

ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL EFECTO DE LA POLINIZACIÓN ASISTIDA EN
DOS ESTADOS FENOLÓGICOS DE PREANTESIS DE LAS INFLORESCENCIAS
FEMENINAS DE PALMA DE ACEITE HÍBRIDO OXG.

LILIANA MARÍN RETAMOZA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE MATEMÁTICAS
ESPECIALIZACIÓN EN ESTADÍSTICA
BUCARAMANGA

2018

ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL EFECTO DE LA POLINIZACIÓN ASISTIDA EN
DOS ESTADOS FENOLÓGICOS DE PREANTESIS DE LAS INFLORESCENCIAS
FEMENINAS DE PALMA DE ACEITE HÍBRIDO OXG.

LILIANA MARÍN RETAMOZA

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN
ESTADÍSTICA

DIRECTORA
MARIANELA LUZARDO BRICEÑO
PhD EN ESTADÍSTICA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE MATEMÁTICAS
ESPECIALIZACIÓN EN ESTADÍSTICA
BUCARAMANGA

2018

DEDICATORIA

*A Dios por darme la vida, la salud y la sabiduría para emprender este hermoso camino
llamado Especialización en Estadística.*

*Porque “Todo lo puedo en Cristo que me fortalece”
Filipenses 4:13*

AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiarme y no dejarme desfallecer.

A mi adorada madre Mercedes Retamoza, por ser mi motor, mi consejera, mi apoyo constante y a quien amo profundamente.

A mi amado esposo Carlos Alberto Jaimes por su comprensión, su compromiso, su apoyo y su respaldo en todo momento.

A mis hijos Carlos David y Thiago Luis por la paciencia, por todo ese amor infinito que me dan y por ser parte de mi vida y de este proyecto.

A mi jefe Gabriel Chaves por su ayuda y apoyo incondicional.

A mi directora Marianela Luzardo por enseñarme, por guiarme y ayudarme.

A todas la personas que de uno y otra manera estuvieron ahí brindándome su apoyo.

*A la UIS por la oportunidad de poder alcanzar una de mis más grandes metas...
Estudiar.*

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. OBJETIVOS	19
1.1 OBJETIVO GENERAL	19
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
2. MARCO TEÓRICO	20
2.1 PALMA DE ACEITE EN COLOMBIA	20
2.2 HISTORIA DEL HÍBRIDO INTERESPECÍFICO OXG (Coarí x La Mé)	21
2.3 ESCALA FENOLÓGICA DE LA PALMA DE ACEITE	22
2.4 POLINIZACIÓN ASISTIDA EN HÍBRIDOS OXG	25
2.5 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA	28
2.5.1 Distribución de frecuencias	28
2.5.2 Medidas de tendencia central	28
2.5.3 Medidas de dispersión	29
2.6 ESTADÍSTICA CORRELACIONAL	30
3. METODOLOGÍA	32
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	32
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	32
3.3 VARIABLES	33
3.4 FASES DE LA INVESTIGACIÓN	36
3.4.1 Organización de la información.	36
3.4.2 Análisis descriptivo de las variables	36
3.4.3 Identificación de datos atípicos	36
3.4.4 Análisis de correlación entre las variables	37
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES	38
4.1 ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN	38
4.2 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA LA VARIABLE FRUIT SET Y PEA	38
4.3 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA LA VARIABLE ANTESIS	41
4.4 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA LA VARIABLE COSECHA DE RACIMO	45

4.5 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA LA VARIABLE PESO RACIMO.....	46
4.6 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA LA VARIABLE NÚMERO DE FRUTOS.	48
4.7 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA LA VARIABLE CLASE DE RACIMO.....	50
4.8 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES FRUIT SET Y PEA.	51
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	54
BIBLIOGRAFÍA	56
ANEXOS	59

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Estadios principales de crecimiento	23
Tabla 2. Criterios de calidad en la formación de racimos.	35
Tabla 3. Estadística descriptiva para Fruit Set y PEA por tratamientos.	39
Tabla 4. Prueba de normalidad para las variables Fruit Set y PEA T_1	41
Tabla 5. Prueba de normalidad para las variables Fruit Set y PEA T_2	41
Tabla 6. Porcentaje de inflorescencias femeninas según su asincronía (Floración)	41
Tabla 7. Tiempo de preantesis a antesis.	43
Tabla 8. Porcentaje de Fruit Set y PEA para T_2 sin asincronía.	44
Tabla 9. Estadísticas descriptivas para peso de los racimos.	46
Tabla 10. Estadísticas descriptivas para las variables Número de Frutos.	48
Tabla 11. Correlación de Spearman entre las variables Fruit Set y PEA T_1	53
Tabla 12. Correlación de Spearman entre las variables Fruit Set y PEA T_2	53

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estadios fenológicos de la inflorescencia femenina	24
Figura 2. Equipos utilizados para la labor de polinización asistida	26
Figura 3. Estadios fenológicos de maduración del fruto.	27
Figura 4. Diagrama de cajas y bigotes para Fruit Set y PEA.....	40
Figura 5. Comparación de porcentaje de floración según tratamiento.	43
Figura 6. Porcentaje de Fruit Set y PEA para <i>T2</i> sin asincronía.....	45
Figura 7. Porcentaje de racimos cosechados	45
Figura 8. Gráfico de dispersión peso / racimos para <i>T1</i>	47
Figura 9. Gráfico de dispersión peso / racimos para <i>T2</i>	48
Figura 10. Gráfico de porcentaje de formación de frutos para los tratamientos.....	49
Figura 11. Porcentaje de formación de los racimos por tratamiento.....	50
Figura 12. Gráfico de dispersión Fruit Set-PEA para el <i>T1</i>	52
Figura 13. Gráfico de dispersión Fruit Set-PEA para el <i>T2</i>	52

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Clases Híbrido Interespecífico OxG (Coarí x La Mé) Indupalma ®.....	59
ANEXO B. Salidas del software estadístico R para el diagrama de cajas y bigotes	60
ANEXO C. Salidas del software estadístico R para la prueba de normalidad	61
ANEXO D. Correlación de Spearman entre las variables Fruit Set y PEA.	62

GLOSARIO

Antesis: Es el período de florescencia o floración de las plantas con flores. Es el estado de fertilidad y receptividad de las inflorescencias femeninas, comprende desde la apertura de los botones florales hasta el secamiento de los estigmas. Se distingue visualmente por el color blanco o crema de los estigmas de cada flor.

Asincronía Floral: Apertura irregular de las botones florales.

***Elaeis guineensis* jaq:** Nombre científico de la palma africana de aceite.

***Elaeis oleífera* Cortés:** Nombre científico de la palma americana de aceite.

Escala BBCH: Sistema para una codificación uniforme de identificación fenológica de estadios de crecimiento para todas las especies de plantas, describiendo el proceso de desarrollo de las mismas.

Fruit Set: Proporción de frutos normales o fecundados con respecto a la cantidad total de frutos presentes en el racimo.

Frutos Abortivos: Son flores no fecundadas. No se desarrollan como frutos partenocarpicos.

Frutos Normales: Son frutos con semillas desarrolladas, contienen el mesocarpio, la nuez con cuesco y la almendra.

Frutos Partenocárpicos: Son frutos formados sin haber sido polinizados y no cuentan con almendra.

Híbrido Interespecífico OxG (Coarí x La Mé): Es el resultado del cruzamiento entre palmas de la especie americana (*Elaeis oleífera*), éstas se utilizan como madres, con el polen de palmas de la especie africana (*Elaeis guineensis*) que se utilizan como padres. Ambos tipos de palmas pertenecen a la familia *Palmáceas* y al género *Elaeis*.

Inflorescencia femenina: Conjunto de flores dispuesta sobre un eje central.

PEA: Potencial de Extracción de Aceite. Evalúa la cantidad de aceite que puede aportar un racimo.

Polen: Es el nombre colectivo de los granos, que producen las plantas con semillas, cada uno contiene un gametófito masculino.

Polinización asistida: Aplicación manual de polen a las inflorescencias femeninas en pleno estado de antesis o apertura de la flor.

Preantesis: Período inmediatamente anterior a la antesis, durante el cual, las inflorescencias se están preparando fisiológicamente para generar gametos femeninos (óvulos) y masculinos (granos de polen) fértiles.

Racimo maduro: Grado óptimo del racimo para ser cosechado, cuando se encuentra en buenas condiciones para su procesamiento, presenta desprendimiento natural de los frutos en un porcentaje inferior al 50% en su primera capa (frutos externos).

RESUMEN

TITULO: ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL EFECTO DE LA POLINIZACIÓN ASISTIDA EN DOS ESTADOS FENOLÓGICOS DE PREANTESIS DE LAS INFLORESCENCIAS FEMENINAS DE PALMA DE ACEITE HÍBRIDO OXG *

AUTOR: LILIANA MARÍN RETAMOZA**

PALABRAS CLAVES: Híbrido OxG, inflorescencias, preantesis II y III, polinización asistida, Fruit Set, potencial de extracción de aceite, estadística descriptiva y correlacional.

DESCRIPCIÓN:

En el cultivo de la palma de aceite, es de gran importancia realizar la polinización asistida a las inflorescencias femeninas principalmente en los cultivos del material híbrido Interespecífico OxG (Coarí x La Mé), porque las inflorescencias masculinas tienen una baja fertilidad, produciendo racimos mal formados, los cuales tienen un menor contenido de aceite respecto a los racimos bien formados (Zambrano & Argumero, Híbrido Interespecífico, 2010), pero una gran limitante de esta actividad son los altos costos que se generan, por tal motivo se buscan otras alternativas que logren contrarrestar los costos bien sea disminuyéndolos o haciendo más rentable la polinización en cuanto a formación de los racimos.

Siguiendo la segunda alternativa, se logró describir, a través del uso de la estadística descriptiva el efecto que causa en las inflorescencias femeninas el polinizarlas en estado de preantesis II y preantesis III evidenciando que se logran obtener porcentajes superiores al 60 % de conformación de los racimos cuando se polinizan en el estado de preantesis III y en preantesis II no alcanzan el 20 %.

En conclusión, manipular las inflorescencias en estado iniciales de preantesis II, no garantiza la formación de frutos en la conformación de los racimos, por lo tanto, tampoco garantiza buena cantidad de aceite en aquellos frutos que se logran formar. De igual manera, hay que seguir indagando sobre la polinización asistida en estado de preantesis III pues, en esta investigación, se logró obtener buena conformación de racimos y buen potencial de extracción de aceite.

*¹ Trabajo de grado

**² Facultad de ciencias. Escuela de matemáticas. Director: Marianela Luzardo Briceño. PhD Estadística.

SUMMARY

TITLE: DESCRIPTIVE ANALYSIS OF THE EFFECT OF ASSISTED POLLINATION IN TWO PHENOLOGICAL STAGES OF PREANTEST OF THE FEMALE INFLORESCENCES OF THE HYBRID OIL PALM OXG *

AUTHOR: LILIANA MARIN RETAMOZA**

KEYWORDS: Interspecific Hybrid OxG, inflorescences, preantheses II and III, assisted pollination, Fruit Set, potential oil extraction, descriptive and correlational statistics.

DESCRIPTION:

In oil palm culture, it's of great important to realice assisted pollination to the female inflorescences mainly in the cultures of interespecific hybrid material OxG (Coarí X La Mé) because male inflorescences have a low fertility, they are producing malformed racemes, them have a minor oil content respect to the racemes well formed (Zambrano y Argúmero, interspecific hybrid,2010), but a great limitation of this activity are the costs that are generated, for this reason it's looking for others alternatives that achieve counteract the costs either decreasing it or it's doing more profitable the pollination as to formation of the racemes.

Following the second alternative, it was managed describe, through the use of the descriptive statistics the effect that causes in the female inflorescences pollinate them in stages of preantest II and of preantest III, we proving that is achieved get higher percentages to 60% of conformation of the racemes when pollinated in the stages of preantest III and in preantest II they don't enough el 20%.

In conclusión, manipulate the inflorescences in initials stages of preantest II, they don't guarantee the formation of fruits in the conformation of the racemes, therefore neither they guarante good amount of oil in those fruits that they are achieve form. In the same way, we must continue investigating about the assisted pollination in stage of preantest II since, in this investigation it was manage obtain good conformation of racemes and good oil extraction potential.

*³ Degree project

**⁴ Sciences Faculty. Mathematics School. Director: Marianela Luzardo Briceño. PhD Statistics.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio se refiere a la necesidad de encontrar nuevas alternativas para hacer más productivo el material de aceite de palma Híbrido Interespecífico OxG. En la industria de aceite de palma, líder a nivel mundial en la provisión de aceites y grasas siendo uno de los sectores con mayor potencial por la versatilidad de usos y aplicaciones de los productos que de esta planta se obtienen al momento de procesarla tales como aceite de cocina, grasas especiales, sustitutos de manteca de cacao y de grasas animales, margarinas, productos de aseo, jabones, detergentes, cosméticos, cremas dentales, velas, lubricantes, pinturas, biocombustibles, energía eléctrica, entre otros⁵, se ha venido sembrando o renovando los cultivos con este tipo de material como alternativa de solución para la enfermedad de pudrición de cogollo (PC) que afecta principal y mortalmente al material *Elaeis guineensis*. Ésta ha sido la enfermedad más devastadora de la palma de aceite en América Latina y es la responsable de la desaparición de plantaciones enteras en Panamá, Colombia, Surinam, Brasil y Ecuador⁶.

El material híbrido interespecífico OxG, es el resultado del cruzamiento entre palmas de la especie americana (*Elaeis oleífera*) que se utilizan como madres, con el polen de palmas de la especie africana (*Elaeis guineensis*) que se utilizan como padres. Ésta estrategia busca fijar algunas características de interés presentes en las palmas *Elaeis oleífera* como el lento crecimiento, la tolerancia a enfermedades y las características del aceite⁷.

Para analizar esta problemática es necesario mencionar las causas por la cuales se hace necesario realizar la polinización asistida, y es que este material presenta

⁵ REVISTA PORTAFOLIO. [En línea] 18 de sep de 2014. [Citado el: 24 de sep de 2017.] <http://www.portafolio.co/economia/finanzas/colombia-cuarto-productor-aceite-palma-mundo-59140>.

⁶ CROPLIFE LATIN AMERICA. CropLife Latin America. [En línea] [Citado el: 28 de Enero de 2018.] <https://www.croplifela.org>.

⁷ TORRES, MARCELO, Y OTROS. Evaluación del comportamiento de los híbridos interespecíficos en la plantación de Guaicaramo S.A.. Palmas Vol 25 No. Especial, Tomo II., 2004, pp. 350-357.

desventajas frente al material *Elaeis guineensis*. El polen del híbrido OxG tiene una baja viabilidad. El promedio de viabilidad es del 26,3 % en comparación al 85 % promedio del material *Elaeis guineensis*; la tasa de extracción de aceite de los materiales híbridos OxG bajo condiciones de polinización natural, es muy inferior al tipo de material *Elaeis guineensis*. El porcentaje de extracción de aceite del híbrido está alrededor del 16 % y el 18 %, comparado con 21 % al 23 % del *Elaeis guineensis*, es decir, una menor cantidad de aceite⁸.

Este estudio se realizó por el interés de describir de una manera detallada, el efecto que causa en la conformación de los racimos, la polinización asistida en estados de preantesis II y preantesis III de las inflorescencias femeninas del material híbrido interespecífico OxG.

En el marco de la investigación, en la fase de campo, se tomaron muestras aleatorias de las inflorescencias femeninas en la ubicación técnica seleccionada para la investigación en los estados de preantesis II y III. En la fase de laboratorio, se analizaron los racimos formados luego de la polinización asistida y mediante el uso de la estadística descriptiva, se describieron los efectos que causa dicha polinización asistida en la conformación de los racimos y se diagnosticó el estado los mismos en cuanto a la formación de frutos normales, frutos partenocárpicos y frutos abortivos. De igual manera, se compararon los resultados del potencial de extracción de aceite según el estado fenológico de preantesis de las inflorescencias y se evaluó si la polinización asistida en dos diferentes estados de preantesis tuvo efectos en la conformación de los racimos y en el porcentaje de extracción de aceite.

Una limitante del proceso de polinización asistida son los altos costos generados en su aplicación. El costo promedio en las plantaciones de la zona oriental de

⁸ ZAMBRANO, KAROLINA Y ARGUMERO, ANDRES. Híbrido Interespecífico. Bogotá D.C., 2010.

Colombia fue de \$1.032.003 por hectárea al año, lo que incluye: mano de obra, supervisión, insumos (polen más talco), pago de la administración y el transporte⁹.

Una manera de compensar éstos costos, es aumentando la formación de frutos en los racimos, por lo cual, a través de esta investigación, se buscó explorar otras alternativas de polinización asistida comenzando la polinización, en híbridos OxG, desde estados de preantesis de las inflorescencias femeninas para describir cómo es la conformación de los racimos (Fruit Set) y la relación de esta conformación, con los resultados de potenciales de extracción de aceite que mide, en porcentajes, la cantidad de aceite que se extrae de los racimos.

⁹ FONTANILLA DÍAZ, CARLOS, Y OTROS. Prácticas de manejo y costos de producción de la palma de aceite híbrido OxG en plantaciones de la Zona Oriental y Suroccidental de Colombia., Palmas, 36(4), 2015, pp. 11-29.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de la polinización asistida en diferentes estados fenológicos de preantesis de las inflorescencias femeninas de palma de aceite del material híbrido interespecífico OxG (Coarí x La Mé) en la conformación de sus racimos.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Diagnosticar el estado de la conformación de los racimos (Fruit Set) con la polinización asistida en dos estados de preantesis de las inflorescencias femeninas.
- ✓ Comparar los resultados del potencial de extracción de aceite según el estado fenológico de preantesis en que se polinicen las inflorescencias femeninas.
- ✓ Evaluar si la polinización asistida en dos diferentes estados de preantesis tuvo efectos en la conformación de los racimos.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 PALMA DE ACEITE EN COLOMBIA

El origen de la palma de aceite se ubica en las costas del golfo de Guinea en el África occidental, desde ahí se expandió en forma natural a lo largo de las márgenes de los grandes ríos, según fue encontrando condiciones favorables de suelo y clima. Su introducción en América tropical se atribuye a los colonizadores y comerciantes de esclavos portugueses, quienes utilizaron los frutos de la palma en los viajes transatlánticos, en el siglo XVI, como parte de la dieta alimentaria a que estaban habituados los esclavos que traían al Brasil. Así se estableció la palma de aceite detrás de la línea costera, en la región de San Salvador, antigua capital de Brasil. Ésta es la primera introducción al continente americano de que se tenga noticia.

Florentino Claes introdujo la palma africana de aceite en Colombia, en 1932. Estas primeras palmas fueron sembradas con fines ornamentales en lugares públicos de algunos pueblos de la región amazónica y en la Estación Agrícola de Palmira, en el Valle del Cauca. Sin embargo, el cultivo comercial de esta planta oleaginosa solo comenzó años después, en 1945, cuando la *United Fruit Company* estableció una plantación en la zona bananera del departamento del Magdalena, con palmas procedentes de Honduras.

Colombia dispone de grandes áreas aptas para el cultivo de la palma de aceite. Diferentes estudios arrojan un estimativo de 3,5 millones de hectáreas que no presentan ningún tipo de restricción, y un poco más de seis millones con

restricciones moderadas, según evaluación edafoclimática de las tierras del trópico bajo colombiano¹⁰.

2.2 HISTORIA DEL HÍBRIDO INTERESPECÍFICO OXG (Coarí x La Mé).

El híbrido interespecífico OxG, es una planta nacida de una semilla que resulta de la fecundación o cruzamiento artificial o natural entre dos especies diferentes de un mismo género.

El híbrido de palma de aceite, es el resultado del cruzamiento entre palmas de la especie americana (*Elaeis oleífera*) que se utilizan como madres, con el polen de palmas de la especie africana (*Elaeis guineensis*) que se utilizan como padres. Ambos tipos de palmas pertenecen a la familia Palmáceas y al género *Elaeis*¹¹.

La historia del híbrido de palma se remonta a los últimos años del siglo XX, cuando del IRHO (actualmente CIRAD¹²) en persona de Jacques Meunier, investigador y director del Departamento de Selección, realizó algunos cruzamientos entre la palma de aceite con el material *Elaeis oleífera* de la zona del Sinú, estos primeros cruzamientos se sembraron en plantaciones de Colombia, Ecuador, África (La Mé - Costa de Marfil) e Indonesia, sin conocer su potencial ni limitaciones¹³.

Tras varias investigaciones, se comprobó la alta tolerancia de estas palmas a la enfermedad de pudrición de cogollo (PC), a otras enfermedades y plagas,

¹⁰ Gradesa S.A. [En línea] 2016. [Citado el: 16 de enero de 2017.] <http://www.gradesa.com>.

¹¹ ZAMBRANO, KAROLINA Y ARGUMERO, ANDRES Op. Cit.

¹² CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, en francés: «centro de cooperación internacional en investigación agronómica para el desarrollo»).

¹³ ZAMBRANO, KAROLINA Y ARGUMERO, ANDRES Op. Cit.

igualmente se identificó una mayor calidad del aceite en comparación con el que se extraía de la palma africana.

De 1975 en adelante, el área de sanidad vegetal de Indupalma, realizó una serie de investigaciones con este material para determinar la tolerancia a diferentes insectos y plagas.

En 1977, se recibieron y se sembraron, en la empresa Indupalma, semillas *oleíferas* provenientes de Brasil.

En 1982, se realizaron fecundaciones asistidas de estas *oleíferas*, con el polen *guineensis*, obteniendo las primeras semillas *Elaeis oleífera Coari x Elaeis guineensis*.

Y, desde el año 1995, se inició la venta comercial del material híbrido interespecífico OxG (Coarí x La Mé).

2.3 ESCALA FENOLÓGICA DE LA PALMA DE ACEITE.

La fenología es la ciencia que estudia las fases del ciclo vital de los seres vivos y cómo las variaciones estacionales e interanuales del clima les afectan, por lo cual la fenología se entiende como el estudio de los eventos periódicos naturales involucrados en la vida de las plantas¹⁴. El intervalo entre dos fenofases constituye la etapa o estadio fenológico.

Según la escala de BBCH¹⁵, el ciclo completo de desarrollo de las plantas se divide en 10 fases principales de desarrollo, las etapas o estadios principales, son descritos usando números del 0 al 9 (ver Tabla 1). En la adaptación de la tabla

¹⁴ VOLPE, C.A. Citrus Phenology. In: Proceedings of the Second International Seminar on Citrus Physiology. 1992 pp. 103-122.

¹⁵ Escala binaria para la referenciación de etapas fenológicas de las especies vegetales.

BBCH para la palma de aceite, no se utilizan las descripciones para el estadio 2 y el estadio 4. Para el material híbrido interespecífico OxG, la escala comienza con la descripción de la germinación y emergencia (estadio 0) y culmina con la senescencia de la hoja (estadio 9).

Tabla 1. Estadios principales de crecimiento

Estadio	Descripción
0	Germinación, brotación, desarrollo de la yema
1	Desarrollo de las hojas (brote o tallo principal)
2	Formación de brotes laterales / macollamiento (ahijamiento)
3	Crecimiento longitudinal del tallo o crecimiento en roseta, desarrollo de brotes (retoños)/ encañado (tallo principal)
4	Desarrollo de las partes vegetativas cosechables de la planta o de órganos vegetativos de propagación / embuchamiento
5	Emergencia de la inflorescencia (tallo principal) / espigamiento
6	Floración (tallo principal)
7	Desarrollo del fruto
8	Coloración o maduración de frutos y semillas
9	Senescencia, comienzo de la dormancia

La preantesis de la inflorescencia femenina, ocurre en el estadio principal de crecimiento¹⁶ (6) floración, y se inicia con el rasgamiento de la bráctea peduncular en la altura media de la inflorescencia.

¹⁶ Gradesa S.A. Op. Cit.

Figura 1. Estadios fenológicos de la inflorescencia femenina



Figura 1.a) Preantesis II

Figura 1.b) Preantesis III

Figura 1.c) Antesis

Fuente: Foto¹⁷

Estadio de preantesis II (estadio 602) hay rasgamiento de la bráctea peduncular en un 30 %, se observan las raquillas y las flores cerradas cubiertas por la bráctea del verticilo, los tépalos presentan color café oscuro, están cerrados y muy pequeños. Se da aproximadamente 5 días desde la preantesis I. Ver Figura 1.a)¹⁸.

Estadio de preantesis III (estadio 603), la bráctea peduncular se rasga en un 50 % a 70 %, se observan los botones florales que se tornan de color amarillo quemado. Se da aproximadamente 4 días desde la preantesis II. Ver Figura 1.b)¹⁹.

Estadio de antesis (estadio 607) el estigma sésil inicia su etapa receptiva, se abren los lóbulos y exponen sus superficies exteriores. La bráctea peduncular se torna leñosa y fibrosa. El perianto y los estigmas son de color amarillo claro o beige. Ver Figura 1.c)²⁰.

¹⁷ CHAVES BETANCOURT, GABRIEL ARTURO. Análisis comparativo de Racimos con Polinización Asistida en diferentes Estados Fenológicos de material híbrido OxG Indupalma®. Cenipalma, Fedepalma, 2016.

¹⁸ FORERO HERNÁNDEZ, DIANA CAROLINA, Y OTROS. Generalidades sobre la morfología y fenología de la palma de aceite. Bogotá D.C. : s.n., 2012.

¹⁹ Ibíd.

²⁰ Ibíd.

2.4 POLINIZACIÓN ASISTIDA EN HÍBRIDOS OXG

Una de las desventajas del material híbrido interespecífico OxG, es la baja viabilidad del polen de las inflorescencias masculinas (bajo condiciones de polinización natural), debido a la mal formación de los racimos, generando que éstos tengan poca cantidad de aceite respecto a los racimos bien formados.

La polinización industrial asistida, es la mejor opción para solventar esta desventaja, consiste en realizar una aplicación manual del polen a las inflorescencias femeninas en estado de antesis, para garantizar una mejor formación de los racimos con frutos normales y por lo tanto, una mayor cantidad de aceite extraído.

Para llevar a cabo la polinización del material híbrido interespecífico OxG, se necesita el polen de la especie *Elaeis guineensis*, éste es el insumo principal para la realización de la labor. Para garantizar la formación de racimos con frutos normales, la germinabilidad del polen debe ser mayor al 70 % de gametos vivos²¹.

Comercialmente, se ha establecido que para polinizar una palma joven (3-5 años) se necesitan de 0,16 a 0,21 gramos de polen por inflorescencia, para una palma adulta entre 0,21 y 0,33 gramos de polen y para garantizar una mayor cobertura y dispersión del polen, se mezcla con un talco inerte con una proporción de 1:10, es decir, por cada gramo de polen se utilizan 10 gramos de talco²².

²¹ SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, ÁNGELA, RUIZ ROMERO, RODRIGO Y ANGULO, HERNÁN MAURICIO. Polinización asistida en palma de aceite. Bogota: Convenio SENA-Fedepalma, 2011.

²² SÁNCHEZ, A. DAZA, E., RUIZ, R., ROMERO. Polinización asistida en la palma de aceite. Tecnologías para la palma de aceite. Fedepalma, 2013, p. 167.

Figura 2. Equipos utilizados para la labor de polinización asistida



Fuente. Indupalma Ltda.

Según el procedimiento de la empresa Indupalma Ltda, para la realización de la polinización asistida, la cantidad de polen por inflorescencia femenina es de 0,25 gramos con una proporción de talco de 1:9 (9 gramos talco por cada gramo de polen). Las inflorescencias deben estar en estado de antesis. El polinizador aplica la mezcla de talco más polen a cada inflorescencia encontrada, asperjando la mezcla por toda la inflorescencia, introduciendo los implementos para realizar la labor (Figura 2) por entre las espiguillas, enfatizando en todas las partes de difícil acceso: cerca del pedúnculo y parte basal e interna.

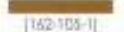
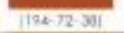
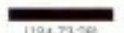
El proceso de formación de los racimos continúa luego de la polinización cuando uno de los tres carpelos es fecundado, el ovario tiene un crecimiento rápido y se convierte en un fruto, los frutos insertados en las espiguillas rodean el raquis en forma helicoidal conformando los racimos²³.

²³ HORMAZA MATÍNEZ, PAOLA ANDREA, Y OTROS. 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 : s.n., 2010.

La maduración de los racimos del híbrido interespecífico OxG ocurre entre 4,5 a 6,6 meses luego de la polinización, son de forma cónica alargado y ancho en la parte central, pueden llegar a medir entre 24 y 38 cm de largo y entre 26 y 36 cm de ancho²⁴, a partir de este momento los racimos son aptos para ser cosechados.

En la Figura 3, se describen los estadios fenológicos²⁵ para la maduración del fruto en el material híbrido interespecífico OxG.

Figura 3. Estadios fenológicos de maduración del fruto.

TIEMPO	APARIENCIA DEL RACIMO COLORES RAQUILA	BASAL	CENTRAL	APICAL	CUESCO
101-115 días Estadio 800	 [131-131-106]*	 [236-196-112]	 [63-69-12]	 [100-87-54]	 [96-70-47]
116-125 días Estadio 830	 [126-114-118]	 [162-103-1]	 [137-56-16]	 [98-63-34]	 [85-57-36]
126 a 139 días Estadio 850	 [202-140-30]	 [202-140-30]	 [144-62-16]	 [116-62-33]	 [62-36-24]
140-152 días Estadio 870	 [160-161-112]	 [194-72-30]	 [194-63-24]	 [173-82-42]	 [53-32-24]
152-160 días Estadio 890	 [194-73-28]	 [194-73-28]	 [184-68-20]	 [180-84-46]	 [55-37-30]

Fuente. P. Hormaza y L. Moreno (2010)²⁶.

²⁴ FORERO HERNÁNDEZ, DIANA CAROLINA, Y OTROS. Op. Cit.

²⁵ *Color en escala RGB (Red-Green-Blue).

2.5 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

De acuerdo con Hernández et al.²⁷, los estudios descriptivos buscan especificar la propiedades, características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro tipo de fenómenos que se someta a un análisis. Los estudios descriptivos muestran con precisión las dimensiones de un fenómeno, suceso, comunidad, contexto o situación.

La estadística descriptiva recolecta, analiza y caracteriza un conjunto de datos con el objetivo de describir las características y comportamientos mediante resúmenes, tablas y/o gráficos.

2.5.1 Distribución de frecuencias: Son un conjunto de puntuaciones ordenadas en sus respectivas categorías y generalmente se presentan como una tabla, si los datos son tantos, se pueden resumir creando clases y se pueden completar con los porcentajes válidos y los porcentajes acumulados. Las distribuciones de frecuencia pueden representarse en forma de histogramas, polígonos de frecuencias, graficas circulares y otros tipos de gráficos.

2.5.2 Medidas de tendencia central: De acuerdo con Hernández et al.²⁸, son valores medios o centrales de una distribución que sirven para ubicarla dentro de una escala de medición. Las principales medidas de tendencia central son la media, la mediana y la moda.

La media: Es el promedio aritmético de una distribución, se denota $\bar{x}$ para la media muestral y μ para la media poblacional. Una fórmula para calcular la media es:

²⁶ HORMAZA MATÍNEZ, PAOLA ANDREA, Y OTROS. Óp. Cit.

²⁷ HERNÁNDEZ SAMPIERI, ROBERTO, FERNÁNDEZ COLLADO, CARLOS Y BAPTISTA LUCIO, PILAR. Metodología de la Investigación 4ta Edición. Mexico : McGraw-Hill, 2006.

²⁸ Ibíd.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

La mediana: Es el valor que divide la distribución por la mitad, es decir, 50 % de los casos se ubican por debajo de la mediana y el restante 50 % se ubica por encima de ésta. Si los datos están agrupados en distribución de frecuencia, la mediana se consigue mediante una ecuación como la que sigue:

$$Me = L_i + \left(\frac{n/2 - (N_i)_{Me-1}}{(n_i)_{Me}} \right) \cdot a_i$$

Donde:

a_i : representa la amplitud de la clase donde se encuentra la mediana.

$(N_i)_{Me-1}$: representa la frecuencia acumulada hasta la clase anterior donde se encuentra la mediana.

$(n_i)_{Me}$: representa la frecuencia absoluta de la clase donde se encuentra la mediana.

LL_i : Límite inferior de la clase donde se encuentra la mediana.

2.5.3 Medidas de dispersión: Indican la dispersión de los datos en la escala de medición, las medidas de dispersión más utilizadas son el rango, la desviación estándar y la varianza.

El rango: o recorrido es la diferencia entre la puntuación mayor y la menor. Indica el número de unidades en la escala de medición que se necesitan para incluir los valores máximos y mínimos. Se calcula de la siguiente manera:

$$X_m - X_n$$

Donde

X_m = Es la puntuación mayor.

X_n = Es la puntuación menor.

Desviación estándar: La desviación estándar es un índice numérico de la dispersión de un conjunto de datos (o población). Mientras mayor es la desviación estándar, mayor es la dispersión de la población. Una fórmula para calcular la desviación estándar muestral es:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n - 1)}}$$

Donde

$\bar{x}$ = Es la media muestral

n = Es el tamaño de la muestra

x_i = Es el valor de cada dato de la muestra

2.6 ESTADÍSTICA CORRELACIONAL

Los estudios correlacionales tienen como finalidad conocer la relación o grado de asociación que existe entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto en particular, midiendo cuantificando y analizando cada una de ellas. Las correlaciones se sustentan en hipótesis sometidas a prueba. La investigación correlacional tiene un valor (parcial) explicativo, cuanto mayor sea el número de variables que se asocien y mayor sea la fuerza de la relaciones, más completa será la explicación²⁹.

El coeficiente de correlación de Spearman se utiliza cuando los datos no siguen una distribución normal y se utiliza para comprobar si dos variables cuantitativas

²⁹ HERNÁNDEZ SAMPIERI, ROBERTO, FERNÁNDEZ COLLADO, CARLOS Y BAPTISTA LUCIO, PILAR. Op. Cit.

(digamos X y Y) tienen una relación lineal entre sí, es decir, si varían de forma simultánea. Está definido por:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n^3 - n}$$

Dónde:

r_s = *Coeficiente de correlacion por rango de Spearman*

d = *Diferencia entre los rangos (X – Y)*

n = *Número de datos*

3. METODOLOGÍA

Esta investigación se enmarcó en un estudio de campo y se realizó en las instalaciones de la empresa Indupalma Ltda, localizada en el municipio de San Alberto, al sur del departamento del Cesar, cuenta con una extensión de 676,1 km², con una altitud de 125 m.s.n.m. la temperatura promedio es de 27°C, la humedad relativa media es de 72,3 % con precipitación anual promedio de 2497 mm., evaporación de 1208 mm/año, brillo solar de 2130 horas al año, correspondiendo según la clasificación de Holdridge³⁰ a un Bosque Húmedo Tropical (bh-T).

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo con Hernández *et al*³¹, es de tipo descriptivo y correlacional porque se desea observar el comportamiento o los efectos que tiene la variable independiente “Estado fenológico de la Inflorescencia femenina” sobre las variables dependientes Conformación de los Racimos (Fruit Set) y el potencial de extracción de aceite, así mismo determinar el grado de correlación entre las variables dependientes.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población corresponde a las palmas localizadas en la ubicación técnica (parcela) D02BO, se tomaron cuarenta y tres (43) muestras³² de forma aleatoria,

³⁰ HOLDRIDGE, LESLIE RANSSELAER. Determination of World Plant Formation from Simple Climate Data. 1947.

³¹ HERNÁNDEZ SAMPIERI, ROBERTO, FERNÁNDEZ COLLADO, CARLOS Y BAPTISTA LUCIO, PILAR. Op. Cit.

³² Según los criterios establecidos por el Centro de Investigación en la Palma de Aceite Cenipalma, las muestras representativas para los temas de Fruit Set y Potencial de Aceite es de mínimo 16 racimos.

según el estado fenológico en preantesis en que se encontraba la inflorescencia femenina de las cuales, 23 muestras fueron para las inflorescencias en preantesis II y 20 para las inflorescencias en preantesis III.

3.3 VARIABLES

Las variables que se tuvieron en cuenta para la realización de esta investigación corresponden a los datos tomados en el estudio de campo y fase de laboratorio los cuales fueron:

Fecha de polinización: fecha en la cual se aplicó polen a la inflorescencia seleccionada, la inflorescencia estaba en estado de preantesis II o en preantesis III.

Tratamiento: Estado fenológico de la inflorescencia femenina, T_1 =preantesis II, T_2 = preantesis III.

Antesis inicial: Fecha en que la inflorescencia polinizada en preantesis II o III abre en antesis.

Porcentaje de antesis: Porcentaje de antesis (floración) de la inflorescencia femenina, debido a que el momento de apertura de las flores, no se dan al mismo tiempo, por lo cual, la antesis presenta asincronía ocasionando la formación y desarrollo desigual de los racimos Hormaza et al.³³.

Antesis final: Fecha en que la inflorescencia cerró la antesis.

³³ HORMAZA MATÍNEZ, PAOLA ANDREA, Y OTROS. Óp. Cit.

Porcentaje antesis final: Porcentaje de antesis de la inflorescencia, sólo para el caso de las inflorescencias con asincronía en la antesis.

Días Antesis: Días transcurridos desde la fecha de polinización en preantesis II y preantesis III hasta que la inflorescencia cierra en antesis.

Estado final del racimo: No todos los racimos polinizados fueron óptimos para cosecha y posterior análisis en el laboratorio, por lo tanto, esta columna, es una descripción de la formación del racimo y si fue o no cosechado.

Fecha de corte del racimo: La fecha de corte del racimo en campo se encuentra en su estado de madurez y está óptimo para cosecharlo, dura entre 152-160 días después de la antesis. “Para la cosecha del racimo, el desprendimiento de un fruto es el parámetro establecido como un criterio de corte indicando la finalización del estado de maduración”³⁴.

Peso del racimo: Peso total del racimo. Depende directamente de la eficacia de la polinización y del peso promedio del fruto³⁵ (13). Aunque no solo estos componentes del racimo pueden influir en el peso promedio, ya que el tamaño del racimo aumenta con la edad del cultivo hasta los 15 años³⁶.

Número de frutos normales: o fértiles, Según Forero et al.³⁷ los frutos pueden ser de forma esférica, ovoide o alargada compuesta por un exocarpio o epidermo (piel lisa, dura y brillante), el mesocarpio o pulpa donde contiene el aceite, el endocarpio o cuesco que protege la almendra y el endospermo que está compuesto por el tegumento y el embrión. Ver apéndice B.

³⁴ FORERO HERNÁNDEZ, DIANA CAROLINA, Y OTROS. Op. Cit.

³⁵ BROEKMANS, A.F.M. Growth, flowering and yield of the oil palm in Nigeria. Journal of the West African Institute for Oil Palm Research 2, 1957, p. 187-220.

³⁶ CORLEY, R. Y GRAY, B. Growth and Morphology. In: Oil Palm Reserch. Elsevier, Amsterdam, p., 1976, p. 7-21.

³⁷ FORERO HERNÁNDEZ, DIANA CAROLINA, Y OTROS. Op. Cit.

Número de frutos partenocárpicos rojos: Son productos del desarrollo de las paredes del ovario, sin mediar fecundación, son de menor tamaño que los frutos normales con contenido de aceite menor, además no contienen semillas, es decir, no tienen cuesco ni almendras³⁸.

Número de frutos abortivos y/o verdes: Son flores no fecundadas. No se desarrollan como frutos partenocárpicos. Su coloración generalmente es amarillo claro y son de tamaño pequeño.

Fruit Set: Porcentaje de conformación de los racimos establecidos por frutos normales, frutos partenocarpicos y abortivos.

Clase Racimo: Criterio de calidad³⁹ utilizado en las empresas del sector de la palmiticultura. En la empresa Indupalma Ltda., se utiliza para calificar las actividades de polinización asistida y cosecha dentro de la plantación en cuanto a la formación de los racimos como se muestra en la Tabla 2. En el anexo A, se describen fotográficamente cada uno de los criterios.

Tabla 2. Criterios de calidad en la formación de racimos.

Tipo	Calificación	Características
Clase 1	Excelente	Mayor del 90 % de frutos normales
Clase 2	Buena	70 a 89 % de frutos normales
Clase 3	Media	50 a 69 % de frutos normales
Clase 4	Baja	30 a 49 % de frutos normales
Clase 5	Mala	Menor del 30 % de frutos normales

³⁸ FORERO HERNÁNDEZ, DIANA CAROLINA, Y OTROS. Op. Cit.

³⁹ Criterios de calidad descritos en la ficha técnica de Indupalma Ltda para la actividad de Cosecha.

PEA: Con este porcentaje se evalúa la cantidad de aceite que puede aportar un racimo. Depende directamente del estado de madurez del mismo. El alto potencial de aceite de los racimos maduros, se debe a una mayor cantidad de frutos en los racimos, a una mayor cantidad de pulpa en los frutos y a un mayor contenido de aceite en la pulpa⁴⁰.

3.4 FASES DE LA INVESTIGACIÓN

3.4.1 Organización de la información. La información recolectada en la fase de campo, se organizó en tablas con los datos de los dos tratamientos a estudiar, luego se separó por fecha de polinización teniendo en cuenta que cada inflorescencia registrada tuviera la información de las variables en estudio.

3.4.2 Análisis descriptivo de las variables. El análisis descriptivo de la información se realizó a través del programa informático Excel y del software libre para análisis estadístico R⁴¹. Se analizaron los datos a través de tablas de frecuencias apoyados en gráficos, medidas de tendencia central, de dispersión y de forma para cada una de las variables en estudio.

3.4.3 Identificación de datos atípicos. A través de los gráficos de cajas y bigotes realizados en el software R, se identificaron posibles datos atípicos en las variables frutos normales para el T_2 y Fruit Set para el T_1 , posteriormente se investigaron las causas de estos datos encontrándose con resultados normales del proceso pues no se detectaron errores en la información de campo, de laboratorio, en la digitación de los datos, en la base de datos, motivo por el cual no fueron retirados de los análisis.

⁴⁰ CENIPALMA, FEDEPALMA Y SENA. Mejores prácticas agroindustriales del cultivo de la palma de aceite en Colombia. Bogotá D.D. : s.n., 2016.

⁴¹ R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. [En línea] 2013. <http://www.R-project.org>.

3.4.4 Análisis de correlación entre las variables. Se realizó un análisis de correlación entre las variables Fruit set (como variable independiente) y la variable respuesta (PEA), primero se analizó la información mediante gráficos de dispersión ajustando una recta de regresión, después se realizó la matriz de correlación. Con el coeficiente de correlación de Pearson se determinó el grado de relación entre las variables, con el coeficiente de determinación se determinó la proporción de variación del PEA que es explicada por la variable Fruit Set y finalmente se efectuó un análisis de varianza para saber si existen diferencias entre las medias del Fruit Set y PEA según el tratamiento.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

La información se comenzó recolectar desde el 31 de marzo de 2016. En esta fecha se iniciaron las actividades de embolsamiento de las inflorescencias femeninas encontradas en campo (según el estado fenológico requerido para este estudio) en la ubicación técnica seleccionada D02BO, luego se polinizaron un total de 23 inflorescencias por el T_1 , y 20 inflorescencias para el T_2 , a cada una se les monitoreó su desarrollo en campo por aproximadamente 6 meses hasta que alcanzaron el estado de madurez ideal para cortar el racimo y llevarlo al laboratorio para los respectivos análisis físicoquímicos.

El resultado final, luego de descontar los racimos no formados, fue de 12 racimos cortados y analizados en el laboratorio para el tratamiento T_1 y de 19 racimos cortados y analizados en el laboratorio correspondiente al tratamiento T_2 . La información se organizó en una tabla en Excel por tratamiento (T_1 y T_2) y por fecha de polinización.

4.2 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA LA VARIABLE FRUIT SET Y PEA.

En la tabla 3 se muestran los estadísticos descriptivos para la variables Fruit Set y PEA, pudiendo observar la diferencia entre las medias de los dos tratamientos. Para la variable Fruit Set, la media en el T_1 fue de 13,95 % y para el T_2 fue de 64,04 %, con desviación estándar de 13,15 % y de 22,23 % respectivamente, se observa que los resultados para el T_1 están por debajo de los resultados obtenidos en el T_2 . Igualmente sucede con el PEA donde los resultados más

favorables son los del T_2 con un potencial promedio de 27,29 % respecto al del T_1 con un 12,52 %.

Tabla 3. Estadística descriptiva para Fruit Set y PEA por tratamientos.

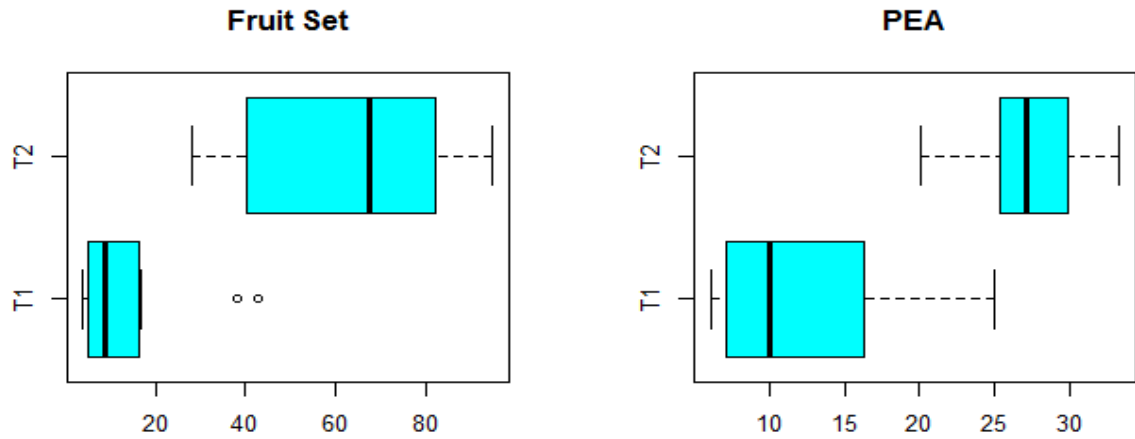
Estadístico	T1		T2	
	Fruit Set	PEA	Fruit Set	PEA
Media	13,95	12,52	64,04	27,29
Mediana	9,01	10,04	67,57	27,17
Desviación estándar	13,15	6,44	22,23	3,56
Varianza de la muestra	172,81	41,47	493,97	12,66
Curtosis	1,68	-0,24	-1,32	-0,42
Coefficiente de asimetría	1,66	0,93	-0,25	-0,31
Rango	38,89	18,88	66,77	13,27
Mínimo	4,07	6,11	27,95	20,07
Máximo	42,95	24,99	94,71	33,34
Cuenta	12	12	19	19

La mediana mostró que para el T_1 el 50 % de los racimos presentaron Fruit Set por debajo del 9,01 %. Comparándolos con los resultados de la media, más del 50 % de los racimos tuvieron formaciones por debajo del 13,95 %, es decir, racimos muy mal formados.

Para el T_2 el 50 % de los racimos presentaron formación de 67,57 % si lo comparamos con la media, más del 50 % de los racimos estuvieron con formación por encima del promedio que fue de 64,04 %, mostrando una buena formación de frutos en los racimos.

La variable PEA presentó igual comportamiento que el Fruit Set dado a que más del 50 % de los racimos en el T_1 obtuvieron potenciales por debajo de 10,04 % de aceite y para el T_2 más del 50 % de los racimos estuvieron con potenciales por encima de la media es decir por encima de 27,17 % de PEA.

Figura 4. Diagrama de cajas y bigotes para Fruit Set y PEA.



En la Figura 4, se observan, para el Fruit Set que el T_2 presentó asimetría hacia la izquierda, mostrando buena formación de los racimos, para el T_1 la asimetría fue hacia la derecha donde los porcentajes de Fruit Set son muy bajos. Igualmente se observa, para la variable PEA, datos muy simétricos. En el T_1 , se observa asimetría a la izquierda, sugiriendo, que no hay buen potencial de aceite en los racimos analizados.

Los valores del coeficiente de asimetría indican que, las variables Fruit Set y PEA se encuentran dentro de los parámetros para considerarse como una distribución normal pues se encuentran en el rango entre -2 y 2.

Se realizó la prueba de normalidad Shapiro-Wilk (anexo D salidas software R) a las variables a los datos de las variables Fruit Set y PEA para los dos tratamientos contrastando la hipótesis nula con lo cual, para un nivel de significación del 0,05 los resultados del Fruit Set para el T_1 no siguen una distribución normal, para los resultados del PEA para el T_1 , y Fruit Set y PEA del T_2 , si provienen de distribuciones normales (Tablas 4 y 5).

Tabla 4. Prueba de normalidad para las variables Fruit Set y PEA T_1

Variable	Prueba de Hipótesis	Nivel Significación	Valor p	Decisión
Fruit Set	Ho: Los resultados de Fruit Set para T_1 siguen una distribución normal.	$\alpha = 0,05$	0,001897	Rechazar H_0
	Ha: Los resultados de Fruit Set para T_1 no siguen una distribución normal			
PEA	Ho: Los resultados de PEA para T_1 siguen una distribución normal.	$\alpha = 0,05$	0,07134	Aceptar H_0
	Ha: Los resultados de PEA para T_1 no siguen una distribución normal			

Tabla 5. Prueba de normalidad para las variables Fruit Set y PEA T_2

Variable	Prueba de Hipótesis	Nivel Significación	Valor p	Decisión
Fruit Set	Ho: Los resultados de Fruit Set para T_2 siguen una distribución normal.	$\alpha = 0,05$	0,104	Aceptar H_0
	Ha: Los resultados de Fruit Set para T_2 no siguen una distribución normal			
PEA	Ho: Los resultados de PEA para T_2 siguen una distribución normal.	$\alpha = 0,05$	0,8578	Aceptar H_0
	Ha: Los resultados de PEA para T_2 no siguen una distribución normal			

4.3 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA LA VARIABLE ANTESIS.

Tabla 6. Porcentaje de inflorescencias femeninas según su asincronía (Floración)

Porcentaje de antesis INC	T1	%	T2	%
5 %	3	13 %	0	0 %
10 %	2	9 %	1	5 %

15 %	0	0 %	1	5 %
20 %	1	4 %	0	0 %
40 %	1	4 %	1	5 %
50 %	0	0 %	1	5 %
90 %	1	4 %	0	0 %
95 %	1	4 %	0	0 %
100 %	14	61 %	16	80 %
Total	23	100%	20	100%

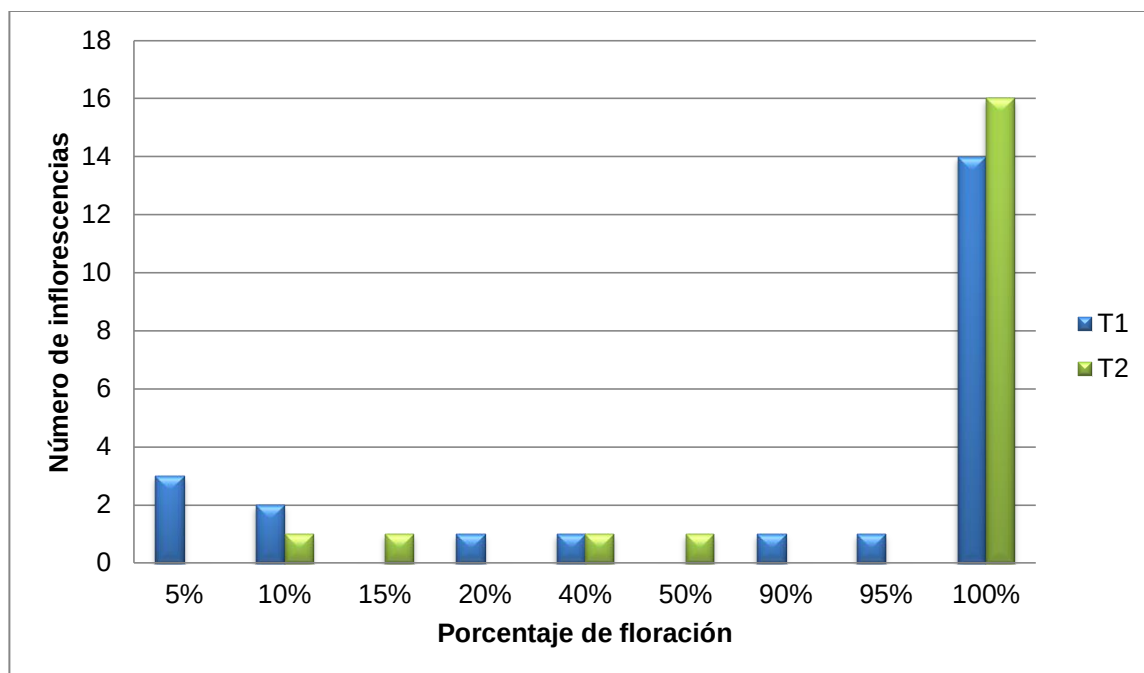
En la Tabla 6 se presentan los porcentajes de floración para la variable antesis.

Para el T_1 se observó que el 61 % de las inflorescencias no presentó asincronía floral mientras que la asincronía floral en el T_2 fue superior al T_1 con un 80 % de las inflorescencias.

Según Corley y Tinker⁴², una de las características del material híbrido es la asincronía floral haciendo, que el período de antesis sea más irregular porque los botones florales abren poco a poco de arriba hacia abajo, proceso que puede durar hasta 3 semanas, trayendo como consecuencia la maduración desigual de los frutos del racimo, por lo cual se sugiere que se indague o se realicen otros estudios sobre el tema para determinar si la polinización asistida en estado precoz de preantesis tiene efectos sobre la emisión floral de las inflorescencias.

⁴² CORLEY , R.V.H. Y TINKER, P.B. La Palma de Aceite. Cuarta edición. Colombia : Fedepalma. 604 p., 2009.

Figura 5. Comparación de porcentaje de floración según tratamiento.



En la Figura 5, se compararon los porcentaje de floración desde el estado en preantesis en que se polinizó la inflorescencia femenina y el momento de apertura en antesis de la misma, se observó que el T_1 presentó mayor amplitud (rango del 5 % al 100 %) en cuanto a emisión floral con asincronía presentada en las inflorescencia polinizadas mientras que para el T_2 presentó un rango de 10 % al 100 % además de presentar mayores inflorescencias abiertas en antesis al 100 %.

Tabla 7. Tiempo de preantesis a antesis.

Tratamiento	Estado de floración	Promedio en días
T1	Con asincronía	10
	Sin asincronía	7
T2	Con asincronía	6
	Sin asincronía	3

En la Tabla 7, se presentan los tiempos promedios, en días, desde la polinización en estados de preantesis II y III hasta la antesis. El tiempo aproximado de duración para pasar de preantesis II a la antesis es de aproximadamente 7 días según lo escrito Forero *et al.*⁴³, en esta investigación, el tiempo transcurrido entre la preantesis II y antesis en el T_1 para las inflorescencias que no presentaron asincronía fue de 7 días estando entre los tiempos establecidos por Forero *et al.*⁴⁴, pero para las inflorescencias que presentaron asincronía, el promedio fue de 10 días, 3 días más del promedio descrito por Forero *et al.*⁴⁵. Para el T_2 se observó que el promedio en días desde preantesis III a antesis fue de 3 días, estando entre los tiempos establecidos Forero *et al.*⁴⁶ mientras que el promedio para las inflorescencias, con asincronía, fue de 6 días, es decir, 3 días más según lo descrito por Forero *et al.*⁴⁷.

Tabla 8. Porcentaje de Fruit Set y PEA para T_2 sin asincronía.

Tratamiento	Floración	Días total antesis	Fruit Set	PEA
T2	Sin asincronía	2	73,70	28,65
		3	70,07	28,42
		4	56,30	23,44

Analizando los porcentajes de formación en los racimos del T_2 que no presentaron asincronía se observa que las inflorescencias que se polinizaron con dos y tres días antes de la antesis presentaron los mejores porcentajes, tanto en formación (Fruit Set) por encima del 70 %, como de potencial de extracción de aceite por encima del 28 %, como se muestra en la Tabla 8 y en la Figura 6.

⁴³ FORERO HERNÁNDEZ, DIANA CAROLINA, Y OTROS. Op. Cit.

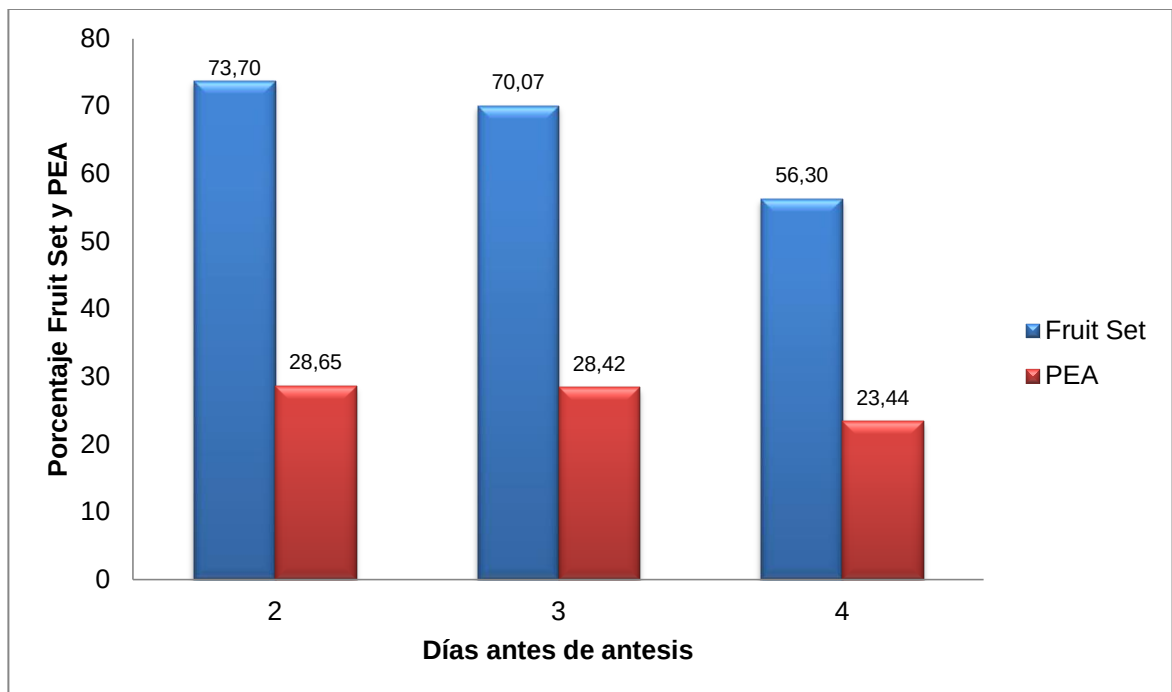
⁴⁴ *Ibíd.*

⁴⁵ *Ibíd.*

⁴⁶ *Ibíd.*

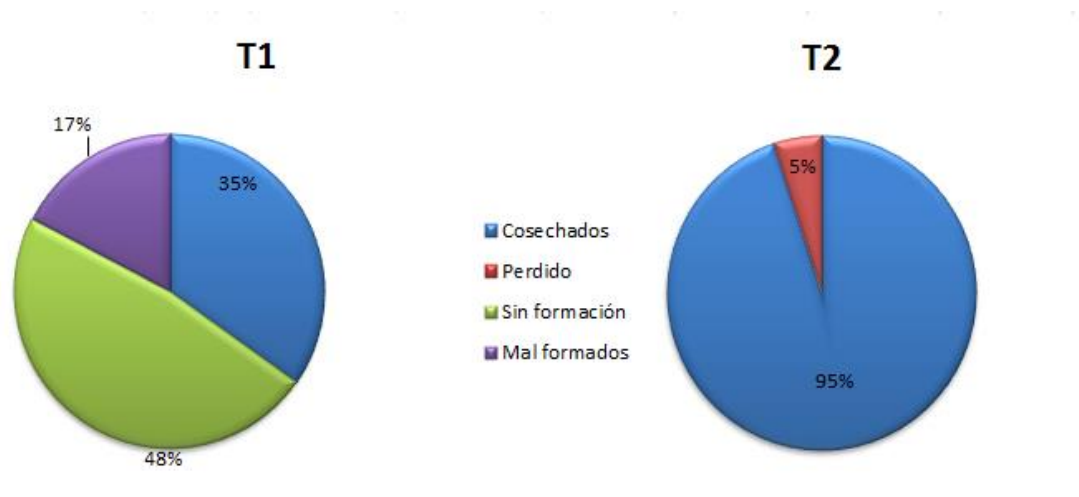
⁴⁷ *Ibíd.*

Figura 6. Porcentaje de Fruit Set y PEA para T_2 sin asincronía



4.4 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA LA VARIABLE COSECHA DE RACIMO.

Figura 7. Porcentaje de racimos cosechados



En la Figura 7, se muestran los porcentajes de cosecha de los racimos según el tratamiento en estudio donde, el 52 % de los racimos del tratamiento T_1 fueron aptos para ser cosechados, es decir presentaron formación de frutos aunque de este 52 %, el 17 % presentaron problemas en la fecundación de los frutos (mal formación), el 48 % restante no presentó formación de fruto, por lo cual, fueron eliminados en campo. Contrario a lo ocurrido con el T_1 , en el T_2 el 95 % de los racimos presentó formación de frutos y fueron cosechados, el 5 % restante, que corresponde a 1 racimo, fue cosechado por terceros, considerándose como un dato perdido.

En total para el T_1 se analizaron 12 racimos de las 23 inflorescencias polinizadas y para el T_2 se analizaron 19 racimos de las 20 inflorescencias polinizadas.

4.5 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA LA VARIABLE PESO RACIMO.

Tabla 9. Estadísticas descriptivas para peso de los racimos.

Estadístico	T1	T2
Media	3133,33	10580,00
Mediana	3150	10540
Desviación estándar	1064,31	3450,11
Varianza de la muestra	1132751,52	11903288,89
Curtosis	-0,79	-0,20
Rango	3320	13120
Mínimo	1660	5180
Máximo	4980	18300
Cuenta	12	19

En la Tabla 9, se muestran los estadísticos descriptivos para la variable “Peso de los Racimos” para los dos tratamientos.

En cuanto a la media, se observa que el T_2 obtuvo mejor peso promedio con 10580 gramos y con una desviación estándar de 1064,31 gramos, comparado con

el T_1 que tan solo obtuvo 3133,33 gramos con una desviación estándar de 3450,11 gramos, esto pudo deberse a que el T_2 presentó mayor porcentaje de conformación del racimo.

La media es altamente influenciada por los datos extremos y como se observa en la Tabla 9, para el T_2 hay un rango muy amplio entre el peso mínimo y el peso máximo, observando que el peso máximo (18300 gramos) podría considerarse un dato atípico pues se muestra distante de los demás datos, para el T_1 no se observan valores distantes que podrían suponer datos atípicos como se muestra en las Figuras 8 y 9.

La mediana nos indica que el 50 % de los racimos en el T_1 y T_2 estuvieron muy cerca del peso promedio de los racimos, esto es, que para el T_1 estuvo solo 17 gramos por encima de la media y el T_2 estuvo 40 gramos por debajo de la media.

Figura 8. Gráfico de dispersión peso / racimos para T_1

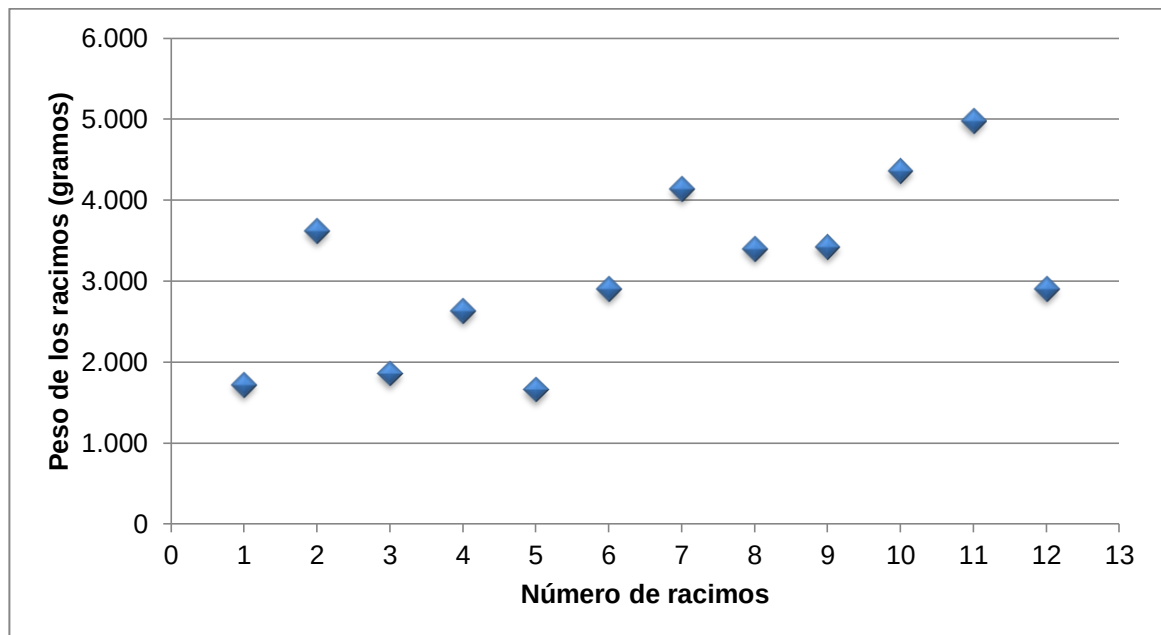
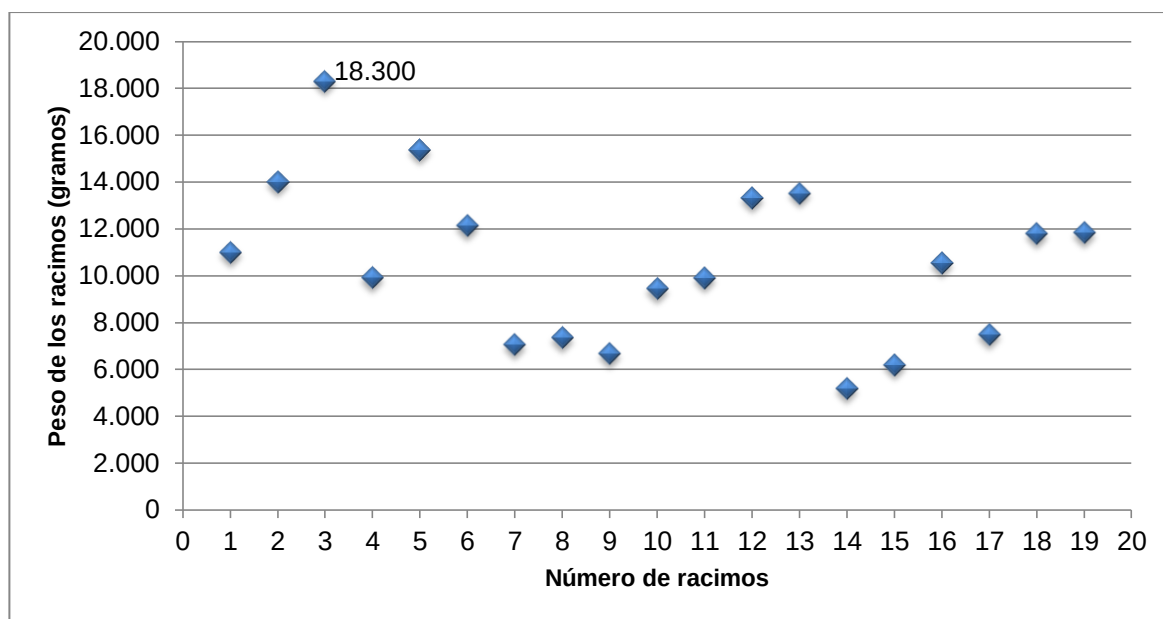


Figura 9. Gráfico de dispersión peso / racimos para T_2



4.6 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA LA VARIABLE NÚMERO DE FRUTOS.

Tabla 10. Estadísticas descriptivas para las variables Número de Frutos.

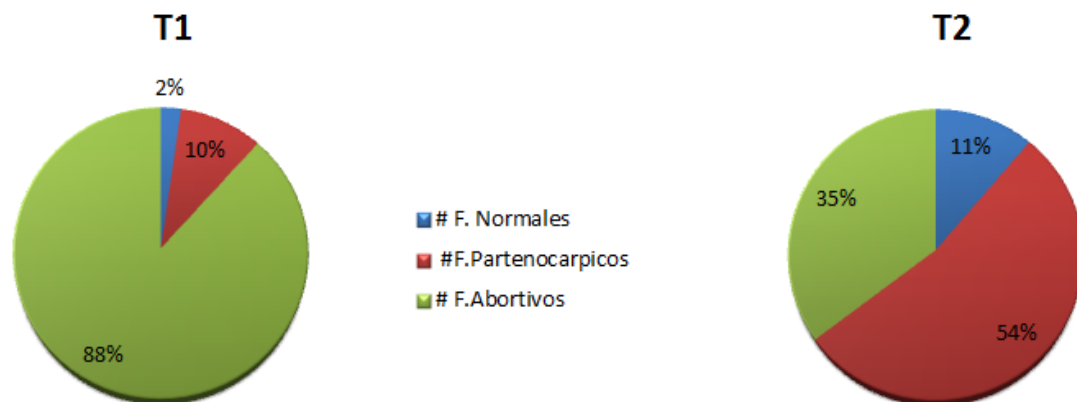
Estadístico	Frutos normales		Frutos partenocarpicos		Frutos abortivos	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2
Media	59	338	245	1606	2280	1060
Mediana	43	268	156	1582	2410	886
Desviación estándar	51	267	192	507	846	714
Varianza de la muestra	2613,48	71547,18	36758,27	257487,04	715542,20	509238,89
Curtosis	-0,25	6,78	1,94	-0,69	-0,46	-0,67
Coefficiente de asimetría	0,92	2,35	1,51	0,13	-0,42	0,63
Rango	157	1149	630	1746	2735	2292
Mínimo	5	88	80	817	876	152
Máximo	162	1237	710	2563	3611	2444
Cuenta	12	19	12	19	12	19

En la Tabla 10, se presentan los estadísticos descriptivos para las variables número de frutos. En cuanto a formación de los frutos en los racimos, se observó

que el T_2 se presentaron los mejores promedios en formación de frutos que contienen aceite (frutos normales y partenocarpicos) respecto al T_1 , esto es debido que la media para frutos normales estuvo en 338 para el T_2 contra 59 en el T_1 y 1606 frutos partenocarpicos formados en el T_2 contra 245 formados en el T_1 .

Con la información de la mediana, para los frutos normales, se observó que en los dos tratamientos, la mediana fue inferior a la media, por lo cual, más del 50 % de los racimos analizados en los dos tratamiento tuvieron formación de frutos normales por encima de su propia media, aunque es de recordar, que la media en el T_1 fue muy inferior a la del T_2 . En los frutos partenocárpicos el comportamiento es similar al de los frutos normales, resaltando que hubo mayor formación de estos frutos en los racimos analizados. Finalmente en los frutos abortivos, el T_1 , presentó mayor número de frutos abortados, es decir, estos frutos no alcanzaron a ser polinizados, ya sea porque no alcanzó a llegar el polen a las flores o porque se polinizó la inflorescencia en un estado precoz de preantesis.

Figura 10. Gráfico de porcentaje de formación de frutos para los tratamientos



En la Figura 10, se muestran los porcentajes de formación de los frutos según el tratamiento. En el T_1 se presentó mayor proporción en la formación de los frutos abortivos/verdes con un 88 % (no contienen aceite), en comparación al 35% presentado el T_2 . Comparando la proporción de los frutos partenocárpicos, se

observa que el T_2 presentó mayor porcentaje con 54 % contra un 10 % presentado por el T_1 y finalmente observamos que la proporción de frutos normales fue mejor en el T_2 con un 11 % respecto a un 2 % formados en el T_1 . Con lo anterior se tiene que, en el T_2 el 65 % de los frutos formados contienen aceite (frutos normales más partenocárpicos) y que en el T_1 , solo el 12 % de los frutos formados contenían aceite.

La formación de frutos partenocarpicos en el híbrido OxG posiblemente es explicado por la tendencia de este material a presentar este tipo de fruto tal y como lo describe Chaves⁴⁸ donde en los cuatro tratamientos, utilizando la polinización asistida, más del 40 % de la formación de frutos correspondieron a frutos partenocarpicos, siendo esta proporción mayor a la formación de frutos normales que no fue superior al 37 % en los cuatro tratamientos.

4.7 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA LA VARIABLE CLASE DE RACIMO.

Figura 11. Porcentaje de formación de los racimos por tratamiento



⁴⁸ CHAVES BETANCOURT, GABRIEL ARTURO. Análisis comparativo de Racimos con Polinización Asistida en diferentes Estados Fenológicos de material híbrido OxG Indupalma®. Cenipalma, Fedepalma, 2016.

Como era de esperarse, según los resultados de la formación de los frutos, el T_1 presenta la menor conformación de los racimos ya que el 83 % de estos se clasificaron en clase 5, es decir 10 de los 12 racimos estuvieron entre 0 % y 29,9 % de formación de frutos normales, un 17 % es decir 2 racimos se ubicaron en la clase 4, con formación de frutos normales entre 30 % y el 49,9 %. Es de resaltar que ningún racimo en este tratamiento se ubicó en las clases 3, 2 y 1 que van desde el 50 % al 100 % de formación de frutos normales, tal como se ilustra en la Figura 11.

Igualmente, en la Figura 11 observamos que el T_2 presentó formación en todas las clasificaciones por clase de los racimos, mostrando que solo el 5 % de los racimos, es decir, 3 racimos de 19 se clasificaron en la clase 1 con formaciones del 90 % al 100 %, los racimos restantes se dividieron entre las otras 4 clases restantes en iguales proporciones, 26 % en las clase 3 y 4, 27 % en la clase 2 y tan solo el 5 % en la clase 5.

4.8 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES FRUIT SET Y PEA.

Como se observa en las Figuras 12 y 13, las variables Fruit Set y PEA en ambos tratamientos presentan una relación lineal positiva, esto supondría que a medida que el Fruit Set aumente, el potencial de extracción de aceite también lo haga.

Figura 12. Gráfico de dispersión Fruit Set-PEA para el T_1

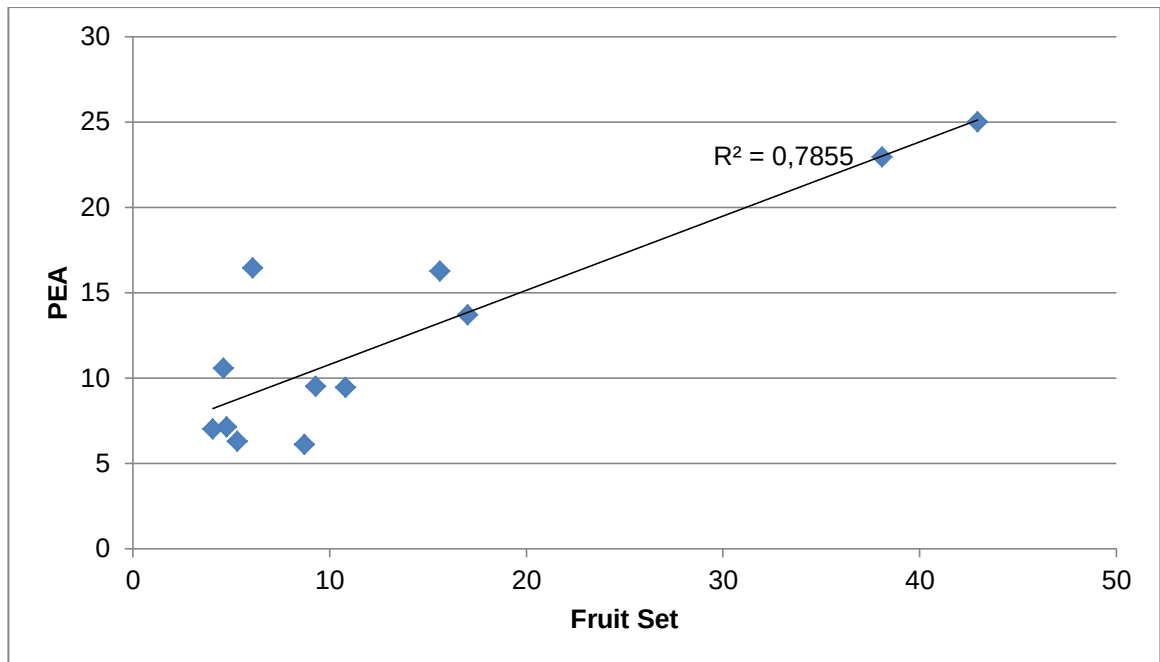
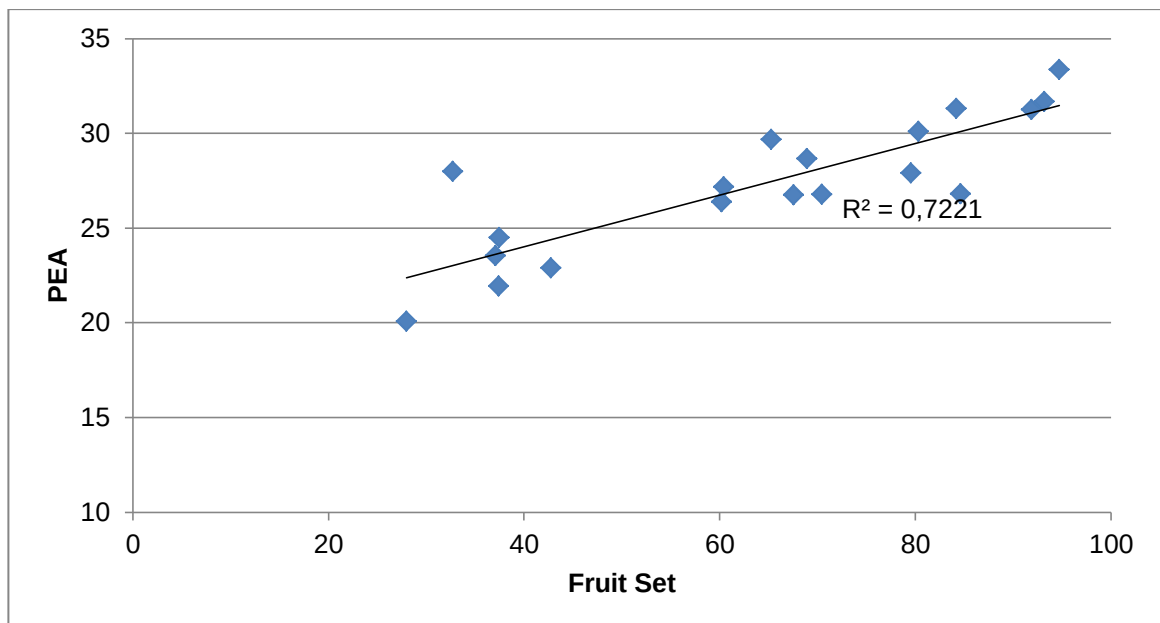


Figura 13. Gráfico de dispersión Fruit Set-PEA para el T_2



En las Tablas 11 y 12 se presentan los resultados de la correlación entre las dos variables por tratamiento. Como los datos a correlacionar, para el T_1 , no siguen una distribución normal, se realizó la correlación de Spearman (datos no paramétricos) y se encontró una relación lineal moderada, positiva y significativa entre la conformación de los racimos, Fruit Set y el PEA ($r_s = 0,65, p < 0,05$) para el T_1 y $r_s = 0,79, p < 0,05$ para el T_2 .

Tabla 11. Correlación de Spearman entre las variables Fruit Set y PEA T_1 .

Variable	Fruit Set	PEA
Fruit Set	1	0,657343
PEA	0,657343	1

Valor p de tabla = 0,506

Tabla 12. Correlación de Spearman entre las variables Fruit Set y PEA T_2 .

Variable	Fruit Set	PEA
Fruit Set	1	0,796491
PEA	0,796491	1

Valor p de tabla = 0,391

El coeficiente de determinación, determinó que para esta investigación, la variabilidad del potencial de extracción es explicada en un 43,21 % por la conformación de los racimos, esto es, ($r^2 = 0,657343^2 = 0,4321$), el 56,79 % restante queda sin explicar o es explicado por otras variables que no están en el estudio para el T_1 .

De igual forma, en el T_2 ($r^2 = 0,796491^2 = 0,6344$) el 63,44 % de la variabilidad del potencial de extracción es explicada por la conformación de los racimos quedando un 36,56 % sin explicar o es explicado por otras variables que no están en estudio.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Mediante el uso de la estadística descriptiva se logró determinar que la polinización asistida en estado de preantesis II no garantiza una buena conformación de los racimos de palma de aceite en el material híbrido Interespecífico OxG (Coarí x La Mé).

La polinización asistida en estado de preantesis III reportó los mejores resultados en cuanto a la variable Fruit Set indicando que podemos tener una buena formación de racimos fecundando en este estado temprano.

El estadio 603 (preantesis III) tiene una duración de 4 días aproximadamente. En este estudio se evidenció que las mejores formaciones de los racimos se dieron entre los dos y tres días antes de la antesis.

Se evidenció que la asincronía floral posiblemente esté influenciada por el estado de preantesis en que se realice la actividad de polinización asistida.

Los racimos de las inflorescencias polinizadas en preantesis II presentaron vaneamiento de los frutos por lo cual se descartó el 48 % de los racimos en la etapa de campo, mientras que todos los racimos de las inflorescencias polinizadas en preantesis III lograron formarse en su totalidad.

La polinización en estado de preantesis II presentó efectos negativos en la calidad de los racimos el 83 % en el T_1 presentaron conformaciones menores al 30 % de formación de frutos normales.

El promedio del Potencial de Extracción de Aceite de los racimos de las inflorescencias polinizadas en preantesis II fue menor en 14,77 puntos porcentuales respecto al presentado en el estado de preantesis III.

El Potencial de Extracción de Aceite de los racimos tiene una correlación positiva moderadamente para los dos tratamientos respecto al Fruit Set, por lo cual al aumentar el Fruit Set el PEA también aumenta.

La variabilidad del Potencial de Extracción de Aceite es explicada por la conformación de los racimos (Fruit Set) en un 63,44 % para el T_2 y tan sólo el 43,21 % para el T_1 .

BIBLIOGRAFÍA

BROEKMANS, A.F.M. Growth, flowering and yield of the oil palm in Nigeria. Journal of the West African Institute for Oil Palm Research 2, 1957, p. 187-220.

CENIPALMA, FEDEPALMA Y SENA. Mejores prácticas agroindustriales del cultivo de la palma de aceite en Colombia. Bogotá D.D.: s.n., 2016.

CHAVES BETANCOURT, GABRIEL ARTURO. Análisis comparativo de Racimos con Polinización Asistida en diferentes Estados Fenológicos de material híbrido OxG Indupalma®. Cenipalma, Fedepalma, 2016.

CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, en francés: «centro de cooperación internacional en investigación agronómica para el desarrollo»).

CORLEY , R.V.H. Y TINKER, P.B. La Palma de Aceite. Cuarta edición. Colombia : Fedepalma. 604 p., 2009.

CORLEY, R. Y GRAY , B. Growth and Morphology. In: Oil Palm Reserch. Elsevier, Amsterdam, p., 1976, p. 7-21.

CROPLIFE LATIN AMERICA. CropLife Latin America. [En línea] [Citado el: 28 de Enero de 2018.] <https://www.croplifela.org>.

FONTANILLA DÍAZ, CARLOS, Y OTROS. Prácticas de manejo y costos de producción de la palma de aceite híbrido OxG en plantaciones de la Zona Oriental y Suroccidental de Colombia., Palmas, 36(4), 2015, pp. 11-29.

FORERO HERNÁNDEZ, DIANA CAROLINA, Y OTROS. Generalidades sobre la morfología y fenología de la palma de aceite. Bogotá D.C. : s.n., 2012.

GRADESA S.A. [En línea] 2016. [Citado el: 16 de enero de 2017.] <http://www.gradesa.com>.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, ROBERTO, FERNÁNDEZ COLLADO, CARLOS Y BAPTISTA LUCIO, PILAR. Metodología de la Investigación 4ta Edición. Mexico : McGraw-Hill, 2006.

HOLDRIDGE, LESLIE RANSSELAER. Determination of World Plant Formation from Simple Climate Data. 1947.

HORMAZA MATÍNEZ, PAOLA ANDREA, Y OTROS. 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 : s.n., 2010.

R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. [En línea] 2013. <http://www.R-project.org>.

REVISTA PORTAFOLIO. [En línea] 18 de sep de 2014. [Citado el: 24 de sep de 2017.] <http://www.portafolio.co/economia/finanzas/colombia-cuarto-productor-aceite-palma-mundo-59140>.

SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, ÁNGELA, RUIZ ROMERO, RODRIGO Y ANGULO, HERNÁN MAURICIO. Polinización asistida en palma de aceite. Bogotá: Convenio SENA-Fedepalma, 2011.

SÁNCHEZ, A. DAZA, E., RUIZ,R., ROMERO. Polinización asistida en la palma de aceite. Tecnologías para la palma de aceite. Fedepalma, 2013, p. 167.

TORRES, MARCELO, Y OTROS. Evaluación del comportamiento de los híbridos interespecíficos en la plantación de Guaicaramo S.A. Palmas Vol 25 No. Especial, Tomo II,. 2004, pp. 350-357.

VOLPE, C.A. Citrus Phenology. In: Proceedings of the Second International Seminar on Citrus Phyiology. 1992 pp. 103-122.

ZAMBRANO, KAROLINA Y ARGUMERO, ANDRES. Híbrido Interespecífico. Bogotá D.C., 2010.

ANEXOS

ANEXO A. Clases Híbrido Interespecífico OxG (Coarí x La Mé) Indupalma ®

Clase 1: Excelente. Mayor de 90% de frutos normales	
Clase 2: Buena. 70 a 89% de frutos normales	
Clase 3: Media. 50 a 69% de frutos normales	
Clase 4: Baja. 30 a 40% de frutos normales	
Clase 5: Mala. Menor de 30% de frutos normales	

ANEXO B. Salidas del software estadístico R para el diagrama de cajas y bigotes

Diagrama de cajas y bigotes

```
> Polin<-read.table("Polin.txt", header=T)
> attach(Polin)
The following objects are masked from Polin (pos = 3):

    FA, FN, FP, FS, PEA, Tto

The following objects are masked from Polin (pos = 4):

    FA, FN, FP, FS, PEA, Tto

> names(Polin)
[1] "Tto" "FN"  "FP"  "FA"  "FS"  "PEA"
> summary(Polin)
      Tto           FN           FP           FA           FS
T1:12  Min.    :    5.0   Min.    :   80   Min.    : 152.0   Min.    :  4.07
T2:19  1st Qu.:   69.0   1st Qu.:  271   1st Qu.:  849.5   1st Qu.: 13.21
      Median :  157.0   Median : 1112   Median : 1238.0   Median : 38.09
      Mean   :  230.2   Mean    : 1079   Mean    : 1532.4   Mean    : 44.65
      3rd Qu.:  282.5   3rd Qu.: 1666   3rd Qu.: 2301.0   3rd Qu.: 69.68
      Max.   : 1237.0   Max.    : 2563   Max.    : 3611.0   Max.    : 94.71
      PEA
      Min.    :  6.11
      1st Qu.: 14.97
      Median : 24.47
      Mean    : 21.58
      3rd Qu.: 27.94
      Max.    : 33.34
>
> par(mfrow=c(2,2))
> boxplot(Polin$FS~Polin$Tto, main="Fruit Set", horizontal=T, col=5)
> boxplot(Polin$PEA~Polin$Tto, main="PEA", horizontal=T, col=5)
```

ANEXO C. Salidas del software estadístico R para la prueba de normalidad

Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk para la variable Fruit Set y PEA T1

```
> #PRUEBA NORMALIDAD FRUIT SET Y PEA T1  
> ##FRUIT SET T1  
> shapiro.test(FS)
```

```
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: FS  
W = 0.73556, p-value = 0.001897
```

```
>  
> ##PEA T1  
> shapiro.test(PEA)
```

```
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: PEA  
W = 0.873, p-value = 0.07134
```

Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk para la variable Fruit Set y PEA T2

```
> #PRUEBA NORMALIDAD FRUIT SET Y PEA T2  
> ##FRUIT SET T2  
> shapiro.test(FS)
```

```
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: FS  
W = 0.91878, p-value = 0.1074
```

```
>  
> ##PEA T2  
> shapiro.test(PEA)
```

```
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: PEA  
W = 0.97429, p-value = 0.8578
```

ANEXO D. Correlación de Spearman entre las variables Fruit Set y PEA.

```
> ##CORRELACION SPEARMAN T1
> cor(FS, PEA, method="spearman")
[1] 0.6573427
>
> test <- cor.test(PolinT1$FS, PolinT1$PEA, method="spearman", exact=FALSE)
> print(test)
```

Spearman's rank correlation rho

```
data: PolinT1$FS and PolinT1$PEA
S = 98, p-value = 0.02019
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
      rho
0.6573427
```

```
> ##CORRELACION SPEARMAN T2
> cor(FS, PEA, method="spearman")
[1] 0.7964912
>
> test <- cor.test(PolinT2$FS, PolinT2$PEA, method="spearman", exact=FALSE)
> print(test)
```

Spearman's rank correlation rho

```
data: PolinT2$FS and PolinT2$PEA
S = 232, p-value = 4.491e-05
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
      rho
0.7964912
```