T., & Hardter, R. (2012). PALMA DE ACEITE. Manejo para Rendimientos Altos y Sostenibles. Georgia, Estados Unidos: IPNI.

Recuperado el 25 de agosto de 2017 de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiPkvStx9HZAhURylMKHd6wB0MQFggIIMAA&url=http%3A%2F%2Fcidpalmero.fedepalma.org%2Fnode%2F61&usg=AOvVaw2GtncgR3ia2Z132bBA8vIF>

FAO. (2014). PRINCIPIOS Y AVANCES SOBRE POLINIZACIÓN COMO SERVICIO AMBIENTAL PARA AGRICULTURA SOSTENIBLE EN PAÍSES DE LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE. Santiago, Chile. Recuperado el 22 de septiembre de 2017 de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwin7aPax9HZAhXN61MKHXiNBoSQFggIIMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.fao.org%2Ffamily-farming%2Fdetail%2Fes%2Fc%2F340161%2F&usg=AOvVaw3gplJs jubKrwWF7hNIDdQq>

FEDAPAL. (2015). IMPORTANCIA DE LA INTEGRACIÓN ANDINA PARA EL SECTOR PRODUCTOR Y EXPORTADOR DE PRODUCTOS DE PALMA ACEITERA. Recuperado el 11 de octubre de 2017 de <http://fedapal.com/web/index.php/noticia0022015>

FEDAPAL. (2017). Obtenido de Ficha técnica palma 2017. Recuperado el 15 de octubre de 2017 de <http://fedapal.org/web2017/index.php/estadisticas/ficha-tecnica-palma-2017>

García, F. (2003). Frutos. Conceptos y tipos. Recuperado el 20 de octubre de 2017 de http://www.euita.upv.es/varios/biologia/web_frutos/concepto%20y%20tipos.htm

Godino, M. (2016). MORINGA OLEIFERA: ÁRBOL MULTIUSOS DE INTERÉS FORESTAL PARA EL SUR DE LA PENÍNSULA IBÉRICA. España: Dpto. de Ingeniería y Gestión Forestal y Ambiental. Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado el 20 de agosto de 2017 de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj8mOKGydHZAhWotIkKHYXiCD>

EQFggI^{MAA}&url=https%3A%2F%2Fwww.grupocooperativocajamar.es%2Frecursos-entidades%2Fpdf%2Fbd%2Fagroalimentario%2Finnovacion%2Fformacion%2Fmateriales-y-documentos%2F020-moringa-v3-1476963334.pdf&usg=AOvVaw27Pc3o0wdML17-ggo45Fbb

Gomez, C., Jaramillo, C., Herrera, F., Wing, S., & Callejas, R. (2009). *PALMS (ARECACEAE) FROM A PALEOCENE RAINFOREST OF NORTHERN COLOMBIA*. *American Journal of Botany* 96 (7), 1300-1312. Recuperado el 20 de agosto de 2017 de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiRnPiCytHZAhVDIVkKHbelCZgQFggI^{MAA}&url=https%3A%2F%2Fwww.ncbi.nlm.nih.gov%2Fpubmed%2F21628279&usg=AOvVaw03netNUydZBYue_wNEh5bG

Gutierrez, H., & de la Vara, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. México D.F.: Editorial: McGraw-Hill.

Heckert, A. (2013). Anderson-Darling Test. Recuperado de 11 de octubre de 2017 de <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/eda35e.htm>

Henry, P. (1955). *MORPHOLOGIE DE LA FEUILLE D'ELAEIS AU COURS DE SA CROISSANCE*. Francia: Centre National de la Recherche scientifique. Recuperado el 19 de octubre de 2017 de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjSi_e9ytHZAhWrsIkKHfm9AFUQFggo^{MAA}&url=http%3A%2F%2Fwww.documentation.ird.fr%2Fhor%2Ffdi%3A11907&usg=AOvVaw2ok_ubyg5A4JUI9IBmlprp

Hormaza, P., Forero, D., Ruiz, R., & Romero, H. (2010). Fenología de la palma de aceite africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) y del híbrido interespecífico (*Elaeis oleifera* [Kunt] Cortes x *Elaeis guineensis* Jacq.). Bogotá D.C., Colombia: Cenipalma. Recuperado el 15 de agosto de 2017 de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwik8eqLy9HZAhXuqFkKHWtIA7c>

QFggIMAA&url=http%3A%2F%2Fgsem.weebly.com%2Fuploads%2F9%2F3%2F5%2F1%2F9351412%2Ffenologa_de_la_palma_de_ac_eite_africana_y_del_hbrido_interespecifico.pdf&usg=AOvVaw2IRGuXLx7IMxgOjOX1EibM

IISC. (2006). El medio ambiente agrícola. Recuperado el 10 de octubre de 2017 de <http://ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/spanish/pc/m0035s/m0035s05.htm>

Kearns, C., & Inouye, D. (1998). *Endangered mutualisms: the conservation of plantpollinator interactions*. Oxford, Reino Unido: Oxford University. BioScience, Volume 47

Labandeira, C., & Sepkoski, J. (1993). *Insect Diversity in the Fossil Record*. Washington DC, Estados Unidos: American Association for the Advancement of Science. New Series, Vol. 261

Lacadena, J. (1996). Citogenética. Madrid, España: Complutense S.A. Recuperado el 02 de octubre de 2017 de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjSj-bCzNHZAhXCslkKHQGID90QFgggtMAE&url=http%3A%2F%2Fwebs.ucm.es%2Finfo%2Fgenetica%2Fpdf%2Fpublicaciones%2F1996.pdf&usg=AOvVaw2JdnvjWoCJtL_8ElrhIkz9

Lerma, J., Marroquín, F., Toledo, E., Garza, J., Martínez, M., Gehrke, M., & Gómez, S. (2009). Manual para el manejo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis Jacq*) en previvero y vivero. Chiapas: Universidad Autónoma de Chiapas

Marín, J. (2014). Análisis de regresión lineal. Madrid, España: Universidad Carlos III de Madrid. Recuperado el 16 de noviembre de 2017 de http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_statistics/es

Marques, M. (2001). *Estadística Básica un enfoque no paramétrico*. Ciudad de México, México: Universidad Autóctona de México.

- Martínez, G. (2010). Pudrición del cogollo, Marchitez sorpresiva, Anillo rojo y Marchitez letal en la palma de aceite en América. Bogotá, Colombia: Revista PALMAS. Vol. 3. Recuperado el 01 de octubre de 2017 de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj8vd6M09HZAhUuwVkKHVIECd_gQFggIIMAA&url=https%3A%2F%2Fpublicaciones.fedepalma.org%2Findex.php%2Fpalmas%2Farticle%2Fview%2F1471&usg=AOvVaw1syQWKNrIRdmpl7rwGkgHo
- Martínez, G., & Torres, G. (2007). Presencia de la Pudrición de Cogollo de la palma de aceite (PC) en plantas de vivero. Colombia: Cenipalma: PALMAS Vol. 28 No. 4. Recuperado 19 de agosto de 2017 de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi1_LCb09HZAhWwuFkKHZg8ATcQFggzMAE&url=https%3A%2F%2Fpublicaciones.fedepalma.org%2Findex.php%2Fpalmas%2Farticle%2Fview%2F1232&usg=AOvVaw0aWolm8HODlhrjwOFBYw7z
- Meléndez, R., & Ponce, W. (2016). *Pollination in the oil palms *Elaeis guineensis*, *E. oleifera* and their hybrids (OxG), in tropical America*. Quito, Ecuador: Agricultural Research in the Tropics. ISSN 1983-4063, v. 46, n. 1, p. 102-110. Recuperado el 11 de diciembre de 2017 de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiWzN2z09HZAhVHmlkKHRJHCkwQFggIIMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.scielo.br%2Fscielo.php%3Fscript%3Dsci_arttext%26pid%3DS1983-40632016000100102&usg=AOvVaw2ogZDjies_HMtdhFfOeEQc
- Mendoza, L. (2013). Caracterización agronómica de materiales *Elaeis oleífera* H.B.K Cortés de la Región Oriental Ecuatoriana. Recuperado el 13 de septiembre de 2017 de <http://www.palmardelrio.com/sitio/files/Presentacion%20Ing.%20L%20Mendoza%20-Ancupa%20Marzo-2013.pdf>
- Mendoza, L. (2015). ESTIMACIÓN DE COMPONENTES DE VARIANZA Y HEREDABILIDAD EN SENTIDO AMPLIO PARA LA PRODUCCIÓN

DE FRUTA Y ACEITE EN CRUZAMIENTOS OxG (*Elaeis oleifera* (H.B.K.) Cortes x *Elaeis guineensis* Jacq.). Santo Domingo, Ecuador: Universidad Tecnológica Equinoccial.

Meunier, J. (1991). Una posible solución genética para el control de la Pudrición de Cogollo en la Palma Aceitera. Bogotá, Colombia: Revista Palmas, Volumen 12 No. 2. Recuperado 13 de octubre de 2017 de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiD7KD609HZAhUBqIkKHSX0CZYQFgglMAA&url=https%3A%2F%2Fpublicaciones.fedepalma.org%2Findex.php%2Fpalmas%2Farticle%2Fdownload%2F284%2F284&usg=AOvVaw1NUqOWh6VbSsXtH1VXacR4>

Ministerio de Comercio Exterior. (2017). Informe sobre el Sector Palmicultor Ecuatoriano. Quito, Ecuador. Recuperado de 04 de septiembre de 2017 de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi3vP_R09HZAhUoq1kKHcXhC9gQFgglMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.comercioexterior.gob.ec%2Fwp-content%2Fuploads%2F2017%2F09%2Finforme-palma-espaa%25C3%25B1ol-.pdf&usg=AOvVaw2GxlexqoDkIDthmXi8pIA-

Ministerio del Ambiente. (2016). Ecuador busca certificar la producción de palma sostenible. Recuperado de 04 de septiembre de 2017 de <http://www.ambiente.gob.ec/ecuador-busca-certificar-la-produccion-de-palma-sostenible/>

Nabors, M. (2006). INTRODUCCIÓN A LA BOTÁNICA. Madrid, España: PEARSON.

Ochoa, I., Suárez, C., & Cayón, D. (2013). Desarrollo y maduración de frutos en palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) e híbridos OxG (*E. oleifera* x *E. guineensis*.) de Unipalma S.A. Bogotá, Colombia: PALMAS. Vol. 34 No. Especial, Tomo I. Recuperado el 04 de noviembre de 2017 de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjWlp3m09HZAhWBwFkKHY6WDg8QFgggnMAA&url=https%3A%2F%2Fpublicaciones.fedepalma.org>

%2Findex.php%2Fpalmas%2Farticle%2Fview%2F10691&usg=AOvVaw3wAzg1jvpxotvSQmbFNbUH

Ortiz, R., & Fernández, O. (2000). El cultivo de la Palma Aceitera. San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia EVED. Recuperado el 10 de septiembre de 2017 de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiUzYaZ2tHZAhUFW1kKHddzAslQFggIMAA&url=http%3A%2F%2Finvestiga.uned.ac.cr%2Frevistas%2Findex.php%2Fespiga%2Farticle%2Fview%2F1108&usg=AOvVaw1GDdLVlckVywAKaJhb8E0m>

Ospina, B. (1998). La palma africana en Colombia. Apuntes y memorias. Bogotá, Colombia: Volumen 2. Fedepalma. Recuperado el 18 de noviembre de 2017 de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi5re7p2dHZAhWBm1kKHRWpDQ8QFggIMAA&url=http%3A%2F%2Fweb.fedepalma.org%2Fpublicaciones-institucionales&usg=AOvVaw0BHZLmuW9BQncXOfFQM6bl>

Prada, F., & Romero, H. (2012). Muestro y análisis de racimos en el cultivo de la palma de aceite. Bogotá D. C., Colombia: Fedepalma. Recuperado el 11 de octubre de 2017 de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjo05Or1tHZAhXQx1kKHVsoAb8QFggoMAA&url=https%3A%2F%2Fissuu.com%2Ffedepalma%2Fdocs%2Fgui__a_muestreo_y_ana__lisis_de_rac&usg=AOvVaw2gMTcHb7ZTgwPGQHfF-Y4a

PRO ECUADOR. (2014). Análisis Sectorial. Aceite de Palma y Elaborados 2014. Quito, Ecuador. Recuperado el 10 de septiembre de 2017 de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiO7Lbr1tHZAhXRmVkkHfJqCagQFggIMAA&url=https%3A%2F%2Fissuu.com%2Fpro-ecuador%2Fdocs%2Faceitedepalmah&usg=AOvVaw2btxtJuclGqwlG OEITezGC>

- Quesada, G. (2001). Cultivo e industria de la Palma Aceitera (*Elaeis guineensis*). Guaycara, Costa Rica: MAG. Recuperado el 13 de septiembre de 2017 de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjmilan2NHZAhXJslkKHwUpCFUQFggIIMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.mag.go.cr%2Fbiblioteca_virtual_ciencia%2Ftec_palma.pdf&usg=AOvVaw0CyLsdKIRI_y7CaMv5bOUF
- Rajanaidu, N. (1995). Semillas de calidad-Material de propagación de palma de aceite de calidad. Bogotá, Colombia: Revista Palmas, Volumen 16. Recuperado el 15 de noviembre de 2017 de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjn4qPu2tHZAhWCpFkKHfsjBUIQFggIIMAA&url=https%3A%2F%2Fpublicaciones.fedepalma.org%2Findex.php%2Fpalmas%2Farticle%2Fdownload%2F470%2F470&usg=AOvVaw2O4ysv1-zWdSZeo4LbnEtt>
- Rajanaidu, N. (2016). Una mirada al mejoramiento genético de la palma de aceite en los últimos cincuenta años: una aventura personal. Bogotá, Colombia: Revista Palmas Vol. 37 No. Especial. Tomo I. Recuperado el 11 de noviembre de 2017 de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj9g8qH29HZAhWtxVkkHeWwCw8QFggIIMAA&url=http%3A%2F%2Fweb.fedepalma.org%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Ffiles%2FFedepalma%2FMemorias%2520de%2520la%2520XVIII%2520Conferencia%2520Internacional%2520sobre%2520Palma%2520de%2520aceite%2FM_1_11_%2520Una%2520mirada%2520al%2520mejoramiento%2520genetico.pdf&usg=AOvVaw1H9UcFqt52GdAk2QCe5iTk
- Ramírez, A., & Romero, Á. (1992). POLINIZACION ASISTIDA EN EL CULTIVO DE PALMA AFRICANA. Santo Domingo: INIAP. Boletín Divulgativo No. 217. Recuperado el 17 de noviembre de 2017 de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiCq_aY29HZAhVBw1kKHeAJAn

MQFggIIMAA&url=http%3A%2F%2Frepositorio.iniap.gob.ec%2Fbitstream%2F41000%2F3552%2F9%2Finiapeesdbd217.pdf&usg=AOvVaw1Px3OItInrkHf_rdTPfXV8

Raygada, R. (2005). Manual técnico para el cultivo de la palma aceitera. Lima, Perú: Asociación de Promoción Agraria. Recuperado el 23 de septiembre de 2017 de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjGmeLE2tHZAhWKnFkKHVI7BIgQFggIIMAA&url=https%3A%2F%2Fissuu.com%2Fjaviarsaravia1%2Fdocs%2Fmanual_palma_aceitera&usg=AOvVaw3Av_tf1bJtO0SV4pjYxqpA

Revista El Agro. (2016). Híbrido Interespecífico: “Una alternativa contra el complejo PC”. Recuperado de 20 de agosto de 2017 de <http://www.revistaelagro.com/hibrido-interespecifico-una-alternativa-contra-el-complejo-pc/>

Rojas, F. (1989). EL CULTIVO DE LA PALMA DE ACEITE. San José, Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia.

Romero, Á., & Ramírez, A. (1992). POLINIZACION ASISTIDA EN EL CULTIVO DE PALMA AFRICANA. Santo Domingo, Ecuador: INIAP: Boletín Divulgativo No. 217. Recuperada el 20 de noviembre de 2017 de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjFoPPY2tHZAhUlzkKHfd-DnoQFggIIMAA&url=http%3A%2F%2Frepositorio.iniap.gob.ec%2Fbitstream%2F41000%2F3552%2F9%2Finiapeesdbd217.pdf&usg=AOvVaw1Px3OItInrkHf_rdTPfXV8

Rosero, G., & Santacruz, L. (2014). Efecto de la polinización asistida en medio líquido en la conformación del racimo en material híbrido OxG en la plantación Guaicaramo S.A. Bogotá, Colombia: Revista Palmas. Vol. 35. Recuperado el 11 de noviembre de 2017 de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi3wvLI2dHZAhWjq1kKHbHVD7MQFggIIMAA&url=https%3A%2F%2Fpublicaciones.fedepalma.org%2>

Findex.php%2Fpalmas%2Farticle%2Fview%2F11028&usg=AOvVaw
0gBYDU3Luki1grsF1gWoiM

- Ruiz, E., Fontanilla, C., Mesa, E., Mosquera, M., Molina, L., & Rincón, Á. (2015). Prácticas de manejo y costos de producción de la palma de aceite híbrido OxG en plantaciones de la Zona Oriental y Suroccidental de Colombia. Bogotá, Colombia: Palmas. Vol. 36 (4) 11-29. ISSN 0121-2923. Recuperado el 17 de diciembre de 2017 de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiznsS22dHZAhUHk1kKHbCxApQQFggIIMAA&url=https%3A%2F%2Fpublicaciones.fedepalma.org%2Findex.php%2Fpalmas%2Farticle%2Fview%2F11642&usg=AOvVaw16-rCYG_byykpXtBbvlh7G
- Ruiz, R. (2000). Desarrollo del racimo y formación de aceite en diferentes épocas del año. Bogotá, Colombia: PALMAS, Vol. 21 No. Especial, Tomo 1. Recuperado el 09 de noviembre de 2017 de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiD_o6A2dHZAhUktlkKHfmxDhoQFggIIMAA&url=https%3A%2F%2Fpublicaciones.fedepalma.org%2Findex.php%2Fpalmas%2Farticle%2Fview%2F761&usg=AOvVaw1USq7qkUGikNsEV9F25YMa
- Sánchez, Á., Daza, E., Ruiz, R., & Romero, H. (2011). Polinización del Híbrido OxG. Colombia: FEDEPALMA.
- Sánchez, L., & Romero, H. (2013). Viabilidad y morfología del polen de diferentes materiales de palma de aceite. Colombia: Ceniavances. Recuperado 17 de agosto de 2017 de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjYvK3Nz9HZAhUPuVkkHR2cA6UQFggIIMAA&url=https%3A%2F%2Fpublicaciones.fedepalma.org%2Findex.php%2Fceniavances%2Farticle%2Fdownload%2F10695%2F10681&usg=AOvVaw2Gvb0vRC-c6PrqyErqqloS>
- Santos, E. (2014). Dependencia a la polinización entomófila y revelamiento de los insectos polinizadores en tres cultivos de interés económico para

Uruguay. Montevideo, Uruguay: Universidad de la República. Recuperado el 10 de noviembre de 2017 de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj_h6e-2NHZAhUFwVkkHePjClgQFggoMAA&url=http%3A%2F%2Fstudylib.es%2Fdoc%2F4569125%2Fdependencia-a-la-polinizaci%25C3%25B3n-entom%25C3%25B3fila-y-relevamiento-d...&usg=AOvVaw33e1XG5R0bjADSpHF1cplO

SIFUPRO. (2013). CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA. MANUAL PARA EL MANEJO DE PREVIVERO DE LA PALMA DE ACEITE. México: Coordinadora Nacional de las Fundaciones

SOLIMEC. (2014). Origen y expansión de la palma africana. Recuperado el 13 de octubre de 2017 de <http://www.solimec.com.co/origen-y-expansion-de-la-palma-africana/>

Torres, E. (2016). Comportamiento del híbrido interespecífico OxG, Coari x La Mé en Palmeras del Ecuador. Quito, Ecuador: Revista Palmas Vol. 37 No. Especial Tomo I. Recuperado el 16 de septiembre de 2017 de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjBn4_aztHZAhWouVkkHf4oBP4QFggIMAA&url=https%3A%2F%2Fpublicaciones.fedepalma.org%2Findex.php%2Fpalmas%2Farticle%2Fdownload%2F11913%2F11906&usg=AOvVaw2v-olhlvd-0WHa4Dz2efNf

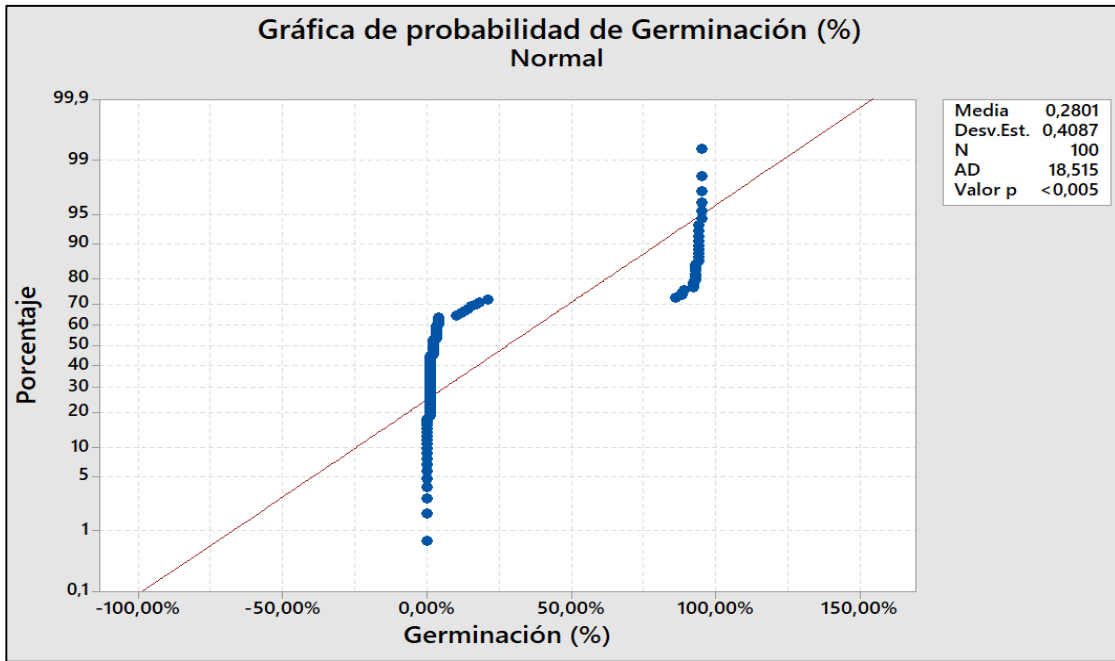
Torres, M., Rey, L., Gelves, F., & Santacruz, L. (2004). Evaluación del comportamiento de los híbridos interespecíficos *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*, en la plantación de Guaicaramo S.A. Bogotá, Colombia: PALMAS - Vol. 25 No. Especial, Tomo II. Recuperado el 12 de septiembre de 2017 de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwits7H5ztHZAhVOnIkKHWpYAMAQFggIMAA&url=https%3A%2F%2Fpublicaciones.fedepalma.org%2Findex.php%2Fpalmas%2Farticle%2Fdownload%2F1099%2F1099&usg=AOvVaw2jOwLgF6a2qp1Eisk0W6NK>

- Turner, P. (1981). *Oil palm diseases and disorders*. Kuala Lumpur, Malasia: Oil palm diseases and disorders. Recuperado el 07 de noviembre de 2017 de [https://books.google.com.ec/books?id=5-7wAAAAMAAJ&q=Turner,+P.+\(1981\).+Oil+palm+diseases+and+disorders.&dq=Turner,+P.+\(1981\).+Oil+palm+diseases+and+disorders.&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiVpoL329HZAhXQmVkKHeGuD9wQ6AEIJTAA](https://books.google.com.ec/books?id=5-7wAAAAMAAJ&q=Turner,+P.+(1981).+Oil+palm+diseases+and+disorders.&dq=Turner,+P.+(1981).+Oil+palm+diseases+and+disorders.&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiVpoL329HZAhXQmVkKHeGuD9wQ6AEIJTAA)
- Turner, P., & Gilbanks, R. (1974). *Oil palm cultivation and management*. Kuala Lumpur, Malasia: The Incorporated Society of Planters. Recuperado el 16 de noviembre de 2017 de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj6wLql3NHZAhUquVkKHdmUBjYQFgg_MAM&url=https%3A%2F%2Fwww.cabdirect.org%2Fcabdirect%2Fabstract%2F19750328044&usg=AOvVaw3CF9wHQHH39qtmDtf4HTN_
- UNIPALMA S.A. (2013). Semillas Unipalma EoxEg. Recuperado el 05 de noviembre de 2017 de <http://www.unipalma.com/productos-y-servicios/semilla>
- Vallejo, G. (1976). Estudio de poblaciones espontaneas de la palma noli, *elaeis oleifera*, H.B.K., Cortes. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía.
- Vieira, R., & Lopes, R. (2010). *BRS Manicoré: híbrido interespecífico Caiaué e do dendezeiro africano recomendado para áreas de incidência de amarelecimento-fatal*. Manaus, Brasil: Embrapa. Recuperado el 22 de septiembre de 2017 de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj-iNKlztHZAhUEq1kKHTThTDkEQFggIIMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.infoteca.cnptia.embrapa.br%2Fbitstream%2Fdoc%2F867099%2F1%2FComTec852010.pdf&usg=AOvVaw0CDAAtOi-fANEiY5bzAWPyP>
- Wood, B. (1983). *Note on insect pollination of oil palm in South and Central America*. Selangor, Malasia: Planter 1983 Vol. 59. Recuperado el 10

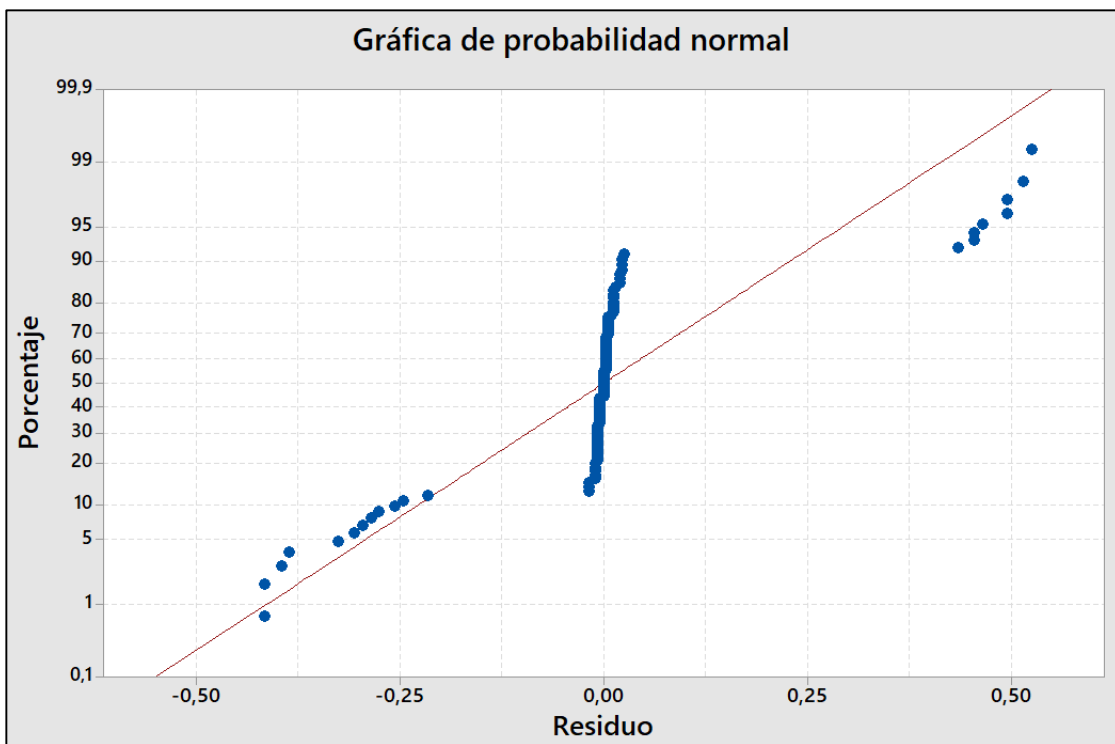
de diciembre de 2017 de

<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19860218540>

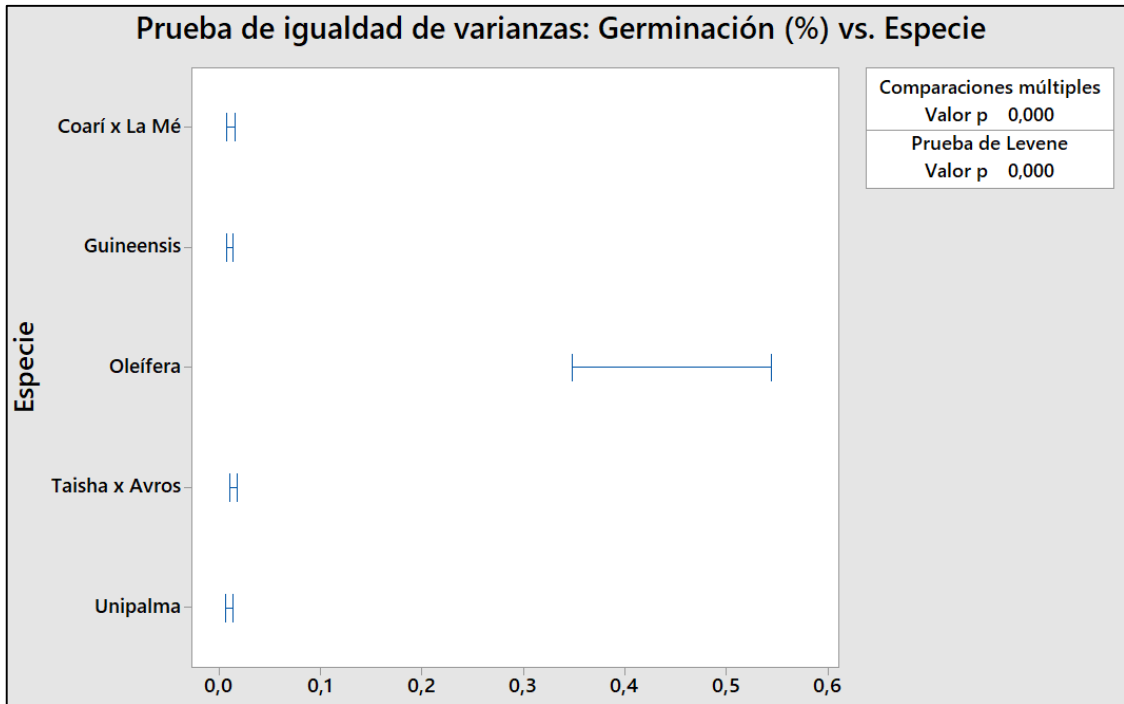
ANEXOS



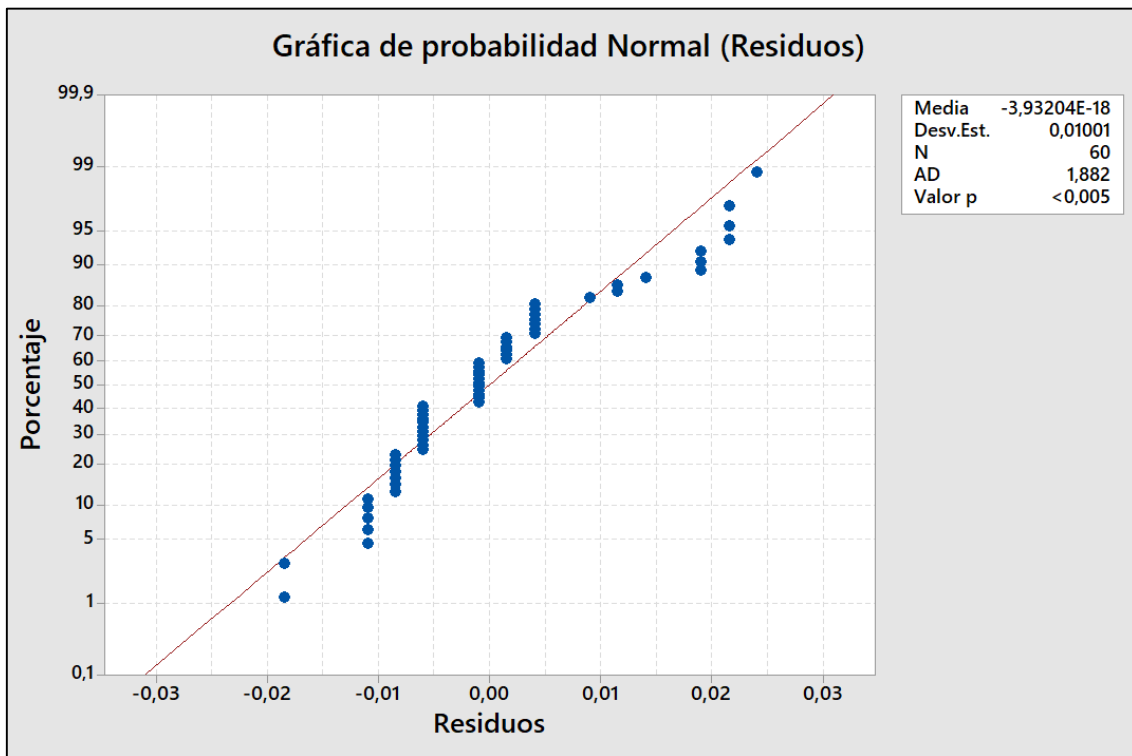
Anexo 1. Prueba de normalidad entre materiales puros e híbridos.



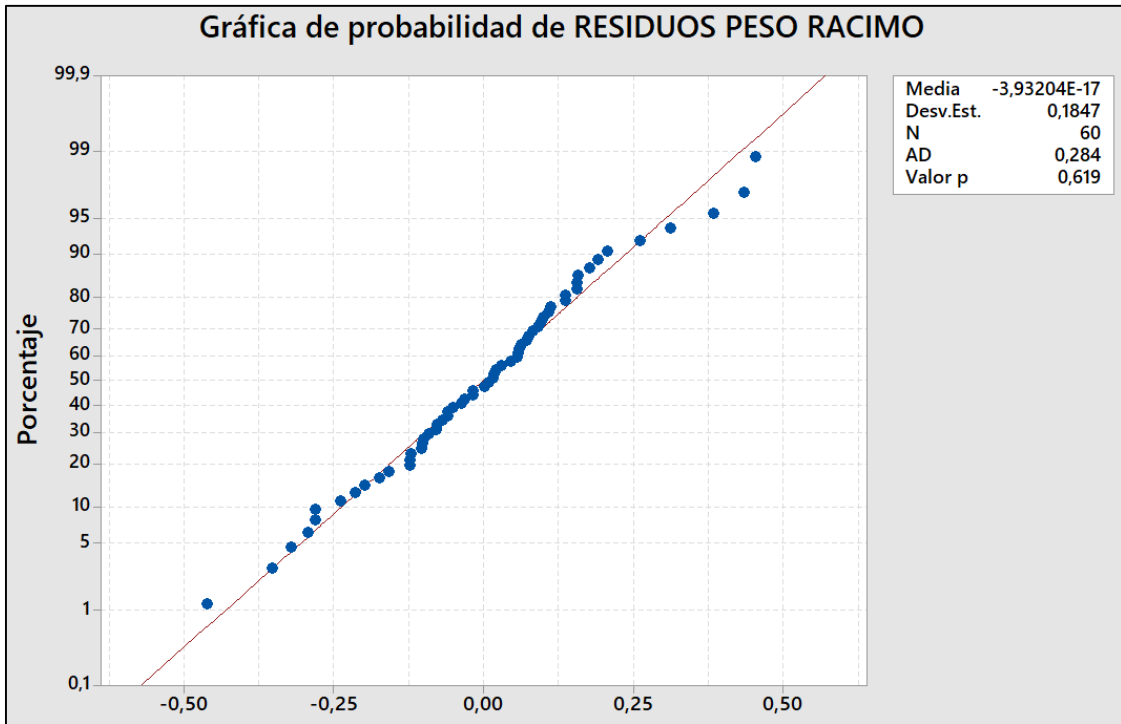
Anexo 2. Prueba de normalidad entre materiales puros e híbridos, porcentaje vs residuos.



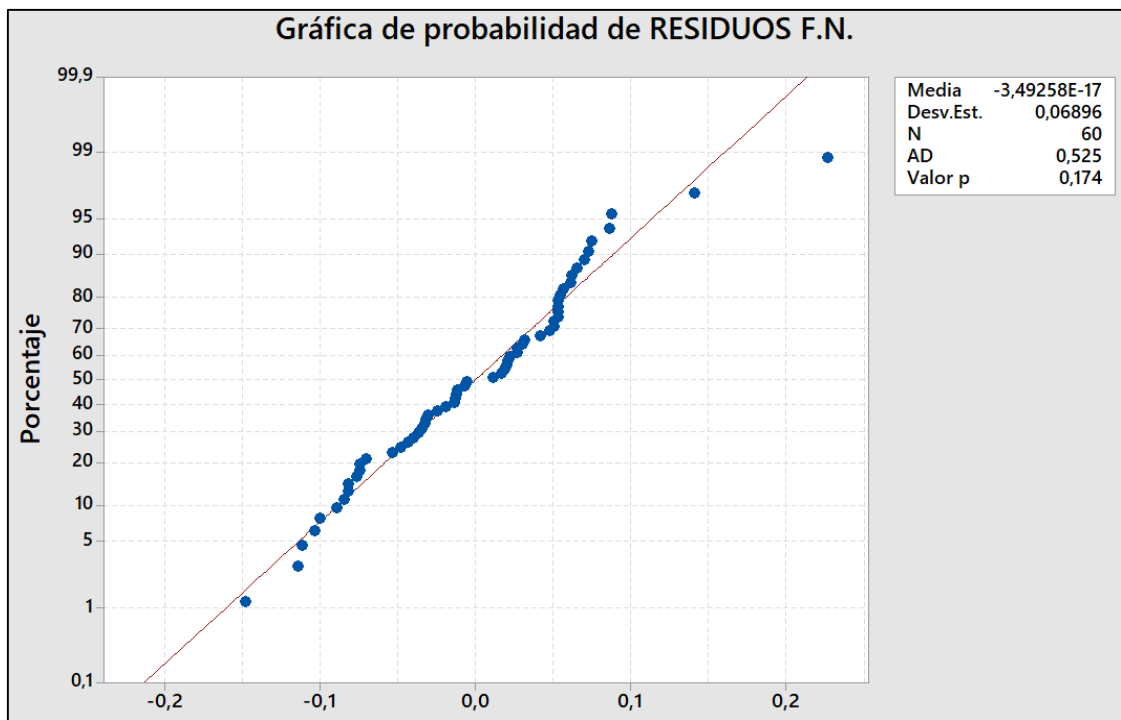
Anexo 3. Prueba de varianzas homogéneas entre materiales puros e híbridos.



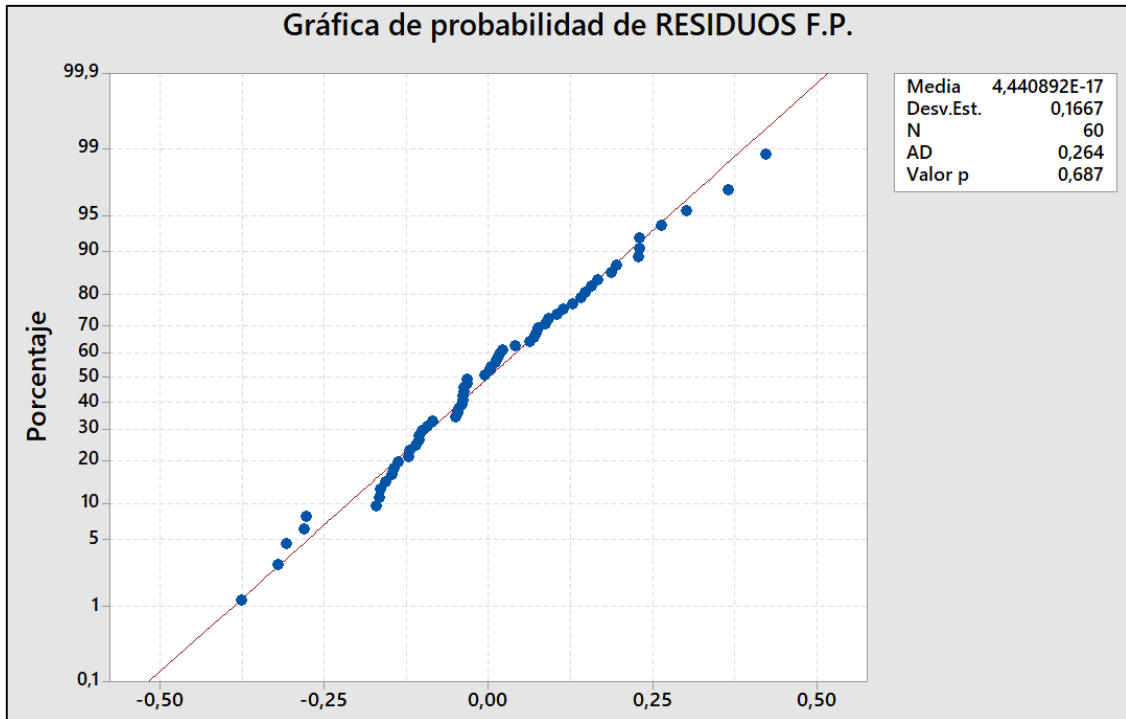
Anexo 4. Prueba de normalidad entre los materiales híbridos.



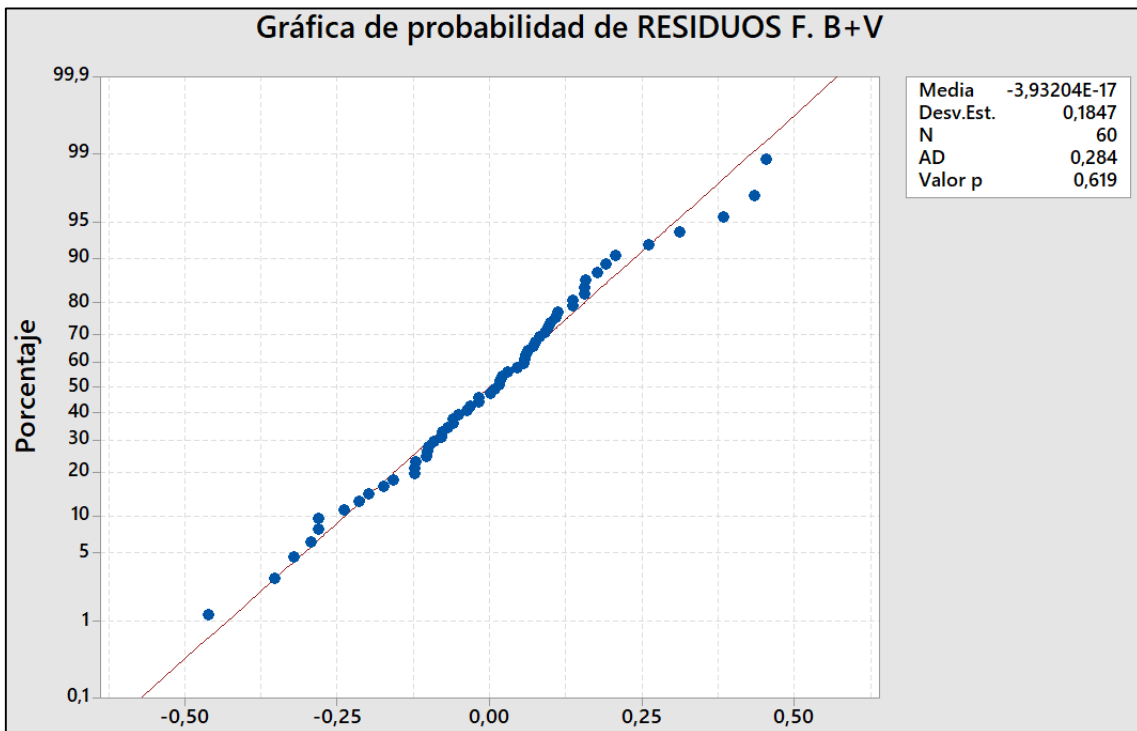
Anexo 5. Prueba de normalidad para variable de peso del racimo



Anexo 6. Prueba de normalidad para porcentaje de frutos normales



Anexo 7. Prueba de normalidad de porcentaje de Frutos Partenocárpicos



Anexo 8. Prueba de normalidad de porcentaje de frutos abortos



Anexo 9. Frutos obtenidos de palmas de Unipalma



Anexo 10. Frutos obtenidos de palmas Coarí x La Mé



Anexo 11. Frutos obtendios de palmas Taisha x Avros

