



26.

FECHA | jueves, 25 de abril del 2018

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
BIBLIOTECA
Ciudad

UNIDAD REGIONAL	Extensión Facatativá
TIPO DE DOCUMENTO	Trabajo De Grado
FACULTAD	Ingeniería
NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO	Pregrado
PROGRAMA ACADÉMICO	Ingeniería de Agronómica

El Autor(Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
Romero Ocampo	Francisco Javier	1.070.957.444



Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
Garcia Navarrete	Frank Jimmy

TÍTULO DEL DOCUMENTO
SISTEMATIZACIÓN DEL PROCESO DE ANALISIS DE RACIMO COMO PARAMETRO DE SELECCIÓN EN EL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENETICO DE CENIPALMA

SUBTÍTULO (Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía
INGENIERO AGRONOMO

AÑO DE EDICION DEL DOCUMENTO	NÚMERO DE PÁGINAS
22/03/2019	146

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)	
ESPAÑOL	INGLÉS
1. Análisis de racimos	Cluster analysis
2. software Cybertraker	software Cybertraker
3. Relación aceite a racimo por mesocarpio	Relation oil to Ms
4.Extracion de aceite	Oil extraction
5.solbexth	solbexth
6.Geopalma	Geopalm



RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS
(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

Generalmente los programas de mejoramiento genético en palma de aceite utilizan varios parámetros de selección entre los que se encuentran los análisis de los racimos en los cuales se obtiene información del estado de la parte física y química, por lo tanto el trabajo se vuelve de suma importancia para los lineamientos de investigación, selección y obtención de nuevos cultivares de palma de aceite, que permitan visualizar al gremio palmicultor las soluciones a los problemas que afrontan en el desarrollo del cultivo.

El objetivo principal de este trabajo está enfocado en la sistematización del proceso de análisis de racimos como parámetro de selección de diferentes genotipos como base para el mejoramiento genético de Cenipalma, encaminado a la obtención de nuevos cultivares de palma de aceite promisorios en la producción de racimos de fruta fresca, cantidad y calidad de aceite y con resistencia a problemas sanitarios. La sistematización del proceso se basó en la utilización y creación de formularios digitales que para este caso particular se utilizó el software Cybertraker para capturar la información del proceso para posteriormente ingresar a la plataforma Geopalma ® que es la herramienta Geomatica que tiene Cenipalma para todos sus procesos productivos y de investigación; y así garantizar innovación, confiabilidad y eficiencia en la toma de los datos.

Generally the programs of genetic improvement in oil palm use several parameters of selection between which are the analyzes of the clusters that analyze the physical and chemical part, therefore the work becomes of extreme importance for the guidelines of investigation, selection and obtaining new oil palm cultivars, which allow the guild to see the solutions to the problems that afflict the development of the crop.

The main objective of this work is focused on the systematization of the process of cluster analysis as a parameter of selection of different genotypes as a basis for the genetic improvement of Cenipalma, aimed at obtaining new promising palm oil cultivars in the production of bunches of fresh fruit, quantity and quality of oil and with resistance to sanitary problems. The systematization of the process was based on the use and creation of digital forms that for this particular case Cybertraker software was used to capture the information of the process to later enter the platform Geopalma ® which is the Geomatica tool that Cenipalma has for all its processes productive and research; and thus guarantee innovation, reliability and efficiency in the collection of data.



[Empty box for content]

AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son:
Marque con una "X":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)

	SI	NO
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X	



2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	X	
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.



De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado.

SI ___ **NO** ___ **X** .

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no



contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el "Manual del Repositorio Institucional AAAM003"

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



Nota:

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).



Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1. trabajo de pasantias Francisco Romero_revfinal	Texto
2. Autorización repositorio.pdf	Texto

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafa)
Francisco Javier Romero Ocampo	

12.1.50



SISTEMATIZACIÓN DEL PROCESO DE ANÁLISIS DE RACIMOS COMO PARAMETRO DE SELECCIÓN EN EL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENETICO DE CENIPALMA

CENTRO DE INVESTIGACION EN PALMA DE ACEITE CENIPALMA CAMPO

EXPERIMENTAL PALMAR DE LA VIZCAÍNA – CEPV

POR: FRANCISCO JAVIER ROMERO OCAMPO

ESTUDIANTE DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TUTORES:

IVÁN MAURICIO AYALA DÍAZ (LIDER DE MEJORAMIENTO GENETICO).

ANDRÉS ALEJANDRO TUPAZ (ASISTENTE DE INVESTIGACION)

PROGRAMA DE BIOLOGÍA Y MEJORAMIENTO DE LA PALMA DE ACEITE,
CENIPALMA.

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA SEDE FACATATIVÁ

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

2018

Tabla de contenido

Índice de Figuras.....	5
Índice de tablas	5
Índice de graficas.....	6
1. RESUMEN	1
1.1Keywords:.....	1
2. ABSTRACT	2
3. Glosario	67
Pedúnculo.....	67
Racimo verde.....	67
Racimos maduros	67
Racimos sobremaduros	67
Racimos podridos	67
Pedúnculo largo.....	67
Sistema <i>Soxhelt</i>	68
Frutos normales	68
Frutos partenocárpicos	68
<i>Elaeis Guineensis</i> Jacq	68
<i>Elaeis oleífera</i> Cortes.....	68
<i>Fruit set</i>	68
4. INTRODUCCIÓN	3
5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
6. OBJETIVO GENERAL.....	6
6.1 Objetivos específicos.....	6
7. MARCO TEÓRICO.....	7
7.1 Crecimiento y desarrollo	7
7.2 Condiciones edafoclimatológicas de la Palma de Aceite	9
7.3 Precipitación.....	9
7.4 Suelos	9
7.5 Morfología de la palma de aceite.....	10
7.6 El fruto	11

7.7 El racimo	12
7.8 Anatomía y crecimiento del racimo de la palma de aceite	12
7.9 Partes del racimo.....	12
7.10 Cybertracker	13
8. METODOLOGÍA.....	16
8.1 Ubicación	16
8.2 Obtención de racimos en campo	16
8.2.1 Criterios de campo para el corte de racimos	16
8.2.2 Localización de racimos maduros en palma joven y en adultas	17
8.2.3 Clasificación de los racimos según su grado de maduración	17
8.2.4 Racimos no clasificados o con algún tipo de daño	19
8.3 Pasos para determinar los componentes del racimo y del fruto en el análisis de racimo de palmas del híbrido interespecífico OxG y <i>Elaeis oleifera</i>	20
8.4 Flujograma de análisis de racimos	21
8.5 Pesado y muestreo de raquillas.	22
8.6 Desfrutado.....	22
8.7 Muestreo de frutos	22
8.8 Muestra de nueces.....	23
8.9 Secado del mesocarpio.....	23
8.9.1 Determinación del mesocarpio por fórmula	23
8.9.2 Determinación de aceite en mesocarpio usando el sistema <i>Soxhlet</i>	24
9. Resultados	26
9.1 Etapa de campo.....	26
9.2 Recolección de racimos en campo	26
9.3 Selección de racimos para la cosecha	29
9.4 Criterios para la calificación de madurez de los racimos	29
9.4.1 Etapa de laboratorio de semillas.....	29
9.4.2 Fase 1:.....	31
9.4.3 Fase 2:.....	33
9.4.4 Número de espigas.....	34
9.4.5 Número de Frutos normales, partenocárpicos y abortados	35

9.4.6 Sub-muestra de frutos normales y partenocárpicos.....	36
9.4.7 Fase 3:.....	37
9.5 Etapa de laboratorio de aceite.....	37
9.6 Datos recolectados del proceso de Análisis de racimos.....	40
10.7 Análisis estadísticos descriptivos de los principales parámetros de selección	43
10. Análisis de resultados.....	49
10.1 Graficas de variables de respuesta.....	49
10.2 Graficas Formación.....	54
11. CONCLUSIONES	58
12. Bibliografía.....	60
13. Anexo.....	63
13.1 Formulas a utilizar en el analisis de racimos	63
Potencial de aceite en frutos externos	63
Porcentaje en peso de espigas en el racimo	63
Porcentaje en peso de frutos externos en espigas	63
Porcentaje en peso de mesocarpio en frutos externos.	63
Porcentaje de humedad en mesocarpio de frutos externos.....	63
Porcentaje de aceite en mesocarpio fresco de frutos externos	63
Porcentaje de aceite en racimos externos.....	64
Potencial de aceite en frutos internos	64
Porcentaje en peso de frutos internos en espigas.....	64
Porcentaje en peso de mesocarpio en frutos internos	64
Porcentaje de humedad en mesocarpio de frutos internos.	64
Porcentaje de aceite en mesocarpio fresco de frutos internos	64
Porcentaje de aceite en racimos interno	65
Potencial de aceite total en el racimo.....	65
Eficiencia de polinización (Fruit Set)	65
Pedúnculo en el racimo.....	65
Frutos externos en espigas.....	65
Frutos externos en el racimo.....	65
Frutos internos en espigas	65

Índice de Figuras

Figura 1 Fenología de la palma, 0 la germinación y surgimiento (000,001,004,005,009); 1 desarrollo de las hojas (101, 102, 109, 121, 131, 11,149,151,155,159); 3 Elongación de los tallos (301,305,309). (Romero H. , 2012)	8
Figura 2 Ambiente de trabajo Cybertracker (Hernandez, 2016).....	13
Figura 3: Fuente: Prada. F, guía metodológica para el muestreo y análisis de racimos en el cultivo de la palma de aceite de Cenipalma	20
Figura 4: Flujograma de análisis de racimos (Hernandez, 2016).....	21
Figura 5: Proceso de escaneo en campo	26
Figura 6 Estructura general análisis de racimo en campo.....	28
Figura 7: Identificación de actividades análisis de racimo modulo (Hernandez, 2016).....	29
Figura 8: Formulario de toma de datos laboratorio de semillas	30
Figura 9: Tipos de frutos (Corley & Tinker, 2003)	31
Figura 10: Daño por Demotispa, Fotografía tomada por autor	32
Figura 11: Raquis Fotografía por autor	33
Figura 12: Espigas de Palma de aceite Fotografía autor	34
Figura 13: estado de frutos en el pedúnculo, Frutos normales, abortados y partenocárpicos Fotografía por autor.....	35
Figura 14 Sub- muestra Fotografía por autor.....	36
Figura 15: separación del mesocarpio de la nuez Fotografía por autor.....	37

Índice de tablas

Tabla 1: Parámetros de formación de racimos, de tres genotipos (<i>Oleífera</i> , Híbrido y <i>Guineensis</i>) diferentes.	41
Tabla 2: Parámetros de selección de racimos, de tres genotipos diferentes.	42
Tabla 3: Estadística descriptiva número de espigas.....	43
Tabla 4: Estadística Descriptiva Peso del Racimo.....	44
Tabla 5: Estadística Descriptiva parámetro Fruit-set	44
Tabla 6: Estadística descriptiva de porcentaje de frutos normales a racimo.....	45
Tabla 7: Estadística descriptiva Cuesco a fruto %	45
Tabla 8: Estadística Frutos Partenocárpicos a racimo %	46
Tabla 9: Estadística descriptiva Almendra a racimo total (%)	46
Tabla 10: Estadística Aceite Total en Racimo (%).....	47
Tabla 11: Estadística Aceite total a Racimo (%).....	47

Índice de graficas

Gráfica 1: Porcentaje de aceite a mesocarpio seco (A/MS), porcentaje de aceite a racimo (A/R).....	49
Gráfica 2: Porcentaje de cuesco a fruto (C/F) y porcentaje de almendra a fruto (A/F).....	50
Gráfica 3: Porcentaje de frutos normales a racimo (FN/R) y porcentaje de frutos partenocárpicos a racimo (FP/R).....	52
Gráfica 4: Peso Racimo (PR)	54
Gráfica 5: número de espigas.....	55
Gráfica 6: Fruit-set.....	56



1. RESUMEN

Generalmente los programas de mejoramiento genético en palma de aceite utilizan varios parámetros de selección entre los que se encuentran los análisis de los racimos en los cuales se obtiene información del estado de la parte física y química, por lo tanto el trabajo se vuelve de suma importancia para los lineamientos de investigación, selección y obtención de nuevos cultivares de palma de aceite, que permitan visualizar al gremio palmicultor las soluciones a los problemas que afrontan en el desarrollo del cultivo.

El objetivo principal de este trabajo está enfocado en la sistematización del proceso de análisis de racimos como parámetro de selección de diferentes genotipos como base para el mejoramiento genético de Cenipalma, encaminado a la obtención de nuevos cultivares de palma de aceite promisorios en la producción de racimos de fruta fresca, cantidad y calidad de aceite y con resistencia a problemas sanitarios. La sistematización del proceso se basó en la utilización y creación de formularios digitales que para este caso particular se utilizó el software Cybertraker para capturar la información del proceso para posteriormente ingresar a la plataforma Geopalma® que es la herramienta Geomatica que tiene Cenipalma para todos sus procesos productivos y de investigación; y así garantizar innovación, confiabilidad y eficiencia en la toma de los datos.

1.1 Palabras claves: análisis de racimos, software Cybertraker, relación aceite a racimo por mesocarpio, extracción de aceite método *solbexth.*, Plataforma Geopalma.



2. ABSTRACT

Generally the programs of genetic improvement in oil palm use several parameters of selection between which are the analyzes of the clusters that analyze the physical and chemical part, therefore the work becomes of extreme importance for the guidelines of investigation, selection and obtaining new oil palm cultivars, which allow the guild to see the solutions to the problems that afflict the development of the crop.

The main objective of this work is focused on the systematization of the process of cluster analysis as a parameter of selection of different genotypes as a basis for the genetic improvement of Cenipalma, aimed at obtaining new promising palm oil cultivars in the production of bunches of fresh fruit, quantity and quality of oil and with resistance to sanitary problems. The systematization of the process was based on the use and creation of digital forms that for this particular case Cybertraker software was used to capture the information of the process to later enter the platform Geopalma ® which is the Geomatica tool that Cenipalma has for all its processes productive and research; and thus guarantee innovation, reliability and efficiency in the collection of data.

2.2 Keywords: Cluster analysis, Cybertraker software, oil to cluster by mesocarp, solbexth method oil extraction, Geopalma platform.



3. INTRODUCCIÓN

La palma de aceite es originaria del golfo de guinea en África occidental donde los pobladores de la zona utilizaban su aceite para preparar alimentos y producir jabón. Los primeros cultivos sistematizados surgieron en el lejano oriente para mediados del siglo XVIII a mano de ingleses y holandeses, más tarde para los años 1911 y 1914 se establecieron las primeras plantaciones comerciales en Indonesia y Malasia; su entrada a América latina es atribuida al ingreso de esclavos portugueses traídos al Brasil pues el fruto de palma de aceite era parte de dieta alimentaria. La palma en Colombia es introducida para el año 1932 inicialmente con fines ornamentales en algunos pueblos en la región Amazónica, trece años más tarde la United Fruit Company establece la palma como cultivo comercial en el departamento de Magdalena (Niño, 2001).

Colombia ocupa el cuarto lugar a nivel mundial y el primero en América Latina en producción de aceite, para 2017 el país contaba con 500.000 hectáreas sembradas en 126 municipios de 17 departamentos, logrando una producción de 1'270.000 toneladas de aceite de palma crudo, generando más de 150.00 empleos, donde su formalidad supera el 60%. Los trabajadores ganan en promedio 7,3% del salario mínimo mensual vigente por jornal colombiano (Fedepalma, 2016). Por lo anterior la palmicultura es considerada como uno de los sectores más importantes para la agroindustria colombiana, la cual cuenta con una de las entidades gremiales más sólidas, la federación nacional de cultivadores de aceite de palma Fedepalma, la cual vela por los intereses de los palmicultores, generando competitividad sectorial con investigación, transferencia de



tecnología a partir de la corporación centro de investigación en palma de aceite Cenipalma.

(Fedepalma, 2016)

Considerando que CENIPALMA es una institución que en su misión contempla el desarrollo de proyectos de investigación, se puede interpretar que uno de los principales productos a generar es la producción de información fundamentada en datos de alta confiabilidad; por tal motivo en los últimos años el Centro de investigación dentro de sus actividades de adopción de tecnologías, ha promovido diferentes herramientas que facilitan la gestión de información brindando confiabilidad y disponibilidad de datos para la formulación de proyectos de investigación así como la toma de decisiones en cuanto a manejo agronómico, tales herramientas se basan en la captura de datos en campo mediante aplicaciones digitales que brindan facilidad de manejo y programación soportadas en sistemas de gestión de base de datos. (Hoyos, 2014; Rincon, 2015; Romero & H.M, 2010; Michel, 2014).

Conforme a lo anterior estas herramientas han sido utilizadas para la recopilación y análisis de datos en la mayoría de los procesos de investigación, así como en el manejo y gestión de actividades de la agroindustria de la palma de aceite, aun así se hace necesario un ajuste en el proceso de producción de racimos experimentales. Este momento no se cuenta con protocolos actualizados, la información es recopilada y analizada mediante el registro en formatos impresos que luego deben ser digitalizados en archivos de Excel por personal asignado, de esta manera se aumenta la posibilidad de error en la digitalización, así como la espera en la disponibilidad y accesibilidad de la información efectiva, para la toma de decisiones oportuna y sin poder garantizar la trazabilidad de todo el proceso de producción de racimos. (Hernandez, 2016).



4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Corporación de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma) dentro de sus áreas de investigación tiene una determinada al estudio de la agricultura de precisión llamada Geomática, la cual a su vez cuenta con una plataforma digital bien estructurada para el manejo de las labores de plantación llamada Geopalma, que por otro lado se utiliza para el desarrollo, manejo y gestión de los datos agronómicos en las plantaciones y núcleos. El programa de Mejoramiento Genético de Cenipalma utiliza las herramientas y dispositivos digitales para sus procesos, manejos, selección y producción de semillas experimentales, en los cuales está el proceso de Análisis de Racimos, donde la sistematización del mismo se encuentra en etapa de desarrollo e implementación. Los parámetros de selección de parentales femeninos y masculinos para la obtención de nuevos cultivares mejorados de palma de aceite tienen como base los resultados de los Análisis de Racimos, para su selección; la información que se recolecta de este proceso debe estar disponible de manera confiable y segura, la sistematización puede ser una herramienta muy útil para lograr lo anteriormente planteado, con el objetivo de organizar y sistematizar los procedimientos de Análisis de Racimo, se planteó en siguiente trabajo, buscando desarrollar diagramas de flujo de trabajo, matriz de datos ordenadas y en tiempo real para acelerar los procesos de selección.



5. OBJETIVO GENERAL

- Sistematizar el proceso de análisis de racimos como parámetro de selección en el programa de mejoramiento genético de Cenipalma

6.1 Objetivos específicos

- Implementar las herramientas digitales como métodos de captura de datos en el proceso de análisis de racimos.
- Determinar el flujo de trabajo para cada actividad del proceso de análisis de racimos.
- Analizar los resultados obtenidos mediante la sistematización del proceso de análisis de racimos.



6. MARCO TEÓRICO

7.1 Crecimiento y desarrollo

El ciclo de vida de los individuos en una población consiste en una serie de estadios morfológicamente reconocibles, producidos en forma cronológica hasta la muerte y caracterizados por la adquisición o pérdida de ciertas estructuras propiedades, algunos cambios morfológicos, anatómicos, fisiológicos y bioquímicos que ocurren durante su desarrollo (Fedepalma, 2016).

Las palmas se desarrollan en las áreas tropicales y subtropicales, presentando un crecimiento continuo e ininterrumpido con diferentes tasas de crecimiento de acuerdo con las condiciones ambientales (Drasfiedl &Uhl, 1998; hernández, 2012).

El ciclo de vida comienza con el desarrollo del embrión, el rompimiento de la dormacia y geminación de la semilla; posteriormente, los cambios entre una fase y otra involucran variaciones en el tamaño, forma del tallo y de las hojas y finalmente, la producción sucesiva de inflorescencias y frutos (Figura 1) (Corley & Tinker, 2003).

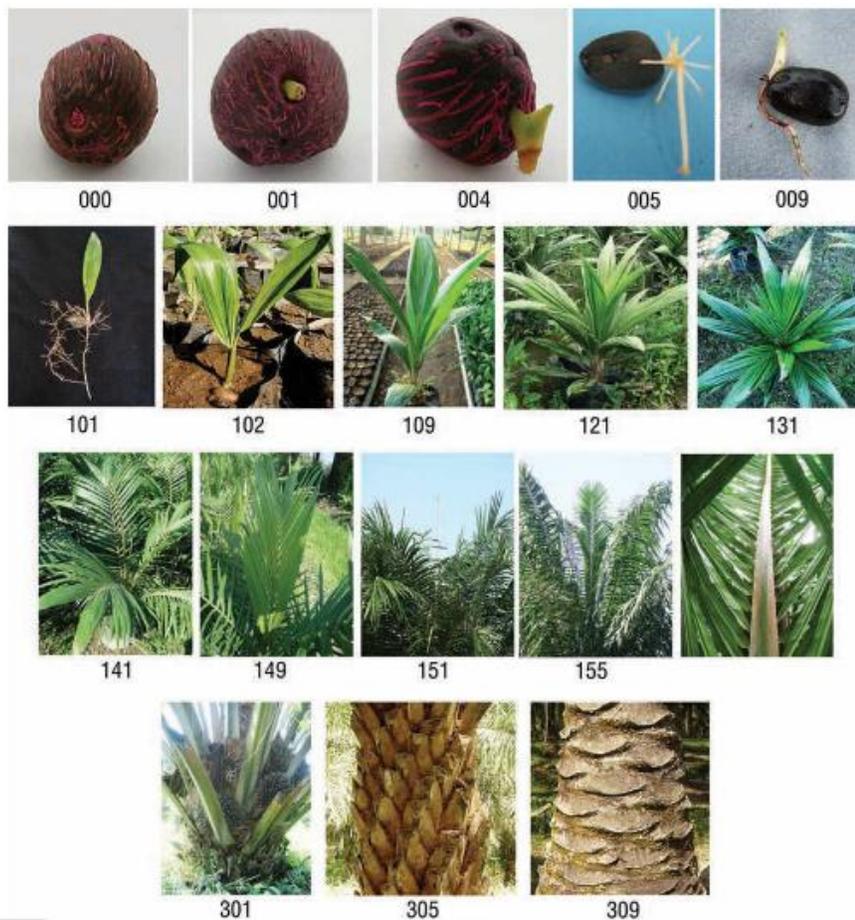


Figura 1 Fenología de la palma, 0 la germinación y surgimiento (000,001,004,005,009); 1 desarrollo de las hojas (101, 102, 109, 121, 131, 11,149,151,155,159); 3 Elongación de los tallos (301,305,309). (Romero H. , 2012)

En la fase del establecimiento, que empieza desde la plúmula, los entrenudos gradualmente incrementan su diámetro; en cuanto a la longitud, al inicio estos son cortos y luego, se alargan dando una apariencia de cono invertido a la base del tallo y al final, se establece el tamaño en la etapa de maduración del individuo. (Corley & Tinker, 2003)

A diferencia de la mayoría de las monocotiledóneas, las palmas presentan un crecimiento secundario difuso que les permite incrementar el diámetro del tallo mediante un aumento en el



tamaño o el número de las células de parénquima y los haces vasculares, lo que hace que tenga un aspecto fibroso. (Corley & Tinker, 2003)

7.2 Condiciones edafoclimatológicas de la Palma de Aceite

Las mejores condiciones para su desarrollo se encuentran en regiones con clima tropical húmedo, también tiene buena adaptación en regiones del trópico subhúmedo con el auxilio de riego. Las condiciones óptimas se encuentran cerca del ecuador con un límite a 17° de latitud norte, sin embargo, existen plantaciones a los 18° de latitud norte con rendimientos de 20 toneladas de RFF (Racimo de Fruto Fresco) por hectárea (Fedepalma, 2016).

7.3 Precipitación

En términos de precipitación se necesitan aproximadamente 1.800 milímetros de agua lluvia, la cual tiene que tener una distribución durante todo el año, con un valor medio mensual de 150 milímetros, ya que si la temporada seca se prolonga se obtendrá una disminución de la producción. (Fedepalma, 2016).

7.4 Suelos

Los suelos deben poseer una pendiente no mayor a al 12% lo que se traduce como suelos totalmente planos o suelos ligeramente ondulados, si no se obtienen estos valores menores al 12% se podría dar suelos con mal drenaje y suelos erosionados lo que genera un mayor gasto en labores de campo acondicionado este para el cultivar, los suelos deben ser fértiles, con una textura franca arcillosa no pesados los cuales puedan generar una mayor retención de agua y permita la disolución y absorción de los nutrientes con una mayor facilidad Para la siembra de palma se recomiendan los suelos tropicales de mayor fertilidad como los aluviales jóvenes



asociados a vega de río. Sin embargo, también se pueden utilizar los abundantes suelos ácidos, antiguos, de menor fertilidad, donde la aplicación de fertilizantes químicos es una práctica necesaria. (Fedepalma, 2016).

7.5 Morfología de la palma de aceite

La palma de aceite posee un meristemo apical, el cual es el único punto de crecimiento, de la cual parten una sucesión de yemas foliares continuas (Henry, 1955; Diana hernández, 2012). El desarrollo vegetativo de la palma es un proceso lento, normalmente le toma tres años a los foliolos generar su apertura en el centro de la corona. Si las condiciones ambientales son favorables estas hojas se abren y otra, llamada flecha, se elonga y toma su lugar. (Corley & Tinker, 2003 ; hernández, 2012; Rivera, 2009)

La principal particularidad de la palma de aceite es su tallo el cual es de un tipo único denominado pleonántico, lo cual tiene un significado, que la inflorescencia se desarrollan en la zona axilar de las hojas y se generan mediante la palma continua su crecimiento vegetativo (Adam,2005; hernández, 2012). El estípote es erecto y donde encontramos las bases peciolares de las hojas hasta la etapa adulta, estas al caer, dejan al descubierto cicatrices amplias que permiten apreciar los entrenudos (Dransfield, 2008).

El desarrollo inicial de una inflorescencia toma de dos a tres años tiempo en el cual esta se encuentra totalmente cubierta por hojas (hernández, 2012).

La antesis o apertura de la inflorescencia femenina se encuentra entre las hojas 17 a 20, a partir del 5 a 6 meses podremos encontrar una madurez o desarrollo del racimo. El racimo maduro



normalmente puede llegar a unas dimensiones de 50 cm de largo y 35 cm de ancho, este se encuentra conformado por los tallos de las espiguillas donde se localizan los frutos y espigas (Corley & Tinker, 2003).

7.6 El fruto

Dentro de las flores femeninas solo un ovulo de los tres carpelos es fecundado, los otros desaparecen, este proceso da paso a la doble fertilización y consiguiente a la formación del fruto y por último a la semilla (Corley & Tinker, 2003).

El fruto de la palma de aceite es considerado una drupa sésil, donde podremos encontrar varias formas tales como esféricas, ovoide o alargada; posee una longitud entre 2 a 5 cm (Corley & Tinker, 2003). Cuyo mesocarpio es excepcionalmente rico en aceite (80% de masa seca), haciendo de esta especie la de mayor rendimiento de aceite en el mundo (hernández, 2012).

La apariencia externa de los frutos tiende a variar de manera significativa en su proceso de desarrollo, o maduración. La coloración más normal es violeta oscuro en la parte superior o ápice y de coloración amarillenta en la base, antes de la maduración estos se denominan frutos (nigrences); otro tipo menos común son aquellos frutos que poseen una coloración verde antes de la maduración (virescens), de igual manera el grosor del cuesco influye en la casificación o selección de este, estos son Dura (grueso), Tenera (delgada) Pisífera (sin cuesco) (figura 6) (Corley & Tinker, 2003).

El endospermo está compuesto por el tegumento, albumen y el embrión. El tegumento es delgado y adherido al albumen, que es cartilaginoso y rico en aceite “aceite de palmiste”, en cuyo centro



hay una hendidura a cavidad central. El embrión es lineal de 4 a 5 milímetros de longitud, alojado en una pequeña cavidad del albumen. (Corley & Tinker, 2003).

7.7 El racimo

Las estructuras del racimo no difieren ostensiblemente de las inflorescencias femeninas; es así como los racimos en su parte interior están conformados por un raquis o pedúnculo, el cual es el eje central en donde se insertan las raquilas o espiguillas y sobre esta se insertan en las espiguillas rodean el raquis en forma helicoidal, conformando los racimos, con un peso variable entre 5 a 40 kg. Un racimo es de 1.000-3.000 (hernández, 2012).

7.8 Anatomía y crecimiento del racimo de la palma de aceite

Después del proceso de la fecundación comienza la formación de los frutos, hasta transformar la inflorescencia. las flores femeninas son fecundadas por el polen, esto dependerá de la eficiencia de la polinización, lo que nos da un racimo entre 500 a 4.000 frutos, de igual manera la edad de la palma afecta la producción de frutos. Una palma de 10 a 15 años puede producir valores e 1.500 a 2.000 frutos por racimo (Diana hernández, 2012).

El racimo posee una forma ovoide: en palmas jóvenes los racimos son más pequeños que en palmas adultas, con unas dimensiones de 50 centímetros de largo en promedio y unos 35 centímetros de ancho. Referente a los pesos de estos en palmas jóvenes (menores de 3 años) puede llegar a pesar de 2 a 5 kg, y en palmas adultas más de 30 a 100 kg (hernández, 2012).

7.9 Partes del racimo

Un racimo se encuentra conformado por el pedúnculo el cual es el eje central de este, adherido a este se encuentran las espiguillas las cuales poseen espinas, dentro de las espigas se encuentran



los frutos los cuales pueden ser partenocárpicos, frutos abortados y/o frutos normales (Corley & Tinker, 2003).

7.10 Cybertracker

Es un software para la colecta de datos georreferenciados a través de dispositivos digitales. Este software está siendo desarrollado desde el año 1997 por una organización conservacionista que lleva el mismo nombre del software, y es puesto a disposición del público de manera gratuita.

Dentro de las principales características de este software se encuentra:

- ✓ Permite la personalización de los formularios.
- ✓ Los usuarios no requieren habilidades en programación para el diseño de los formularios de captura.
- ✓ El software puede ser instalado en dispositivos con sistema Androide, lo cual abre las posibilidades al uso Smartphone y tabletas.

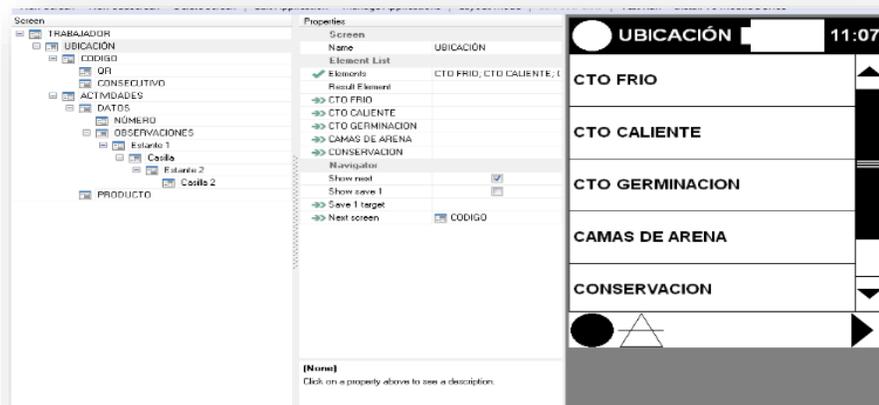


Figura 2 Ambiente de trabajo Cybertracker (Hernandez, 2016)



7.10.1 requerimientos y finalidad de CyberTracker

CyberTracker permite a aquellos usuarios sin conocimiento alguno en programación personalizar formularios para la captura de datos por medio de teléfonos inteligentes y dispositivos móviles.

Para la instalación en dispositivos móviles se recomienda un espacio de memoria libre de 500 Mb mínimo, sistema operativo Android de 2.2 o superior. el dispositivo debe estar conectado a un computador con CyberTracker previamente instalado, desde este se procede a la instalación en el dispositivo móvil. Los datos pueden ser exportados en varios tipos de formato tales como, Excel, Esri ArcGIS, software de distancia o software R Statistical. De igual manera a usuarios avanzados en términos de programación y manejo de datos CyberTracker permite generar una conexión con servidores y programación MySQL.

7.10.2 creación de formularios

CyberTracker posee 3 grandes estructuras o componentes por medio el usuario puede crear los formularios, ver los datos obtenidos y la manipulación de la estructura de información.

- **Desarrollador de aplicaciones:** este es el componente donde el usuario puede diseñar las pantallas de captura de datos que tendrá cada formulario y posteriormente instalado en los diferentes dispositivos.



- Reportes: es el componente donde el usuario puede observar cada uno de los datos obtenidos, estos se observan en forma de tablas muy parecidos a una estructura de Excel, de igual manera permite observar mapas y gráficas.
- Elementos: permite la manipulación de columnas de información de la base de datos del formulario.

Cyber Tracker posee una serie de plantillas de pantallas que facilitan la creación rápida de formularios. Para agilizar el desarrollo de este, dentro de este posee plantillas de listas de selección individual: corresponde a un listado de opciones de las que el usuario puede seleccionar únicamente una. Lista de selección múltiples, corresponde a un listado de opciones de las que el usuario puede seleccionar una o más. Listado numérico: es un listado de opciones en el cual a cada opción se le puede asignar un valor numérico. Selección de numero: esta plantilla es similar al listado de selección individual, solo que las opciones son numéricas. Teclado numérico: permite al usuario ingresar un número a través del teclado numérico. Fotografía: sirve para que en dispositivos que posean una cámara integrada puedan añadir una fotografía. Nota: se utiliza para que el usuario pueda ingresar texto de manera libre. Estos son los modelos de selección los cuales son base en la creación del formulario ya para diferentes tipos de proyectos se genera una combinación dependiendo de lo requerido para el desarrollo del formulario. Dentro de este documento encontrara un diseño de formularios para poder almacenar datos crudos en el proceso de análisis de racimo.



7. METODOLOGÍA

8.1 Ubicación

El estudio se realizó en el campo experimental el Palmar de la Vizcaína (CEPV) localizado en el municipio de Barrancabermeja, en las coordenadas (6.9838266, -73.708109), del departamento de Santander (Colombia). A una altura de 102 msnm, precipitación promedio de 3472 mm año, temperatura de 29,3°C, brillo solar de 2020 horas año y humedad relativa entre 72,0% y 77,0%.

8.2 Obtención de racimos en campo

8.2.1 Criterios de campo para el corte de racimos

Como principales acciones en el proceso de selección de racimos se tienen en cuenta en campo los siguientes criterios, como la parte inicial del proceso de Análisis de Racimos.

8.2.1.1 Criterio de madurez

La madurez de un racimo en términos comerciales es el punto óptimo para poder hacer el corte de un racimo ya que este posee la cantidad máxima de aceite. Una forma de identificación de la maduración es el desprendimiento de los frutos de este (Fedepalma, 2016).

8.2.1.2 Frecuencia o ciclo de corte

La frecuencia o ciclo de corte es: el tiempo en días que se debe abstenerse de realizar un nuevo corte de racimo, de igual manera los racimos de una planta no poseen una maduración simultánea lo que facilita estos ciclos de corte. (Fedepalma, 2016).



- La frecuencia optima de corte para cultivos mayores de cuatro años de edad de 8 a 10 días. Se realiza cada 8 días en épocas lluviosas y cada 10 días en época seca.
- En cultivo menor de cuatro años es posible que no haya suficientes racimos maduros y por ellos, en numerosas plantaciones, el corte de racimos maduro se realiza cada 10 días en la época lluviosa y cada 15 días en época seca.
- En caso de los cultivos de material híbrido de *Elaesi guineensis* X *Elaeis oleífera*, los ciclos son más amplios y superan los 15 días.

8.2.2 Localización de racimos maduros en palma joven y en adultas

8.2.2.1 La marcación de racimos maduros

Consiste en visitar los lotes programados para la cosecha, uno o dos días antes del corte, y colocar una cinta de peligro alrededor del fruto maduro o mejor fruto, eso se hace con el fin de mejorar el tiempo y obtener el material genético en su mejor estado, y sin ser alterado por otras condiciones como enfermedades y plagas.

8.2.3 Clasificación de los racimos según su grado de maduración

Para poder clasificar un racimo según su grado de maduración, se debe tener en cuenta los racimos en las coronas de las palmas. Apartir de ese momento se debe observar la coloración de este y el número de frutos caídos o sueltos de cada racimo, de esta manera se obtiene una clasificación de maduros, verdes, sobre maduros y podridos.



9.2.3.1 Racimos maduros

Son aquellos que muestran un leve desprendimiento de frutos o alveolos vacios, normalmente estos frutos desprendidos caen al plato o a las hojas de la palma, de igual manera existen 2 tipos de coloración de frutos que nos da la idea de madures, estos son: El color de los frutos es amarillo-anaranjado en racimos de tipo Virescens y negro con tonalidades amarillas y rojizas en los de tipo Nigrescens.

9.2.3.2 Racimos verdes

Los racimos verdes se denominan a aquellos que no poseen una madures fisiológica para poder ser cortados o cosechados de la palma. Al no poseer una madures adecuada los valores de aceite son menores a diferencia de los frutos maduros, en frutos tipo Nigrescens, el color de la piel es negro a vinolaceo y brillante y en frutos tipo virescens, es de color verde brillante.

9.2.3.3 Racimos raspados

Estos racimos han sufrido en ataque de insectos tales como *demotispa neivai*, en estos frutos se observa un leve cambio de coloración y en forma de raspado. Aquellos frutos con un índice alto de ataque poseen mesocarpio en mal estado o seco lo que genera una deficiencia en el valor obtenido de aceite por parte de este fruto.

8.2.3.4 Racimos sobre maduros

Son aquellos racimos que han sobrepasado un estado óptimo de cosecha, estos racimos tienden a poseer valores del 50% del desprendimiento de frutos, estos poseen una apariencia de coloraciones negra.



8.2.3.5 Racimos podridos

Son aquellos racimos que aun superado el tiempo de cosecha por más de un ciclo, al estar en estado de descomposición son focos de enfermedades tales como hongos y de plagas de insectos.

8.2.4 Racimos no clasificados o con algún tipo de daño

8.2.4.1 Racimos enfermos

Se muestra racimos enfermos, con presencia de hongos. En este tipo de situación, se procede a cortar el racimo, aunque no se encuentre maduro. Preferiblemente se genera el corte y se hace una brigada de sanidad ya que hay otras palmas que pueden ser contaminadas, por la esporulación del hongo.

8.3 Pasos para determinar los componentes del racimo y del fruto en el análisis de racimo de palmas del híbrido interespecífico OxG y *Elaeis oleifera*.

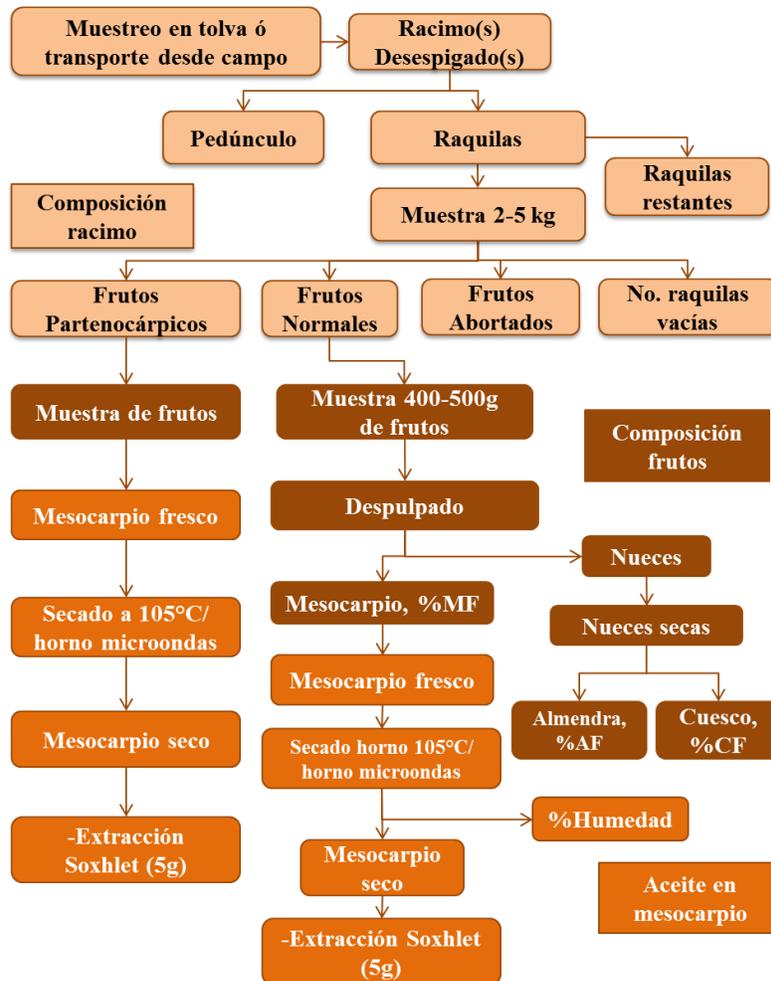


Figura 3: Fuente: Prada. F, guía metodológica para el muestreo y análisis de racimos en el cultivo de la palma de aceite de Cenipalma



8.

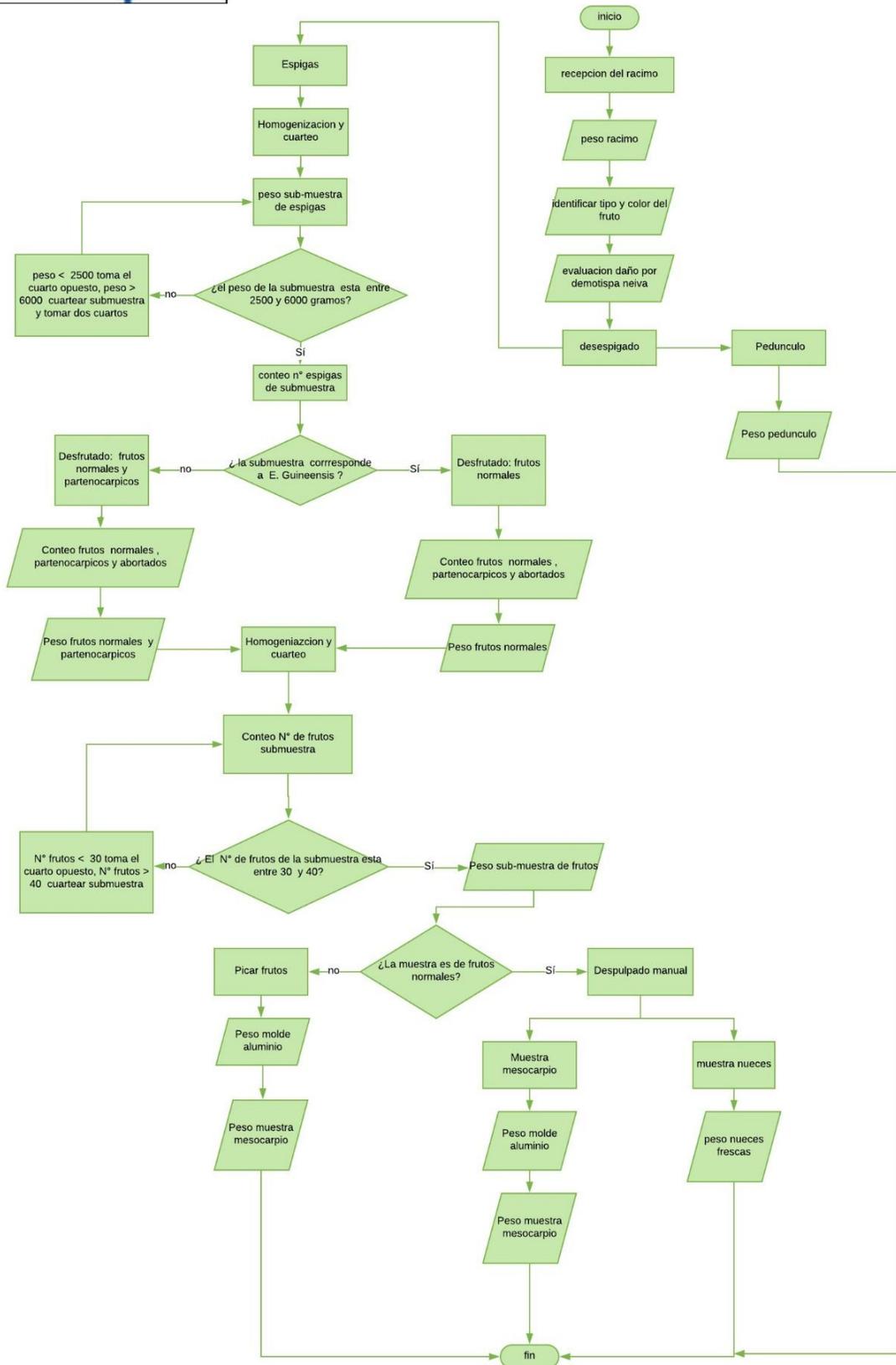


Figura 4: Flujograma de análisis de racimos (Hernandez, 2016)



8.5 Pesado y muestreo de raquillas.

El proceso se inicia con el pesado del racimo y la determinación de los componentes del racimo. Posteriormente se realiza la división de cada una de las partes. Se hace la remoción de las raquillas del pedúnculo del racimo, para permitir su homogenización y evitar el sesgo de la muestra ya que el cuarteo seleccionado representara la totalidad del racimo (Hernandez, 2016 ;Chaparro & Romero, 2012).

8.6 Desfrutado

Luego de obtener la muestra de raquillas, se deben retirar los frutos. Se remueven los frutos desde su base en las raquillas usando un cuchillo esto para evitar retirar parte del fruto debido a que se altera la relación mesocarpio a fruto. En el Híbrido interespecífico OxG y *Elaeis oleifera*, se remueven los frutos normales y partenocárpicos. En las raquillas solamente se dejan los abortados que deben ser contados y registrados en el formato de análisis (Hernandez, 2016;Chaparro & Angulo, 2012).

8.7 Muestreo de frutos

Se toma una muestra de frutos con el tamaño suficiente que represente el racimo. Esta muestra debe ser entre 2500 - 6000 g homogeneizando los frutos extraídos ya que esta debe tener frutos tanto internos como externos para mejorar la representatividad de la muestra. Se toma la muestra de 2500 - 6000g de frutos normales y se despulpan de tal forma que la nuez quede completamente limpia. Se procede al pesado tanto del mesocarpio como de las nueces y diligenciamiento en el formato en la aplicación cybertracker (Hernandez, 2016;Chaparro & Angulo, 2012).



8.8 Muestra de nueces.

Las nueces provenientes de la muestra de 2500 - 6000 g de frutos, se colocan en un recipiente de secado o en un molde de aluminio y se marcan de la misma forma que la muestra de mesocarpio. Las nueces se llevan al horno durante toda la noche (16 horas) a 105°C. Al siguiente día se sacan y se dejan reposar a temperatura ambiente. Se parten, se retira completamente la almendra del cuesco. El cuesco se recolecta y se pesa en el formato desarrollado en cybertracker. (Hernandez, 2016; Chaparro & Angulo, 2012).

8.9 Secado del mesocarpio

El objetivo es determinar la humedad del mesocarpio tanto de frutos de palmas *E. Guinensis* y *OxG*. Con el mesocarpio seco se puede calcular la cantidad de aceite por formula o se puede utilizar para hacer la extracción por sistema *soxhlet*. (Chaparro & Romero, 2012).

8.9.1 Determinacion del mesocarpio por formula

Se determina el contenido de aceite a partir del contenido de humedad del mesocarpio, esto se logra por una correlación lineal entre la humedad del mesocarpio (HM) y aceite en el mesocarpio fresco (AMF), se logró obtener un modelo matematico de la siguiente manera .

$$AMF = 82.3 - (0.95 \times HM) \quad r^2 = 0.937 \quad (\text{Chaparro \& Angulo, 2012}) \quad (\text{formula 17})$$

Donde:

AMF: Aceite en el mesocarpio fresco

HM: humedad del meso carpio



8.9.2 Determinación de aceite en mesocarpio usando el sistema *Soxhlet*.

El proceso convencional de estimación de aceite en el mesocarpio implica el uso del sistema *Soxhlet*, en el que se pesa la cantidad de muestras que se coloca en un dedal de papel celulosa en el cuerpo del *Soxhlet*. El aceite se extrae pasando un solvente por el sistema. Luego se recolecta en el balón la mezcla de aceite-solvente. El solvente es evaporado en horno de secado dejando solo el aceite y se obtiene por diferencia de peso (Chaparro & Romero, 2012).

Para esto anteriormente se debe hacer un procedimiento adicional para la preparación de los elementos que van en el sistema, la muestra ya pesada y secada de mesocarpio se muele en una licuadora, y alrededor de 5 g de mesocarpio son colocados en el dedal, se dobla como un sobre de carta y se sella con una grapa. Los dedales sellados se colocan en un sistema *Soxhlet* ordenadamente y se realiza la extracción de aceite usando hexano como solvente durante 24 horas. Termina la extracción, se retiran los dedales del *Soxhlet* y se llevan a la cabina de extracción para eliminar parcialmente el solvente. Luego los dedales se llevan al horno a 105 grados centígrados durante 2 horas para eliminar completamente el solvente, se vuelve a pesar y se saca por diferencia de pesos (Chaparro & Romero, 2012).

Al finalizar el proceso de análisis de racimos, se toma una muestra de 300 racimos entre los cuales se encuentran palmas de G: *Guineensis* H: híbrido OxG y O: *Oleífera*, las cuales serán analizadas en 6 factores de suma importancia, 3 variables de formación y 6 variables de respuesta. Las variables de formación escogidas son peso racimo, número de espigas y fruit-set en las variables de respuesta tenemos Frutos normales a racimo, Frutos partenocárpico a racimo



Mesocarpio a racimo, Aceite total a racimo, Cuesco a fruto y almendra a fruto, dichas variables son analizadas con un programa estadístico, en el cual se hace un análisis de estadísticas descriptivas, y su Z con un coeficiente de correlación del 95%, de igual manera para un análisis interpretativo y visual se obtuvieron graficas de boxplot en las variables de respuesta agrupadas de forma correlacional entre Frutos normales a racimo – Frutos partenocárpicos a racimo, Mesocarpio a racimo – Aceite total, y Cuesco a fruto – Almendra a fruto. Y para las variables de formación se obtuvieron graficas boxplot independientes.

8. Resultados

El trabajo permitió dividir las actividades, flujos de trabajo y resultados en tres etapas, la primera relacionada con la toma de datos en el campo, la segunda en el desarrollo del proceso de análisis de racimos en su parte física en el laboratorio de Semillas y finalmente la tercera etapa en la parte química del análisis de racimos en el laboratorio de Aceites.

9.1 Etapa de campo

Las diferentes observaciones y mediciones realizadas en el campo (lotes de siembra del CEPV) mostraron como actividades principales: 1. ubicación y escaneo 1 de la palma objeto de estudio, 2 conteos de frutos sueltos en campo y 3. Escaneo y asignación de QR racimo.

9.2 Recolección de racimos en campo

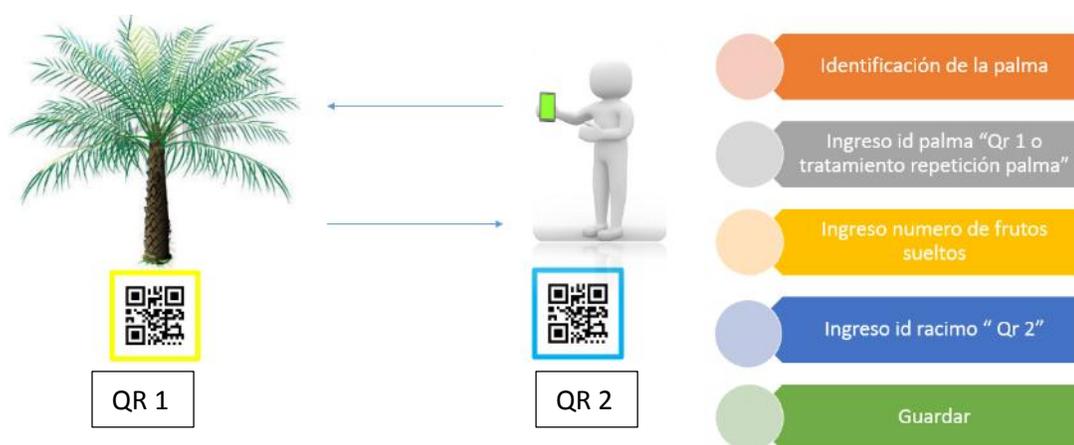


Figura 5: Proceso de escaneo en campo (Hernandez, 2016)



Como se muestra en la imagen, para la recolección de datos en campo el auxiliar deberá llevar QRar el “QR 2” con el cual identificara el racimo a analizar este QR será generado mediante base de datos por interfaz de usuario el cual generar cuantos QR sean requeridos. Una vez identificado el experimento el auxiliar de campo ingresara la información por medio del formulario digital, ingresando por nombre de usuario y posteriormente escaneando el código “QR 1” el cual es el código de identificación de la palma. De no ser identificada ingresara por formulario lote, línea, palma. Posteriormente ingresará la cantidad de frutos sueltos observados, esta información será relacionada por medio de “QR 2” el cual servirá para identificar el material en los siguientes dos subprocesos. (Hernandez, 2016).



el formulario del programa contiene la estructura descrita en la (figura 6).

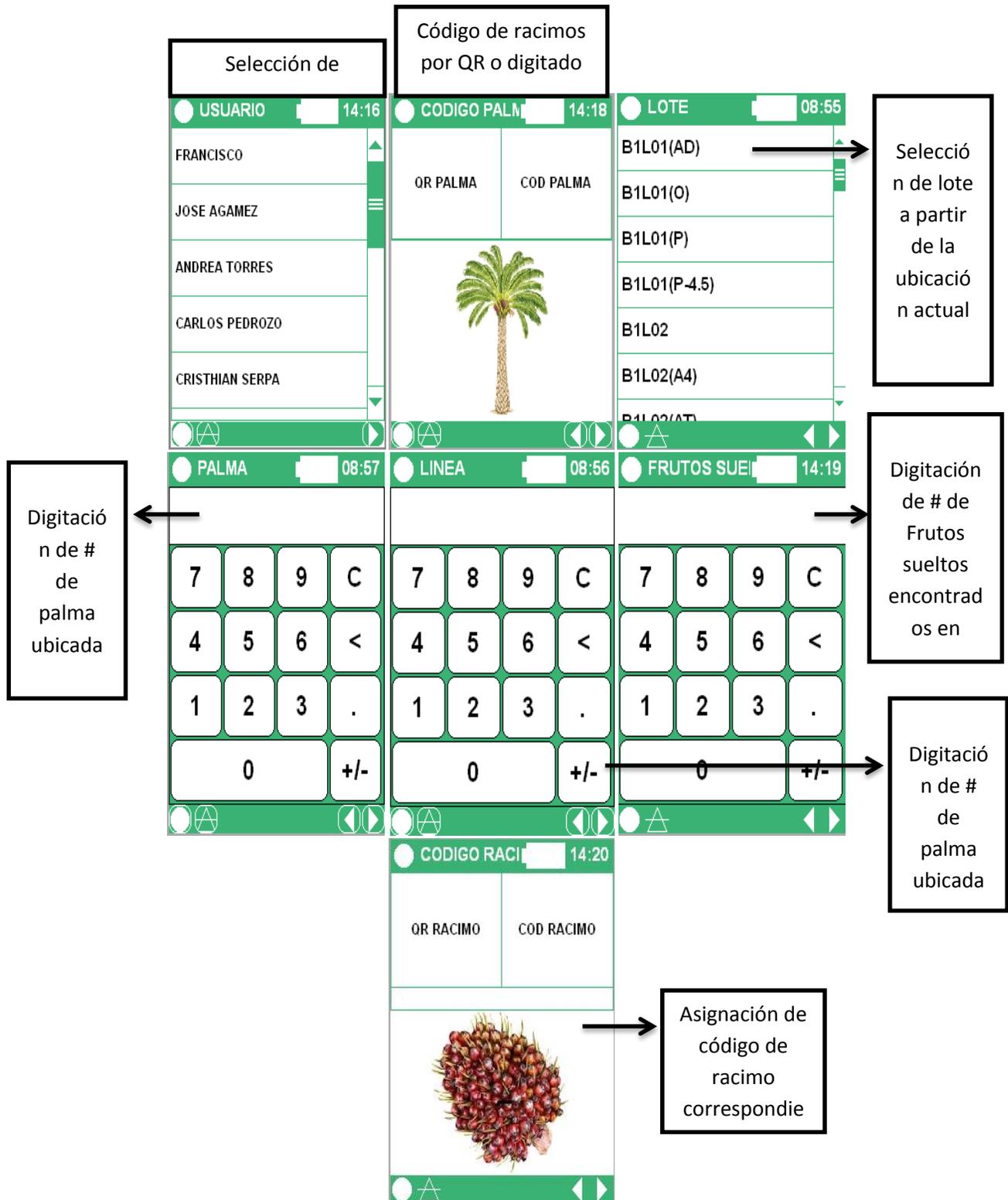


Figura 6 Estructura general análisis de racimo en campo



Antes de generar el corte del racimo debe tener en cuenta los parámetros de selección de este los cuales son tales como:

- Selección de racimos para la cosecha
- Criterios para la calificación de madurez de los racimos

9.4.1 Etapa de laboratorio de semillas

En la etapa de laboratorio de semillas el material a analizar es entregado junto con el código QR 2 asignado en campo, el cual es único para cada material o racimo, en este punto las actividades son divididas en tres fases como lo muestra la Figura 6, de igual manera es llenado un formulario (Figura 7) con la estructura adecuada para la toma de datos.

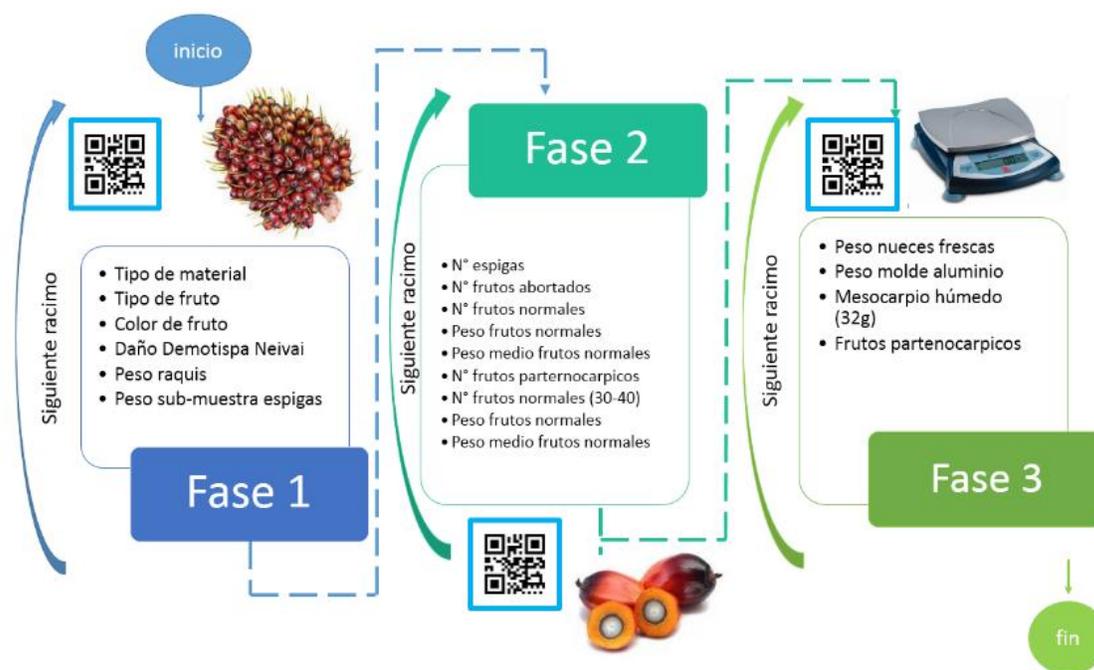


Figura 7: Identificación de actividades análisis de racimo modulo (Hernandez, 2016)

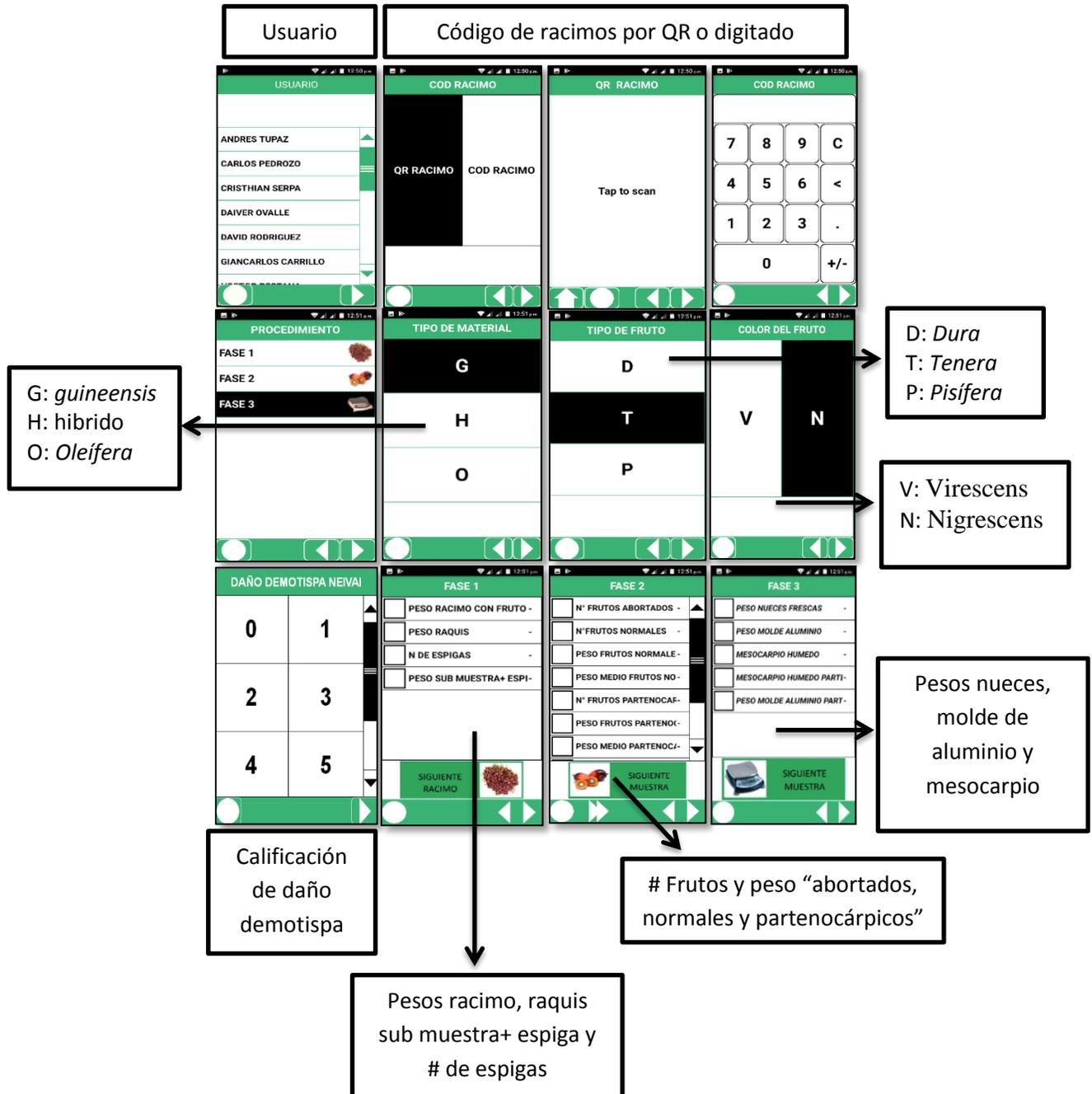


Figura 8: Formulario de toma de datos laboratorio de semillas

9.4.2 Fase 1:

Costa de la identificación del material sea *Guineensis*, *Oleífera* o *Hibrido*, el tipo de fruto que se diferencia de dura, Tendera y Pisífera. (Figura 9).

Estos datos son de importancia para la clasificación de cada material ya que la diferencia entre estos radica en el tamaño del hueso o la ausencia de este, por este motivo los tipos de fruto son usados para clasificar el contenido de aceite y el tipo de aceite, como se sabe existen dos tipos de aceite, el convencional que es extraído del mesocarpio y el de palmiztle el cual es extraído de la nuez. Otra característica física es el color de fruto como parte de la clasificación del material el cual posee puntos diferentes de maduración.

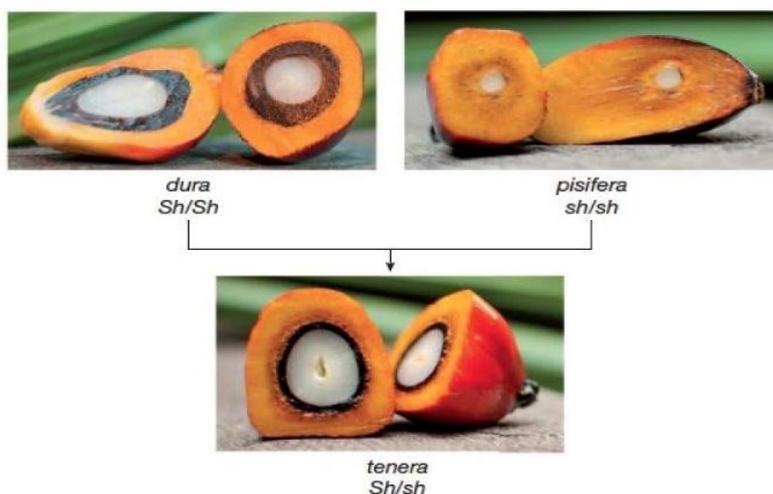


Figura 9: Tipos de frutos (Corley & Tinker, 2003)

El daño de *Demotisca Neivai*, como variable de severidad. *Demotisca neivai* Bondar (Coleoptera: Chrysomelidae) es una de las plagas de mayor importancia en el cultivo de la palma de aceite en Colombia debido al daño que causa al alimentarse de la epidermis de los frutos, como se observa en la (figura 10) (Bazurto, 2016).



Daño por
Demotisca

Figura 10: Daño por *Demotisca*, Fotografía tomada por autor

Al finalizar con la obtención y almacenamiento del tipo de material, tipo de fruto y daño por demotisca, se separa el raquis del racimo utilizando una herramienta, el raquis es pesado obteniendo un dato de diferencia de peso total y peso de este (figura 11).



Figura 11: Raquis Fotografía por autor

9.4.3 Fase 2:

En la fase dos inicia justo después de la separación del raquis, en este punto se obtienen valores tales como número de espigas, número de frutos fértiles, número de frutos abortados, número de frutos partenocárpicos, los pesos de cada uno de estos y se genera la sub muestra que consta de 30 a 40 frutos normales y partenocárpicos.

9.4.4 Numero de espigas

Se toma el número de espigas totales las cuales son pesadas como dato adicional para aplicación de fórmula matemática (ver anexo 1), (figura 12).



Figura 12: Espigas de Palma de aceite
Fotografía autor

9.4.5 Numero de Frutos normales, partenocárpicos y abortados

De igual manera son tomados el número de frutos tanto partenocárpicos, frutos normales y numero de frutos abortados. (Figura 13).

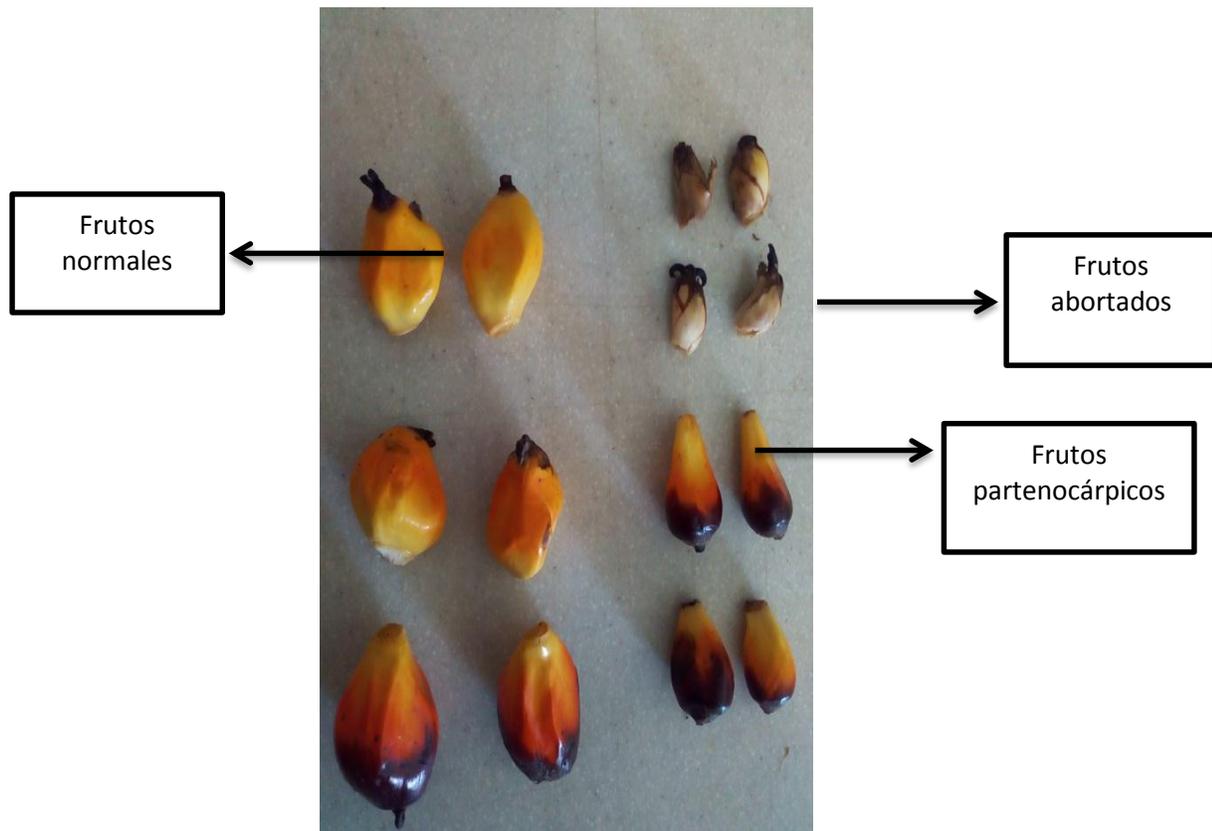


Figura 13: estado de frutos en el pedúnculo, Frutos normales, abortados y partenocárpicos
Fotografía por autor.

9.4.6 Sub-muestra de frutos normales y partenocárpicos

En la sub-muestra se toma de (30 a 40) (figura 14), tanto para partenocárpicos como para frutos normales, estos son tomados en base a un cuarteo del peso total de los frutos del racimo, se tolera un margen de error no superior al 5%, este proceso se hace con el fin de tener una pequeña muestra representativa para poder realizar la extracción del aceite en el laboratorio, los frutos abortados no son tomados en cuenta ya que no poseen ningún valor en termino de aceite.



Figura 14 Sub- muestra Fotografía por autor.



9.4.7 Fase 3:

La fase tres está enfocada en la separación del mesocarpio de la semilla, esto con el fin de facilitar los procesos del laboratorio de aceite, todo esto es basado en la sub – muestra tomada anteriormente.

Con la sub-muestra se toma cada uno de los frutos partenocárpicos y frutos normales, a los cuales se hace la extracción de la nuez del mesocarpio utilizando un cuchillo como herramienta (figura 15). Al obtener la nuez esta es pesada y se registran los datos obtenidos.



Figura 15: separación del mesocarpio de la nuez Fotografía por autor

9.5 Etapa de laboratorio de aceite

La etapa tres laboratorios de aceite consta de la extracción del aceite del mesocarpio tanto de frutos normales como de frutos partenocárpicos, por medio del método de *solbext*. De igual manera se analizan el peso de cuesco y almendra, estos datos son almacenados en un formulario utilizando el diseño de la aplicación tal formulario contiene casillas a llenar con datos obtenidos tales como lo muestra la (figura 16)



Figura 16: Formulario laboratorio de aceites

En este punto finaliza la fase de módulo de semilla, e inicia el proceso de extracción de aceite por parte del laboratorio, en laboratorio es tomada cada una de las muestras, donde se genera la separación de la nuez en cuesco y almendra utilizando un peso para realizar la operación, de esta manera se obtienen los pesos de nueces y cuescos. (Figura 17, Figura 18).



Figura 17 A. macerador para el rompimiento de la nuez, Figura 18 B. división de cuesco y almendra después del macerado

El mesocarpio húmedo de frutos normales y frutos partenocárpico, es introducido por 16 horas a 105 grados centígrados para el secado. (Figura 19)



Figura 19: horno de secado de material a 105 grados por 16 horas Fotografía tomada por autor



Este proceso se hace con el fin de detener el proceso natural de descomposición del mesocarpio y manteniendo el aceite, de esta manera se detiene el proceso enzimático.

El mesocarpio ya seco es licuado, se pesa el papel de celulosa y se toma el peso de estos dos. Ya obtenido los dedales se inicia el proceso de llenado del *solbext* donde tiene una capacidad máxima de 150 dedales, se introduce el hexanol y se genera la extracción del aceite por temperatura.



Figura 20: *soxhlet* en proceso de extracción del aceite, Fotografía tomada por autor

9.6 Datos recolectados del proceso de Análisis de racimos

Después de identificar las actividades de cada proceso, diseñar los diagramas de flujos de trabajo, sistematizar los formularios digitales y utilizar los códigos únicos QR para escanear la información específica de cada palma se procede a realizar el análisis de racimos, obteniendo la información que se describe a continuación.



La tabla 1 muestra los resultados de los tres Genotipos (*Oleífera*, Híbrido y *Guineensis*) cada uno con 10 muestras, donde el peso del racimo, número de espigas y formación de racimo (fruit-set) son los primeros parámetros que se obtienen.

Tabla 1: Parámetros de formación de racimos, de tres genotipos (*Oleífera*, Híbrido y *Guineensis*) diferentes.

Consecutivo	Material	Peso racimo	# espigas	Fruit-set
1	G	25,2	20	76,3
2	G	24,0	34	73,7
3	G	25,2	33	29,7
4	G	29,9	24	56,9
5	G	13,2	30	74,7
6	G	32,9	23	89,0
7	G	39,1	25	58,8
8	G	29,6	25	83,3
9	G	20,6	35	76,1
10	G	12,9	22	74,7
80	H	11,6	21	48,2
81	H	12,2	7	46,3
82	H	15,5	12	60,4
83	H	30,6	19	60,0
84	H	13,9	13	65,1
85	H	24,3	18	72,3
86	H	24,4	20	42,4
87	H	26,6	26	65,3
88	H	22,6	16	50,1
89	H	12,2	17	57,8
90	H	21,3	23	50,1
10	O	16,4	21	36,8
11	O	5,9	30	80,3
12	O	14,2	20	76,0
13	O	6,8	27	79,9
14	O	14,3	11	48,2
15	O	14,9	24	76,1
16	O	10,6	37	27,4
17	O	18,0	15	88,5
18	O	12,9	18	99,0
19	O	9,2	16	96,5
20	O	7,4	24	98,7



La tabla 2 muestra los resultados de los tres Genotipos (*Oleífera*, Híbrido y *Guineensis*) cada uno con 10 muestras, donde Frutos normales a racimo (formulas 14 y 16), Frutos partenocárpicos a racimo y Mesocarpio a Fruto (formulas 3 y 8), Aceite total a racimo (formula 11), cuesco a fruto (formula 18) y Almendra a fruto (formula 19). Son los principales parámetros que se obtienen en la selección de material genético.

Tabla 2: Parámetros de selección de racimos, de tres genotipos diferentes.

Consecutivo	Material	Frutos normales a racimo, %	Frutos partenocárpicos a racimo %	Mesocarpio a Fruto %	Aceite total en racimo, %	cuesco a fruto %	Almendra a Fruto %
1	G	67,2	67,2	57,3	21,2	29,8	8,1
2	G	74,9	74,9	57,3	19,4	29,8	13,9
3	G	62,8	62,8	45,4	14,2	33,7	9,7
4	G	62,8	62,8	47,7	28,2	35,3	4,6
5	G	62,6	62,6	77,6	14,9	14,3	8,7
6	G	71,9	71,9	50,7	30,8	33,5	6,5
7	G	65,6	65,6	73,9	17,3	15,9	12,9
8	G	65,4	65,4	46,7	15,5	32,2	7,3
9	G	67,5	67,5	54	23,4	33,5	10,4
10	G	69,3	69,3	64,7	14,3	19,6	12,2
80	H	37,2	42,3	84,6	14,7	11,1	3,5
81	H	17,3	41	72,7	21	17,8	0,7
82	H	27,3	46	78	21,5	17,7	3,5
83	H	12,6	60,6	71	30,1	16,7	1
84	H	0	0	82,4	0	10	0
85	H	19,1	40,4	58	19,4	31,5	1,4
86	H	14,5	57,4	77,3	27,3	15,2	0,6
87	H	25,4	63,4	82,7	28,4	12,9	1,6
88	H	49,9	72,1	81,3	24,5	12,7	5,3
89	H	28,3	48,7	56,1	22,7	32,7	1,8
90	H	11,4	42,9	79,4	20,6	14,2	0,7
1	O	17,4	61,3	46	16,5	27,2	-0,2
2	O	41,1	67,4	48,8	11,6	28,4	0,2
3	O	37	71,2	54,6	7,3	44,3	1,3
4	O	31,6	68,4	60,5	11,4	13,9	2,5



5	O	15,1	56,1	54,4	18,8	39,6	1,4
6	O	65,1	83,2	45,7	13,7	46,6	7,2
7	O	36,2	75,3	46,3	4,7	34,8	4
8	O	7,5	55,5	63,1	7,8	23,5	0,8
9	O	6,4	57,8	47,2	13,7	33,4	0,4
10	O	56,4	69,4	30,7	10,2	27,3	2,2

10.7 Análisis estadísticos descriptivos de los principales parámetros de selección

La sistematización del proceso de análisis de racimos permitió tener la información recolectada de manera eficiente en el tiempo real, a continuación, se indican los parámetros de selección más utilizados en el programa de Mejoramiento Genético de Cenipalma con la estadística descriptiva de sus componentes.

Tabla 3: Estadística descriptiva número de espigas

Genotipo	N	Numero de Espigas					
		Media	Desv. Estándar	coeficiente de Variación	máximos	Mínimos	IC de 95%
<i>Guineensis</i>	100	27,7	9,339	33,72	50	0	25,87 29,53
Hibrido	93	18,376	5,173	28,15	37	7	17,325 19,427
<i>Oleifera</i>	100	25,34	9,278	36,61	48	7	23,522 27,158

En la tabla tres se muestra el comportamiento del parámetro número de espigas para los genotipos analizados o evaluados; el valor promedio más alto se presentó en el genotipo *Guinenensis* con 27.7, con un intervalo de confianza entre 25.8 a 29.5, seguido del genotipo *Oleifera* con un valor de 25.3, con un intervalo de confianza entre 23.5 a 27.1, y finalmente el valor promedio más bajo para este parámetro lo presento en genotipo Hibrido con 18.3 espigas con un intervalo de confianza entre 17.3 a 19.4 número de espigas . El número de muestras analizadas estuvo entre 93 y 100.



Tabla 4: Estadística Descriptiva Peso del Racimo

Genotipo	N	Media	Desv. Estándar	Peso Racimo				
				coeficiente de Variación	Máximos	mínimo s	IC de 95%	
<i>Guineensis</i>	100	22,475	9,021	40,14	42,3	5,9	20,707	24,243
Hibrido	93	18,417	5,281	28,67	31	7,5	17,344	19,49
<i>Oleífera</i>	100	10,871	3,961	36,44	19,7	3,5	10,095	11,647

En la tabla cuatro se muestra el comportamiento del parámetro peso de racimo para los genotipos analizados o evaluados; el valor promedio más alto se presentó en el genotipo *Guineensis* con 22.4 Kg, con un intervalo de confianza entre 20.7 a 24.2 Kg, seguido del genotipo Hibrido con un valor de 18.4 Kg, con un intervalo de confianza entre 17.3 a 19.4 Kg, y finalmente el valor promedio más bajo para este parámetro lo presento en genotipo *Oleífera* con 10.8 Kg con un intervalo de confianza entre 10 a 11.6 Kg. El número de muestras analizadas estuvo entre 93 y 100.

Tabla 5: Estadística Descriptiva parámetro Fruit-set (formula 12)

Genotipo	N	Media	Desv. Estándar	Fruit-set				
				coeficiente de Variación	Máximos	mínimos	IC de 95%	
<i>Guineensis</i>	100	62,18	17,43	28,03	95,94	4,26	58,76	65,6
Hibrido	93	50,97	18,7	36,68	96,59	0	47,17	54,77
<i>Oleífera</i>	100	73,46	20,15	27,43	99,51	0	6,51	77,41

En la tabla cinco se muestra la estadística descriptiva para cada genotipo en el parámetro peso de Fruit-set utilizando la (formula 12), en donde los promedios para *Guineensis* fue de 62.18%,



para híbrido de 50.97% y para *oleífera* de 73.46%. Los valores máximos los presento el genotipo *oleífero* con 73.46 % frutos polinizados de 100 muestras y el valor mínimo para híbrido con 50.97% frutos polinizados de 93 muestras.

Tabla 6: Estadística descriptiva de porcentaje de frutos normales a racimo. (formula 14 y 16)

Frutos Normales a racimo (%)								
Genotipo	N	Media	Desv. Estándar	coeficiente de Variación	Máximos	mínimo s	IC de 95%	
<i>Guineensis</i>	100	64,597	5,403	8,36	80,208	49,424	63,538	65,656
Híbrido	93	32,59	13,31	40,85	56,2	0	29,88	35,3
<i>Oleífera</i>	100	38,18	18,92	49,56	70,3	4,62	31,47	38,89

En la tabla seis se muestra la estadística descriptiva para cada genotipo en el parámetro Frutos normales a racimo (%), en donde los promedios para *Guinenensis* fue de 64.5%, para híbrido de 32.59% y para *oleífera* de 38.18%. Los valores máximos los presento el genotipo *Guinenensis* con 80.20% Frutos normales de 100 muestras y el valor mínimo para Híbrido con 0 frutos normales de 93 muestras.

Tabla 7: Estadística descriptiva Cuesco a fruto % (formula 18)

Cuesco a Fruto %								
Genotipo	N	Media	Desv. Estándar	coeficiente de Variación	máximos	mínimos	IC de 95%	
<i>Guineensis</i>	100	32,799	7,808	23,81	51,22	14,287	31,269	34,329
Híbrido	93	18,578	6,475	34,86	32,683	10,014	17,262	19,894
<i>Oleífera</i>	100	36,827	8,098	21,99	52,109	0	35,24	38,414



En la tabla siete se muestra la estadística descriptiva para cada genotipo en el parámetro cuezo a fruto (%), en donde los promedios para *Guinenensis* fue de 32.7%, para híbrido de 18.57% y para *oleífera* de 36.82%. Los valores máximos los presento el genotipo *Oleífera* con 52.10% de cuezo de 100 muestras y el valor mínimo para Híbrido con 32.68% cuezo de 93 muestras.

Tabla 8: Estadística Frutos Partenocárpicos a racimo % (formula 14 y 16)

Frutos Partenocárpicos a racimo %								
Genotipo	N	Media	Desv. Estándar	coeficiente de Variación	máximos	mínimos	IC de 95%	
<i>Guineensis</i>	100	64,597	5,403	8,36	80,208	49,424	63,538	65,656
Híbrido	93	52,67	10,1	19,18	72,08	0	50,62	54,72
<i>Oleífera</i>	100	67,56	11,47	16,97	84,98	35,6	65,31	69,81

En la tabla ocho se muestra la estadística descriptiva para cada genotipo en el parámetro Frutos partenocárpicos a racimo (%), en donde los promedios para *Guinenensis* fue de 64.59%, para híbrido de 52.67% y para *oleífera* de 67.56%. Los valores máximos los presento el genotipo *oleífero* con 84.98% Frutos partenocárpicos de 100 muestras y el valor mínimo para Híbrido con 0 % Frutos partenocárpicos de 93 muestras.

Tabla 9: Estadística descriptiva Almendra a racimo total (%) (formula 19)

almendra a Fruto total %								
N	Media	Desv. Estándar	coeficiente de Variación	máximos	mínimos	IC de 95%		
100	8,965	3,144	35,07	15,903	0,537	8,349	9,581	
93	2,787	1,795	64,39	6,411	0	2,422	3,152	
100	4,374	3,723	85,1	29,747	0,155	3,644	5,104	



En la tabla nueve se muestra la estadística descriptiva para cada genotipo en de Almendra a Fruto (%), en donde los promedios para *Guinenensis* fue de 8.96%, para híbrido de 2.78% y para *oleífera* de 4.37%. Los valores máximos los presento el genotipo *Guinenensis* con 15.9% de almendra a racimo de 100 muestras y el valor mínimo para Híbrido con 6.4 % de almendra a racimo de 93 muestras.

Tabla 10: Estadística Aceite Total en Racimo (%) (formulas 3 y 8)

Mesocarpio a racimo%								
Genotipo	N	Media	Desv. Estándar	coeficiente de Variación	Máximos	mínimos	IC de 95%	
<i>Guineensis</i>	100	52,238	8,424	16,13	77,563	35,321	50,587	53,889
Híbrido	93	72,41	10,05	13,88	85,74	29,58	70,37	74,45
<i>Oleífera</i>	100	50,942	7,943	15,59	68,357	27,404	49,385	52,499

En la tabla 10 se muestra la estadística descriptiva para cada genotipo en Mesocarpio a racimo (%), en donde los promedios para *Guinenensis* fue de 52.23%, para híbrido de 72.41% y para *oleífera* de 50.94%. Los valores máximos los presento el genotipo híbrido con 85.74% de mesocarpio a racimo de 93 muestras y el valor mínimo para *Oleífera* con 27.40 % de mesocarpio a racimo de 100 muestras.

Tabla 11: Estadística Aceite total a Racimo (%) (formula 11)

Aceite Total en Racimo %								
Genotipo	N	Media	Desv. Estándar	coeficiente de Variación	máximos	mínimos	IC de 95%	
<i>Guineensis</i>	100	18,495	4,532	24,51	30,822	9,643	17,607	19,383
Híbrido	93	21,964	4,595	20,92	30,167	0	21,03	22,898
<i>Oleífera</i>	100	8,831	3,299	37,36	18,813	1,195	8,184	9,478

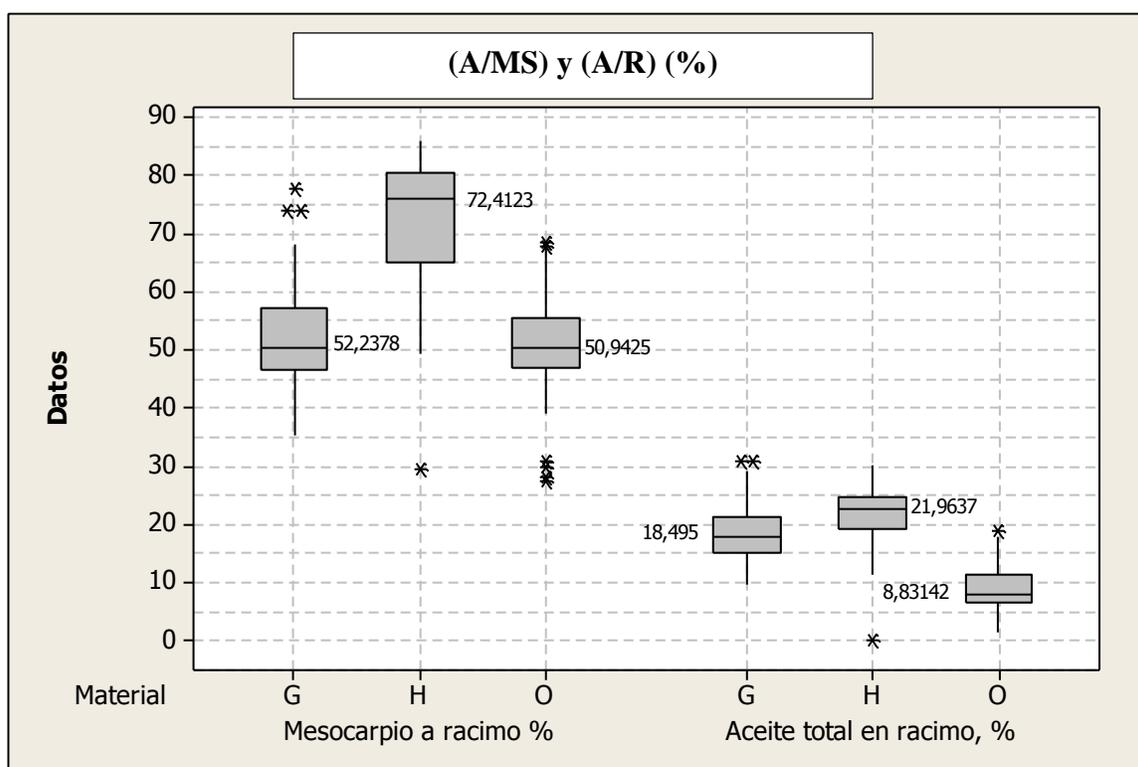


En la tabla 11 se muestra la estadística descriptiva para cada genotipo en Aceite Total en Racimo (%), en donde los promedios para *Guinenensis* fue de 18.49%, para híbrido de 21.96% y para *oleífera* de 8.83%. Los valores máximos los presentó el genotipo *Guinenensi* con 30.82% de Aceite total a racimo de 100 muestras y el valor mínimo para híbrido con 0 % de aceite total de 100 muestras



10. Análisis de resultados

10.1 Graficas de variables de respuesta

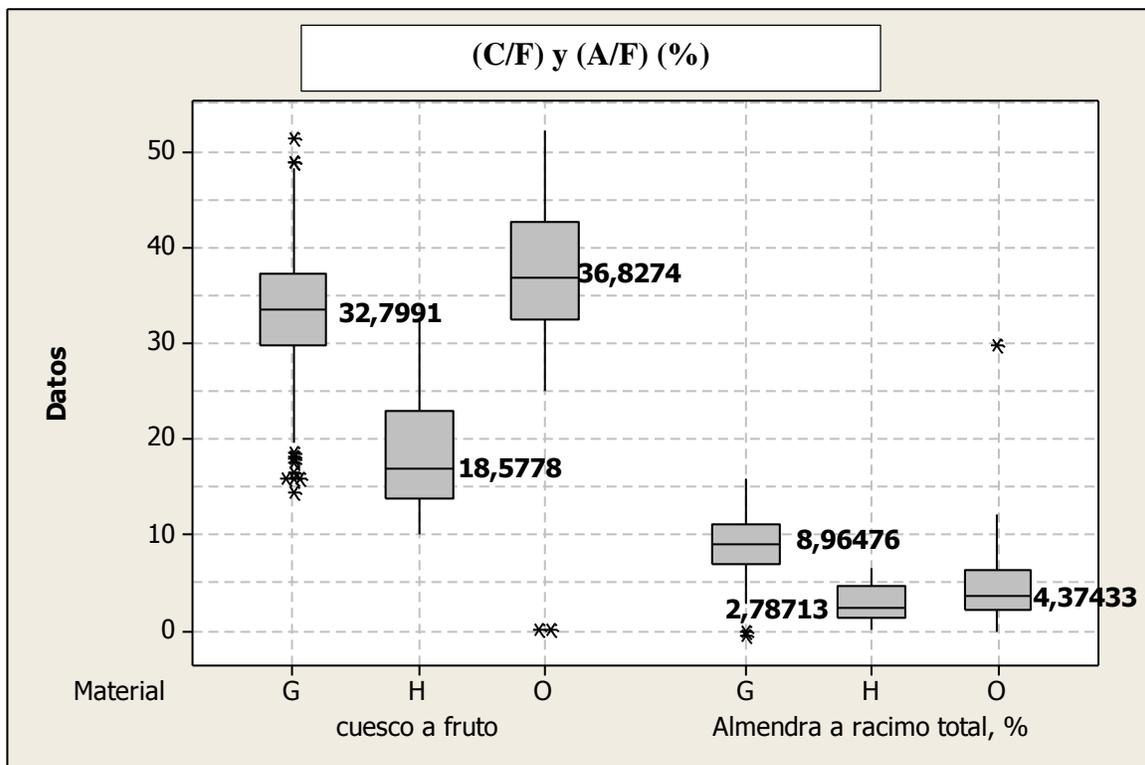


Gráfica 1: Porcentaje de aceite a mesocarpio seco (A/MS), porcentaje de aceite a racimo (A/R).

En la presente grafica 1 se muestra la distribución y dispersión de los valores del contenido de aceite a mesocarpio seco y el contenido de aceite a racimo total, las cajas o boxplot presentan el comportamiento de 100 muestras para cada genotipo. Para el caso de *Guineensis* el porcentaje de aceite a mesocarpio seco (A/MS) tuvo un promedio de 52.2% con unos valores entre 77.5% y 35.3%, siendo los valores más altos los que representan las palmas con mayor potencial de selección para este parámetro, ya que los progenitores masculinos y femeninos son seleccionados



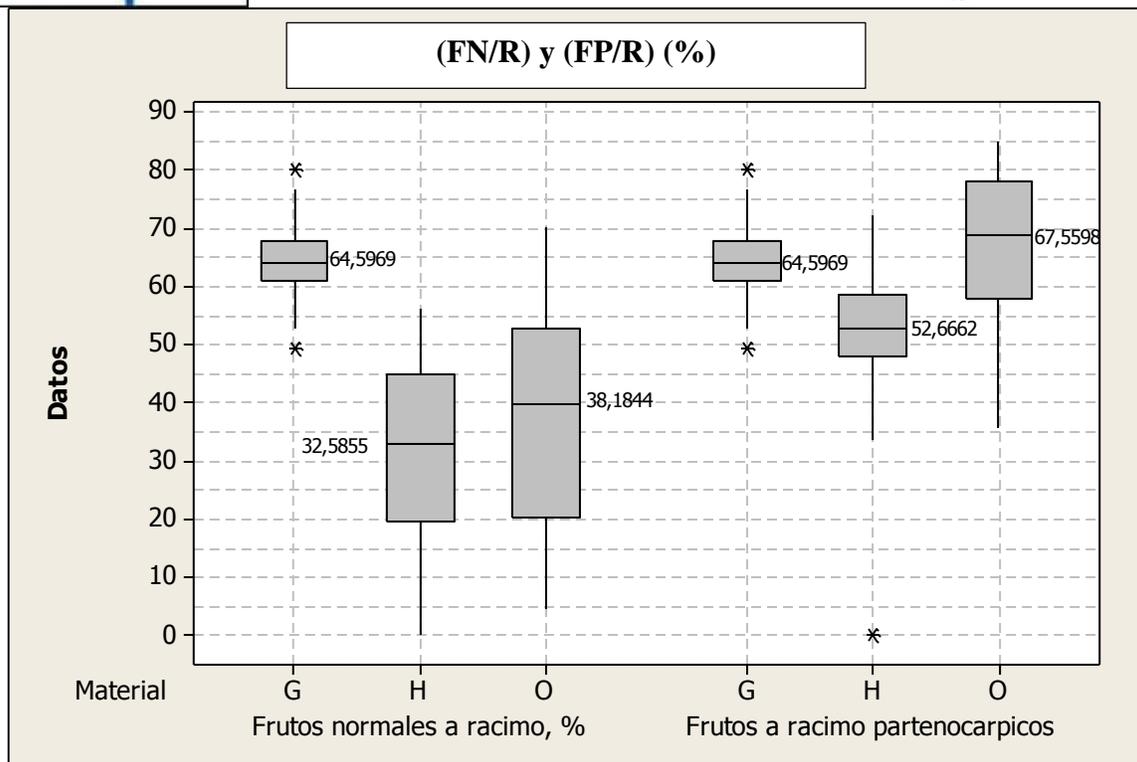
principalmente con su cantidad de aceite. Para el genotipo *Oleifera* el porcentaje de aceite a mesocarpio seco (A/MS) tuvo un promedio de 50.9% con unos valores entre 70% 40% ,hay que tener en cuenta que la cantidad de aceite en mesocarpio seco para este genotipo es mucho menor al comparar con *Guieensis*, ya que estas palmas son nativas de América y el mejoramiento genético en ellas tiene pocos ciclos de selección, presenta los resultados del OxG con un valor medio de 72.4 % El genotipo Híbrido es la combinación de los genotipos *Oleifera* por *Guineensis* obteniendo en su progenies características heredadas de los dos progenitores, por lo tanto los valores de (A/MS)



Gráfica 2: Porcentaje de cuesco a fruto (C/F) y porcentaje de almendra a fruto (A/F).



En la presente grafica 2 se muestra el comportamiento de cuesco a almendra y a racimo total, los valores de las cajas o boxplot representan el promedio de 100 muestras para cada genotipo. Para el caso de *Guineensis* el promedio de C/F fue de 32.79% con unos valores máximos 51.22% y mininos de 14.28% con unos intervalos de confianza que están entre 31.26% y 34.32% con 96% de probabilidad estadística, en el caso del hibrido el promedio de C/F fue de 18.57% con unos valores máximos 32.68% y mininos de 10.01% con unos intervalos de confianza que están entre 17.26% y 19.89% con 95% de probabilidad estadística, en el caso del *Oleífera* el promedio de C/F fue de 36.82% con unos valores máximos 52.10% y mininos de 0% con unos intervalos de confianza que están entre 35.24% y 38.41% con 95% de probabilidad estadística, y para el comportamiento del porcentaje de almendra a fruto los valores de las cajas o boxplot representan el promedio de 100 muestras para cada genotipo. Para el caso de *Guineensis* el promedio de (A/F) fue de 3.14 % con unos valores máximos 15.9% y mininos de 0.53% con unos intervalos de confianza que están entre 8.34% y 9.58% con 95% de probabilidad estadística, en el caso del hibrido el promedio de (A/F) fue de 2.78% con unos valores máximos 6.41 % y mininos de 0 % con unos intervalos de confianza que están entre 2.42% y 3.15% con 95% de probabilidad estadística, en el caso del *Oleífera* el promedio de (A/F). Fue de 4.3% con unos valores máximos 29.74% y mininos de 0.15 % con unos intervalos de confianza que están entre 3.6% y 5.10% con 95% de probabilidad estadística, si mi objetivo de producción es obtener aceite rojo se recomienda el genotipo hibrido por los bajos niveles de cuesco y nuez que posee como se sabe el aceite rojo es extraído del mesocarpio, si mi interés de producción es obtener aceite de palmistle, se recomienda el genotipo *Guineensis* por poseer el mayor porcentaje de nuez, de igual manera según el mercado actual el aceite de palmistle no es rentable referente al volumen de producción y costo.



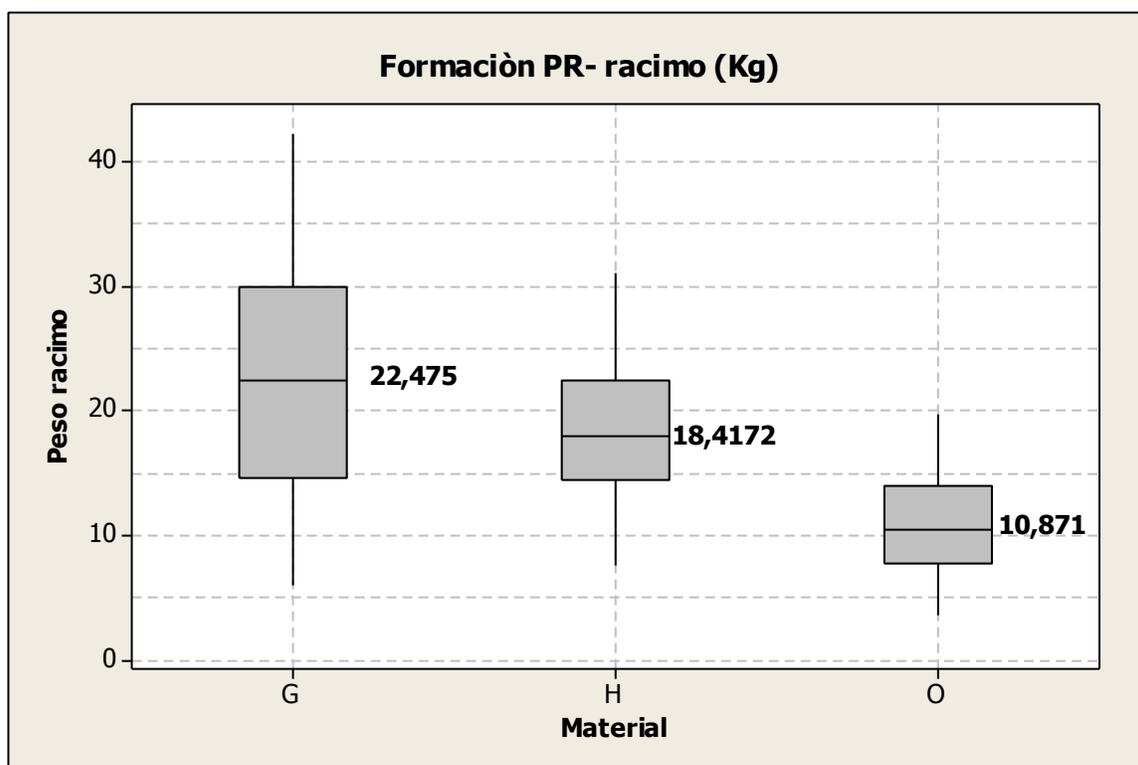
Gráfica 3: Porcentaje de frutos normales a racimo (FN/R) y porcentaje de frutos partenocárpicos a racimo (FP/R).

En la presente grafica 3 se muestra el comportamiento de Frutos normales a Partenocárpicos y a racimo total, los valores de las cajas o boxplot representan el promedio de 100 muestras para cada genotipo. Para el caso de *Guineensis* el promedio de FN/R fue de 64.59% con unos valores máximos 80.20% y mininos de 49.42% con unos intervalos de confianza que están entre 63.53% y 65.65% con 95% de probabilidad estadística, en el caso del híbrido el promedio de FN/R fue de 32.59% con unos valores máximos 56.2% y mininos de 0% con unos intervalos de confianza que están entre 29.88% y 35.3% con 95% de probabilidad estadística, en el caso del *Oleífera* el promedio de FN/R fue de 38.18% con unos valores máximos 70.3% y mininos de 4.62% con



unos intervalos de confianza que están entre 31.47% y 38.89% con 95% de probabilidad

estadística, y para el comportamiento del porcentaje de almendra a fruto los valores de las cajas o boxplot representan el promedio de 100 muestras para cada genotipo. Para el caso de *Guineensis* el promedio de (FP/R) fue de 64.59% con unos valores máximos 80.20% y mínimos de 49.42% con unos intervalos de confianza que están entre 63.53% y 65.65% con 95% de probabilidad estadística, en el caso del híbrido el promedio de (FP/R) fue de 52.67 % con unos valores máximos 72.08 % y mínimos de 0 % con unos intervalos de confianza que están entre 50.62% y 54.72 % con 95% de probabilidad estadística, en el caso del *Oleífera* el promedio de (FP/R) fue de 67.56% con unos valores máximos 84.98% y mínimos de 35.6 % con unos intervalos de confianza que están entre 65.31% y 68.81% con 95% de probabilidad estadística, el número de frutos a racimo me da un valor de suma importancia dependiendo de mi interés en producción si es la extracción de aceite es recomendable tener mayor número de frutos partenocárpicos por los valores de mesocarpio a fruto que posee, ya que estos frutos no tienen nuez y cuesco no ocupa espacio dentro de este, por ese motivo posee una mayor cantidad de mesocarpio y más contenido de aceite, de igual manera el genotipo híbrido posee valores inferiores en producción de frutos normales, y con los datos anteriores de obtención de % de aceite sería la mejor opción si se utiliza para la producción de aceite rojo.

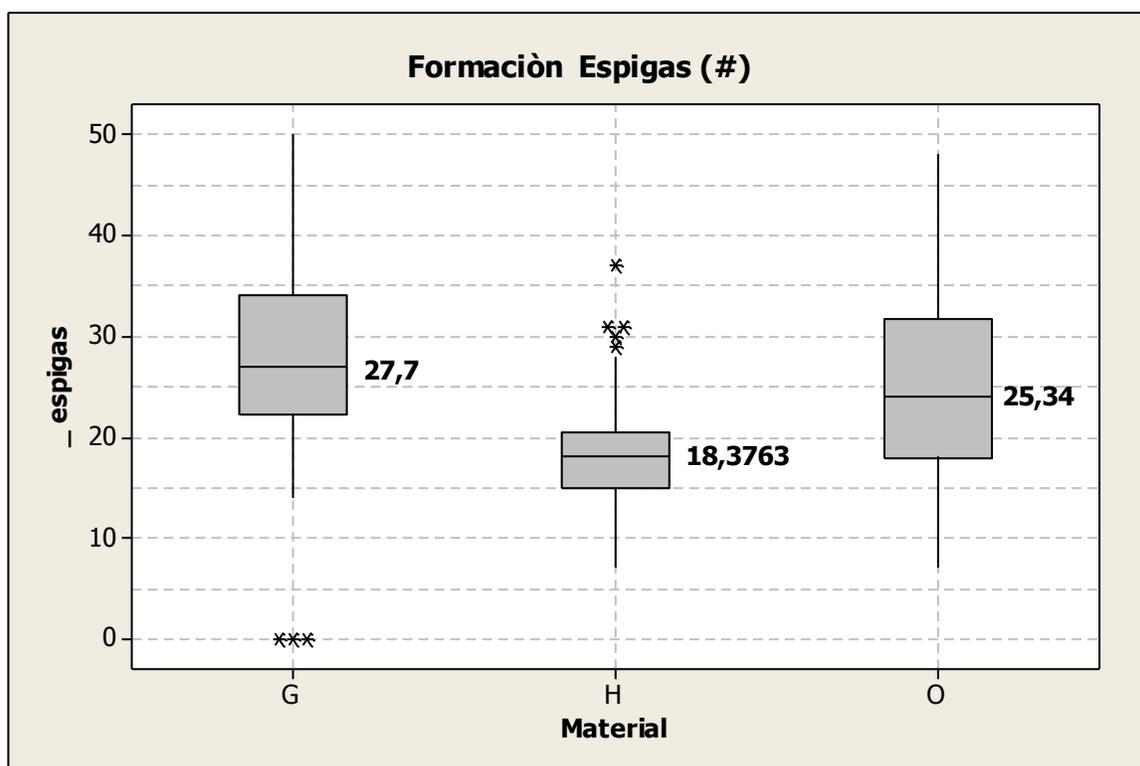


Gráfica 4: Peso Racimo (PR)

En la presente grafica 4 se muestra el comportamiento de peso a racimo total, los valores de las cajas o boxplot representan el promedio de 100 muestras para cada genotipo. Para el caso de *Guineensis* el promedio de PR fue de 22.47 Kg con unos valores máximos 42.3Kg y mininos de 5.9Kg con unos intervalos de confianza que están entre 20.7Kg y 24.2Kg con 95% de probabilidad estadística, en el caso del híbrido el promedio de PR fue de 18.41Kg con unos valores máximos 31Kg y mininos de 7.5Kg con unos intervalos de confianza que están entre 19.49Kg y 17.34Kg con 95% de probabilidad estadística, en el caso del *Oleífera* el promedio de PR fue de 10.8Kg con unos valores máximos 19.7Kg y mininos de 3.5Kg con unos intervalos de confianza que están entre 10Kg y 11.64Kg con 95% de probabilidad estadística, obteniendo un



mejor desempeño el genotipo *Guineensis*, con un mayor peso ya que este posee mayor número de frutos normales, lo que se añade el peso de semilla a diferencia del genotipo Híbrido el cual posee un mayor número de frutos partenocarpicos.

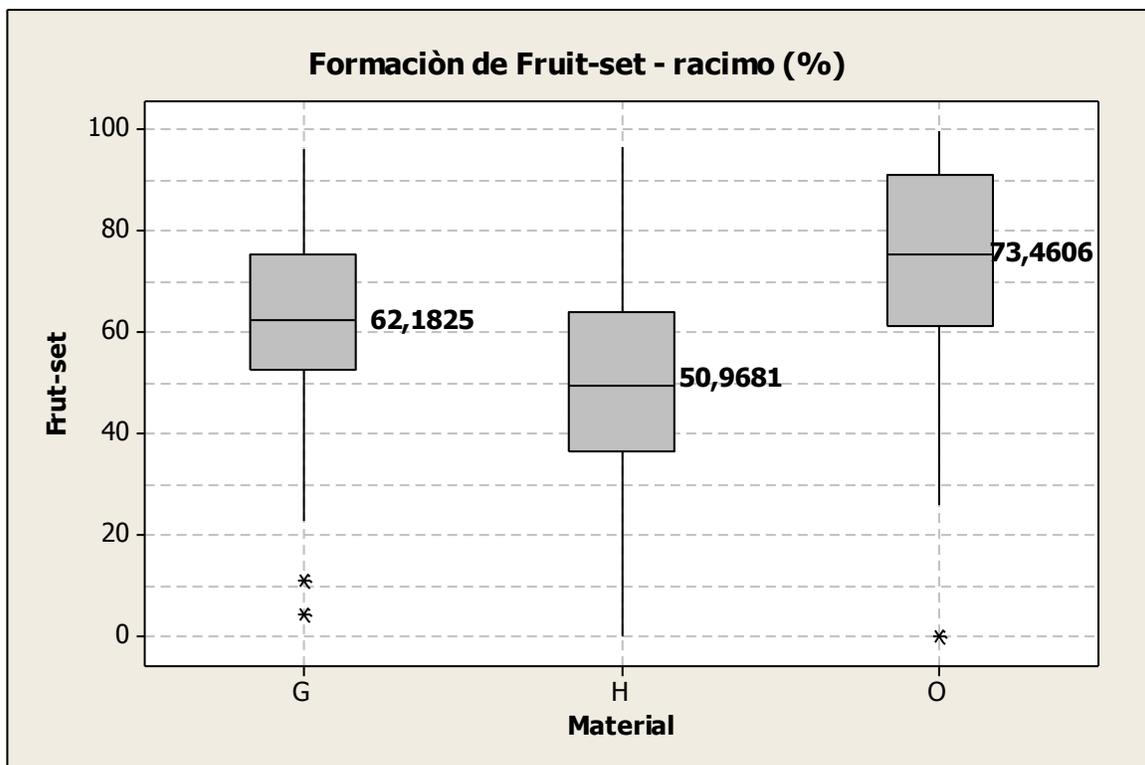


Gráfica 5: número de espigas

En la presente grafica 5 se muestra el comportamiento de número de espigas total, los valores de las cajas o boxplot representan el promedio de 100 muestras para cada genotipo. Para el caso de *Guineensis* el promedio de # Espigas fue de 27.7 con unos valores máximos 50 y mininos de 0 con unos intervalos de confianza que están entre 25.87% y 29.53% con 95% de probabilidad estadística, en el caso del híbrido el promedio de # Espigas fue de 18.37 con unos valores máximos 37 y mininos de 7 con unos intervalos de confianza que están entre 17.32% y 19.42%



con 95% de probabilidad estadística, en el caso del *Oleífera* el promedio de # Espigas fue de 25.34 con unos valores máximos 48 y mínimos de 7 con unos intervalos de confianza que están entre 23.52% y 27.15% con 95% de probabilidad estadística, de esta manera tenemos un mayor desempeño en número de espigas para para el genotipo *Guineensis* como se sabe el número de espigas determina el número de frutos dentro de un racimo, de igual manera al poseer mayor número de frutos estos serán de menor tamaño.



Gráfica 6: Fruit-set

En la presente grafica 6 se muestra el comportamiento del porcentaje de Frutos polinizados totales, los valores de las cajas o boxplot representan el promedio de 100 muestras para cada genotipo. Para el caso de *Guineensis* el promedio del porcentaje de frutos fue de 62.18% con unos valores máximos 95.94% y mínimos de 4.26% con unos intervalos de confianza que están



entre 58.76% y 65.6 % con 95% de probabilidad estadística, en el caso del híbrido el promedio del porcentaje de frutos polinizados fue de 50.97% con unos valores máximos 95.94% y mínimos de 0 con unos intervalos de confianza que están entre 47.17% y 54.77% con 95% de probabilidad estadística, en el caso del *Oleífera* el promedio del porcentaje de frutos polinizados fue de 73.46% con unos valores máximos 99.51 y mínimos de 0 con unos intervalos de confianza que están entre 65.1% y 77.41% con 95% de probabilidad estadística, en fruit-set o formación de frutos normales el que mayor desempeño fue el genotipo *Oleífera*, en términos de aceite si queremos un mayor desempeño en el momento de la extracción es de suma importancia los frutos partenocárpicos ya que estos al no poseer nuez y cuesco (semilla) contiene un mayor % de mesocarpio lo que influye en la cantidad de aceite obtenido.



11. CONCLUSIONES

- Se logró mediante las herramientas digitales la sistematización de los análisis de racimo con la creación de flujos de trabajo “formularios” bien estructurados que muestran paso a paso las diferentes actividades de cada proceso.
- Se determinó el flujo de trabajo para cada actividad mediante la creación del formulario digital facilitando el llenado de información base y la claridad de los datos obtenidos en el trabajo.
- En la parte física de análisis de racimos: peso racimo tuvo un comportamiento de mayor peso para genotipos *Guineensis* con valores medios de 22.47 kg, para Híbrido con un comportamiento medio entre los 3 con valores medios de 18.4Kg y *oleíferas* con el menor desempeño con valores medios de 10.8 Kg ,en número de espigas obtuvo un mayor desempeño para *Guineensis* con valores medios de 27 número de espigas, para híbrido con el menor desempeño con valores medios de 18 espigas y *oleífera* con un desempeño medio entre los 3 con valores de 25 espigas, Frutos Normales Frutos Partenocárpicos el genotipo *Guineensis* tuvo el mejor desempeño de los 3 con valores promedios de 64%, los híbridos con menor desempeño y *oleíferas* con un desempeño medio entre los 3.
- Para la parte química del proceso de análisis de racimo, los parámetros de aceite a racimo, para el genotipo *Guineensis* presento un valor promedio de 18.49% de aceite, para el genotipo Híbrido con un valor promedio de 21.9% de aceite y para el genotipo *Oleífera* el



menor valor promedio con 8.83% de aceite. Y para el aceite a mesocarpio, para el genotipo *Guineensis* el promedio de (A/MS) fue de 52.23% de aceite y para el genotipo Híbrido el promedio de (A/MS) fue de 72.41% de aceite y para el genotipo *Oleífera* el promedio de (A/MS), fue de 50.94% de aceite, con el menor rendimiento en producción de aceite.

- Con los valores obtenidos en la totalidad del experimento se puede concluir que si el objeto de producción es aceite rojo, se recomienda la utilización del genotipo Híbrido, ya que este posee un valor medio de producción de aceite y un número inferior de frutos normales obteniendo una mayor producción de este, si el objetivo de producción es semillas o aceite de palmistle, se recomienda la utilización de genotipo *Guineensis*, ya que tiene un valor alto de producción de aceite, de igual manera un valor alto en la producción de nuez de semilla.



12. Bibliografía

- Adam. (2005). Reproductive developmental complexity in the African oil palm (*Elaeis guineensis*). *American Journal of Botany*.
- Chaparro, F. P., & Angulo, H. M. (2012). *Muestreo y análisis de racimos en el cultivo de la palma de aceite*. Bogota D.C : Javegraft.
- Chaparro, F., & Romero, H. (2012). *Muestreo y análisis de racimos en el cultivo de la palma de aceite*. Bogota Colombia: Fedepalma.
- Corley, & Tinker. (2003). *The oil palm*. Oxford: Blackwell Science Ltd.
- Diana hernández, p. m. (2012). *Generalidades sobre la morfología y fenología de la palma de aceite*. bogota colombia: cenipalma.
- Dransfield, J. (2008). *The evolution and classification of palms*. chicago: University of Chicago.
- Fedepalma. (2001). *la palma africana en colombia apuntes y memorias*. Bogota colombia: icolgraf.



- Fedepalma. (2016). *la agroindustria de la palma de aceite en colombia*. bogota colombia: Icolgraf.
- Hernandez, N. P. (2016). *DISMINUCIÓN DE ERRORES EN EL REGISTRO DE PRODUCCIÓN EN EL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE LA PALMA DE ACEITE EN CENIPALMA, BARRANCABERMEJA-SANTANDER*. Barrancabermeja.
- Hormaza, P., D. Forero, R. Ruiz y H. Romero. 2010. *Fenología de la palma de aceite africana (Elaeis guineensis Jacq.), y del híbrido interespecífico (Elaeis oleífera [Kunt] x Elaeis guineensis [Jacq])*. Primera Edición. Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación – Colciencias y Centro de investigación en palma de aceite – Cenipalma, Bogotá D.C.
- Michel Ciro Hoyos, V. O. (2014). Uso de dispositivos móviles para la captura de datos en campo con formularios electrónicos a través del programa Cybertracker. *Revista palmas* , 130.
- Niño, F. B. (2001). *el cultivo de palma de aceite y su beneficio*. bogota colombia: amado gonzales y Cia Ltda.
- Rivera, Y. (2009). *Caracterización fisiológica y morfológica de palmas americanas de aceite (Elaeis oleífera H.B.K. Cortés) y sus híbridos (Elaeis oleífera x Elaeis guineensis) de la plantación Indupalma*. Tesis para optar al título de Ingeniería Agrónoma. Facultad de Agronómica. Universidad Nacional de Colombia.



- Rivera, Y., G. Cayón y J. López. (2013). *Physiological and morphological characterization of American oil palms (Elaeis oleifera HBK Cortes) and their hybrids (Elaeis oleifera × Elaeis guineensis) on the Indupalma plantation*. Agronomía Colombiana
- Romero, V. R., & H.M, R. A. (2010). *Captura y estructuración de información geográfica para el análisis y seguimiento de enfermedades e insectos plaga en las zonas palmeras de Colombia Casos : Pudrición del cogollo (PC), Rhynchophorus palmarum y defoliadores*. Bogota D.C : Cenipalma .
- Victor Rincon, A. M. (2015). *Elaboracion de formularios moviles digitales para el registro de datos een plantaciones de palma de aceite (principios basicos)*. Bogota D,C Colombia: Ceniplma .



13. Anexo

13.1 Formulas a utilizar en el analisis de racimos

Potencial de aceite en frutos externos

1. Porcentaje en peso de espigas en el racimo (A)

$$\% \text{ Espigas/ REF} = \frac{\text{Peso de espigas} * 100\%}{\text{peso de los racimos}}$$

2. Porcentaje en peso de frutos externos en espigas (B)

$$\% \text{ Frutos externos / espiga} = \frac{(\text{Peso de frutos externos}) * 100\%}{\text{peso de la submuestra de espigas}}$$

3. Porcentaje en peso de mesocarpio en frutos externos. (D)

$$\% \text{ Mesocarpio/ Frutos Externos} = \frac{(\text{peso de frutos externos} - \text{peso de nueces}) * 100\%}{\text{peso de frutos externos}}$$

4. Porcentaje de humedad en mesocarpio de frutos externos (E).

% humedad mesocarpio frutos externos =

$$\frac{(\text{Peso de mesocarpio húmedo F. externos} - \text{peso mesocarpio seco F. externos}) * 100\%}{\text{peso muestra mesocarpio húmedo F. externos}}$$

5. Porcentaje de aceite en mesocarpio fresco de frutos externos (F)

$$\% \text{ Aceite mesocarpio frutos Externos} = 82.37 - (0.95 * \% \text{ humedad mesocarpio F. externos})$$



6. Porcentaje de aceite en racimos externos (G)

$$\% \text{ Aceite / Racimos Externo} = (A) * (B) * (D) * (F)$$

Potencial de aceite en frutos internos

7. Porcentaje en peso de frutos internos en espigas (H)

$$\% \text{ Frutos internos / espigas} = \frac{(\text{Peso de frutos internos}) * 100\%}{\text{peso de la submuestra de espigas}}$$

8. Porcentaje en peso de mesocarpio en frutos internos (I)

$$\% \text{ mesocarpio/ Frutos internos} = \frac{(\text{Peso de frutos internos} - \text{peso de nueces}) * 100\%}{\text{peso de frutos internos}}$$

9. Porcentaje de humedad en mesocarpio de frutos internos. (J)

% humedad mesocarpio Frutos internos =

$$\frac{(\text{Peso mesocarpio humedo F.internos} - \text{peso mesocarpio seco F. internos}) * 100\%}{\text{peso muestra mesocarpio húmedo F.internos}}$$

10. Porcentaje de aceite en mesocarpio fresco de frutos internos (K)

$$\% \text{ aceite frutos internos / mesocarpio} = 82.37 - (0.95 * \% \text{ Humedad mesocarpio F. internos})$$



Porcentaje de aceite en racimos interno (L).

$$\% \text{ Aceite/ Racimo interno} = (A) * (H) * (I) * (K)$$

11. Potencial de aceite total en el racimo

$$\text{Potencial} = (\text{aceite/ racimo}) \text{ externo "G"} + (\text{aceite/ racimo}) \text{ interno "L"}$$

12. Eficiencia de polinización (Fruit Set)

$$\text{Eficiencia de polinización} = \frac{(\# \text{ Frutos normales}) * 100\%}{(\# \text{ Frutos totales})}$$

13. Pedúnculo en el racimo.

$$\% \text{ F. ext. En espigas} = \frac{(\text{peso de la submuestra de espigas})}{\text{peso de frutos externos} * 100\%}$$

Frutos externos en espigas

14. Frutos externos en el racimo (M)

$$\% \text{ F. ext. /RFF} = \% \text{ F. externos en espiga} * A * 0.01$$

15. Frutos internos en espigas

$$\% \text{ F. int, en espigas} = \frac{(\text{Peso de frutos internos}) * 100\%}{\text{peso de la submuestra de espigas}}$$

16. Frutos internos en el racimo (N)

$$\% \text{ F int/ RFF} = \text{F. interno en espigas} * A * 0.01$$



17. Determinación de mesocarpio por formula

$$AMF = 82.3 - (0.95 \times HM) \quad r^2 = 0.937$$

18. Determinación de porcentaje de cuesco a fruto

$$C/F = (\text{peso del cuesco} / \text{peso del fruto}) \times 100$$

19. Determinación de porcentaje de cuesco a fruto

$$A/F = (\text{peso almendra} / \text{peso del fruto}) \times 100$$



13.2 Glosario

Pedúnculo: parte estructural interna del racimo, de la cual se derivan las raquillas que sostienen los frutos (Chaparro & Angulo, 2012).

Racimo verde: racimo que no presenta alvéolos vacíos en el momento de evaluarse en tolva; es decir, no se evidencia desprendimiento natural de fruto. En el momento del análisis no se deben forzar los frutos para indagar si se sueltan. No debe existir ningún racimo verde en plantas extractoras (Chaparro & Angulo, 2012).

Racimos maduros: el que se encuentra en buenas condiciones para su procesamiento. Los racimos maduros presentan desprendimiento natural de frutos (alvéolos vacíos) en un porcentaje inferior al 50% en su primera capa (Chaparro & Angulo, 2012).

Racimos sobremaduros: aquel del que se ha desprendido más del 50% de los frutos de la primera capa de frutos. La cantidad de racimos sobremaduros encontrados no debe exceder el 10% de la muestra evaluada (Chaparro & Angulo, 2012).

Racimos podridos: aquel del que se ha desprendido en forma natural más del 50% de los frutos de su primera capa, y que adicionalmente presenta ablandamiento del pedúnculo por efecto del envejecimiento del racimo (Chaparro & Angulo, 2012).

Pedúnculo largo: se refiere a aquellos racimos a los cuales, durante su cosecha, se les realiza el corte en el pedúnculo a una longitud superior a 5 centímetros, medidos a partir del hombro del racimo (Chaparro & Angulo, 2012).



Sistema Soxhelt: sistema de extracción usado en la extracción de sólido – líquido. En el caso del análisis de racimo se usa para extraer el aceite del mesocarpio seco usando un solvente no polar como el hexano o el éter de petróleo (Chaparro & Angulo, 2012).

Frutos normales: Frutos con semilla desarrollada, que contiene el mesocarpio, la nuez con cuesco y almendra (Chaparro & Angulo, 2012).

Frutos partenocárpicos: Frutos formados sin haber sido polinizados y no cuentan con almendra.

***Elaeis Guineensis* Jacq:** nombre científico de la palma africana de aceite (Chaparro & Angulo, 2012).

***Elaeis oleífera* Cortes:** nombre científico de la palma americana de aceite (Chaparro & Angulo, 2012).

Fruit set: proporción de frutos normales o fecundados con respecto a la cantidad total de frutos presentes en el racimo (Chaparro & Angulo, 2012).