

Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite

Guía para facilitadores



Muestreo y análisis de racimos en el cultivo de la palma de aceite

Fausto Prada Chaparro
Hernán Mauricio Romero Angulo



Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite
Guía para facilitadores

Muestreo y análisis de racimos en el cultivo
de la palma de aceite

Fausto Prada Chaparro
Hernán Mauricio Romero Angulo

Bogotá, D.C., Colombia, septiembre de 2012

Muestreo y análisis de racimos en el cultivo de la palma de aceite

Publicación de la Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma), cofinanciada por Fedepalma-Fondo de Fomento Palmero.

Impresa con recursos del convenio No. 00095/12. Contrato No. 007G/2012 – SENA-SAC

Autores

Fausto Prada Chaparro
Hernán Mauricio Romero Angulo

Colaboradores

Silvia Liliana Cala Amaya
Eloina Mesa Fuquen

Coordinador General

Jorge Alonso Beltrán Giraldo, División de Validación de Resultados de Investigación y Transferencia de Tecnología, Cenipalma

Coordinador Didáctico

Vicente Zapata Sánchez

Coordinadora Editorial

Yolanda Moreno Muñoz

Fotografías

Fausto Prada

Diagramación

Fredy Johan Espitia Ballesteros

Impresión

Javegraf

Calle 20A N° 43A – 50. Piso 4º.
Teléfono: 2086300 Fax: 2444711
E-mail: carango@cenipalma.org
www.cenipalma.org
Bogotá, D.C. - Colombia

Septiembre de 2012

ISBN: 978-958-8616-57-5

Cita:

Prada Chaparro, Fausto y Romero Angulo, Hernán Mauricio. (2012). Muestreo y análisis de racimos en el cultivo de la palma de aceite. Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite: guía para facilitadores. Bogotá, D.C. (Colombia). 158 p.

1. Análisis de racimo. 2. Potencial de aceite. 3. Palma de aceite. 4. Tasa de extracción de aceite.

- I.- Prada Chaparro, Fausto y Romero Angulo, Hernán Mauricio.
- II.- Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite - Cenipalma.
- III.- Fondo de Fomento Palmero.
- IV.- Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite - Fedepalma.

Otros títulos de la serie

2010

- **Establecimiento y manejo de viveros de palma de aceite**
Dúmar Motta Valencia y Jorge Alonso Beltrán Giraldo.
- **Diseño y evaluación del programa de manejo nutricional en palma de aceite**
Nólver Atanasio Arias Arias y Jorge Alonso Beltrán Giraldo.
- **Reconocimiento de enfermedades en palma de aceite**
Benjamín Pineda López y Gerardo Martínez López.
- **Identificación temprana y manejo de la Pudrición del cogollo de palma de aceite**
Gabriel Andrés Torres Londoño, Greicy Andrea Sarria Villa y Gerardo Martínez López.
- **Implementación de técnicas de manejo de *Rhynchophorus palmarum***
Óscar Mauricio Moya Murillo, Rosa Cecilia Aldana de La Torre y Hamilton Gomes de Oliveira.
- **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**
Víctor Orlando Rincón Romero y Hernán Mauricio Romero Angulo.
- **Estimativos de producción para determinar el potencial productivo de racimos de fruta fresca**
Rodrigo Ruiz Romero, Dúmar Flaminio Motta Valencia y Hernán Mauricio Romero Angulo.
- **Métodos para el desarrollo de estudios de tiempos y movimientos para labores de cultivo en palma de aceite**
Andrés Camilo Sánchez Puentes, Carlos Andrés Fontanilla Díaz y Mauricio Mosquera Montoya.
- **Esterilización de racimos de fruta de palma**
Édgar Eduardo Yáñez Angarita, Jesús Alberto García Núñez y Lina Pilar Martínez Valencia.
- **Elementos básicos para la planeación estadística de un experimento**
Eloína Mesa Fuquen.
- **Estrategias para optimizar el proceso de cosecha de palma de aceite**
Carlos Andrés Fontanilla Díaz, Andrés Camilo Sánchez Puentes y Mauricio Mosquera Montoya.

2011 – 2012

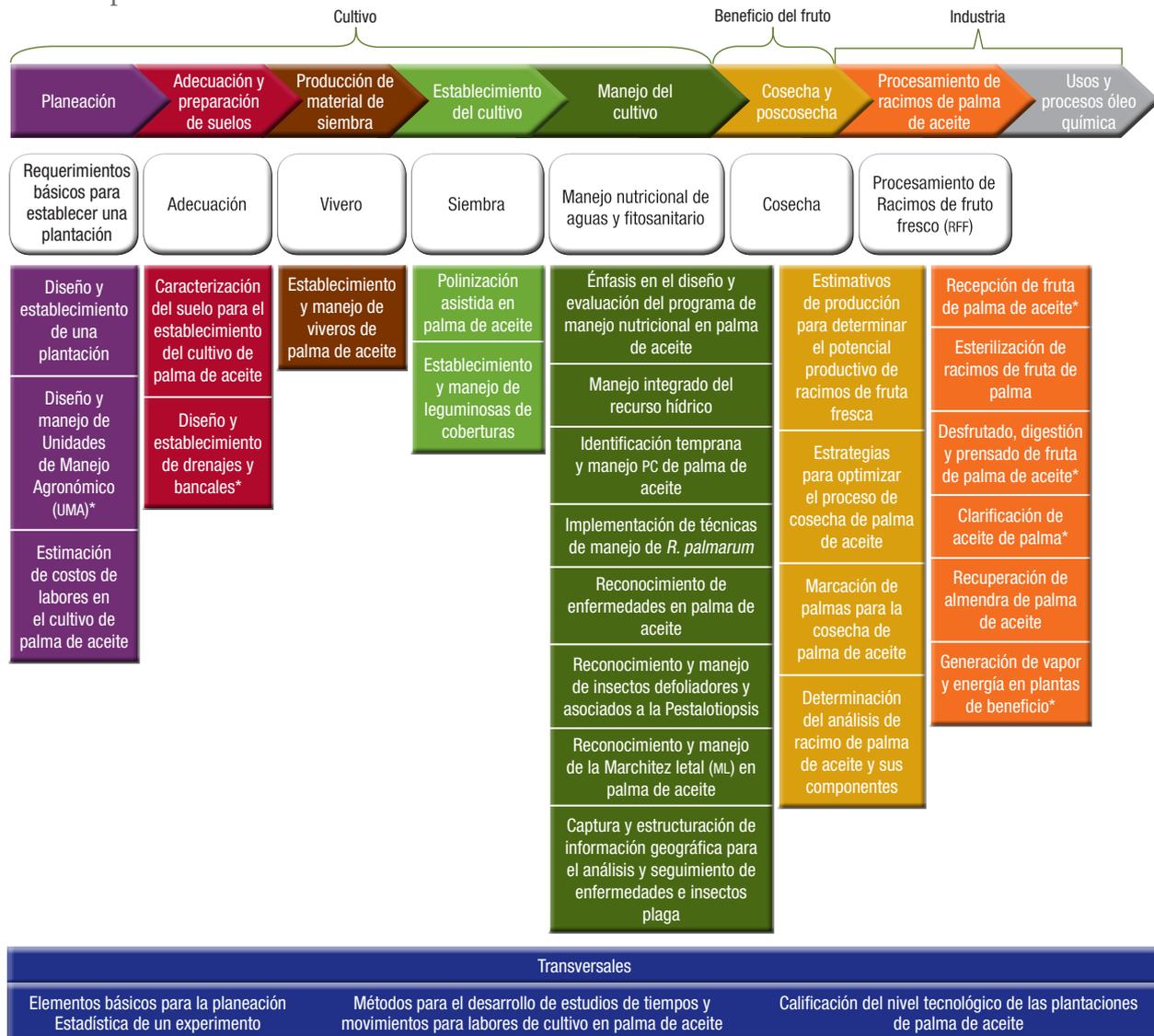
- **Diseño y establecimiento de una plantación de palma de aceite**
Wílbert Castro Cadena, José Óscar Obando Bermúdez y Jorge Alonso Beltrán Giraldo.
- **Caracterización del suelo para el establecimiento del cultivo de palma de aceite**
Diego Luis Molina López, José Álvaro Cristancho Rodríguez y Edna Margarita Garzón González.
- **Evaluación de costos de labores en el cultivo de palma de aceite**
Paloma Bernal Hernández y Mauricio Mosquera Montoya.
- **Polinización asistida en palma de aceite**
Luz Ángela Sánchez Rodríguez, Édison Steve Daza, Rodrigo Ruiz Romero y Hernán Mauricio Romero Angulo.
- **Manejo integrado de plagas defoliadoras en palma de aceite**
Rosa Cecilia Aldana de La Torre, Jorge Aldana de La Torre y Hamilton Gomes de Oliveira.
- **Manejo integrado de la Marchitez letal en palma de aceite**
Mauricio Arango Uribe, Nubia Rairán Cortés, Gerardo Martínez López y Jorge Alonso Beltrán Giraldo.
- **Establecimiento y manejo de leguminosas de coberturas**
Tulia Esperanza Delgado Revelo, Álvaro Hernán Rincón Numpaque y Hernán Mauricio Romero Angulo.
- **Manejo integrado del recurso hídrico en plantaciones de palma de aceite**
Héctor Narvárez Salazar, Leidy Constanza Montiel Ortiz y Jorge Stember Torres Aguas.
- **Marcación de palmas para la cosecha de palma de aceite**
Carlos Andrés Fontanilla Díaz, Andrés Camilo Sánchez Puentes y Mauricio Mosquera Montoya.
- **Determinación del análisis de racimo de palma de aceite y sus componentes**
Fausto Prada Chaparro, Silvia Liliana Cala Amaya, Jesús Alberto García Núñez y Hernán Mauricio Romero Angulo.
- **Recuperación de almendra de palma de aceite**
Silvia Liliana Cala Amaya, Fausto Prada Chaparro y Jesús Alberto García Núñez.
- **Calificación del nivel tecnológico de las plantaciones de palma de aceite**
Pedro Nel Franco Bautista, Nólver Atanasio Arias Arias y Jorge Alonso Beltrán Giraldo.

2012

- Diseño y manejo de Unidades de Manejo Agronómico (UMA).
- Diseño y establecimiento de drenajes y bancales.
- Desfrutado, digestión y prensado de fruta de palma de aceite.
- Clarificación de aceite de palma.
- Generación de vapor y energía en plantas de beneficio.

Guías metodológicas sobre tecnologías de producción en palma de aceite

Proceso productivo



* Guías que se encuentran en proceso de realización por parte de los investigadores-autores.

La figura anterior representa el conjunto de publicaciones que abarcan todo el proceso productivo (cultivo y beneficio del fruto) de palma de aceite. Las guías fueron agrupadas de acuerdo con la fase del proceso a la que pertenecen e identificadas por colores de la siguiente manera:

Planeación (Morado): incluye las guías que abordan el tema de la planeación, además de los requerimientos básicos para establecer una plantación: “Diseño y establecimiento de una plantación en palma de aceite”, “Diseño y manejo de las Unidades de Manejo Agronómico (UMA)” y “Evaluación de costos de labores en el cultivo de la palma de aceite”.

Adecuación y preparación de suelos (Vinotinto): conforman esta fase las guías que abordan las temáticas relacionadas con el manejo integral del suelo para el establecimiento del cultivo. El proceso de manejo se inicia con el conocimiento (estudio) del estado actual del suelo y la identificación de los requerimientos que el cultivo de palma de aceite demanda con respecto a la calidad del mismo, reseñado en la guía “Caracterización del suelo para el establecimiento del cultivo de palma de aceite”. El proceso continúa con la exploración de alternativas para su adecuación, como lo propuesto en la guía “Diseño y establecimiento de bancales”, y finaliza con la planificación e implementación en el campo de la alternativa seleccionada.

Producción de materiales para siembra (Café): agrupa las guías relacionadas con la fase de preparación de los materiales para la siembra. Hasta ahora contamos con la guía “Establecimiento y manejo de viveros de palma de aceite”.

Establecimiento del cultivo (Verde claro): reúne las guías que abordan los temas para el establecimiento del cultivo, factores determinantes para su producción como: “Establecimiento y manejo de las coberturas”, así como “Aislamiento y polinización de inflorescencias”. Para esta fase también se incluyen las actividades que corresponden a las labores culturales, como limpieza de platos, interlíneas, poda y mantenimiento de la infraestructura.

Manejo del cultivo (Verde oscuro): pertenecen a esta fase las guías que abordan el manejo del cultivo desde diferentes áreas –nutricional, aguas y fitosanitario– en las que se ubican las siguientes: Detección y manejo de la Pudrición del cogollo (PC), “Reconocimiento de otras enfermedades”, “Manejo del *Rhynchophorus palmarum*”, “Reconocimiento y manejo de insectos defoliadoras y asociados a la Pestalotiopsis” y “Detección y manejo de la Marchitez letal (ML)”. También se incluyen las guías que representan herramientas de apoyo para la toma de decisiones y/o fortalecimiento del cultivo: “Sistemas de información geográfica para el análisis y seguimiento de enfermedades e insectos plaga” y “Diseño y evaluación del manejo nutricional”.

Cosecha y poscosecha (Ocre): agrupa las guías que ofrecen herramientas para optimizar, medir y estimar la producción de Racimos de Fruto Fresco (RFF) y/o la calidad del aceite, tales como: “Estimativos de producción”, “Estrategias para optimizar el proceso de cosecha de la palma de aceite”, “Marcación de palmas para la cosecha de palma de aceite” y “Determinación del potencial de aceite en palma mediante el análisis de racimo”.

Procesamiento de racimos de palma de aceite (Naranja): comprende las guías relacionadas con el procesamiento para la extracción del aceite de palma y sus subproductos. De acuerdo con el orden del proceso, se establecieron las siguientes: “Recepción de racimos de palma de aceite”, “Esterilización de racimos”, “Desfrutado, digestión y prensado de frutos de palma de aceite”, “Clarificación de aceite de palma”, “Recuperación de almendra de palma de aceite” y “Generación de vapor y energía en las plantas de beneficio”.

Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos al Fondo de Fomento Palmero administrado por Fedepalma, al Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), a la Sociedad de Agricultores de Colombia (SAC) por la financiación, y a la Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma) por el apoyo para la elaboración de la presente guía.

Agradecemos a las colaboradoras: Silvia Liliana Cala Amaya (Investigadora del Área de Transferencia de Resultados de Investigación en Plantas de Beneficio, Cenipalma) por la elaboración del contenido y la práctica de muestreo y calificación de racimos en tolva en la planta de beneficio, y a Eloina Mesa Fuquen (Responsable del Área de Biometría, Cenipalma) por sus valiosos aportes en cuanto a conceptos estadísticos.

A Vicente Zapata Sánchez, consultor de Cenipalma para la producción de las guías metodológicas, por su orientación en la conceptualización del contenido, y a los directivos de Cenipalma por darnos los espacios para completar y validar esta publicación.

A los compañeros Edwin Restrepo, María Yuli Gonzales, Edison Daza, Edwin Navia, Javier Guayazán y Ángela Sánchez por sus valiosos aportes en la discusión, interpretación de los resultados de los análisis de racimo y correcciones realizadas.

A Yesid Santos, Sulay Porras, Jhon Tarazona, Luis Macías, Jonathan Beltrán, Leonardo González, Frank Cansino, Andrea Torres, Nury Flórez, Lisette Becerra y Daniel Buitrago, todos ellos miembros del equipo de apoyo logístico y operativo en campo y laboratorio del Campo Experimental Palmar de La Vizcaína, por su arduo trabajo de muestreo y realización de los análisis de racimo usados para generar los resultados presentados.

Agradecimiento especial al Dr. Iván Ochoa, Director del Programa de Mejoramiento y Semillas de Unipalma S.A. A los ingenieros Libardo Santacruz y Gustavo A. Rosero Estupiñán, Gerente y Líder del área de investigación de la plantación Guicaramo S.A., respectivamente. Al ingeniero Luis Albeiro Aedo Cobo, Director de la Planta Extractora Palmas de Tumaco. Al ingeniero Ómar Cadena, Gerente técnico y administrativo de la Planta Extractora San Fernando (Sabana de Torres, Santander). A todos ellos por las sugerencias, comentarios, aportes y por permitirnos recopilar información y realizar las prácticas de validación este trabajo.

Listado de acrónimos

Acrónimo: nombre completo que le corresponde.

Cenipalma: Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite.

Fedepalma: Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite.

Sena: Servicio Nacional de Aprendizaje.

SAC: Sociedad de Agricultores de Colombia.

Listado de abreviaturas

AcF:	Aceite en fruto, %
AF:	Almendra en fruto, %
AlmR:	Almendra en racimo, %
AMF:	Aceite en el mesocarpio fresco, %
AMF_{fórmula}:	Aceite en el mesocarpio fresco calculado por fórmula, %
AMS:	Aceite en el mesocarpio seco, %
AR:	Aceite en el racimo, %
AR_{fn}:	Aceite en racimo de los frutos normales, %
AR_{fp}:	Aceite en racimo de los frutos partenocárpicos, %
BBCH:	Escala para la descripción de los estadios fenológicos de la palma de aceite
CF:	Cuesco en el fruto, %
DxP:	Cruzamiento de palma tipo <i>Dura</i> x <i>Pisífera</i> , denominada <i>Ténera</i>
EPP:	Elementos de protección personal
FP:	Formación de frutos partenocárpicos en el racimo, %
FR:	Frutos en el racimo, %
FR_{fn}:	Frutos normales en el racimo, %
FR_{fp}:	Frutos partenocárpicos en el racimo, %
FS:	<i>Fruit set</i> (formación de frutos normales), %
HM:	Humedad en el mesocarpio, %
MF:	Mesocarpio en el fruto, %
OxG:	Híbrido del cruce <i>Elaeis oleifera</i> Cortes x <i>Elaeis guineensis</i> Jacq
PMFN:	Peso medio de frutos normales, g
PMFP:	Peso medio de frutos partenocárpicos, g
PMN:	Peso medio de la nuez, g
RFF:	Racimo de fruta fresca
TEA:	Tasa de extracción de aceite

Contenido



Presentación	13
Introducción	15
Íconos usados en esta guía	17
Modelo de aprendizaje	19
Exploración inicial de conocimientos	21
Objetivos y estructura de aprendizaje	25
Temática I. Planeación y ejecución de la toma de muestras de racimos.....	27
Unidad de aprendizaje I. Planeación y preparación del sitio, equipos y materiales	29
Estructura de la unidad	31
Explicación de la estructura	31
Introducción	31
Preguntas orientadoras	32
Objetivos.....	32
Preparación para el análisis, sitio de trabajo y herramientas.....	32
Infraestructura necesaria en el análisis de racimo	33
Seguridad en el sitio de análisis y laboratorio	34
Práctica 1.1. ¿Tenemos lo que necesitamos para el análisis de racimo?.....	34
Formato de trabajo 1.1. Lista de verificación para los elementos en el muestreo y análisis de racimos.....	35
Temática II. Realización de los análisis de racimos	37
Unidad de aprendizaje II. Muestreo de racimos.....	39
Estructura de la unidad	41
Introducción	41
Preguntas orientadoras	42

Objetivos.....	42
Requisito de una buena muestra.....	42
Muestreo y evaluación de racimos en tolva	42
Muestreo de racimos en campo	46
Tamaño de muestra para análisis de racimos provenientes de campo.....	47
Práctica 2.1.	
Tomemos racimos representativos en tolva	49
Formato de trabajo 2.1. Datos a tomar en el muestreo de racimos en tolva.....	52
Práctica 2. 2.	
Tomemos racimos maduros en campo	54
Formato de trabajo 2.2. Ejemplo de rótulo de identificación del racimo en el muestreo en campo.....	55
Temática III. Aplicabilidad de los resultados de los análisis de racimo.....	57
Unidad de aprendizaje III. Análisis de racimo	59
Estructura de la unidad	61
Introducción	61
Preguntas orientadoras	62
Objetivos.....	62
Componentes del racimo.....	62
Factores que afectan la formación del racimo.....	64
Aplicaciones del análisis de racimo	66
Procedimiento de análisis de racimo	68
Práctica 3.1.	
Conozcamos los componentes del racimo y del fruto en racimos de <i>Elaeis guineensis</i> Jacq	75
Hojas de trabajo 3.1. Pasos para realizar un análisis de racimo en palmas <i>Elaeis guineensis</i>	77
Formato de trabajo 3.1. Vamos a tomar los datos del análisis de racimo en palmas <i>Elaeis guineensis</i>	86
Práctica 3.2.	
Conozcamos los componentes del racimo y del fruto en racimos de palmas de híbrido inespecífico OxG o <i>Elaeis oleifera</i>	87
Hojas de trabajo 3.2. Pasos para realizar un análisis de racimo en palmas híbrido OxG o <i>Elaeis oleifera</i>	89

Formato de trabajo 3.2. Vamos a tomar los datos del análisis de racimo en híbrido interespecífico OxG.	95
Práctica 3.3.	
Construyamos la curva de secado del mesocarpio en un horno microondas	96
Formato de trabajo 3.3. Hagamos la determinación de la humedad en el mesocarpio usando el horno eléctrico.....	98
Formato de trabajo 3.4. Tomemos los datos del cambio de peso de la muestra de mesocarpio en el horno microondas	98
Práctica 3.4.	
Instalemos un sistema de extracción <i>Soxhlet</i> para determinar el aceite en el mesocarpio seco	99
Temática IV. Cálculos matemáticos para hallar el potencial de aceite	105
Unidad de aprendizaje IV. Cálculos matemáticos para determinar el potencial de aceite y componentes del racimo	107
Estructura de la unidad	109
Introducción	110
Preguntas orientadoras	110
Objetivos.....	110
Cálculos de los componentes en el análisis de racimo	110
Práctica 4.1.	
Realicemos los cálculos básicos para los análisis de racimo	111
Formato de trabajo 4.1. Ejemplo de datos para análisis de racimo en palmas <i>Elaeis guineensis</i> (incluye los datos de extracción de aceite usando el sistema <i>Soxhlet</i>).....	112
Formato de trabajo 4.2. Ejemplo de datos para análisis de racimo en el híbrido interespecífico OxG.....	113
Hojas de trabajo 4.1. Hagamos los cálculos de los componentes del racimo y frutos para muestras de <i>Elaeis guineensis</i> e híbrido interespecífico OxG.....	114
Referencias bibliográficas.....	123
Anexos	125
ANEXO 1. Evaluación de la capacitación.....	127
ANEXO 2. Observaciones del desempeño del facilitador.....	130
ANEXO 3. Evaluación del material de capacitación	133

ANEXO 4. Plan de acción poscapacitación	135
ANEXO 5. Formación de facilitadores en tecnologías de producción de palma de aceite	141
Anexos técnicos	147
ANEXO 6. Ficha de seguridad para el éter de petróleo	147
ANEXO 7. Ficha de seguridad para el hexano	149
ANEXO 8. ¿Cómo se realizó la determinación del factor para calcular el cuesco fresco en el análisis de racimo?	151
ANEXO 9. Este es un ejemplo de cómo construir un sistema <i>Soxhlet</i> para múltiples muestras	153
ANEXO 10. Glosario	156

Presentación

La implementación de las guías metodológicas como herramientas de apoyo a la transferencia y la extensión han contribuido satisfactoriamente a la adopción de las diferentes tecnologías desarrolladas por Cenipalma. Por tal razón se continuó con la elaboración y publicación de nuevas guías para cubrir cada una de las fases y/o componentes de la cadena productiva, así como atender la demanda de soluciones tecnológicas en las fases de establecimiento y desarrollo del cultivo, manejo nutricional y fitosanitario, producción y extracción de aceite.

Continuar con el trabajo colaborativo entre la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (Fedepalma) y la Corporación Centro de Investigaciones en Palma de Aceite (Cenipalma) representa la firme convicción y certeza del gran aporte de este esfuerzo conjunto para el mejoramiento de la producción de los aceites y derivados que surgen de este importante cultivo en el país.

Con base en las lecciones aprendidas, un segundo grupo de investigadores de Cenipalma ha adoptado y mejorado un modelo para compartir experiencias y conocimientos sobre temas claves que cubren los procesos productivos de plantación, planta de beneficio y demás temas de interés en poscosecha y comercialización. Estos materiales constituyen el corazón de un currículo básico sobre el manejo del cultivo que son de gran utilidad en el proceso de actualización de los palmicultores y técnicos que laboran en las empresas palmeras, así como en la formación de facilitadores, técnicos y profesionales en los niveles medio y superior.

Las guías, dirigidas a facilitadores en diferentes ámbitos de la transferencia tecnológica y de la formación, han sido diseñadas siguiendo una metodología centrada en el desarrollo de las competencias que requieren los propietarios de las plantaciones, técnicos y trabajadores de campo y plantas de beneficio, para responder en forma oportuna a los retos que plantea la agroindustria de la palma de aceite.

La estructura didáctica de las guías orienta a los facilitadores hacia el desarrollo de una capacitación centrada en el adelanto de las capacidades requeridas para el manejo de cada una de las tecnologías. La inclusión de elementos didácticos, como las estructuras de aprendizaje, las preguntas orientadoras y una variedad de ejercicios y prácticas de campo diseñadas en detalle, además de una serie de anexos didácticos y técnicos, permiten que el usuario de las guías tenga una plataforma metodológica bastante elaborada, que no excluye las innovaciones creativas por parte de quienes dirijan la transferencia o la capacitación.

Cenipalma presenta, con particular orgullo, a la comunidad palmera esta segunda serie de materiales didácticos y a todos aquellos técnicos, profesionales y docentes interesados en actualizar conocimientos para la formación de los futuros responsables del escalamiento de este cultivo tan promisorio en la economía nacional.

Quiero expresar un sincero agradecimiento al ingeniero Jorge Alonso Beltrán Giraldo, quien tomó sobre sus hombros la responsabilidad de coordinar la producción de las guías, desde la definición de los temas más relevantes sobre los cuales trabajar, hasta la publicación, pasando por su revisión y validación en campo. Igualmente, un inmenso agradecimiento al Dr. Vicente Zapata Sánchez, quien nuevamente participó y aportó su amplia experiencia mediante el acompañamiento personalizado a cada uno de los investigadores para que realizaran las guías con un enfoque didáctico dirigido a la apropiación del conocimiento. Finalmente, mi gratitud a los investigadores que invirtieron incontables horas de reflexión y elaboración creativa para la conformación final de productos que contribuyen a la construcción del capital intelectual del gremio y nos llenan de orgullo institucional.

JOSÉ IGNACIO SANZ SCOVINO, *Ph.D.*

Director Ejecutivo

Cenipalma

Introducción

El aspecto más importante en la agroindustria de la palma es el rendimiento en la extracción de aceite, el cual depende directamente de la producción de los racimos de fruta fresca (RFF) en campo y la tasa de extracción de aceite (TEA) en planta de beneficio. Combinados, los RFF y la TEA generan el rendimiento de aceite producido en la plantación, normalmente expresado en tonelada/ha/año, cuyo valor debe ser lo más alto posible con el fin de ser competitivos y sostenibles. Por lo anterior, es trascendental invertir en incrementar la producción de RFF y buscar siempre mejorar la TEA a través de la determinación del potencial de aceite en planta y la evaluación de la calidad en la formación y composición de los racimos y frutos producidos en campo.

En campo, la formación de los racimos está influenciada por factores como la nutrición, disponibilidad de agua, polinización y enfermedades, entre otros. De todos los factores, la polinización es el que mayor influencia ejerce sobre la TEA, y depende directamente de la disponibilidad de polen, la viabilidad del mismo y la actividad del insecto polinizador. Los cambios en algunos de estos factores pueden incrementar o disminuir la extracción, pero sus deficiencias conllevan directamente a la poca formación de frutos normales en el racimo y al bajo rendimiento de aceite. Los cambios en la TEA se pueden explicar caracterizando la materia prima que entra al proceso, es decir, los racimos. Tener la capacidad técnica de evaluar las características de los racimos y frutos que se cosechan y se procesan en la planta extractora permite afrontar y resolver de manera eficiente los factores que pueden afectar el rendimiento en la producción de aceite.

Por ende, el objetivo que persigue esta guía es ayudar a plantaciones grandes y pequeñas a formar facilitadores y a la multiplicación del conocimiento en el procedimiento de análisis de racimo. Con este material queremos lograr que el nuevo personal pueda realizar de manera sencilla y eficiente las evaluaciones de racimos en sus propias plantaciones.

La guía pretende preparar y llevar al facilitador y participantes a través del proceso de análisis de racimo basado en los procedimientos publicados en la literatura y la experiencia de los trabajos realizados en el Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma) a través de los años. El texto se divide en cuatro unidades de aprendizaje. La Unidad I muestra la fase de planeación y adecuación del sitio de trabajo. La Unidad II presenta los criterios básicos de muestreo de racimos en tolva de la planta de beneficio; y la evaluación de ensayos, materiales y del proceso de polinización en campo. La Unidad III describe el desarrollo del análisis de racimos y la determina-

ción de sus componentes tanto para palmas *Elaeis guineensis* Jacq, *Elaeis oleifera* Cortes y el híbrido interespecífico *E. oleifera* x *E. guineensis* (OxG). Finalmente, la Unidad IV se refiere a los cálculos, que se realizan utilizando fórmulas para emitir resultados finales sobre el contenido de aceite en el racimo, además de parámetros de calidad en la formación del racimo y sus frutos.

El presente material está dirigido a los núcleos palmeros, personal de plantas extractoras, agrónomos, técnicos, personal de campo y laboratorio e instructores de formación tecnológica responsables de los análisis de racimo.

Es importante para la Federación que esta guía sea de gran utilidad para la agroindustria de la palma y se convierta en una herramienta que permita difundir el conocimiento, unificar criterios de análisis de racimo y lograr la optimización de la productividad, disminuyendo los costos unitarios de producción y mejorando la sostenibilidad y la competitividad del sector palmero.

Íconos usados en esta guía

A lo largo de estas páginas encontrará párrafos señalados con algunos de los siguientes íconos.



Responda a las preguntas de manera escrita o verbal. Haga preguntas de retroalimentación para generar discusión y compartir conocimientos e ideas entre los participantes.



Notas que brindan trucos o información más precisa al facilitador y participantes que ayudan en el desarrollo del ejercicio o de la práctica.



Tome datos en los formatos durante el desarrollo de la práctica o ejercicio.



Tenga cuidado: puede estar realizando un procedimiento de riesgo, o se puede estar indicando un error frecuente en la práctica o ejercicio.



Consulte la web para descargar formatos y hojas de cálculo necesarios para desarrollar las prácticas y los cálculos de los análisis de racimo.



Realice cálculos usando los datos obtenidos en las prácticas o los suministrados en los ejercicios.

Modelo de aprendizaje



La serie de guías para la formación de facilitadores sobre Tecnologías para la Agroindustria de la Palma de Aceite está basada en un modelo didáctico fundamentado en el aprendizaje a través de la práctica. Este modelo propone a los usuarios inmediatos de estas guías –capacitadores y multiplicadores– un esquema de capacitación en el que los insumos de información resultantes de la investigación en campo sirven de materia prima para el desarrollo de habilidades, destrezas y actitudes requeridas por los usuarios finales para la toma de decisiones acertadas y relacionadas con la agroindustria de la palma de aceite.

Al producir estas guías, Cenipalma está interesado en ayudar a sus usuarios a poner en práctica un enfoque que no sólo se ocupe de “comunicar bien”, sino también de crear las condiciones y usar las herramientas necesarias para que los beneficiarios de la capacitación o de las actividades de asistencia técnica tengan la oportunidad de ejercitarse en la construcción del conocimiento a partir de sus propias experiencias y saberes.

Están dirigidas a todos aquellos que tienen responsabilidades como capacitadores, maestros, tutores y facilitadores interesados en el aprendizaje de retroinformación de sus alumnos, mediante la elaboración

y utilización de materiales que tengan el enfoque de gestión de conocimientos.

Los usuarios observarán que sus componentes metodológicos se diferencian de otros materiales de divulgación de tecnologías. Cada una de las secciones en que se dividen las guías contienen elementos de diseño que le permiten al capacitador ejercer su labor de facilitador del aprendizaje.

Además, están orientadas por un conjunto de objetivos que les sirven al instructor y al participante para dirigir los esfuerzos de aprendizaje, que se llevan a cabo a través de ejercicios en el campo o en otros escenarios reales, en los que se practican los procesos de análisis y la toma de decisiones, usando para ello recorridos por plantaciones y plantas de beneficio, simulaciones, dramatizaciones y aplicación de diferentes instrumentos de recolección y análisis de información.

Otros componentes incluyen las secciones de información de retorno, en las cuales los participantes en la capacitación, junto con los instructores, tienen la oportunidad de revisar las prácticas realizadas y profundizar en los aspectos que deben ser reforzados. La información de retorno constituye la parte final de

cada una de las secciones de la guía y es el espacio preferencial para que el instructor y los participantes lleven a cabo la síntesis conceptual y metodológica de cada aspecto estudiado.

En resumen, el modelo consta de tres elementos:

1. La información técnica y estratégica, producto de la investigación realizada por Cenipalma y sus colaboradores, que constituye el contenido tecnológico necesario para la toma de decisiones en el manejo de tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite.
2. La práctica, que toma la forma de ejercicios en el sitio de entrenamiento y de actividades de campo y que está dirigida al desarrollo de habilidades, destrezas y actitudes para la toma de decisiones.
3. La información de retorno, que es un tipo de evaluación formativa que asegura el aprendizaje y la aplicación adecuada de los principios subyacentes en la teoría que se ofrece.

Las prácticas son el eje central del aprendizaje y simulan la realidad que viven quienes utilizan estos instrumentos presentados en cada guía. Mediante los ejercicios, los participantes en la capacitación experimentan el uso de los instrumentos, las dificultades que a nivel local surgen de su aplicación y las ventajas y oportunidades que representa su introducción en los distintos ambientes de toma de decisiones.

Los ejercicios que se incluyen en las guías fueron extractados de las experiencias encontradas en cada zona palmera por los investigadores de Cenipalma. Sin embargo, los instructores de las regiones podrán extraer de sus propias experiencias de campo excelentes ejemplos y casos con los cuales pueden reconstruir las prácticas y adaptarlas al contexto de su localidad. Cada instructor tiene en sus manos guías que son instrumentos de trabajo flexibles que pueden adaptar a las necesidades de distintas audiencias en diferentes escenarios.

Usos y adaptaciones

Es importante que los usuarios (instructores y multiplicadores) de estas guías conozcan el papel funcional que brinda su estructura didáctica, para que la utilicen en beneficio de los usuarios finales. Son ellos quienes van a tomar las decisiones de introducir los instrumentos presentados en los procesos de la agroindustria de la palma de aceite en cada región palmera.

Por ello, se hace énfasis en el empleo de los flujogramas por parte de los instructores, a quienes les sirven para presentar las distintas secciones; las preguntas orientadoras, que les permiten establecer un diálogo y promover la motivación de la audiencia antes de profundizar en la teoría; los originales para las transparencias, los cuales pueden ajustarse a diferentes necesidades, introduciendo ajustes en su presentación; los anexos citados en el texto, que ayudan a profundizar aspectos tratados brevemente dentro de cada sección; los ejercicios y las prácticas sugeridos, los cuales, como se dijo antes, pueden ser adaptados o reemplazados por prácticas sobre problemas relevantes de la audiencia local; las secciones de información de retorno, en las cuales también es posible incluir datos locales, regionales o nacionales que hagan más relevante la concreción de los temas, y los anexos didácticos (postest, evaluación del instructor, del evento y del material, entre otros), que ayudan a complementar las actividades de capacitación.

Finalmente, se quiere dejar una idea central con respecto al modelo de capacitación que siguen las guías: si lo más importante en el aprendizaje es la práctica, la capacitación debe disponer del tiempo necesario para que quienes acuden a ella tengan la oportunidad de desarrollar las habilidades, destrezas y actitudes que reflejen los objetivos del aprendizaje. Sólo así es posible esperar que la capacitación tenga el impacto esperado en quienes toman las decisiones.

Exploración inicial de conocimientos

La exploración del conocimiento es la etapa inicial de la presentación de la capacitación. El objetivo que se persigue es realizar un intercambio de conocimientos básicos a través de preguntas exploratorias abiertas del facilitador hacia los participantes, con el fin de hacerse una idea del conocimiento que traen los participantes y llegar a ser más efectivos en la facilitación del aprendizaje.

Instrucciones para el facilitador

Antes de iniciar las actividades de capacitación, el facilitador de esta guía debe presentarse y de igual manera hacer la presentación personal de los participantes. El facilitador puede solicitar a cada uno que diga su nombre y apellidos, el oficio o profesión, la empresa donde trabaja y el cargo en la misma, y puede solicitar también que mencione cuál fue el motivo que lo trajo a esta capacitación.

Luego, se presentan las preguntas de exploración de conocimientos aclarando a los participantes que se trata de preguntas de “calentamiento” y no de un examen. Las preguntas buscan que el facilitador ayude a los participantes a identificar su punto de partida en el aprendizaje del tema objeto de esta guía y tratar de ser más eficientes en el proceso de aprendizaje. Sin embargo, mencione que es muy importante responder con tranquilidad y sinceridad a todas las preguntas.

Las preguntas tratan de abarcar de manera general y global los aspectos más importantes de esta guía. Las respuestas se encuentran en la información de retorno, y se podrán revisar una vez hayan terminado de contestar.

Preguntas

1. ¿Qué objetivo buscamos cuando programamos y realizamos análisis de racimo en palma de aceite?
2. Mencione al menos 4 equipos o materiales que se utilizan en el desarrollo de los análisis de racimo.
3. ¿Qué importancia tiene el muestreo en el análisis de racimo y dónde lo podemos realizar?
4. De acuerdo con su experiencia, describa en forma general los pasos para ejecutar un análisis de racimo.
5. ¿Qué diferencias existen entre los análisis de racimos provenientes de palmas *Elaeis guineensis* y del híbrido interespecífico *E. oleifera* x *E. guineensis* (OxG)?
6. Dibuje un corte transversal de un fruto de palma de aceite y responda: ¿Cuáles son las diferencias entre un fruto de palma *ténera* y uno de un híbrido interespecífico OxG?
7. ¿Qué utilidad tiene la información obtenida de los análisis de racimo?

Información de retorno a la exploración inicial de conocimientos

Las respuestas que se dan a continuación están basadas en la revisión bibliográfica y la experiencia de los autores. Sin embargo, el facilitador puede profundizar las respuestas u ofrecer otras referencias bibliográficas para reforzar el tema.

8. ¿Qué objetivo buscamos cuando programamos y realizamos análisis de racimo en palma de aceite?

El principal factor que influye sobre la decisión de realizar análisis de racimos es el potencial de extracción de aceite en los RFF. Por supuesto, los cambios en la extracción dependen de la calidad en la formación y composición de los racimos y frutos producidos. Es por ello que adicional al potencial de aceite se puede aprovechar el análisis para conocer características que lo afectan, por ejemplo la eficiencia en la polinización, la formación de frutos, la relación de mesocarpio a fruto y el contenido de aceite en el mesocarpio fresco, entre otros.

9. Mencione al menos 4 equipos o materiales que se utilizan en el desarrollo de los análisis de racimo.

Es importante que se tengan las herramientas idóneas para el desarrollo de los análisis de racimo, así se evitan accidentes y se pueden realizar de manera eficiente los análisis. Los 4 elementos que son indispensables en el análisis de racimo son: la balanza, el horno, el hacha y el cuchillo.

10. ¿Qué importancia tiene el muestreo en el análisis de racimo y dónde lo podemos realizar?

La cantidad de aceite en un racimo de palma es muy variable y depende en gran medida de factores ambientales, además de la nutrición y disponibilidad de agua. Es por ello que realizar un muestreo representativo se considera una de las etapas más críticas para lograr obtener resultados confiables. Los racimos pueden provenir de la tolva, de un viaje de un proveedor o de un lote de campo donde se quiera evaluar la eficiencia en la polinización, el comportamiento de un material en particular o se estén haciendo evaluaciones de ensayos, entre otros.

11. De acuerdo con su experiencia, describa en forma general los pasos para ejecutar un análisis de racimo.

El análisis de racimo se divide en tres etapas principalmente: la primera consiste en la evaluación de los componentes del racimo, la segunda se enfoca en determinar los componentes del fruto y la última en

la cuantificación del contenido de aceite en el mesocarpio.

12. ¿Qué diferencias existen entre los análisis de racimos provenientes de palmas *Elaeis guineensis* y del híbrido interespecífico *E. oleifera* x *E. guineensis* (OxG)?

Debido a que la palma de aceite del híbrido interespecífico OxG es el cruce entre dos especies de diferentes orígenes, la formación de los racimos y los frutos difiere de los provenientes de las palmas *ténera*. La principal diferencia con los racimos *ténera* es que en la mayoría de los racimos de OxG hay aparición de una gran cantidad de frutos partenocárpicos, los cuales se deben tener en cuenta en el análisis por el aporte significativo de aceite al racimo. La composición física del fruto del OxG es diferente, especialmente en la proporción de mesocarpio a fruto y en el contenido de aceite del mesocarpio. Todos estos factores afectan de manera directa la cantidad de aceite en el racimo y la forma de hacer el análisis.

13. Dibuje un corte transversal de un fruto de palma de aceite y responda: ¿Cuáles son las diferencias entre un fruto de palma *ténera* y uno de un híbrido interespecífico OxG?

La principal característica directamente relacionada con la cantidad de aceite en el racimo que difiere entre estos dos tipos de palmas, es la relación del mesocarpio a fruto. En los frutos de las palmas tipo *ténera* es mayor la proporción de mesocarpio que en las palmas del híbrido interespecífico OxG.

14. ¿Qué utilidad tiene la información obtenida de los análisis de racimo?

La información de potencial de aceite y la calidad en la formación y composición de los racimos y frutos se puede usar en varios aspectos de la palmicultura. Por ejemplo: estimar el potencial de extracción en planta extractora, determinar la eficiencia del proceso de polinización asistido o natural en materiales *E. guineensis* o el híbrido interespecífico OxG, evaluar tratamientos dentro de un experimento y materiales en un lote de la plantación. En mejoramiento, se usa para

la selección de palmas individuales élite tipo *ténera* para propagación *in vitro*, selección de madres dura para cruzamientos DxP o evaluación de progenies, entre otros.

Exploración de expectativas

Orientaciones para el facilitador

Antes o después de hacer la exploración inicial del conocimiento, el facilitador debe indagar con los participantes sobre las expectativas que tienen sobre esta capacitación que acaba de iniciar. Esto va a permitir comparar las expectativas que los participantes tienen con los alcances que abarca la capacitación. De esta forma el facilitador puede despejar dudas y exponer a los participantes aquellos temas que no están al alcance de la capacitación, e iniciar una introducción general sobre sus objetivos. Para esta actividad se tiene establecido un tiempo máximo de 30 minutos.

El facilitador puede decidir la dinámica que utilizará en la exploración de expectativas. Sin embargo, aquí se hace una sugerencia:

- De acuerdo con el número de participantes, pida que se formen grupos de entre dos y cinco personas. Esto permite tanto la interacción con los demás grupos como entre el grupo mismo, y es

una preparación para la realización de los ejercicios y prácticas.

- Pida la elección de un líder para que dirija el grupo, lleve la vocería y exponga las ideas y expectativas del grupo.
- Solicite a todos que respondan a la pregunta:



¿Qué expectativas espera cumplir como resultado de la presente capacitación? En otras palabras, ¿qué lo trajo aquí y qué conocimientos adicionales o destrezas quiere obtener al finalizar esta capacitación?

- El facilitador le solicitará al líder de cada grupo que a su vez pida a sus compañeros presentarse y expresar para los demás las expectativas que tiene con respecto de la capacitación que está iniciándose.
- El facilitador debe tener la atención puesta en las respuestas, resaltar aquellas expectativas que corresponden a los objetivos de la capacitación, e identificar con claridad aquellas que no correspondan para que los participantes no esperen que sean abordadas durante la capacitación.
- Finalice haciendo un paralelo entre las expectativas y los objetivos del aprendizaje, que se presentan enseguida.

Objetivos y estructura de aprendizaje

Objetivo general

Al finalizar esta capacitación, el participante estará en la capacidad de planear y realizar el muestreo y los análisis de racimo, con procedimientos seguros, sencillos y adecuados que le permitan obtener resultados confiables y útiles en la determinación del potencial de aceite, la composición física del racimo y de los frutos de palma de aceite.

Objetivos específicos

De manera detallada, al finalizar esta guía el participante estará en la capacidad de:

- Preparar con eficiencia el sitio, herramientas y materiales para la correcta realización de los análisis de racimo.
- Adaptar los procedimientos de muestreo, tanto en la tolva de la planta de beneficio, como en campo para obtener muestras representativas y resultados precisos.
- Realizar de manera sencilla, eficiente, precisa y segura los análisis de racimos en palmas *Elaeis guineensis* o en el híbrido interespecífico OxG.
- Desarrollar los cálculos matemáticos que finalmente lleven al potencial de aceite en el racimo y a estimar los componentes que permitan conocer la calidad de formación de los racimos.
- Interpretar y usar la información que se genera en el desarrollo de los análisis de racimo.

Explicación de la estructura

Este diagrama de flujo muestra todos los pasos a tener en cuenta cuando se requiere realizar un análisis de racimo. Cada una de las etapas se desarrollará en el transcurso de las unidades de aprendizaje, con el fin de poder determinar el potencial de aceite y conocer la composición física del racimo y de los frutos.

En primer lugar encontramos una fase de planeación, que es el fundamento para lograr con éxito el muestreo, ejecución y cálculos de los análisis de racimo. En la planeación se hace la preparación del sitio, los equipos y materiales necesarios para el desarrollo eficiente y seguro de los análisis de racimo.

En segundo lugar tenemos el muestreo. Los racimos pueden provenir de la planta de beneficio, de un proveedor o de un lote, y normalmente suelen ser varios racimos de acuerdo con el propósito y alcance del estudio. El muestreo debe quedar bien definido antes de iniciar los análisis de racimo, pues se considera uno de los pasos críticos para obtener resultados confiables en el potencial de aceite.

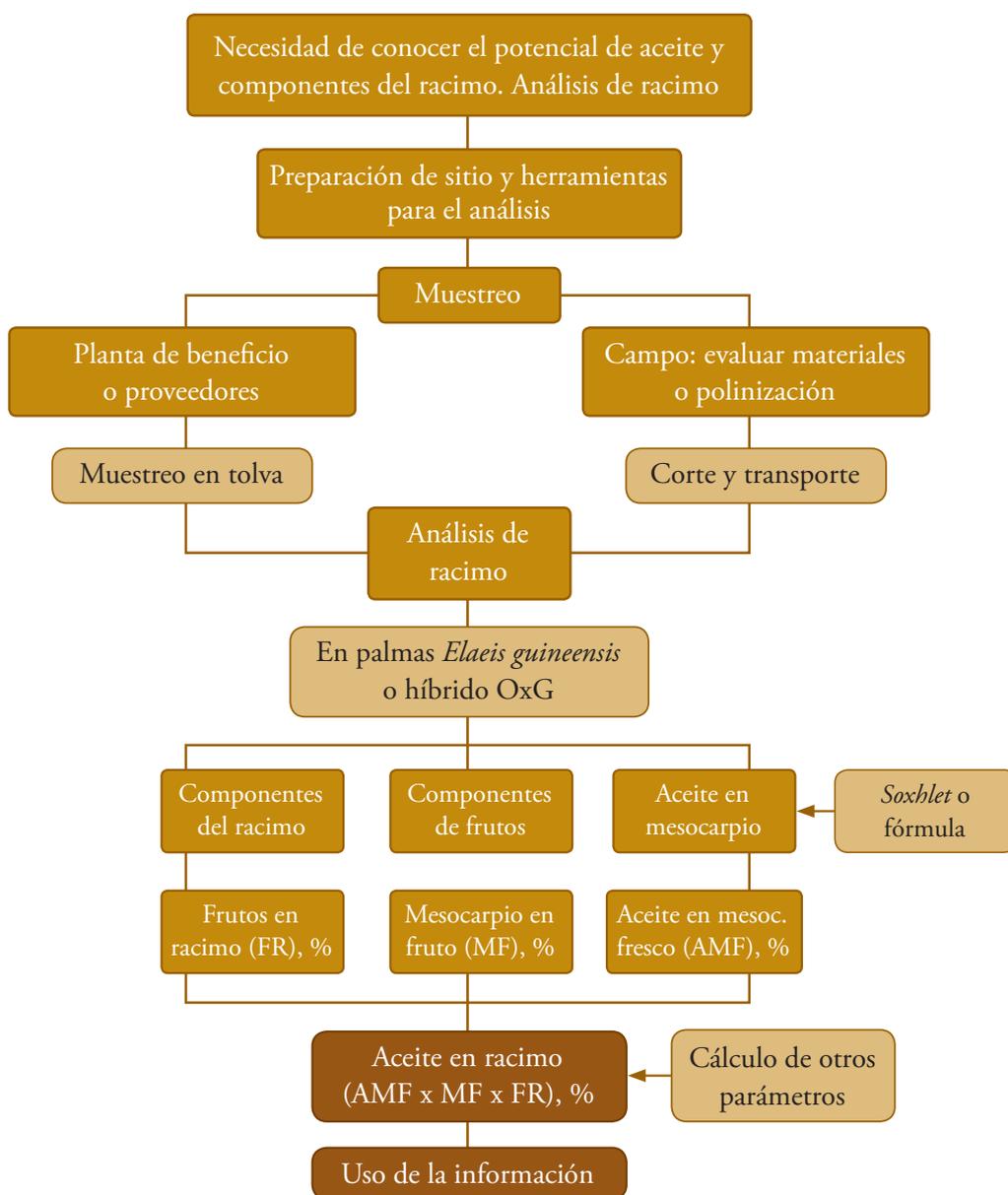
Posteriormente se encuentra el procedimiento de análisis de racimo. La guía abarca los pasos para analizar los racimos provenientes de palmas *Elaeis guineensis* o del híbrido interespecífico OxG. Se describen detalladamente los pasos a tener en cuenta durante el procedimiento. El objetivo es que los participantes puedan seguir el desarrollo de los ejercicios y ser autodidactas en el aprendizaje de los análisis de racimo.

Todos los datos obtenidos se registran en formatos de trabajo, los cuales se pueden transcribir a hojas de cálculo para los posteriores cálculos.

La última parte está dirigida al uso de la información recolectada en cada una de las etapas del análisis del racimo. La tarea final es integrar los datos a través de fórmulas que permiten realizar los cálculos para emitir resultados de interés para el palmicultor o la planta de beneficio. Los cálculos se pueden realizar de manera

manual o con la ayuda del computador. Los resultados se enfocan a obtener la composición física del racimo, de los frutos y la determinación del potencial de aceite. Finalmente, se plantean algunos ejercicios cuyo objetivo es dar ejemplos del uso de la información que se puede obtener de los análisis de racimo, y de esta manera ayudar a dar explicación a las variaciones en los contenidos de aceite y directamente a los cambios observados en las tasas de extracción en la planta de beneficio.

Estructura general



Temática I.
Planeación y ejecución de la toma
de muestras de racimos



Unidad de aprendizaje I. Planeación y preparación del sitio, equipos y materiales

Estructura de la unidad	31
Explicación de la estructura	31
Introducción	31
Preguntas orientadoras	32
Objetivos.....	32
Preparación para el análisis, sitio de trabajo y herramientas.....	32
Infraestructura necesaria en el análisis de racimo	33
Seguridad en el sitio de análisis y laboratorio	34
Práctica 1.1.	
¿Tenemos lo que necesitamos para el análisis de racimo?.....	34
Formato de trabajo 1.1. Lista de verificación para los elementos en el muestreo y análisis de racimos.....	35



Estructura de la unidad

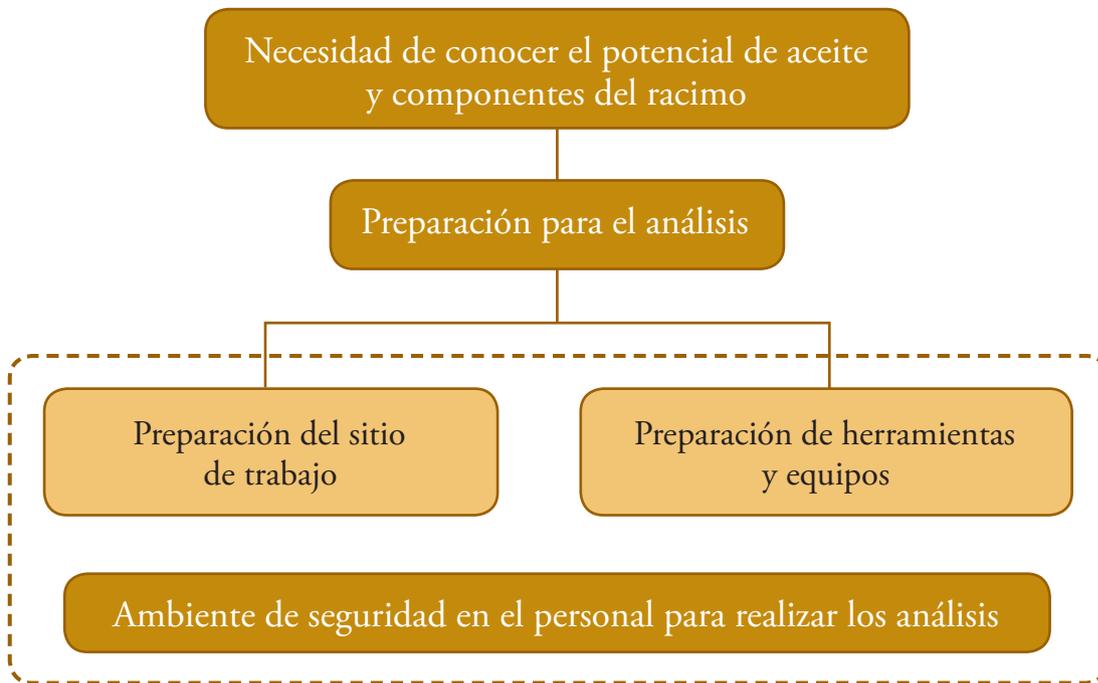


Figura 1.1. Estructura de aprendizaje para el paso inicial del análisis de racimo: la preparación del sitio.

Explicación de la estructura

En esta estructura encontramos la primera fase del análisis de racimo, es decir, la planeación, base para lograr con éxito los resultados de la determinación del potencial de aceite, ya sea en la tolva de la planta de beneficio o lote o experimento en campo. Aunque el análisis de racimo no es un procedimiento complejo, requiere que quien lo realice haga una planeación del muestreo, cuente con el sitio idóneo y tenga las herramientas básicas para realizar la labor, con el fin de obtener resultados exactos y el menor riesgo físico para el personal.

Introducción

En esta unidad de aprendizaje se comparten detalles básicos que se deben tener en cuenta antes de iniciar los análisis de racimo, tanto en plantaciones grandes como pequeñas. El análisis de racimo es un proceso que implica varios pasos de muestreo dentro del racimo para finalmente obtener una muestra representativa y con esta estimar el valor de la cantidad de aceite en todo el racimo. En esta guía se considera que el primer paso a tener en cuenta en el proceso de análisis de racimo es la correcta planeación de la actividad, el sitio de trabajo, los materiales y equipos, para obtener

datos confiables y realizar la labor con seguridad. Es importante la constante retroalimentación con el personal que realiza la labor para mantenerlos equipados con las herramientas idóneas, pues con esto alcanzamos un buen desempeño del proceso y disminuimos los factores de riesgo de accidentes.

Preguntas orientadoras

1. ¿Qué elementos hay que tener en cuenta para realizar un análisis de racimo?
2. ¿Qué otros aspectos son necesarios pero no indispensables en el análisis de racimo?
3. ¿Estima algún tipo de riesgo físico en el procedimiento de desarrollar el análisis de racimo?

Objetivos

Al finalizar esta unidad, usted debe estar en la capacidad de:

1. Establecer con claridad todos los elementos necesarios para desarrollar correctamente el análisis de racimo.
2. Ubicar y preparar un buen sitio de trabajo para la realización del procedimiento del análisis de racimo.
3. Proponer cambios necesarios en su empresa para lograr mejores condiciones para el desarrollo de los análisis de racimo.

Preparación para el análisis, sitio de trabajo y herramientas

Se requiere un área cubierta parcialmente, de fácil acceso para el tractor con tráiler o cualquier otro vehículo en donde sean transportados los racimos de campo para los respectivos análisis (Figura 1.2). El sitio debe contar con áreas de recepción y pesaje, cubículos de madera o concreto para remover las raquillas (Cerón, 2004; Hormaza *et al.*, 2010) o espigas (nombre común) del pedúnculo. El cubículo se usa también para la separación del pedúnculo y el muestreo de las raquillas, frutos, nueces y mesocarpio.



Figura 1.2. Ejemplo de área para la recepción de los racimos.

Los mesones deben ser fuertes para realizar de manera eficiente, cómoda y segura la remoción de las raquillas (Figura 1.3); pueden llevar unas mallas en los costados para que no haya pérdida de raquillas o frutos en el proceso de remoción. Además, en los mesones se realiza también el pesaje de los diferentes componentes del racimo, el desfrutado y el despulpe de la muestra de frutos.



Figura 1.3. Ejemplo de mesón y cubículo de madera usados para el procedimiento de análisis de racimo.

Por otra parte, se deben tener las herramientas básicas como hachas, cuchillos (Figura 1.4) y otra serie de equipos, materiales y elementos para desarrollar eficientemente el muestreo y análisis de los racimos, que se listan a continuación:



Figura 1.4. Ejemplo de hacha, cuchillo y limas de afilar usados en el análisis de racimo.

Infraestructura necesaria en el análisis de racimo

- Área de análisis
- Cubículos con separaciones y mallas en los lados
- Disponer de un medio de transporte para el muestreo de racimos en campo
- Una llave con suministro de agua y desagüe (requerido en el montaje del sistema *Soxhlet*).

Equipos

- 1 balanza o báscula de más de 50 kg
- 1 balanza con capacidad de alrededor de 6 kg
- 1 horno microondas
- Calculadora básica
- 1 estufa de secado con resistencia¹

¹ Se usa un horno de resistencia en el caso de no usar el horno microondas. Los detalles del uso de uno u otro se presentan en la Unidad de aprendizaje III.

- 1 licuadora casera*
- Planchas de calentamiento*
- Cabina de extracción para eliminar vapores de solventes*
- Equipo *Soxhlet**
- Desecador*

Herramientas y materiales

- Palín o cuchillo malayo para cosecha
- Hachas pequeñas o hachuelas
- Cuchillos zapateros afilados
- Una lima o piedra para afilar los cuchillos y las hachas
- Marcador permanente
- Bolsas plásticas de 5 x 8 cm o de similar tamaño
- Bolsa de plástico de alta densidad de 40 x 30 cm o de similar tamaño
- Recipientes plásticos de unos 20 x 20 x 20 cm o similar tamaño
- Sacos de fibra
- Un recogedor de plástico sin cabo o una pala para hacer la homogenización de las raquillas
- Moldes de aluminio con tapa o cápsulas de porcelana
- Lapiceros
- Pliegos de papel celulosa
- Gantes de cuero
- Gafas de seguridad
- Cascos de seguridad
- Guantes de nitrilo
- Máscaras con filtro para vapores orgánicos

* Estos elementos deben tenerse en el caso de hacer la determinación de aceite a mesocarpio seco usando el método de extracción por *Soxhlet*.

Reactivos

- Hexano o éter de petróleo
- Sílica para el desecador

Seguridad en el sitio de análisis y laboratorio

Toda labor trae inherente un riesgo de accidente. En el caso de los análisis de racimo, los riesgos pueden estar en el muestreo, en el sitio de análisis o en el laboratorio. Siempre se deben atender todas las normas de higiene y de seguridad existentes en la plantación para evitar posibles accidentes y usar debidamente los elementos de protección personal (EPP), tales como:

- Batas de laboratorio
- Gafas de seguridad
- Careta de polvo
- Máscara con filtro para vapores
- Guantes de nitrilo o,
- Guantes industriales

 Algunos aspectos básicos a tener en cuenta en las actividades son:

- En el análisis de racimo, el personal debe usar guantes para protegerse de posibles heridas con el cuchillo o el hacha.
- Se deben usar gafas de protección para los ojos cuando se esté realizando la remoción de las raquillas del pedúnculo.
- El personal de laboratorio debe usar los EPP y seguir estrictamente las normas de seguridad.
- No se deben dejar solventes o material inflamable sobre los mesones o bancos de trabajo, ni debajo de ellos o donde se usen llamas o planchas de calentamiento.
- El almacenamiento y disposición de residuos químicos en el laboratorio deben seguir la normatividad vigente.

- Nunca se debe usar la boca para succionar por medio de pipetas o mangueras ninguna clase de sustancia. Se deben utilizar siempre elementos adecuados.
- No deben usarse equipos de vidrio que tengan fisuras o desperfectos en los bordes.
- El orden y la limpieza constituyen parte esencial del trabajo; la mayoría de los accidentes puede evitarse cuando se mantiene libre de obstáculos el área de trabajo.
- Si surge alguna inquietud durante el proceso se debe consultar al jefe inmediato.

En los ANEXOS 6 y 7 se describen las fichas de seguridad, los cuidados con el uso y manipulación de los solventes más comúnmente usados en los procesos de análisis de racimo en el laboratorio. Hasta aquí se realizó la descripción del sitio de trabajo, las herramientas y los elementos de seguridad para realizar los análisis de racimo, ahora vamos a realizar un ejercicio para verificar que tengamos todo lo necesario para ejecutar la labor.

Práctica 1.1. ¿Tenemos lo que necesitamos para el análisis de racimo?

Objetivo

Al finalizar la presente práctica, los participantes habrán identificado y revisado los equipos, las herramientas y los materiales necesarios para el análisis de racimo.

Orientaciones para el facilitador

Por lo menos con un día de anticipación, el facilitador debe asegurarse de que en el sitio de la práctica estén los equipos, las herramientas y los materiales necesarios para desarrollar esta práctica y las siguientes, especialmente las de las Unidades II y III.

- El día de la capacitación, lleve a los participantes al sitio de la práctica y pídale que hagan grupos de dos personas.

- Revise con los participantes el objetivo y las orientaciones para la práctica.
- Entregue a los participantes una copia de la lista de verificación (Formato de trabajo 1.1).
- Conduzca la retroinformación de la práctica, solicitando a los participantes exponer las funciones que cumplen cada uno de los insumos, materiales y equipos que se encuentran en el sitio de trabajo.

Recursos necesarios

- Fotocopia de la lista de verificación o Formato de trabajo 1.1
- Lapicero
- Equipos, herramientas y materiales necesarios para el análisis de racimo

Orientaciones para los participantes

En esta práctica se pide que usted trabaje en un grupo para identificar a través de una lista de verificación la

existencia de equipos, herramientas y elementos necesarios para la realización del muestreo y análisis de racimos.



Con la ayuda del Formato de trabajo 1.1 revise cada ítem y verifique su existencia en el espacio de la derecha. Complete la totalidad de la hoja de trabajo. En los espacios en los que no considera necesario el elemento de acuerdo con las instrucciones del facilitador, marque NA, de lo contrario señale si existe o no el elemento.

Al finalizar, comente cuáles elementos no estaban, si los considera indispensables y si hay otros que no están en la lista de verificación que considera necesarios.

Información de retorno para la práctica

Después de escuchar las presentaciones de los participantes y hacer las aclaraciones a que haya lugar, el facilitador da a conocer la lista de todos los elementos presentes.

Formato de trabajo 1.1. Lista de verificación para los elementos en el muestreo y análisis de racimos

Participantes:	
Elemento	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> NA <input checked="" type="checkbox"/>
Cubículos con separaciones y mallas en los lados	Si () No () NA ()
Medio de transporte para el muestreo de racimos	Si () No () NA ()
Balanza o báscula de más de 50 kg	Si () No () NA ()
Balanza con capacidad de alrededor de 6 kg	Si () No () NA ()
Horno microondas	Si () No () NA ()
Calculadora básica	Si () No () NA ()
Estufas de secado con resistencia	Si () No () NA ()
Licuada casera	Si () No () NA ()
Planchas de calentamiento	Si () No () NA ()

Continúa

Cabina de extracción para eliminar vapores	Si (<input type="checkbox"/>) No (<input type="checkbox"/>) NA (<input type="checkbox"/>)
Equipo <i>Soxhlet</i>	Si (<input type="checkbox"/>) No (<input type="checkbox"/>) NA (<input type="checkbox"/>)
Desecador	Si (<input type="checkbox"/>) No (<input type="checkbox"/>) NA (<input type="checkbox"/>)
Palín o cuchillo malayo para cosecha	Si (<input type="checkbox"/>) No (<input type="checkbox"/>) NA (<input type="checkbox"/>)
Hachas pequeñas o hachuelas	Si (<input type="checkbox"/>) No (<input type="checkbox"/>) NA (<input type="checkbox"/>)
Cuchillos zapateros afilados	Si (<input type="checkbox"/>) No (<input type="checkbox"/>) NA (<input type="checkbox"/>)
Una lima o piedra para afilar	Si (<input type="checkbox"/>) No (<input type="checkbox"/>) NA (<input type="checkbox"/>)
Marcador permanente	Si (<input type="checkbox"/>) No (<input type="checkbox"/>) NA (<input type="checkbox"/>)
Bolsas plásticas de 5 x 8 cm o de similar tamaño	Si (<input type="checkbox"/>) No (<input type="checkbox"/>) NA (<input type="checkbox"/>)
Bolsa de plástico de alta densidad de 40 x 30 cm	Si (<input type="checkbox"/>) No (<input type="checkbox"/>) NA (<input type="checkbox"/>)
Recipientes plásticos de unos 20 x 20 x 20 cm	Si (<input type="checkbox"/>) No (<input type="checkbox"/>) NA (<input type="checkbox"/>)
Sacos de fibra	Si (<input type="checkbox"/>) No (<input type="checkbox"/>) NA (<input type="checkbox"/>)
Un recogedor de plástico sin cabo o una pala	Si (<input type="checkbox"/>) No (<input type="checkbox"/>) NA (<input type="checkbox"/>)
Moldes de aluminio con tapa o cápsulas de porcelana	Si (<input type="checkbox"/>) No (<input type="checkbox"/>) NA (<input type="checkbox"/>)
Lapiceros	Si (<input type="checkbox"/>) No (<input type="checkbox"/>) NA (<input type="checkbox"/>)
Pliegos de papel celulosa	Si (<input type="checkbox"/>) No (<input type="checkbox"/>) NA (<input type="checkbox"/>)
Guantes de cuero	Si (<input type="checkbox"/>) No (<input type="checkbox"/>) NA (<input type="checkbox"/>)
Gafas de seguridad	Si (<input type="checkbox"/>) No (<input type="checkbox"/>) NA (<input type="checkbox"/>)
Cascos de seguridad	Si (<input type="checkbox"/>) No (<input type="checkbox"/>) NA (<input type="checkbox"/>)
Guantes de nitrilo	Si (<input type="checkbox"/>) No (<input type="checkbox"/>) NA (<input type="checkbox"/>)
Máscaras con filtro para vapores orgánicos	Si (<input type="checkbox"/>) No (<input type="checkbox"/>) NA (<input type="checkbox"/>)
Hexano o éter de petróleo	Si (<input type="checkbox"/>) No (<input type="checkbox"/>) NA (<input type="checkbox"/>)
Sílica para el desecador	Si (<input type="checkbox"/>) No (<input type="checkbox"/>) NA (<input type="checkbox"/>)
Si en la lista de verificación aparecen elementos faltantes: ¿Cuáles de ellos son indispensables en el desarrollo del muestreo y análisis de racimos?	

Temática II.
Realización de los análisis de racimos



Unidad de aprendizaje II. Muestreo de racimos

Estructura de la unidad	41
Introducción	41
Preguntas orientadoras	42
Objetivos.....	42
Requisito de una buena muestra:	42
Muestreo y evaluación de racimos en tolva	42
Muestreo de racimos en campo	46
Tamaño de muestra para análisis de racimos provenientes de campo.....	47
Práctica 2.1.	
Tomemos racimos representativos en tolva	49
Formato de trabajo 2.1. Datos a tomar en el muestreo de racimos en tolva.....	52
Práctica 2. 2.	
Tomemos racimos maduros en campo	54
Formato de trabajo 2.2. Ejemplo de rótulo de identificación del racimo en el muestreo en campo.....	55



Estructura de la unidad

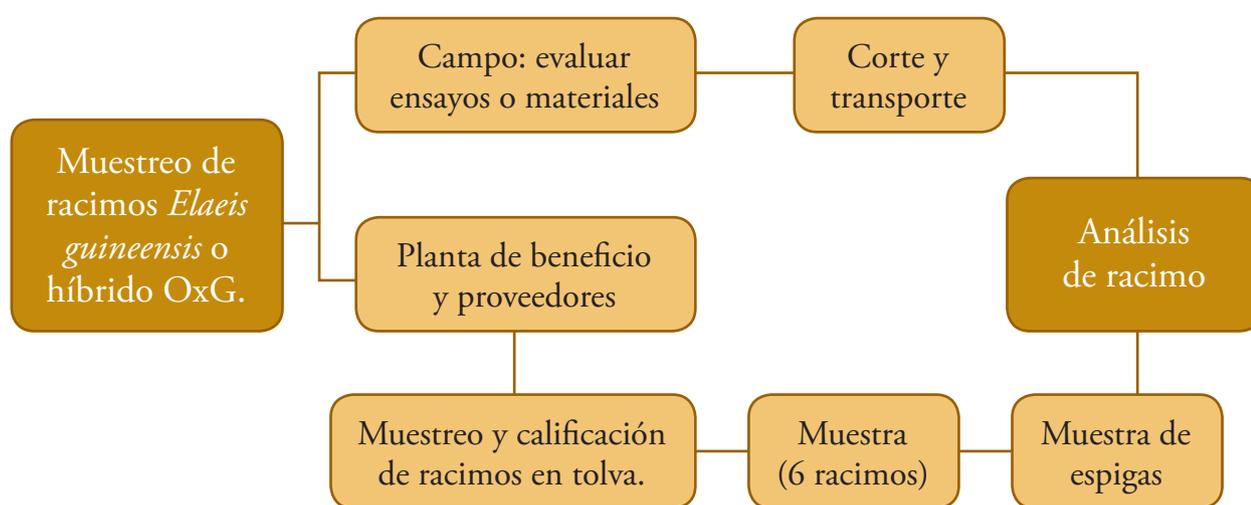


Figura 2.1. Estructura de aprendizaje para el muestreo en el análisis de racimo.

En esta estructura encontramos la segunda fase para el análisis de racimo: *el muestreo de los racimos*. Después de una buena planeación de las actividades, el siguiente paso es la colecta de los racimos, los cuales, de acuerdo con el objetivo que se persiga, pueden provenir de un proveedor, de la tolva en la planta de beneficio o de un lote con un ensayo o material que queramos evaluar para determinar su potencial de aceite y los componentes físicos del racimo y sus frutos.

Introducción

El muestreo para el análisis de racimo es uno de los pasos más cruciales en la obtención de datos precisos. La mayor variabilidad en los resultados del contenido de aceite en los RFF medido por los análisis de racimo está dada por la variabilidad misma en la formación de los racimos. El potencial de aceite se estima usando tres variables: el fruto en racimo (FR),

el mesocarpio a fruto (MF) y el aceite a mesocarpio fresco (AMF). Normalmente, estas dos últimas permanecen poco variables evaluadas en el mismo material. Sin embargo, el FR está muy influenciado por el ambiente y es la variable que genera más dispersión en los datos. Esta variabilidad se debe atrapar en el muestreo para tener un valor representativo en la evaluación, ya sea a la entrada de la planta de beneficio, en los camiones de descargue o en campo evaluando ensayos o materiales.

Uno de los problemas que se afronta para obtener datos exactos y precisos a partir del análisis de racimo es la gran cantidad de mano de obra para realizar varios análisis en la misma unidad de muestreo. Debemos tener en cuenta que para incrementar la confiabilidad y precisión de los resultados, debemos incurrir en mayores gastos económicos, debido a que hay que incrementar el número de racimos a evaluar. Sin embar-

go, el objetivo de esta unidad es guiar a facilitadores y participantes sobre el empleo de algunos parámetros que pueden ayudar a optimizar la realización del muestreo para obtener resultados exactos que permitan tomar decisiones acertadas en los posteriores procesos.



Preguntas orientadoras

1. ¿Cuántos racimos se deben tomar en la tolva para asegurar la representatividad en el muestreo?
2. ¿Qué características deben cumplir los racimos muestreados en la tolva para asegurar la calidad del análisis?
3. ¿Qué relación existe entre el tamaño de un racimo y su concentración de aceite?
4. ¿Cuántos racimos se deberían tomar en campo para asegurar mayor exactitud en los datos?
5. ¿Al disminuir el tamaño de la muestra, se aumentará la exactitud de la medida del potencial de aceite?

Objetivos

Al finalizar esta unidad, usted debe estar en la capacidad de:

- Muestrear adecuadamente los racimos en la tolva de la planta de beneficio para análisis de racimo.
- Determinar la proporción de racimos verdes, maduros, sobremaduros, podridos y de pedúnculo largo presentes en el fruto recibido en la tolva de las plantas de beneficio.
- Muestrear los racimos en un lote para evaluar materiales comerciales de palma de aceite.

Requisito de una buena muestra

Una muestra perfecta sería aquella que constituya una versión, en pequeña escala, de la población, y que por lo tanto refleje cada una de las características de la población misma. Por supuesto, una muestra perfecta no puede existir para poblaciones complejas. Pero una

buena muestra reproduce las características de interés que existen en la población de la manera más cercana posible. Esta muestra será representativa siempre y cuando la unidad muestreada contenga las características de una cantidad conocida de unidades en la población.

En el análisis de racimo, el reto es siempre obtener una muestra de racimos lo suficientemente representativa para que nos arroje valores muy cercanos a la población completa, en este caso, por ejemplo, los racimos de la tolva en la planta, un viaje de racimos de un proveedor o un gran lote de palmas en campo.

A continuación se presentan algunas orientaciones que se deben tener en cuenta en el muestreo de racimos:

Muestreo y evaluación de racimos en tolva

La evaluación de las características de calidad de los RFF que llegan a la tolva en la planta de beneficio constituye una etapa muy importante en la extracción de aceite, dado que determina algunas condiciones del proceso, y puede definir la calidad del fruto de un proveedor y a su vez permite inferir el comportamiento en la eficiencia de extracción.

Las características de calidad evaluadas en la tolva son la madurez del racimo, el potencial de aceite, la longitud del pedúnculo y el contenido de impurezas en el fruto. Cada una de ellas tiene una repercusión particular dentro del proceso de extracción y requiere de la aplicación de una metodología de muestreo y evaluación para su adecuada determinación y control.

Tal como ya se ha mencionado en esta guía, el muestreo de los racimos, tanto en campo como en tolva, constituye una etapa fundamental dentro de la evaluación del potencial de aceite en los racimos. El muestreo de los racimos que llegan a la tolva de la planta extractora se realiza normalmente en cantidades de entre 8 a 10 toneladas, siendo este el tamaño promedio de los viajes que ingresan a una planta de

beneficio. Estas condiciones de entrada del fruto hacen necesario que el proceso de muestreo de racimos para la determinación de calidad del fruto y del potencial de aceite se haga de manera cuidadosa y rigurosa, a fin de garantizar su representatividad.

Aun cuando el muestreo en el camión o en la tolva permite la evaluación del potencial de aceite sobre la totalidad de racimos y en las condiciones reales en las que ingresan a la planta, se requiere que el fruto cuente con una maduración óptima. Los parámetros de calidad comúnmente aceptados y consignados en esta guía para el fruto de material *Elaeis guineensis*, están basados en evaluaciones realizadas previamente y refe-

renciadas en el *Manual de procedimientos de laboratorio en plantas de beneficio* (Cala et al., 2011).

El procedimiento de muestreo inicia con la identificación de los RFF (lote de origen, proveedor, peso, material) y su respectivo registro. Debido a que generalmente al descargar los RFF en la tolva se acumulan unos viajes sobre otros, se recomienda realizar el muestreo sobre el camión o inmediatamente se haya realizado el descargue a fin de evitar la mezcla del fruto con el de otros viajes. Preferiblemente, el viaje designado para el muestreo y evaluación debe ser ubicado en un lugar de la tolva que permita la ubicación segura del operario (Figura 2.2).



Figura 2.2. Viaje y formas de descargue de fruto en tolva.

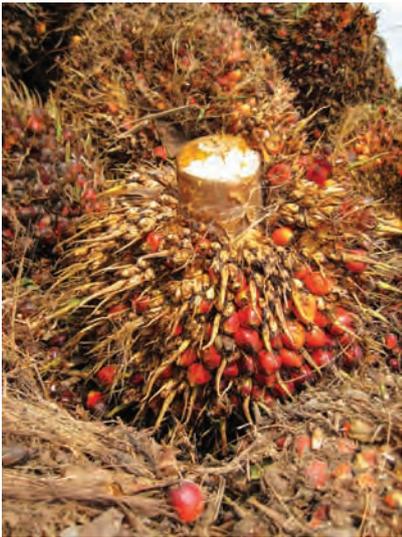
El muestreo de los racimos del viaje que se descarga se debe realizar de forma aleatoria sobre todos los RFF y, por lo tanto, para el muestreo se recomienda utilizar algún elemento que elimine el sesgo a la hora de tomar los racimos a evaluar. Los estudios realizados recomiendan el método de la cuerda como el más adecuado para este fin (García y Yañez, 2000). Este método consiste en el uso de una cuerda con nudos equidistantes, ubicada en diagonal y que sea aproximadamente igual al ancho del espacio ocupado por todo el RFF del viaje o en la tolva. Otra forma de muestreo es colocar la cuerda en forma de estrella, ubicando los nudos en las uniones de sus puntas. Luego se extiende la cuerda con los nudos sobre la pila de racimos (Figura 2.3), tomando aquellos que queden ubicados bajo los nudos.



Figura 2.3. Forma de disponer la cuerda a utilizar durante el muestreo en tolva o directamente en el camión.

Se repite la operación cruzando la cuerda por la diagonal opuesta y se muestrean igualmente los racimos bajo los nudos. Se realizan tantos lanzamientos como sea necesario para obtener 28 racimos, tomando los que queden ubicados bajo los nudos. Se valora el grado de maduración de los 28 racimos, para tener una estimación del porcentaje de maduración de todos los racimos. En la calificación de la madurez del racimo se determinan cuatro estados: verde, maduro, sobremaduro y podrido. Cada uno de ellos debe estar en un rango determinado dentro de la evaluación, de acuerdo a los parámetros operativos de la planta extractora. Los estados mencionados se ilustran en la Figura 2.4 y se describen a continuación:

- *Racimo verde:* hace referencia a aquellos racimos que no presentan alvéolos vacíos al 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 estos se sueltan. No debe existir ningún racimo verde en un viaje que llegue a la planta extractora.
- *Racimo maduro:* se da esta denominación a los racimos que se encuentran 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 (externos). Generalmente se espera que la calificación del porcentaje de racimos maduros sea de mínimo 90% del total de racimos evaluados.
- *Racimo sobremaduro:* se denominan sobremaduros a los racimos que han desprendido más del 50% de los frutos existentes en la primera capa de frutos. Se espera que la cantidad de racimos sobremaduros encontrados no exceda el 10% del total de los RFF en la tolva.
- *Racimo podrido:* Se denominan podridos a aquellos racimos que han desprendido de forma natural más del 50% de los frutos de su primera capa y que adicionalmente presentan ablandamiento del pedúnculo por efecto del envejecimiento del racimo. No debe existir ningún racimo podrido en un viaje que llegue a la planta extractora.

MADURO: Desde 3 frutos sueltos hasta el 50% de frutos desprendidos naturalmente	PEDÚNCULO LARGO: Racimos con longitud de pedúnculo > 5cm
	
Criterio: Más del 90% de los racimos presentes en tolva	Criterio: 0% de los racimos con esta característica en tolva

<p>VERDE: Ningún alveolo vacío</p>	<p>SOBREMADURO: Más de 50% de frutos desprendidos naturalmente</p>	<p>PODRIDO: Más del 50% de los frutos desprendidos; además, deshidratación, pedúnculo blando, olor fétido y evidencia de descomposición</p>
		
<p>Criterio: 0% de racimos verdes en tolva</p>	<p>Criterio: Máximo 10% de racimos sobremaduros en tolva</p>	<p>Criterio: 0% de racimos podridos en tolva</p>

Figura 2.4. Características de los diferentes estados de madurez de los racimos.

A continuación se pesan todos los racimos y se calcula el peso promedio. De los 28 racimos se seleccionan los seis que tengan el peso más próximo al promedio (Figura 2.5). A cada racimo se le remueven las raquillas y se separa el pedúnculo. Los pedúnculos se juntan y se pesan. Las raquillas de cada racimo se homogenizan y se toma una muestra de aproximadamente 3.5 kg.

Posteriormente se mezclan las seis muestras de raquillas de 3.5 kg, se homogenizan, se cuarteán y se toma una muestra final de alrededor de 3.5 kg. Para reconocer cada paso y los procedimientos se puede realizar la Práctica 2.1 de esta unidad y después continuar con el procedimiento de análisis de los racimos descrito en la Práctica 3.1 de la Unidad de aprendizaje III.



Figura 2.5. Muestreo de los seis racimos representativos del viaje.

Muestreo de racimos en campo

El análisis de racimo es esencial para determinar el potencial de aceite de una palma o grupo de palmas. La palma de aceite es un cultivo de polinización cruzada, así que la producción de RFF, como de aceite en el racimo, varía mucho de una palma a la otra. Por ende, la evaluación de varias palmas en el misma unidad de muestreo es muy importante y necesaria (Mandal y Badu, 2008).

En el análisis de racimos para lotes comerciales es necesario tener en cuenta que la formación de aceite en el racimo se presenta a partir de la semana 16 hasta 24 después de la antesis (Prada *et al.*, 2011), y es muy importante muestrear los racimos en el punto óptimo de cosecha. Sin embargo, para el análisis de racimo los criterios de cosecha son diferentes a los propuestos

para la cosecha comercial. Mandal y Badu (2008) y ensayos realizados en Cenipalma demuestran que es posible cometer errores en la cosecha de racimos con el criterio de cosecha tradicional de 1 – 3 frutos sueltos en el plato, debido a que se pueden tomar racimos que subestiman el contenido de aceite en los racimos. De acuerdo con lo anterior, se recomienda no hacer la colecta de los racimos para análisis de racimo de una parcela o lote al mismo tiempo que la labor de cosecha. Una alternativa viable y recomendable de muestreo de los racimos es hacerlo de manera independiente e individual en cada palma y con el criterio de cosecha de observar mínimo 10 y máximo 20 frutos sueltos en el plato para racimos de *Elaeis guineensis* (Figura 2.6). Si una palma tuviera más de un racimo en estado óptimo de cosecha, se selecciona aleatoriamente solo uno de ellos.



Figura 2.6. Ejemplo de racimo y frutos sueltos en el plato de la palma. Criterio de cosecha para análisis de racimo.

En el caso del híbrido interespecífico OxG, se estima que el criterio óptimo de cosecha es en el estadio fenológico 807 de acuerdo con la escala BBCH publicada por Hormaza *et al.*, 2010, y descrita para el cruzamiento *Coari x La Mé* que concuerda con el reportado por Gómez y Silva, 2010. El punto óptimo de cosecha en el OxG depende de las condiciones climáticas y el origen

del cruzamiento y ocurre entre las 22 y 23 semanas después de la antesis. Sin embargo, para realizar la cosecha se recomienda guiarse por la descripción visual del estadio fenológico 807 de la escala BBCH, en la cual normalmente se observa un agrietamiento de los frutos del racimo y una coloración naranja intensa (Figura 2.7), pero sin que haya aún desprendimiento de frutos.



Figura 2.7. Ejemplo de frutos con grietas que indican el estado óptimo de cosecha en el híbrido interespecífico OxG.

Tamaño de muestra para análisis de racimos provenientes de campo

Como se mencionó anteriormente, el tamaño de muestra es uno de los factores más críticos para lograr resultados confiables en el análisis de racimo. Con el propósito de determinar el número de racimos a seleccionar para evaluar los componentes del racimo y los frutos en palma de aceite, el tamaño de la muestra se estimó a partir de datos de evaluaciones previas de aceite en racimo en ensayos experimentales y en un lote comercial. Para estimar el tamaño de muestra se tomaron datos del Campo Experimental Palmar de La Vizcaína de Cenipalma y datos tomados en una plantación comercial de la Zona Central (Tabla 2.1). Se observó que los datos de la plantación comercial y de Vizcaína presentaron coeficientes de variación de 24 y 21%, respectivamente. Con los valores de aceite en racimo obtenidos en las dos plantaciones se determinó el tamaño de muestra, es decir, el número de palmas a seleccionar en la evaluación de acuerdo con el error en la precisión y la confiabilidad requerida.

Tabla 2.1. Estadística descriptiva para las dos fuentes de datos de los análisis de racimo en lotes experimentales y comerciales.

Fuente	n	Media	Mínimo	Máximo	C.V., %
Lote experimental	136	25,8	14,5	39,7	21
Lote comercial	85	18,1	9,1	28,9	24

Para seleccionar el tamaño de la muestra se simuló diferentes escenarios teniendo en cuenta la varianza estimada a partir de los datos iniciales. La precisión se varió desde 5 hasta 20% y la confiabilidad varió entre 90 y 95% (Tabla 2.2). Para los diferentes escenarios se encontró que el número de muestras varía entre 4 y 54 para el lote comercial, y entre 3 y 46 para el lote experimental. Para mayor profundidad en el desarrollo matemático y tipos de muestreo se sugiere remitirse al libro *Muestreo: diseño y análisis* de Lohr, 2000.

La elección del número de racimos a evaluar de acuerdo con la precisión y confiabilidad se dejan a criterio de las necesidades y finalidades del muestreo (Tabla 2.2). No obstante, se recomienda no escatimar en gastos y hacer equilibrio entre el costo, tiempo y logística del muestreo con la precisión y confiabilidad de los resultados, lo cual repercute finalmente en la calidad de la información obtenida. La Tabla 2.2 deja ver claramente que al incrementar la confiabilidad y mejorar la precisión de los resultados se debe incurrir en un aumento del tamaño de la muestra. Si, por el contrario, se toman pocas muestras, por ejemplo menos de 4 racimos, los resultados encontrados logran solo el 20% de precisión y una confiabilidad del 90%. Dependiendo del estudio, algunos autores sugieren que tener una precisión hasta del 5% es muy bueno, del 5 al 10% es bueno, del 10 al 15% es aceptable y del 15% en adelante son solamente datos de referencia. En el muestreo de análisis de racimo, se sugiere el escenario con una precisión del 10% y confiabilidad del 95%, es

decir, el tamaño de muestra definitiva debe ser alrededor de 19 racimos en el caso de evaluación del potencial de aceite de un lote en una plantación comercial.

Tabla 2.2. Escenarios para el tamaño de muestra para determina aceite en racimo.

Fuente	Precisión	Confiabilidad	n
Lote experimental	0,05	0,95	46
	0,05	0,90	36
	0,10	0,95	16
	0,10	0,90	11
	0,15	0,95	8
	0,15	0,90	6
	0,20	0,95	5
	0,20	0,90	3
Lote comercial	0,05	0,95	54
	0,05	0,90	43
	0,10	0,95	19
	0,10	0,90	14
	0,15	0,95	9
	0,15	0,90	7
	0,20	0,95	6
	0,20	0,90	4

Otro aspecto a tener en cuenta es el tamaño del lote a muestrear. Los datos de la Tabla 2.2 fueron independientes del tamaño del lote evaluado. El área de evaluación dependerá de las características de cada plantación. Sin embargo, se debe hacer la división de los lotes a muestrear, por ejemplo, por material, edad de siembra, tipo de suelo, topografía, fertilización, riego o polinización, entre otros.

El último aspecto importante a tener en cuenta es la logística de muestreo. Siempre se debe mantener el criterio de tomar muestras que representen todo el lote y al mismo tiempo la calidad de conformación de los racimos. De esta forma, es necesario recorrer estratégicamente el lote completo para buscar de manera representativa los racimos y, además, eliminar el sesgo del tamaño del racimo o de escoger los que se

“vean más bonitos”. Siempre que estén en el punto óptimo de cosecha, todos los racimos que aparezcan de la aleatoriedad del muestreo se deben cosechar con el fin de lograr la máxima representatividad.

A continuación se describe un ejemplo de lo que podría ser un muestreo de racimos en lotes comerciales. La Figura 2.8 representa un lote comercial de palma de aceite de unas 4,5 ha. De acuerdo con lo descrito en la Tabla 2.2, se deben buscar al menos 19 racimos para los análisis de racimo y estimar el potencial de aceite y/o los componentes de formación del racimo en este lote. Como se buscarán racimos en todo el lote, y ya que tiene 40 líneas, se calcula que habrá que seleccionar al menos un racimo cada 2 líneas; es decir, se pueden usar las calles de cosecha (marcadas con líneas verticales en medio de dos filas de palmas o

X en la Figura 2.8) para buscar un racimo en cada una de ellas. El racimo se selecciona de manera aleatoria en un grupo de palmas en diferentes puntos a lo largo de las dos líneas de la calle (recuadro punteado de la Figura 2.8). En el muestreo de racimos no se usan palmas definidas, puesto que estamos sujetos a la presencia del racimo óptimo para la cosecha. Sin embargo, se debe tener en cuenta no muestrear los racimos que quedan en las líneas de borde.

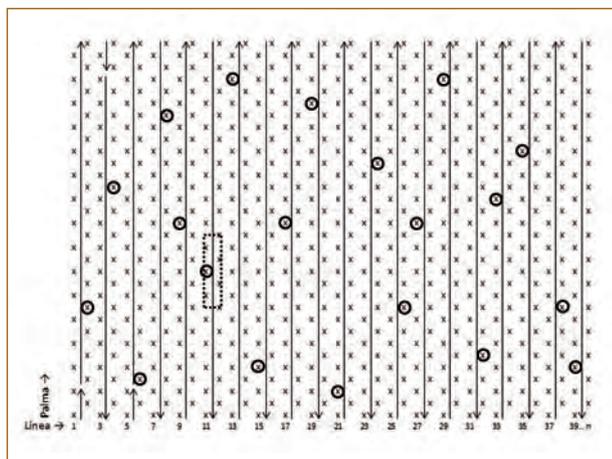


Figura 2.8. Ejemplo de muestreo de racimos en campo para análisis de racimo.

En el momento de la cosecha, hay que usar sacos plásticos para almacenar y transportar los racimos dentro del lote y hasta el sitio de realización del análisis de racimo. Adicionalmente, se deben recolectar todos los frutos sueltos en el plato y los que se desprendan en el momento de la cosecha del racimo. La cosecha de los racimos lleva una identificación rigurosa siguiendo los parámetros de calidad que use la plantación o las sugeridas en esta guía. El objetivo final es poder realizar la trazabilidad de la toma de datos, los cálculos y resultados con la procedencia de los racimos. Se sugiere que los racimos lleven en una etiqueta al menos la información más importante que identifique el racimo; puede ser uno o varios de los siguientes ítems: ensayo, bloque, lote, línea, palma, variedad y número de frutos sueltos. Finalmente, los racimos se llevan al borde de la carretera para que se transporten al sitio para su respectivo análisis.

Hasta aquí se revisaron los elementos a tener en cuenta para realizar un muestreo correcto de acuerdo con las necesidades de las evaluaciones, ahora vamos a realizar unos ejercicios para practicar el muestreo en tolva o de racimos en lotes de campo.

Práctica 2.1. Tomemos racimos representativos en tolva

Objetivos

Al finalizar esta práctica los participantes estarán capacitados para:

- Muestrear de manera representativa racimos en la tolva de la planta de beneficio necesarios para la calificación del fruto y el análisis de racimo.
- Calificar y determinar la proporción de racimos verdes, maduros, sobremaduros, podridos y de pedúnculo largo presentes en el fruto recibido en la tolva de las plantas de beneficio.

Orientaciones para el facilitador

1. Para la adecuada realización de la práctica, el orientador debe establecer contacto previo con la planta de beneficio y realizar las gestiones correspondientes para la obtención de los racimos y el acceso a la información de báscula. Debe verificar a su vez que la planta esté en operación estable y que no hayan represamientos de fruto en la tolva que dificulten la identificación de los viajes a evaluar.
2. Por otra parte, es importante identificar previamente el viaje o viajes a evaluar, para garantizar que el tiempo transcurrido desde el corte hasta el arribo a la planta extractora sea mínimo y que coincida aproximadamente con la jornada asignada para el ejercicio. Esta sugerencia se realiza para evitar inconvenientes de tipo logístico con el transporte de fruto y la disponibilidad de vehículos para este fin en la planta.
3. Igualmente, se recomienda la verificación previa de que el ciclo de cosecha de los lotes seleccionados para el corte esté dentro del rango normal, a fin de

garantizar unas buenas condiciones de maduración de los racimos.

4. Disponga de los recursos necesarios para el desarrollo de la práctica, como las cuerdas (previamente anudadas), los formatos, elementos de seguridad (casco, guantes de carnaza) y del espacio necesario en la plataforma para la acumulación, pesaje y remoción de raquillas de los racimos. En el espacio dispuesto se deben poder identificar fácilmente los racimos para su pesaje y selección. Si no se cuenta con el espacio suficiente puede usar lonas para el almacenamiento de los racimos.
5. El orientador se comunicará con el personal de la báscula y coordinará con ellos la captura de la información correspondiente al viaje o viajes a evaluar. Estos datos estarán disponibles oportunamente para los participantes.
6. Tome copias del Formato de trabajo 2.1.
7. Se recomienda realizar esta práctica y continuar inmediatamente con la Práctica 3.1 de la Unidad de aprendizaje III.

En el momento de la práctica:

8. Organice los participantes en grupos de dos a tres personas según la participación y comparta con ellos los objetivos de la práctica.
9. Entregue a cada grupo las herramientas necesarias: Formato de trabajo 2.1, marcadores, balanza, lonas, guantes y lazo anudado.
10. Identifique con los asistentes el viaje o viajes a analizar. En caso de que la evaluación no se pueda realizar de forma simultánea, establezca y organice los turnos de trabajo según sea necesario.
11. Pida a los grupos que se desplacen hasta el punto donde esté el arrume de racimos. Allí pida que de acuerdo con lo descrito en el instructivo se realice el muestreo de los racimos, y que estos se lleven al sitio designado para su pesaje.
12. Indique a los participantes de cada grupo que realicen la respectiva calificación de maduración

de los racimos según el procedimiento entregado. Discuta con los participantes las particularidades de cada estado de madurez y confronte con el conocimiento previo de los participantes y sus propias experiencias.

13. A continuación los participantes harán el muestreo y diligenciarán el Formato de trabajo 2.1, pesando y seleccionando los 6 racimos para remover las raquillas. Recuerde hacer hincapié en la importancia de realizar el conteo de los alvéolos vacíos en los racimos seleccionados.
14. Solicite a los participantes proceder con la remoción de las raquillas de los racimos y muestreo de raquillas, consignando los datos en el Formato de trabajo 2.1.
15. Pida a los participantes completar la información del peso racimo (PR), peso pedúnculo (Pped) y peso muestra de raquillas (Praq) en el Formato de trabajo 3.1, y continúe con la toma de datos y el proceso de análisis de racimo de la Práctica 3.1.

Recursos necesarios

1. Al menos un viaje de racimo de fruta fresca
2. Un lazo o soga de aproximadamente 5 – 7 metros con nudos que pueden ser dispuestos en forma de estrella (1 por cada grupo)
3. Cascos (1 por participante)
4. Guantes de carnaza (1 par por participante)
5. Lonas o saco de fibra en cantidad suficiente para el almacenamiento y pesaje de los racimos (1 por cada grupo)
6. Marcador permanente (1 por cada grupo)
7. Copia del Formato de trabajo 2.1 (1 por grupo)
8. Mesón de madera para remover las raquillas (1 por cada grupo)
9. Hachuelas (1 por cada grupo)
10. Pala (1 por cada grupo)
11. Balanza (1 por cada grupo)

Orientaciones para los participantes

1. Formar grupos de dos a tres personas, según el número de participantes o como disponga el facilitador.
2. Siga las instrucciones del facilitador, quien tendrá listos los recursos necesarios y los viajes dispuestos en tolva.
3. Realizar rápidamente la inspección de los materiales y elementos necesarios según lo descrito en la guía. Estos deben estar dispuestos en su totalidad para poder iniciar con la práctica. Tomar los elementos correspondientes para cada grupo.
4. Atender las orientaciones iniciales dadas por el facilitador con respecto al desarrollo de la práctica.
5. Dirigirse al lugar designado e iniciar con el desarrollo de la práctica de acuerdo con las instrucciones impartidas por el facilitador.



La información de entrada se obtiene en el pesaje del viaje al ingresar a la planta. El facilitador obtendrá estos datos con el operario de báscula y los suministrará oportunamente a cada uno de los grupos según el viaje que estén evaluando. En el caso que desde campo se disponga de la información de número de racimos y peso promedio de racimo se utiliza esta información para la selección de los 6 racimos finales.

6. Tome la cuerda y realice un lanzamiento en la diagonal sobre el arrume de racimos. Identifique aquellos que quedaron bajo los nudos y sepárelos del arrume. Realice un segundo lanzamiento en la diagonal opuesta para identificar los racimos restantes.
7. En el caso de utilizar una cuerda dispuesta en estrella realice lanzamientos sucesivos, identificando y separando los racimos que queden ubicados bajo los nudos hasta completar los 28 racimos requeridos.
8. Separe los 28 racimos y ubíquelos de manera que puedan ser identificados fácilmente para su pesaje y registro. De ser necesario y de acuerdo con

las orientaciones del facilitador, utilice lonas para empacarlos.

9. De acuerdo con los parámetros establecidos en esta guía (Figura 2.4) y previamente socializados identifique el grado de madurez de cada uno de los racimos, discutiéndolo entre los integrantes del grupo. Contar cuántos racimos hay de cada uno de los estados y registrar en el Formato de trabajo 2.1.
10. Calcule el porcentaje de participación de cada uno de los grados de madurez de los racimos de acuerdo como lo solicita el Formato de trabajo 2.1. En el caso de encontrarse racimos sobremaduros, verdes y podridos, estos racimos deben descartarse y realizar un nuevo muestreo hasta completar los 28 racimos requeridos en adecuado estado de maduración.
11. Pese los 28 racimos y registre su peso en el Formato de trabajo 2.1.



Antes de pesar los racimos verifique la longitud del pedúnculo, asegurando el corte rasante sobre la base del racimo. En caso de ser necesario, cortar el excedente de pedúnculo.

12. Calcule el peso promedio de racimo o verifique este dato en la información de entrada. Identifique los 6 racimos cuyo peso es más cercano al peso promedio.
13. Separe los 6 racimos seleccionados y descarte los restantes. Cuento el número de alvéolos vacíos totales y registre en el Formato de trabajo 2.1.



Si se caen frutos durante la manipulación de los 6 racimos, estos se deben recoger pues hacen parte de la muestra.

14. Realice la remoción de las raquillas de cada uno de los 6 racimos. Tenga especial cuidado en realizar los golpes a ras de las raquillas, evitando el corte o maltrato de los frutos.

15. Homogenice las raquillas de cada racimo, con la ayuda de una pala o recogedor, cuidando de no perder frutos durante el proceso. Realice cuarteos hasta obtener una muestra de aproximadamente 3,5 kg de cada uno de los 6 racimos.



La etapa de homogenización y cuarteo de las raquillas debe realizarse con especial dedicación y cuidado a fin de garantizar representatividad en la muestra. Para ello se requiere disponer de un espacio adecuado para realizar esta parte del procedimiento. Debido a que es común la presencia de abundante fruto suelto, este debe ser considerado proporcionalmente dentro de la muestra.

16. Junte las muestras de 3,5 kg de raquillas de los 6 racimos, homogenícelas con la pala o recogedor y realice cuarteos hasta obtener una muestra final de aproximadamente 3,5 kg.



17. Pese la nueva muestra de raquillas y regístrelo en el Formato de trabajo 2.1.



18. Junte todos los pedúnculos, péselos y registre el dato en el Formato de trabajo 2.1.

19. Finalmente prepárese para la Práctica 3.1 o 3.2 y siga las instrucciones del facilitador.

Información de retorno para la práctica

El facilitador y los participantes podrán interactuar y discutir las inquietudes que surjan durante la práctica. Se recomienda al facilitador que contraste entre los grupos la calificación dada a los racimos con respecto a su estado de madurez, pues aunque los criterios están descritos, la calificación en la práctica puede llegar a ser muy subjetiva. Indague a los participantes sobre las características que presentan los racimos con anomalías o afectados por enfermedades como la Pudrición del cogollo o plagas como el Aspador de fruto, y su influencia en las características de calidad del racimo. En este punto también se puede discutir respecto a las ventajas y desventajas de realizar el muestreo en la tolva y sus respectivas aplicaciones.

Formato de trabajo 2.1. Datos a tomar en el muestreo de racimos en tolva

Nombre de los participantes en el grupo:

1. _____ 2. _____

Información de entrada	
Ensayo (consecutivo)	
Fecha	
Hora de pesaje	
Proveedor	
Lote	
Material	
Peso inicial	
Peso tara (camión vacío)	

Continúa

Peso neto		
Número de racimos*		
Peso promedio de racimos*		
Calificación de madurez		
No de racimos verdes		%
No de racimos maduros		%
No de racimos sobremaduros		%
No de racimos podridos		%

*En caso de que esta información esté disponible desde su cosecha en campo

Pesaje de racimos							
No racimo	Peso, kg	No racimo	Peso, kg	No racimo	Peso, kg	No racimo	Peso, kg
1		8		15		22	
2		9		16		23	
3		10		17		24	
4		11		18		25	
5		12		19		26	
6		13		20		27	
7		14		21		28	
Peso promedio de racimos, kg							
Remoción de raquillas en la muestra de 6 racimos							
Numero de alvéolos vacíos totales							
Peso total de los 6 racimos, kg (1£)							
Peso total de los 6 pedúnculos, kg (2£)							
Peso muestra de raquillas, kg (3£)							

£Valores para completar en las casillas 1, 2 y 3 del Formato de trabajo 3.1.

Práctica 2. 2. Tomemos racimos maduros en campo

Objetivos

Al finalizar esta práctica los participantes estarán capacitados para:

- Identificar racimos maduros en campo con representatividad y teniendo en cuenta los criterios óptimos de cosecha para análisis de racimo.
- Cosechar e identificar correctamente los racimos provenientes de campo para los análisis de racimo.

Orientaciones para el facilitador

1. Para preparar esta práctica, el facilitador debe haber establecido contacto con la plantación y solicitado el permiso para cosechar algunos racimos. Solicite acceso en un lote preferiblemente con las siguientes características:
 - Que sea de palma joven para facilitar la cosecha, especialmente si los participantes no son expertos en este tema. Además, conozca el lote y la altura de las palmas para saber si puede cosechar con el palín o debe usar el cuchillo malayo.
 - Que esté cerca del sitio de los análisis de racimo, para ahorrar tiempo en el desplazamiento del personal involucrado en la práctica.
 - Solicite un medio de transporte en el que pueda mover los racimos. Tenga en cuenta que el número de racimos a cosechar es la mitad del número de participantes.
 - Procure que el lote tenga más de 5 días de haber pasado el cosechero, para que no tenga que desplazarse demasiado dentro del lote buscando racimos maduros.
 - Puede ser un lote de *Elaeis guineensis* o híbrido interespecífico O×G.
2. Los autores recomiendan que un día antes de la práctica haga una visita al lote e identifique varios racimos en estado óptimo de cosecha; a veces suele

pasar que no es fácil encontrar racimos maduros dependiendo de la época del año o la fecha del último ciclo de cosecha, especialmente en el híbrido O×G.

3. Tome varias copias del Formato de trabajo 2.2.
4. Tenga listas bebidas para los participantes. Esta práctica puede durar alrededor de 2 horas, y el desplazamiento en campo exige un refrigerio.

En el momento de la práctica:

5. Organice los participantes en grupos de dos personas y comparta ellos los objetivos de la práctica. Esto se puede hacer en las instalaciones en donde se realizarán los análisis de racimo.
6. Entregue a cada grupo las herramientas necesarias como: palín, marcadores, balanza, lona y el formato de registro.
7. Pida a los grupos que se desplacen al lote. Allí solicite que de acuerdo con lo descrito en el texto, identifiquen racimos óptimos para cosecha para análisis de racimo.
8. Indique a los participantes que corten el racimo maduro que anteriormente ellos señalaron, que lo identifiquen en el respectivo formato, recojan los frutos sueltos, lo guarden en la lona y lo lleven al borde de la carretera para el transporte.

Recursos necesarios

1. Lote de palma de aceite
2. Palín o cuchillo malayo de acuerdo con la edad de la palma (2 para la práctica)
3. Sacos de fibra (1 por cada grupo)
4. Marcador permanente (1 por cada grupo)
5. Formato de marcado de racimos (1 por cada grupo)
6. Bolsas plásticas de unos 5 x 8 cm (2 por cada grupo)
7. Copia del Formato de trabajo 2.2 (1 por cada grupo)

Orientaciones para los participantes

1. Formar grupos de dos personas, el número de grupos que sean necesarios de acuerdo con el número de participantes.
2. Siga las instrucciones del facilitador, quien debe tener listo el lote de muestreo.
3. Cada uno de los grupos tiene 5 minutos para hacer una lista de verificación y confirmar que tengan las herramientas y los materiales de trabajo descritos en *recursos necesarios*, listado anteriormente.
4. Cada grupo tome el palín o cuchillo malayo, una lona, el marcador, una bolsa de plástico y el Formato de trabajo 2.2.
5. De acuerdo con las instrucciones del facilitador, diríjase al lote donde debe realizar el muestreo.



En varios casos se puede ayudar de un mapa para la identificación del lote. Si se trata de muestrear palmas específicas de acuerdo con las necesidades, es más fácil tener un mapa para saber exactamente la localización de las palmas a muestrear

Formato de trabajo 2.2. Ejemplo de rótulo de identificación del racimo en el muestreo en campo

Consecutivo	
Bloque	
Lote	
Línea	
Palma	
Frutos sueltos en el plato	



Los campos de llenado dependerán de las necesidades del muestreo de la plantación.

6. Identifique un racimo con la maduración óptima para el análisis de racimo.



Recuerde que este racimo debe tener entre 10 – 20 frutos sueltos en el plato para el caso de *Elaeis guineensis* (Figura 2.9) y presentar agrietamiento de los frutos del racimo en el caso de híbrido interespecífico OxG (Figura 2.10).



Figura 2.9. Ejemplo de racimo maduro para *Elaeis guineensis*.



Figura 2.10. Ejemplo de racimo maduro para híbrido interespecífico OxG.



7. Corte el racimo seleccionado con el palín o cuchillo malayo, use el marcador y el Formato de trabajo 2.1 para su identificación (Figura 2.11).



Figura 2.11. Ejemplo de marcación de racimos para muestreo en campo.

 Tenga presente cortar el pedúnculo a la base del las raquillas en forma de V. También disponga la hoja, píquela y colóquela en la palera o de acuerdo al procedimiento de la plantación.

8. Introduzca el Formato de trabajo 2.2 diligenciado en la bolsa de plástico, primero el papel con la bolsa en la lona y luego el racimo junto con los frutos sueltos del plato.

9. Transporte el racimo al borde de la carretera o donde lo recoja el medio de transporte que lo llevará al sitio de análisis.

 En algunas plantaciones se ayudan del búfalo para sacar los racimos del lote al borde de la carretera y de allí una camioneta los lleva al sitio de análisis de racimo.

10. Prepárese para la Práctica 3.1 o 3.2 de acuerdo con el racimo que se haya muestreado y siga las instrucciones del facilitador.

Información de retorno para la práctica

 Pida a los participantes que realicen las preguntas que considere necesarias y a otros participantes que las respondan. Las respuestas a las preguntas planteadas pueden ser muy variadas de participante a participante. Sin embargo, el facilitador aprovechará esta oportunidad para reforzar los criterios de cosecha o de muestreo que crea que quedaron incompletos.

Temática III.
Aplicabilidad de los resultados
de los análisis de racimo



Unidad de aprendizaje III. Análisis de racimo

Estructura de la unidad	61
Introducción	61
Preguntas orientadoras	62
Objetivos.....	62
Componentes del racimo.....	62
Factores que afectan la formación del racimo.....	64
Aplicaciones del análisis de racimo	66
Procedimiento de análisis de racimo	68
Práctica 3.1. Conozcamos los componentes del racimo y del fruto en racimos de <i>Elaeis guineensis</i> Jacq	75
Práctica 3.2. Conozcamos los componentes del racimo y del fruto en racimos de palmas de híbrido inespecífico OxG o <i>Elaeis oleifera</i>	87
Práctica 3.3. Construyamos la curva de secado del mesocarpio en un horno microondas	96
Práctica 3.4. Instalemos un sistema de extracción <i>Soxhlet</i> para determinar el aceite en el mesocarpio seco	99



Estructura de la unidad

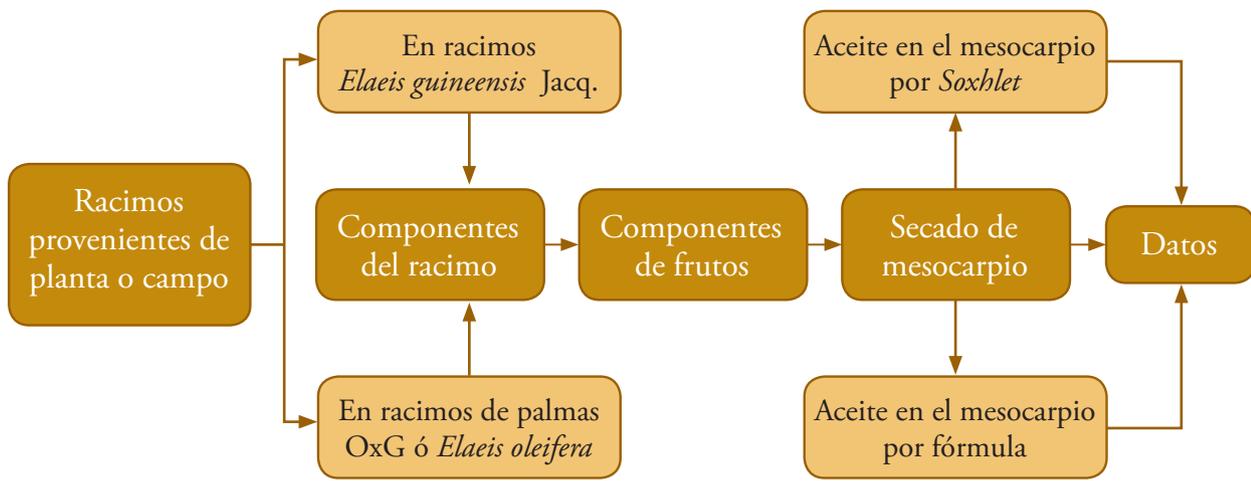


Figura 3.1. Estructura de la unidad en el desarrollo de análisis de racimo.

La estructura (Figura 3.1) muestra que el análisis de racimo se puede ver como un proceso en etapas. En cada una de las etapas se puede encontrar información importante y útil de la formación del racimo. La primera etapa hace referencia a los componentes del racimo, la segunda a los componentes del fruto y la tercera, a la determinación del aceite en mesocarpio. El desarrollo del análisis inicia con el racimo, al cual se le remueven las raquillas hasta obtener una muestra representativa. A partir de la muestra de raquillas, se obtiene una muestra de frutos. Los frutos se despulpan, se le determinan los componentes y al mesocarpio se le determina el aceite.

En esta unidad se desarrollará paso a paso el procedimiento y algunos detalles importantes a tener en cuenta en el análisis de racimo. Se presentan prácticas y ejercicios que permitirán al participante interactuar directamente con el proceso de análisis para racimos de

palmas *Elaeis guineensis*, *Elaeis oleifera* o híbrido interespecífico OxG.

Introducción

En esta unidad se quiere mostrar cómo se realiza el procedimiento físico básico para obtener el potencial de aceite y los componentes del racimo y sus frutos provenientes de palmas *Elaeis guineensis*, *Elaeis oleifera* e híbrido OxG. Los resultados se pueden usar para estimar la tasa de extracción en planta de beneficio, evaluar materiales comerciales para determinar su comportamiento agronómico en términos del potencial de aceite y formación de los racimos o la eficiencia de polinización y extracción en el híbrido interespecífico OxG.

La unidad describe la metodología de análisis que consiste en tomar el racimo y desglosarlo en pequeñas partes o componentes hasta obtener una pequeña fracción de mesocarpio cuyo contenido de aceite se

calcula usando modelos matemáticos basados en la humedad, o se extrae físicamente realizando la extracción con solvente en un sistema *Soxhlet*.

El propósito de esta unidad es tener una herramienta que permita conocer el procedimiento y aspectos importantes a tener en cuenta durante la realización de un análisis de racimo de palmas *Elaeis guineensis*, *Elaeis oleifera* o híbrido OxG.



Preguntas orientadoras

Para inducir a los participantes dentro del tema de esta unidad, se les presentará una serie de preguntas que serán las encargadas de guiarlos a lo largo del proceso de aprendizaje.

1. ¿Qué objetivo se busca al hacer las evaluaciones de análisis de racimo en una planta de beneficio o una plantación?
2. ¿Cuáles son los principales componentes que conforman los racimos de palma de aceite?
3. ¿Qué factores afectan la formación de los racimos y qué importancia tienen en la tasa de extracción de aceite?
4. ¿Qué diferencias existen entre el procedimiento de análisis de los racimos provenientes de palmas *Elaeis guineensis* y del híbrido OxG?

Objetivos

Al finalizar el estudio de esta unidad los participantes estarán en capacidad de:

1. Realizar correctamente el procedimiento para obtener el potencial de aceite y la composición física de los racimos y frutos de palmas *E. guineensis* y del híbrido OxG.
2. Determinar las diferencias en el procedimiento de análisis de los racimos de palmas *E. guineensis* y del híbrido OxG.
3. Obtener de manera exacta el contenido de aceite en el mesocarpio fresco usando el secado en horno microondas o eléctrico y cálculo por fórmula o usando el sistema *Soxhlet*.

4. Recolectar la información de las muestras para la siguiente unidad de aprendizaje que consiste en realizar los cálculos del potencial de aceite y de los componentes del racimo y frutos en palmas *Elaeis guineensis* y del híbrido interespecífico OxG.

Componentes del racimo

Para iniciar el proceso de análisis de racimo y con la intención de recopilar algunos temas que se consideran importantes antes de iniciar con las prácticas, a continuación se describen de manera sencilla los componentes de un racimo y de los frutos. En la descripción se tienen en cuenta racimos de *Elaeis guineensis*, *Elaeis oleifera* e híbrido interespecífico OxG. La descripción fenológica detallada para semillas, flores, frutos y racimos de *Elaeis guineensis* y el híbrido interespecífico OxG se puede encontrar en Hormaza *et al.*, 2010, y no serán parte del tema de esta guía metodológica.

Algunos de los componentes físicos del racimo y de los frutos son: el pedúnculo, que es el eje central del racimo donde van soportadas las raquillas y a su vez se incrustan los frutos. Las raquillas son las estructuras en donde se sostienen los frutos, los cuales se clasifican en tres grupos: normales o fértiles, partenocárpicos y abortados. Los frutos normales son aquellos que forman semilla, es decir, contiene nuez y en ella cuesco y almendra (Hormaza *et al.*, 2010). Los frutos partenocárpicos son aquellos formados del desarrollo del ovario, pero no presentan semilla. Los frutos abortados corresponden a las flores que no fueron fecundadas pero tampoco se desarrollaron en frutos partenocárpicos. Esta clasificación es importante debido a que de acuerdo con el tipo de fruto hay diferencias en el contenido de aceite que se deben cuantificar en el análisis.

Por ejemplo, para materiales comerciales de *Elaeis guineensis*, el aceite presente en el mesocarpio fresco de los frutos normales (Figura 3.2A) es en promedio del 55% (Tabla 3.1), mientras que en el caso del híbrido interespecífico OxG el mesocarpio fresco de los frutos normales (Figura 3.2B) presenta 45% de aceite en promedio. Para el caso de palmas *Elaeis guineensis*, el número de frutos partenocárpicos es muy bajo y por

ello no aportan una cantidad significativa de aceite al racimo. Sin embargo, en el caso del híbrido OxG, a pesar de que los frutos partenocárpicos presentan menos cantidad de aceite en el mesocarpio (37%) que los normales, el número de frutos partenocárpicos comúnmente es alto y es por ello que se deben incluir en

el análisis de racimo, pues aportan una cantidad considerable de aceite. Por último, los frutos abortados no proporcionan aceite en ninguno de los dos casos, pero se deben tener en cuenta en el conteo para estimar la eficiencia de la polinización o *Fruit set* que está relacionada con la buena o mala formación del racimo.



Figura 3.2. Frutos de palma de aceite de *Elaeis guineensis* tenera (A) e híbrido interespecífico OxG (B).

En un análisis de racimo, además de obtener el contenido de aceite en el racimo, también se pueden determinar otros parámetros que permiten predecir el comportamiento de factores agronómicos en campo. Estos son: aceite en racimo (AR, %); almendra en racimo (AlmR, %); formación de frutos fértiles (*Fruit set*, %); frutos a racimo (FR, %); peso medio de frutos (PMF, g); aceite en los frutos (AcF, %); mesocarpio en fruto (MF, %); cuesco en fruto (CF, %); almendra en fruto (AF, %); aceite en mesocarpio fresco (AMF, %) y aceite en mesocarpio seco (AMS, %). Por supuesto, se pueden obtener más valores de acuerdo con las necesidades, pero se presentan aquellos que se consideran

importantes y que describen la cantidad de aceite y la calidad de formación de los racimos y frutos.

Con el objetivo de tener una idea de lo que se puede esperar en los análisis de racimo, la Tabla 3.1 muestra los valores promedio y rango encontrados por material en las evaluaciones de 16 materiales comerciales durante tres años, y en la Tabla 3.2 los valores promedio y rango encontrados por palma en las evaluaciones de 16 materiales comerciales durante un año. Ambas tablas provienen del ensayo sembrado en el Campo Experimental Palmar de La Vizcaína. Los materiales provienen de varios cruces, tales como *Deli x La Mé*, *Deli x Avros* y *Deli x Ekona*, entre otros.

Tabla 3.1. Valores promedio y rangos encontrados en los análisis de racimo de materiales comerciales de palma de aceite.*

<i>Elaeis guineensis</i>	Promedio	Mín	Máx
Aceite en racimo, %	25	19	30
Almendra en racimo, %	5	3	8
<i>Fruit set</i> , %	56	28	81

Continúa

Frutos en racimo, %	55	37	64
Peso medio de frutos, g	12	8	17
Aceite en frutos, %	45	38	49
Mesocarpio en frutos, %	82	75	87
Cuesco en frutos, %	9	6	14
Almendra a frutos, %	9	7	13
Aceite en mesocarpio fresco, %	55	50	59
Aceite en mesocarpio seco, %	79	74	82
Humedad en el mesocarpio, %	31	26	34

*Los valores corresponden al promedio por material para cada año durante los años 4, 5 y 6 de producción del lote. Los materiales se sembraron en 2003 en La Vizcaína (Cenipalma, Zona Central). Las palmas no tuvieron polinización asistida.

Tabla 3.2. Valores promedio y rangos encontrados en los análisis de racimo de palmas individuales de *Elaeis guineensis* comerciales.*

<i>Elaeis guineensis</i>	Promedio	Mín	Máx
Aceite en racimo, %	25	11	41
<i>Fruit set</i> , %	55	20	96
Frutos en racimo, %	55	22	82
Mesocarpio en frutos, %	81	60	94
Aceite en mesocarpio fresco, %	56	44	64

*Los valores corresponden al dato por palma (n = 341) para 16 materiales en el año 6 de producción del lote. Los materiales se sembraron en 2003 en La Vizcaína (Cenipalma, Zona Central). Las palmas no tuvieron polinización asistida.

Factores que afectan la formación del racimo

La formación de los racimos en palma de aceite está influenciada por varios factores, tales como la nutrición, disponibilidad de agua, suplementos de carbohidratos y polinización (Harund y Noor, 2002; Mathews *et al.*, 2004). Este último depende de la disponibilidad de polen y la actividad del insecto polinizador. Los cambios en alguno de estos factores pueden incrementar o disminuir la producción de frutos normales en el racimo. Entre todos estos factores, la polinización es el que principalmente influye en la producción de frutos en el racimo y directamente en el rendimiento de aceite en un lote. No obstante, las deficiencias en la nutrición, disponibilidad del polen o poca actividad

en el polinizador, ya sean separadas o combinadas, también conllevan a la poca producción de frutos en los racimos y bajas en la extracción de aceite.

La introducción del insecto polinizador *Elaeiodobius kamerunicus* Faust en 1981 fue un éxito para solucionar el problema de la baja polinización en las palmas *Elaeis guineensis*. La polinización natural incrementó la formación de frutos normales por encima de la polinización asistida y, por ende, se incrementó el rendimiento por la mayor cantidad de frutos normales en el racimo. Sin embargo, en Latinoamérica algunas enfermedades de la palma de aceite *E. guineensis* impulsaron la introducción del híbrido OxG y volvió a traer la labor de la polinización asistida a los lotes comerciales. La descripción detallada de este proceso de

polinización se describe en la guía “*Polinización asistida en palma de aceite*” (Sánchez *et al.*, 2011).

No obstante, tanto para *E. guineensis* como para el OxG, la eficiencia de la polinización de las inflorescencias conlleva a cambios en la formación del racimo. Por ejemplo, se ha reportado que la mayor eficiencia en la polinización incrementa significativamente el peso del racimo (Harund y Noor, 2002). Resultados de la evaluación continua de ensayos de

E. guineensis sembrados en el Palmar de La Vizcaína mostraron que la mayor eficiencia en la polinización incrementa la relación de frutos normales (Figura 3.3), pero principalmente el aceite (Figura 3.4 y Figura 3.5) y la almendra en el racimo (Figura 3.6). Por lo anterior, es importante resaltar que el efecto de la eficiencia en la polinización es muy influyente sobre el potencial de aceite y directamente en la TEA en planta extractora.

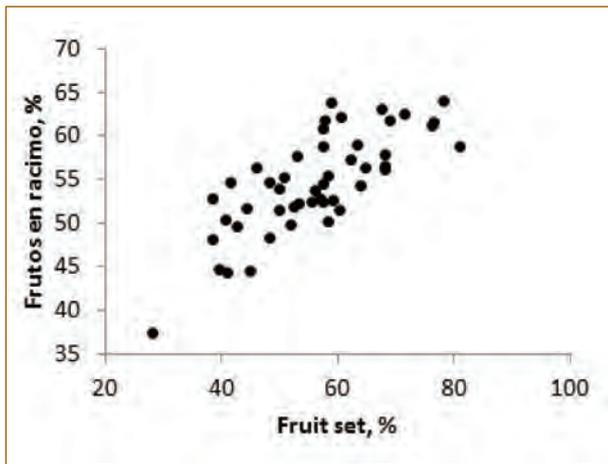


Figura 3.3. Asociación entre la cantidad de frutos en racimo y la eficiencia de polinización (*Fruit set*) en *Elaeis guineensis* (Correlación de Pearson: $r = 0,772$, $p < 0,001$).

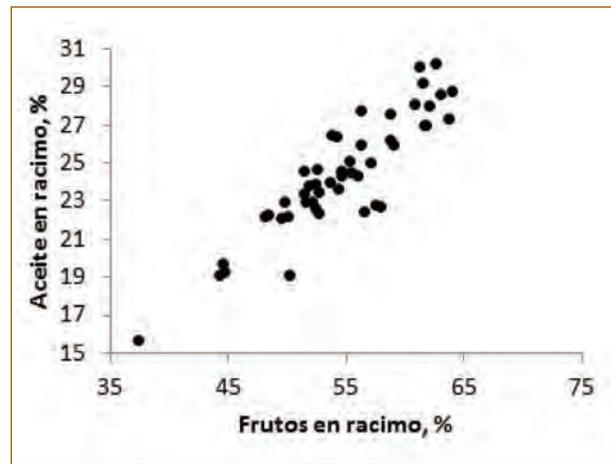


Figura 3.4. Asociación entre el contenido de aceite en racimo y la cantidad de frutos en el racimo en *Elaeis guineensis* (Correlación de Pearson: $r = 0,896$, $p < 0,001$).

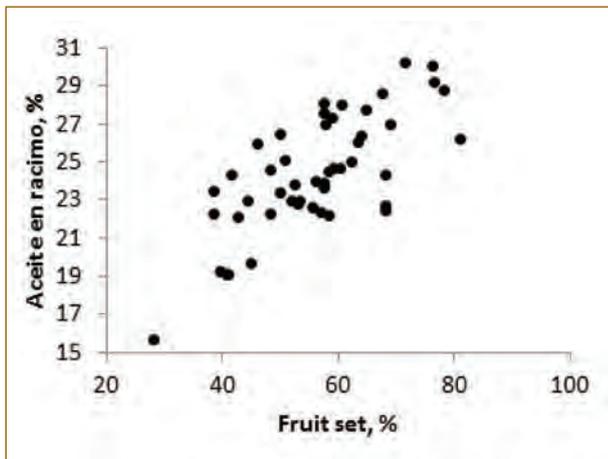


Figura 3.5. Asociación entre el contenido de aceite en racimo y la eficiencia de polinización (*Fruit set*) en *Elaeis guineensis* (Correlación de Pearson: $r = 0,730$, $p < 0,001$).

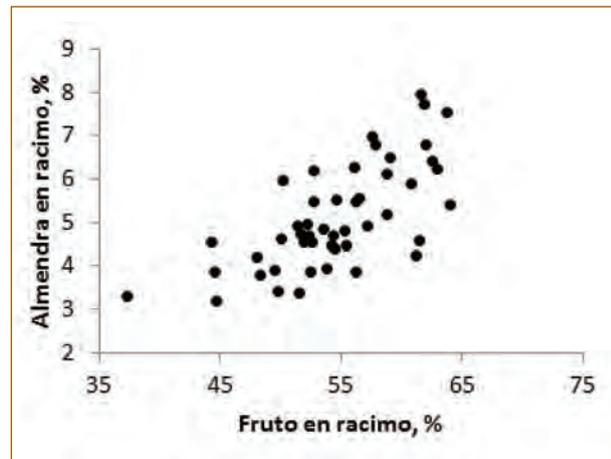


Figura 3.6. Asociación entre el contenido de almendra en racimo y la cantidad de frutos en el racimo en *Elaeis guineensis* (Correlación de Pearson: $r = 0,689$, $p < 0,001$).

Aplicaciones del análisis de racimo

Aunque el propósito mayoritario de los análisis de racimo es determinar el potencial de aceite, se pueden obtener otros valores a partir de la información obtenida en el análisis y que los autores de esta guía consideran sumamente importantes para una planificación. Para mencionar, a continuación se listan las posibles aplicaciones de los análisis de racimo:

- Potenciales de extracción en planta extractora.
- Determinar el potencial de aceite y la eficiencia del proceso de polinización asistido o natural en materiales *E. guineensis* o el híbrido interespecífico OxG.
- Evaluación de lotes o parcelas para determinar el potencial de aceite y formación del racimo de materiales comerciales.
- Evaluar palmas dentro de un experimento para estimar el efecto de algunos tratamientos sobre la extracción de aceite y formación del racimo.
- En mejoramiento se usa para la selección de palmas individuales élite tipo *ténera* para propagación *in vitro*, selección de madres *dura* para cruzamientos DxP y evaluación de progenies, entre otros.

Definitivamente, los aspectos más importantes en las plantaciones son las tasas de extracción de aceite en planta y la producción de racimo de fruta fresca (RFF) en campo. Combinados generan la cantidad de aceite producido en tonelada/hectárea/año, cuyo valor debe ser lo mejor posible con el fin de ser competitivos y sostenibles. Por ejemplo, algunas plantaciones de Malasia han alcanzado en promedio producciones de aceite superiores a las 6 t/ha/año, un rendimiento que les permite ser muy competitivas.

En planta, se pueden generar cambios en la tasas de extracción de aceite (TEA) por varios factores que en la mayoría de los casos deben ser explicables. Una de las formas de dar respuesta a dicho potencial, es conocer la materia prima que entra al proceso, es decir, los RFF. Una de las formas de evaluación de la tasa de extracción en planta es la metodología por vertedero

(Nieto *et al.*, 2011). No obstante, determinar las características detalladas de los racimos y de los frutos que entran a la planta, apoyado con la metodología del vertedero, puede permitir conocer la materia prima, saber qué esperar del proceso y tomar medidas de acuerdo con las necesidades de la planta extractora.

Por otro lado, la evaluación de los procesos de polinización en cruzamientos OxG y en algunos materiales de *E. guineensis* que necesitan polinización se puede realizar a través del análisis de racimo. De acuerdo con lo que se muestra en la Figura 3.4, el objetivo es lograr las mejores tasas de extracción en planta y esto implica que la formación de los racimos sea óptima. Este proceso se logra realizando una labor como la polinización asistida (Figura 3.7), descrita en detalle en la guía “*Polinización asistida en palma de aceite*” (Sánchez *et al.*, 2011). Las palmas tipo OxG producen racimos con frutos normales y partenocárpicos; ambos proporcionan aceite al racimo y se deben tener en cuenta en el contenido de aceite total. Sin embargo, al aumentar la relación de frutos normales, que se incrementa a través de la polinización asistida, se mejora la formación del racimo y se incrementa la cantidad de aceite en el racimo (Figura 3.8). Por ello, el aspecto a evaluar en los racimos polinizados es la formación de frutos normales, medido con un parámetro llamado eficiencia de polinización o *Fruit set* (FS). Este mide la relación del número de frutos normales con el número total de frutos posibles de formar en el racimo.



Figura 3.7. Polinización asistida en palmas del híbrido interespecífico OxG.



Figura 3.8. Comparación en la formación de racimos del híbrido interespecífico OxG con polinización asistida (izquierda) y sin polinización asistida (derecha).

De igual manera, en términos agronómicos, conocer el potencial de aceite de algunos lotes y de materiales sembrados en la plantación ayuda de forma directa a determinar los factores que afectan los procesos de extracción en la planta. Los componentes del racimo permiten estimar indirectamente los posibles factores que afectaron la baja cantidad de aceite en el racimo. Algunos parámetros son el porcentaje de fruto a racimo, formación de frutos normales, aceite a racimo y almendra a racimo, entre otros. En el caso de los componentes del fruto, nos permite conocer la estructura misma del fruto, es decir, la relación de mesocarpio, cuesco o almendra en el fruto y la cantidad de aceite en el mesocarpio. El mesocarpio a fruto (MF) y el aceite a mesocarpio fresco (AMF), junto con la relación fruto a racimo (FR), son los 3 factores que determinan la cantidad de aceite en racimo (AR) de acuerdo con la siguiente relación: $AR = FR \times MF \times AMF$. De aquí surge la necesidad de maximizar estos tres parámetros para obtener excelentes rendimientos de extracción en planta.

En el caso de lotes comerciales actuales en las plantaciones, las palmas sembradas deben ser principalmente tipo *ténera*, y su utilización comercial se debe a que aumentó la extracción en un 30% con respecto a las palmas tipo *dura* que se sembraban anteriormente (Corley y Tinker, 2003). La principal diferencia entre

las palmas *dura* y *ténera* es la proporción de mesocarpio a fruto (MF) (Figura 3.9). Las palmas tipo *ténera* suelen tener una relación de MF alrededor del 80% (Tabla 3.1), mientras que las tipo *dura* solo alcanzan un 65% (Corley y Tinker, 2003). Es por ello que la extracción de aceite en las palmas *ténera* es mayor. Uno de los parámetros que se pueden evaluar en el análisis de racimo de lotes comerciales es la relación MF, que debe situarse entre 75 y 87% de acuerdo con el material sembrado si se desea lograr mejor extracción en planta.



Figura 3.9. Comparación en el tamaño de mesocarpio y cuesco entre un fruto de *Elaeis guineensis* tipo *dura* (A) y tipo *ténera* (B).

En mejoramiento, el análisis de racimo es esencial para la evaluación de una palma o grupo de palmas para determinar su potencial productivo. La producción de una palma individual varía de una a la otra y, por ende,

la evaluación de varias palmas es muy importante para determinar valores precisos y su constancia en el tiempo. Los promedios se pueden usar para la selección de palmas individuales élite tipo *ténera* para propagación *in vitro*, selección de madres *dura* para cruzamientos DXP o evaluación de progenies, entre otros.

Hasta este momento, hemos visto de manera general la importancia del análisis de racimo. Ahora iniciamos el contenido teórico del procedimiento de análisis. Este procedimiento permite determinar los componentes del rendimiento en la producción de aceite; se inicia con el racimo y finaliza con la determinación cuantitativa de sus componentes.

Procedimiento de análisis de racimo

El análisis de racimo se divide en tres partes principalmente. La primera es la determinación de los componentes del racimo, en la cual se determina la distribución porcentual, tanto en número como en peso de los frutos normales, partenocárpicos y abortados en las raquillas del racimo. Esto se hace con una muestra de raquillas, que debe ser proporcional al peso del racimo. La segunda parte es determinar los componentes del fruto, es decir, el peso promedio del fruto, la distribución porcentual en peso de mesocarpio, cuesco y almendra en los frutos. La tercera es la determinación del contenido de aceite en el mesocarpio fresco y en la almendra si llegara a ser necesario. Con los componentes del racimo, el fruto y la cantidad de aceite en el mesocarpio se puede calcular el potencial de aceite en el racimo.

Durante el procedimiento veremos que los análisis de racimo difieren un poco si los racimos provienen de *Elaeis guineensis* o de híbrido OxG. Sin embargo, en el caso de *Elaeis oleifera*, el análisis se realiza de la misma forma que en el híbrido OxG. A continuación se describe la forma de hacer el análisis para cada uno de los dos casos mencionados anteriormente.

El análisis de racimo

En la Figura 3.10 se presenta de manera esquemática el procedimiento que se debe seguir en el análisis de

racimo de muestras provenientes de *Elaeis guineensis*, y en la Figura 3.11 se presenta el procedimiento para las muestras de híbrido OxG y *Elaeis oleifera*. Para todos los casos se utilizan unidades basadas en el sistema internacional de medida (kg y g) de acuerdo con la etapa del proceso. El recuadro de color azul representa los pasos en los que se obtiene la composición del racimo, y el recuadro verde todos los pasos para la composición de los frutos y el contenido de aceite en el mesocarpio.

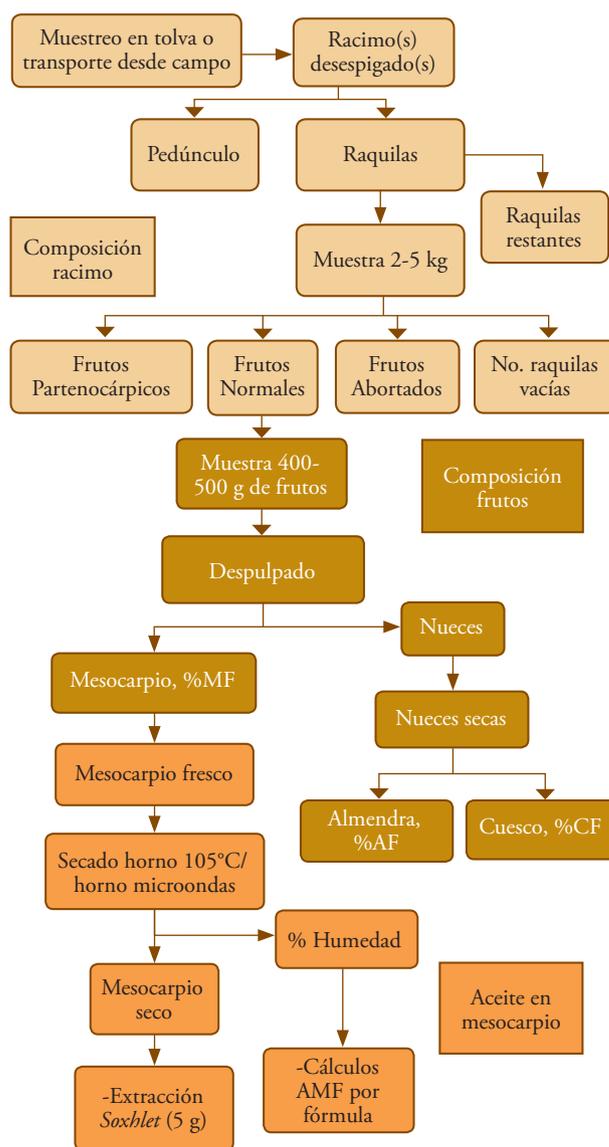


Figura 3.10. Pasos para determinar los componentes del racimo y del fruto en el análisis de racimo de palma *Elaeis guineensis*.

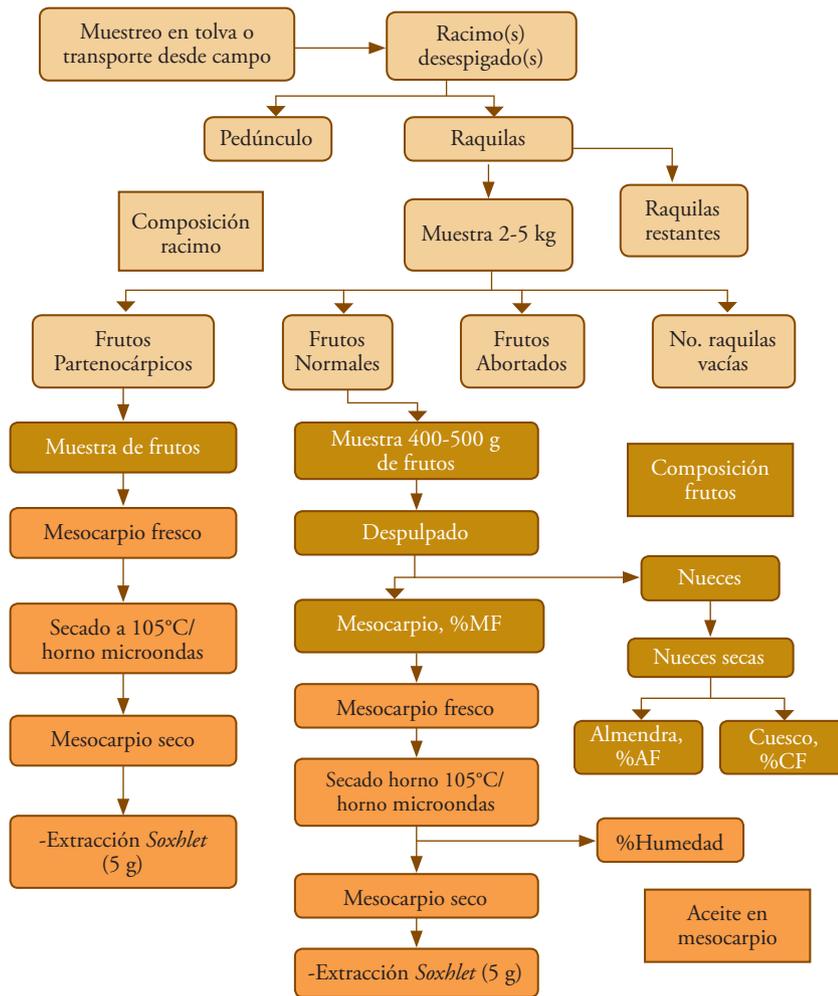


Figura 3.11. Pasos para determinar los componentes del racimo y del fruto en el análisis de racimo de palmas del híbrido interespecífico O_xG.

A continuación se dará una descripción general del procedimiento de análisis del racimo para palmas *Elaeis guineensis* e híbrido interespecífico O_xG.

Recepción de los racimos

Este proceso consiste en muestrear los racimos si provienen de la tolva de la planta de beneficio o recibirlos si se muestrearon en campo. Los racimos del campo deben venir marcados y empacados.

Racimos provenientes de tolva: el procedimiento de muestreo de los racimos provenientes de la tolva se describió detalladamente en la Unidad de aprendizaje II. En resumen, se seleccionan 28 racimos usando el

muestreo de la cuerda con nudos. Se pesan todos los racimos y se calcula el peso promedio. De los 28 racimos se muestrean 6 que se usan para el muestreo de raquillas y al análisis de racimo.

Racimos provenientes de campo: en el caso de racimos tomados en el lote, se llevan al sitio de análisis, se pesan individualmente (Figura 3.12) y se registran los datos en el formato de análisis. Antes de pesar los racimos verifique la longitud del pedúnculo, asegurando el corte rasante sobre la base del racimo. En el área de recepción se deben tener los formatos de registro y todas las herramientas y elementos necesarios para el correcto desarrollo de la actividad.

Componentes del racimo, remoción de las raquillas

El proceso se inicia con la determinación de los componentes del racimo. Después de obtener la información básica proveniente del muestreo, se hace la remoción de las raquillas del pedúnculo del racimo, para permitir su homogenización y cuarteo. Luego se pesa el pedúnculo y se toma una muestra de raquillas para el siguiente proceso (Figura 3.12).

Muestreo de raquillas

El objetivo es tomar una muestra de raquillas que represente el racimo. Las raquillas, junto con los frutos sueltos, se homogenizan y se cuartean con ayuda de una pala.

Racimos provenientes de tolva: El procedimiento para racimos muestreados de tolva se encuentra en detalle en la Unidad de aprendizaje II. En resumen, a cada uno de los 6 racimos muestreados se les remueven las raquillas. Se toma una muestra de aproximadamente 3,5 kg de cada racimo. Se mezclan las seis muestras de raquillas de 3,5 kg, se homogenizan y se toma una muestra final de alrededor de 3,5 kg.

Racimos provenientes de campo: En el caso de los racimos de campo, el peso de la muestra de raquillas para el siguiente procedimiento se toma proporcionalmente al peso del racimo, de tal manera que esté entre 2 y 3 kg en los racimos menores a 15 kg. En los racimos de más de 15 kg se toma una muestra de entre 3 y 5 kg de raquillas (Figura 3.12). En el caso de racimos de peso superior a 30 kg, se deben hacer al menos dos cuarteos para obtener la muestra adecuada siempre manteniendo la proporción del peso (Tabla 3.3).

Tabla 3.3. Tamaño de muestra de raquillas de acuerdo con el peso del racimo.

Peso de racimo	Muestra de raquillas
< 15 kg	Entre 2 y 3 kg
>15 kg	Entre 3 y 5 kg

Desfrutado

Después de obtener la muestra de raquillas, tanto de los racimos de tolva como de campo, se deben retirar los frutos de las raquillas. Se remueven los frutos desde su base en las raquillas usando un cuchillo, cuidando de no retirar parte del fruto, pues se altera la relación mesocarpio a fruto (Figura 3.12). De acuerdo con el tipo de palma se realiza lo siguiente:

Elaeis guineensis: se remueven únicamente los frutos normales. Para ahorrar tiempo los frutos partenocárpicos y los abortados se dejen en la raquilla. Estos se deben contar y registrar para la estimación del *Fruit set*.

Híbrido interespecífico OxG y *Elaeis oleifera*: se remueven los frutos normales y partenocárpicos y solamente se dejan los abortados en las raquillas. Los frutos abortados se cuentan y registran para estimar el *Fruit set*.

Al finalizar, se retiran las brácteas (lámina vegetal que cubre la base del fruto sobre la raquilla) y se dejan los frutos limpios (Figura 3.12). En el caso del híbrido OxG se clasifican de acuerdo con el tipo, normales y partenocárpicos. Los frutos normales, y en el caso del OxG los partenocárpicos, se cuentan, se pesan y se registran en el formato. Se calcula el peso promedio de los frutos, además se cuentan y se registra el número de raquillas.



A

Continúa



Figura 3.12. Procedimiento para obtener los componentes del racimo. A: recepción y pesaje. B: remoción de raquillas. C: muestreo de raquillas. D: desfrutado. E: limpieza de los frutos.

En esta parte del proceso ya se pueden determinar los componentes del racimo. Ahora nos referiremos a los componentes de los frutos.

Muestreo de los frutos

El objetivo en este paso es tomar una muestra de frutos con el tamaño suficiente para que represente la muestra proveniente de las raquillas y a su vez el racimo. Esta muestra tiene entre 400 y 500 g. Es una muestra más grande a la que sugiere Yañez *et al.*, 2006, y se debe a que en este procedimiento se toma una única muestra que representa a todos los frutos (internos y externos).

En todos los análisis la homogenización y cuarteo de los frutos provenientes de las raquillas (2 - 5 kg) son indispensables para garantizar la representatividad de la muestra que se despulpará. Por ello, en muchos casos hay que realizar más de un cuarteo para garantizar que se tome la cantidad necesaria de frutos (Figura 3.13).

El criterio de muestreo debe cumplir con que el valor del peso promedio de los frutos de la muestra (400 - 500 g) sea de $\pm 5\%$ el peso promedio de la gran muestra de frutos proveniente de las raquillas (2 - 5 kg).

Determinación de los componentes del fruto, despulpado del fruto

El objetivo en esta sección es la determinación de los componentes del fruto como las relaciones mesocarpio, almendra y cuesco a fruto y el aceite en el mesocarpio.

Se toma la muestra de 400 - 500 g de frutos normales y se despulpan de manera manual hasta que la nuez quede completamente limpia (Figura 3.13). Las nueces limpias se pesan. La cantidad de mesocarpio se determina por diferencia con el peso del fruto. Tan rápido como sea posible (<15 min), se homogeniza el mesocarpio y se toma una muestra de 40 - 50 g. La muestra de mesocarpio se coloca en una cápsula de porcelana o un recipiente de aluminio previamente tarado que será pesado e identificado.

En ambos casos la muestra de mesocarpio se seca, ya sea en el horno microondas o en el horno eléctrico,

para después determinar el contenido de aceite con la ayuda de modelos matemáticos o usando el sistema *Soxhlet*.

Muestra de nueces

En muchos de los casos, es necesario obtener la relación de cuesco y almendra en el fruto. El objetivo de esta sección es la determinación de esta relación.

Las nueces provenientes de la muestra de 400 - 500 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 (Figura 3.13). Las nueces se llevan al horno durante toda la noche a 105 °C. Al día siguiente se sacan y se dejan reposar a temperatura

ambiente. Se parten y se retira completamente la almendra del cuesco (Figura 3.13). El cuesco se recolecta y se pesa en el formato. Si es necesario determinar el contenido de aceite en la almendra hay que recolectar, rotular y almacenar.

En los cálculos se debe tener en cuenta la pérdida de humedad del cuesco seco por efectos del secado de la nuez para poder determinar su peso y de esta manera calcular la proporción de cuesco y almendra en el fruto. Se ha determinado que en promedio el valor de la relación de masa entre el cuesco fresco/seco para varios tipos de palmas es constante, y por lo tanto el valor del factor asociado a los cálculos es de 1.16 (ver detalles en los anexos técnicos, ANEXO 8).



Figura 3.13. Procedimiento para determinar los componentes del fruto. A: muestreo de los frutos. B: despulpado para determinar mesocarpio en fruto. C: secado de las nueces. D: se parte la nuez para obtener la almendra y el cuesco.

Secado de mesocarpio:

En esta etapa el objetivo es determinar la humedad del mesocarpio tanto de frutos de palmas *E. guineensis* y de OxG. Con el mesocarpio seco se puede calcular la cantidad de aceite por fórmula o se puede utilizar para hacer la extracción usando el sistema *Soxhlet*.

El secado del mesocarpio fresco se puede hacer con el horno microondas en una cápsula de porcelana (Figura 3.14) o en un horno de resistencia. Para el secado del mesocarpio con el horno microondas, debe obtener previamente curva de secado (ver Práctica 3.3) para establecer los parámetros de operación del equipo, que normalmente se trabaja a potencia media durante 15 minutos. En caso de no poseer horno microondas, realizar el secado en horno eléctrico a 105 °C durante toda la noche o durante un tiempo mayor a 10 horas (ver Práctica 3.3) (Figura 3.14). En el caso del horno microondas, verificar el peso constante al final del proceso de secado.

Terminado el secado de las muestras, colóquelas en el desecador durante 2 horas para permitir su enfriamiento sin ganancia de humedad del medio ambiente y obtener finalmente su peso seco.

Se ha determinado que el uso del horno microondas es más eficiente cuando se analizan entre 5 – 8 muestras en el mismo día. Cuando el número de análisis de racimo es superior a 9, es preferible usar el secado en el horno eléctrico dejando las muestras de mesocarpio (junto con las de nueces) toda la noche a 105 °C y al día siguiente dejándolas enfriar en el desecador para pesarlas.

Determinación de aceite en mesocarpio por fórmula

En este paso se determina el contenido de aceite a partir del contenido de humedad en el mesocarpio.

De acuerdo con la metodología de Yáñez *et al.*, 2000, basada en la correlación lineal entre la humedad en el mesocarpio (HM) y aceite en el mesocarpio fresco (AMF), se logró obtener un modelo matemático de

la siguiente forma para estimar el contenido de aceite en el mesocarpio:

$$AMF = 82,3 - (0,95 \times HM) \quad r^2 = 0,937$$

Es muy importante realizar el pesado de la muestra fresca de forma inmediata y usar un desecador con sílica activa en el mesocarpio seco, ya que cambios de humedad desfavorecen el grado de ajuste (r^2) del modelo matemático. Con el modelo anterior, es posible estimar el contenido de aceite en el mesocarpio fresco a partir de su contenido de agua, valor obtenido a partir del secado en el horno microondas que puede tardar alrededor de 15 minutos por muestra.

Esta fórmula se ajusta muy bien a las muestras provenientes de materiales comerciales de palma de aceite de *Elaeis guineensis ténera*. Sin embargo, no se ajusta a todas las muestras, como las obtenidas en el híbrido inespecífico OxG o de racimos de *E. oleifera*. En estos casos, se determina el contenido de aceite en el mesocarpio usando el sistema *Soxhlet* y hexano o éter de petróleo como solvente de extracción.

Determinación de aceite en mesocarpio usando el sistema *Soxhlet*

En esta parte se refiere al uso del sistema *Soxhlet* para determinar el aceite en el mesocarpio cuando no se puede usar la fórmula de humedad (ver Práctica 3.4).

El proceso convencional de estimación de aceite en el mesocarpio implica el uso del sistema *Soxhlet*, en el que se pesa la cantidad de muestra que se coloca en un dedal de papel celulosa en el cuerpo del *Soxhlet* (Figura 3.14). El aceite se extrae haciendo pasar solvente por el sistema. Luego se recolecta en el balón la mezcla de aceite-solvente. El solvente se evapora y el aceite se cuantifica por diferencia de peso. Este método es preciso. Sin embargo, solo se puede realizar una muestra por cada aparato, es demandante en tiempo, solvente y energía.

Para laboratorios donde se realicen análisis de racimo de manera rutinaria, es necesario procesar rápida y eficientemente un número grande de muestras de mesocarpio para determinar el contenido de aceite.

De acuerdo con lo anterior, se sugiere el uso de sistemas de extracción múltiple. En este procedimiento, las muestras de mesocarpio se colocan en dedales de papel celulosa, los cuales se cierran para formar paquetes o sobres que permiten colocar varias muestras en el cuerpo del *Soxhlet* y realizar su extracción simultáneamente (Figura 3.14). En este caso el aceite se determina por la pérdida de masa del mesocarpio aceitoso que se coloca en el sobre de papel celulosa.

En este análisis la muestra de mesocarpio seco se muele en licuadora, alrededor de 5 g de mesocarpio se colocan en el dedal, se dobla como un sobre de carta y se sellan con una grapa (fácil de quitar posteriormente). Los dedales sellados se colocan en un sistema *Soxhlet* ordenadamente y se realiza la extracción de

aceite usando hexano como solvente durante 24 horas aproximadamente (ver detalles en el ANEXO 9). Una de las ventajas de este modo de extracción es que, de acuerdo con el tamaño del sistema *Soxhlet*, se pueden analizar más de 150 muestras en una misma corrida, lo que permite ahorrar tiempo y solvente. Terminada 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 °C durante 2 horas para eliminar completamente el solvente y llevarlos a la condición inicial antes de que se elaborara el dedal. Se retiran del horno y se introducen en un desecador para dejarlos enfriar durante 2 horas. Se retira la grapa, se pesan los dedales sin aceite y se registran en el formato.



Figura 3.14. Determinación del aceite a mesocarpio. A: secado de mesocarpio fresco en horno microondas. B: mesocarpio seco en horno eléctrico. C: muestra de mesocarpio para extracción con solvente. D: extracción de aceite con sistema *Soxhlet*.

Consejo ambiental: Aunque no se pueda usar siempre, los autores de esta guía recomiendan que los laboratorios adopten el uso de sistemas de enfriamiento y recirculación de agua continua (ver detalles en el ANEXO 9), comúnmente llamados *chiller*, para los refrigerantes de los sistemas *Soxhlet*. Este sistema presenta, entre otras ventajas, el ahorro de enormes cantidades de agua en el enfriamiento del condensador.

Ahora vamos a realizar las prácticas de análisis de racimos para que los participantes tomen parte activa de este proceso.

Práctica 3.1. Conozcamos los componentes del racimo y del fruto en racimos de *Elaeis guineensis* Jacq

Objetivos

Al finalizar esta práctica los participantes estarán capacitados para:

- Establecer los criterios precisos de un análisis de racimo de palmas *Elaeis guineensis* Jacq.
- Determinar la composición física del racimo y de sus frutos mediante la metodología del análisis de racimo en palmas *Elaeis guineensis* Jacq.
- Preparar las muestras para la determinación de aceite en mesocarpio.

Orientaciones para el facilitador

1. Antes de iniciar esta práctica debe tener preparado, por lo menos con un día de anticipación, el sitio de trabajo con sillas, mesones, herramientas, formatos y equipos, entre otros. Se recomienda desarrollar previamente el Ejercicio 1.1 de la Unidad de aprendizaje I.
2. De acuerdo con las condiciones de la plantación, se recomienda desarrollar esta práctica apenas después de la Práctica 2.1 o 2.2 de la Unidad de aprendizaje II. Con esto se entrena a los participantes en el muestreo de los racimos y se obtiene la muestra de racimos para esta práctica.

3. Es muy importante tener en cuenta que cuando los racimos provienen de la Práctica 2.1 (muestreo de racimos en la tolva) se debe usar la información del Formato de trabajo 2.1 para completar los parámetros de peso de racimo (casilla 1), peso de pedúnculo (casilla 2) y peso de la muestra de raquillas (casilla 3) en el Formato de trabajo 3.1 de esta práctica. Con un día de anterioridad tenga listo un número de racimos mayor al número de grupos esperados para el día de la práctica.
4. Tenga listas la alimentación y las bebidas para los participantes. Esta práctica puede durar alrededor de 6 horas.
5. Adicional a los racimos de la práctica, tenga un racimo con su respectivo pedúnculo y raquillas separados para que al inicio de la práctica se interactúe con los participantes en la identificación de los componentes del racimo.
6. Tenga una muestra de frutos cortados por la parte central de acuerdo con lo que se muestra en la Figura 3.2 y otra muestra de frutos enteros para que se inicie la práctica con la interacción de los participantes en la discusión de los componentes del fruto.
7. Tenga una muestra de mesocarpio seco de unos 10 g, una muestra de unas 20 nueces secas, una muestra de cuesco seco de unos 5 g y una muestra de almendras de unos 5 g. Estas muestras pueden ser de un ensayo previo. El objetivo es mostrarlas al final de la práctica de tal manera que se pueda tener una idea rápida pero precisa de lo que se debe obtener al final del análisis y lo que se espera para las siguientes prácticas.
8. Tome copias de la Figura 3.10, de las Hojas de trabajo 3.1 y del Formato de trabajo 3.1. Además, preferiblemente tenga dos hojas adicionales en blanco por cada grupo para los cálculos, notas y las preguntas de retroalimentación.

En el sitio de trabajo y durante toda la práctica proceda de la siguiente manera:

9. Solicite a los participantes que conformen grupos de trabajo de dos personas, sin importar el número de grupos que resulten.
10. Entregue a cada participante los recursos necesarios para el desarrollo de la práctica.
11. Antes de iniciar la práctica, explore las expectativas de los participantes y luego comparta con ellos el objetivo de esta práctica.
12. Inicie la práctica interaccionando con los grupos, haciendo uso de las raquillas, del pedúnculo, de los frutos partidos y realizando preguntas, tales como:
 -  ¿Cuáles son los componentes de un racimo? Seleccione un grupo para la pregunta, luego otro y así sucesivamente. Tenga en cuenta las respuestas y nuevamente pregunte a otros grupos, el objetivo es que antes de iniciar el proceso del análisis se tengan muy claro los componentes del racimo y del fruto por parte de todos los participantes.
13. En esta práctica es conveniente y efectivo para el aprendizaje de los participantes que en todo momento exista interacción participante-facilitador. Con ayuda de las Hojas de trabajo 3.1 usted debe participar durante el ejercicio para hacer preguntas o permitiendo que los grupos participen.
14. Al finalizar el desarrollo de las Hojas de trabajo 3.1 presente a los participantes las muestras de mesocarpio seco, nueces secas, almendra y cuesco. El objetivo es que los participantes se lleven una idea rápida pero muy precisa de cómo serán las muestras resultantes después del proceso de secado.

Recursos necesarios

1. Se requiere un área semiabierta, de fácil acceso para llevar los racimos.
2. Mesas de concreto o madera en las que se realizarán la remoción de las raquillas y la determinación de los diferentes componentes, además del desfrutado y despulpe de los frutos y preparación de la muestra.
3. Todos los elementos para el análisis que se listan a continuación:
 - Fotocopia del Formato de trabajo 3.1 (1 por cada grupo)
 - Fotocopia de la Figura 3.10 (1 por cada grupo)
 - Fotocopia de las Hojas de trabajo 3.1 (1 por cada grupo)
 - Balanza con capacidad de 50 kg (1 para la práctica)
 - Balanza con capacidad de 5 - 6 kg con precisión de 1 o 0.1 g (1 para la práctica)
 - Hachas pequeñas o hachuelas (1 por cada grupo)
 - Cuchillos zapateros afilados (2 por cada grupo)
 - Una lima o piedra de afilar, cuchillos y hachas (1 para la práctica)
 - Un recogedor de plástico sin cabo para hacer la homogenización de las raquillas (1 por cada grupo)
 - Moldes de aluminio con tapa o cápsulas de porcelana (2 por cada grupo)
 - Bolsa de plástico de alta densidad de 40 x 30 cm o similares (1 por cada grupo)
 - Lapicero (1 por cada grupo)
 - Calculadora básica (1 por cada grupo)
 - Marcadores permanentes (1 por cada grupo)
4. Se deben tener las siguientes muestras en el sitio de la práctica:
 - Un racimo de *Elaeis guineensis* con su pedúnculo y raquillas separadas e identificadas (1 para la práctica)
 - Una muestra de 20 frutos frescos de *Elaeis guineensis* (1 para la práctica)
 - Una muestra de 5 frutos frescos de *Elaeis guineensis* partidos a la mitad (1 para la práctica)
 - Una muestra de mesocarpio seco de unos 25 g (1 para la práctica)
 - Una muestra de unas 20 nueces secas (1 por cada grupo)
 - Una muestra de cuesco seco de unos 5 g (1 para la práctica)

- Una muestra de almendras de unos 5 g (1 para la práctica)

Orientaciones para los participantes

1. Formar parejas. El número que sea necesario de acuerdo con el número de participantes.
2. Cada uno de los grupos tiene 5 minutos para hacer una lista de verificación y confirmar que tengan las herramientas, los materiales y los formatos de trabajo listos para hacer la práctica, es decir, los *recursos necesarios* listados anteriormente.
3. En este momento los participantes deben estudiar en grupo los pasos para hacer un análisis de racimo, es decir, leer toda la parte teórica de esta unidad. Estudiar y comprender la Figura 3.10. Discutir sobre las dudas que se puedan presentar o preguntar al facilitador.
4. Los participantes deben tomarse el tiempo para contrastar los recuadros de la Figura 3.10 con los datos que se piden en el formato de análisis del Formato de trabajo 3.1. Hacer la discusión y realizar preguntas al facilitador.
5. Cada grupo debe identificar y describir los componentes del racimo con la ayuda del racimo desglosado en raquillas y pedúnculo presentes en el lugar de la práctica.
6. Cada grupo debe tomar un fruto entero y partirlo a la mitad con un cuchillo. Se busca identificar visualmente los componentes del fruto (ver Figura 3.2 y Figura 3.9). Discutir y realizar las preguntas pertinentes. Se pueden apoyar en el facilitador para obtener un buen corte en los frutos y lograr visualizar correctamente sus componentes.
7. Con la idea clara del procedimiento de análisis de racimo y sus componentes, los participantes pueden iniciar el ejercicio práctico siguiendo lo descrito en las Hojas de trabajo 3.1, llenando el dato obtenido en cada casilla de acuerdo con la numeración del Formato de trabajo 3.1.
8. Al finalizar el desarrollo de la guía de trabajo, siga las instrucciones finales del facilitador.

Información de retorno para la práctica

A medida que cada grupo vaya terminando la práctica el facilitador toma las hojas y formatos de trabajo y los revisa detalladamente. Observa y analiza los valores obtenidos, las anotaciones y los cálculos realizados. El objetivo es que trate de encontrar posibles errores en los datos para que haga las preguntas y las correcciones pertinentes. Haga preguntas a los participantes en los que ellos creen que sintieron dudas y no estaban seguros de lo que se realizaba. Con las preguntas resueltas el facilitador puede pasar a la siguiente práctica.

Hojas de trabajo 3.1. Pasos para realizar un análisis de racimo en palmas *Elaeis guineensis*

Nombre de los participantes del grupo:

1. _____
2. _____

El objetivo de estas hojas de trabajo es llevar a los participantes de la mano en la realización del análisis de racimos provenientes de palmas *Elaeis guineensis*.

De acuerdo con el avance en la práctica, responda las preguntas en los espacios. Recuerde preguntar cuando lo crea conveniente y realizar retroalimentación en todo momento con ayuda del facilitador.

Los primeros 4 pasos descritos a continuación se realizan cuando los racimos se han muestreado en el campo. Si tiene la muestra de raquillas de aproximadamente 3,5 kg obtenida de la Práctica 2.1, pase inmediatamente al paso 5 de estas hojas de trabajo y anote en el Formato de trabajo 3.1 los datos de peso de los racimos (1), peso de los pedúnculos (2) y peso de la muestra de raquillas (3) provenientes del Formato de trabajo 2.1 y continúe con el análisis de racimo.

 En todo momento de la práctica use guantes de cuero o de carnaza para protegerse durante la manipulación del cuchillo y de las espinas del racimo.

1.  Inicie con la identificación del racimo con el que su grupo trabajará y el sitio en donde va a desarrollar su práctica. Tome el Formato de trabajo 3.1 y anote la información primaria, es decir, plantación, lote, variedad, fecha y número de frutos sueltos en campo, etc. De acuerdo con la información presente en la identificación del racimo. Corte el pedúnculo sobrante que tenga el racimo. Comparta con el facilitador la respuesta a la siguiente pregunta:

 ¿Qué sucederá si se corta el racimo y se deja almacenado para analizarlo dos días después?

2.  Realice el pesado del racimo en la báscula (Figura 3.15) y regístrelo en el Formato de trabajo 3.1, en la casilla (1) de peso de racimo.



Figura 3.15. Pesaje de los racimos en el sitio de análisis de racimo.

3. Luego con el hacha remueva las raquillas del racimo tratando de dar los golpes en la base de la raquilla y el pedúnculo (Figura 3.16), de esta forma se hace el menor daño a los frutos unidos a las raquillas (Figura 3.17), los cuales se necesitarán más adelante.

-  Las raquillas se cortan sobre la base del pedúnculo sin golpear los frutos, puesto que se dañan y alteran el muestreo en los pasos posteriores.
- El proceso se debe realizar en el cubículo para que no haya pérdida de raquillas o frutos.
- Todas las raquillas o frutos que por los golpes del hacha hayan caído lejos se deben recoger y agrupar para la homogenización y muestreo.



Figura 3.16. Remoción de raquillas en el racimo.



Figura 3.17. Ejemplo de una raquilla de racimos de palma de aceite *Elaeis guineensis*.

4.  Después de retirar las raquillas de los racimos, separe el pedúnculo (Figura 3.18) del grupo de raquillas. Homogenice las raquillas usando la pala y haga un cuarteo de las raquillas (Figura 3.19). Tome una muestra de entre 2 y 5 kg de acuerdo con el peso del racimo. Si el peso del racimo es < 15kg, tome una muestra de raquillas entre 2 - 3 kg; si el peso del racimo es > 15 kg, la muestra de raquillas puede ser entre 3 - 5 kg. Si es necesario pida ayuda al facilitador o remítase a la sección teórica de esta unidad.

 En muchos casos, es posible que no haya una balanza digital que reporte los valores en gramos. Sea cual sea el equipo que use tenga en cuenta dos cosas: 1. Siempre registre los valores tomados en las mismas unidades; los autores sugieren usar gramos. 2. Usar equipos de pesaje confiables.

 Este paso es crítico en el análisis. Se debe realizar una correcta homogenización de las raquillas para que la muestra sea lo más representativa posible.



Figura 3.18. Pedúnculo de un racimo de palma de aceite.



Figura 3.19. Cuarteo de raquillas provenientes del racimo.

5.  Después de obtener la muestra de raquillas, colóquelas en una bolsa de plástico de alta densidad y péselas en la balanza (Figura 3.20). Llene en el Formato de trabajo 3.1 los datos del peso del pedúnculo (2) y el peso de la muestra de raquillas (3).

 Puede usar el formato de identificación del racimo para introducirlo en la bolsa de plástico con la muestra de raquillas y de esta manera identificar de manera fácil y segura la muestra.



Figura 3.20. Muestra de raquillas provenientes del cuarteo.

6. Después del muestreo de las raquillas, debe dejar el mesón despejado y limpio colocando las raquillas sobrantes en un saco de fibra para posteriormente llevarlas al camión de carga de fruto o directamente a la planta de beneficio.
7. Cada grupo inicia con el desfrutado. Remueva los frutos de la base de las raquillas usando un cuchillo afilado con mucho cuidado de no causar un accidente (Figura 3.21). Coloque aparte las raquillas vacías que van quedando después de desfrutarlas y en otra parte los frutos normales.

 Use guantes de cuero o de carnaza para protegerse en la manipulación del cuchillo.

-  Recuerde que no es necesario remover los frutos partenocárpicos y abortados de las raquillas (Figura 3.22), lo que permite ganar tiempo en el análisis. No obstante, reúna todos los frutos partenocárpicos y abortados que estén sueltos junto con las raquillas.
- Una de las formas de conocer los frutos partenocárpicos, de acuerdo con lo descrito previamente, es que este fruto no formó embrión, por lo que al hacerle un corte trasversal no presentará almendra (Figura 3.23). Sin embargo, los frutos partenocárpicos pueden presentar una pequeña mancha oscura en la mitad, que es el intento de formar semilla, pero sin almendra. Además son más pequeños y con menos color que los frutos normales, por el contrario los frutos abortados son de color blanco (Figura 3.24).



Figura 3.21. Separación de los frutos de las raquillas.



Figura 3.22. Raquila con frutos partenocárpicos y abortados sin remover; se removieron únicamente los frutos normales.



Figura 3.23. Foto transversal de un fruto partenocárpico de palma *Elaeis guineensis*.



Figura 3.24. Grupo de frutos provenientes de racimos de *Elaeis guineensis*. A: frutos normales. B: frutos partenocárpicos. C: frutos abortados.

8.  Tome las raquillas sin frutos normales y cuente los frutos partenocárpicos y abortados que estén pegados a ellas, pero también sume los que se encuentren sueltos y registre las casillas 5 y 6. Cuento las raquillas totales (4) y registre todos los valores en el Formato de trabajo 3.1.
9.  Tome los frutos normales desfrutados y límpielos de las brácteas (Figura 3.25). Cuento y pese los frutos normales para registrarlos en el Formato de trabajo 3.1, casillas 7 y 8, respectivamente.

 Use la misma bolsa que usó en la muestra de raquillas y el mismo formato de identificación del racimo para reunir, transportar y marcar la muestra de frutos.

 Este es un punto crítico en el análisis y es muy importante hacer el conteo correcto de los frutos. En muchos casos el cansancio de la jornada conlleva a que se cometa este error y esto a su vez afecta directamente el resultado final del análisis.



Figura 3.25. Frutos y brácteas removidas de los frutos normales.

10.  Calcule el peso promedio de todos los frutos normales provenientes de las raquillas usando la calculadora y regístrelo en el formato (9).
11.  Luego, inicie el muestreo de los frutos. Se homogenizan todos los frutos normales, se hace un cuarteo y se obtiene una muestra de entre 400 - 500 g de frutos (Figura 3.26). Registre en el Formato de trabajo 3.1 el número de frutos de la nueva muestra (10) y el peso de estos frutos (11). Responda y comparta con el facilitador las respuestas a las siguientes preguntas:

- ¿Cuántos cuarteos se realizaron para obtener la muestra final?
- ¿Cuántos frutos maltratados existen dentro de la muestra obtenida?
- ¿Qué debo hacer con los frutos maltratados o incompletos?

 De acuerdo con el tamaño de la muestra de frutos, algunas veces es necesario realizar varios cuarteos para garantizar representatividad en la muestra. En el primer cuarteo se eliminan, de acuerdo con el número de frutos totales, uno o dos cuartos para que el segundo cuarteo permita que resulten los frutos necesarios.

-  ¿Con qué fin se realiza el cuarteo de los frutos?



Recuerde que si dentro de la muestra de frutos normales aparece un fruto que está roto o al que le hace falta un pedazo de mesocarpio, se reemplaza por otro fruto de los restantes que sea del mismo tamaño del fruto dañado. Con esto se asegura más exactitud en la determinación del mesocarpio a fruto.



Figura 3.26. Cuarteo y muestreo de frutos normales.

12.  Usando la calculadora determine el peso promedio de los frutos de la nueva muestra (12) y regístrelo en el Formato de trabajo 3.1. Comparta con el facilitador las respuestas a las siguientes preguntas:
 -  ¿Cuánto fue el peso promedio del nuevo grupo de frutos?
 - ¿El nuevo peso promedio de frutos (9) es igual al peso medio de frutos (12)?
13.  Después de calcular el peso promedio de los frutos, haga el cálculo de la diferencia en porcentaje entre el peso promedio de los frutos de la nueva muestra (12) y el peso promedio de la muestra grande de frutos normales (9) proveniente de las raquillas (Figura 3.27). Complete los siguientes recuadros usando la fórmula:

$$\% \text{ diferencia} = \frac{(9)-(12)}{(9)} \times 100$$



Valor de peso medio de frutos (9)	
Valor de peso medio de frutos (12)	
Diferencia, %	

Y comparta con el facilitador las respuestas a las siguientes preguntas:

- ¿Cuál fue la diferencia de peso de la nueva muestra y la muestra de frutos normales de las raquillas?
- ¿Debe realizar un nuevo muestreo? ¿Qué comentarios puede hacer?



El criterio de toma de muestra debe ser tal, que el valor del peso promedio de los frutos en la muestra entre 400 - 500 g no debe ser superior o inferior al 5% del valor del peso promedio de todos los frutos normales tomado de la muestra de raquillas (2 - 5 kg), es decir, el valor de la casilla 9 ≈ 12 para los datos del Formato de trabajo 3.1.

Ejemplo: Si el peso promedio de los frutos normales en la muestra de 2 - 5 kg de raquillas fue de 10 g, entonces el error en el peso promedio de la muestra entre 400 - 500 g de frutos no debe ser mayor o menor de 0,5 g, es decir, el peso del promedio de la nueva muestra de frutos debe estar entre 9,5 y 10,5 g.



En la mayoría de los casos cuando se encuentran diferencias mayores al 5% en el peso promedio, se deben a dos razones: 1. Error en la homogenización de la muestra y 2. Error en la toma del peso o en el conteo de los frutos normales de la muestra de frutos provenientes de la muestra de raquillas de 2 - 5 kg. En ambos casos se recomienda reunir nuevamente todos los frutos normales, verificar el conteo y el peso y realizar una nueva homogenización, cuarteo y muestreo.



Figura 3.27. Determinación del peso promedio de la muestra de frutos.

14. A partir de este momento se inicia con la determinación de los componentes de los frutos. Con ayuda del cuchillo remueva el mesocarpio de todos los frutos de la muestra de 400 - 500 g de frutos normales (Figura 3.28). Responda y comparta con el facilitador las respuestas a las siguientes preguntas:

-  ¿Qué tipo de superficie debe usar en el despulpe de los frutos?
- ¿Cuántos frutos debe despulpar?
- ¿Se debe despulpar la totalidad del fruto?

 Use una superficie no porosa para el despulpe de los frutos, de tal manera que se minimice la pérdida de aceite.



Figura 3.28. Despulpado de los frutos normales.

15. Remueva la totalidad del mesocarpio de la nuez como lo muestra la Figura 3.29. Vaya acumulando el mesocarpio en el mesón y las nueces aparte en un recipiente o bolsa.

-  No tarde más de 15 - 20 minutos en el despulpe de los frutos para que el mesocarpio no pierda humedad y no se generen errores en la medición de la cantidad de aceite.
- Cuando se procesan varios racimos por el mismo operario, una manera práctica de realizar la labor es hacer que el operario guarde cada muestra de 400 - 500 g de frutos en una bolsa pequeña de plástico junto con el formato de identificación del racimo y al final de la jornada haga el proceso de despulpe de todas las muestras de frutos. Tenga mucho cuidado de no confundir las muestras y no perder ninguno de los frutos de la muestra.



Figura 3.29. Nueces y mesocarpio provenientes de frutos normales de *Elaeis guineensis*.

- 16.  Después de despulpar todos los frutos, tome todo el mesocarpio que haya resultado de la muestra de frutos y homogenícelo. Al mismo tiempo tome una cápsula de porcelana o un molde de aluminio y colóquelo sobre la balanza electrónica y registre el peso de la cápsula (15) en el Formato de trabajo 3.1. Después de registrar

el peso tare a cero la balanza. Tome una muestra de entre 40 - 50 g de mesocarpio fresco aceitoso (Figura 3.30) y regístrelo (16) en el Formato de trabajo 3.1. Identifique la cápsula con el nombre de la muestra usando el marcador permanente.

-  La muestra se puede tomar tanto en la cápsula de porcelana para secado en el horno microondas, como en moldes de aluminio para secado en el horno eléctrico.
- Cuando use moldes de aluminio, puede usar la tapa de poliestireno expandido (Icopor) para guardar la muestra mientras que la lleva al laboratorio. Esto permite que no se ensucie o contamine con otra muestra.



Figura 3.30. Muestra de mesocarpio fresco proveniente de los frutos normales en la cápsula de aluminio.

17.  Luego, ubique en la balanza un molde de aluminio y tare la balanza a cero. Coloque todas las nueces en el recipiente y registre su peso en el Formato de trabajo 3.1, casilla 13 (Figura 3.31). Cubra la muestra con la tapa de Icopor e identifique esta muestra de la misma manera como se identificó la muestra de mesocarpio.



Figura 3.31. Muestra de nueces frescas provenientes del despulpe de los frutos normales.

18. Junte las muestras identificadas de mesocarpio fresco y la de nueces frescas junto con las muestras de los otros grupos. Llévelas al laboratorio para el secado, ya sea en horno de resistencia o en microondas, según sea la disponibilidad. Para el secado en horno microondas por favor remítase a la Práctica 3.3.

•  El secado del mesocarpio y de las nueces en el horno de resistencia puede tardar toda la noche. Para continuar con la práctica es necesario recurrir a las muestras de mesocarpio y nueces secas que se habían preparado con anticipación como parte del ejercicio para completar todos los datos del Formato de trabajo 3.1.

19. En este punto de la práctica, el Formato de trabajo 3.1 aún tiene 5 datos por completar: El peso del cuscote seco (14) y el peso de la cápsula + mesocarpio seco aceitoso (17). Este último dato se obtiene al desarrollar la Práctica 3.3 de esta unidad. El peso del papel (18), mesocarpio seco aceitoso (19) y el papel + mesocarpio seco no aceitoso (20) se obtienen en la Práctica 3.4. Sin embargo, el faci-

litador debe suministrar una muestra de mesocarpio seco como ejemplo.

20.  Tome el peso de la cápsula + mesocarpio seco aceitoso suministrado por el facilitador y regístrelo en el Formato de trabajo 3.1, en la casilla 17.
21.  Por otro lado, tome la muestra de nueces secas que le suministra el facilitador. Con la ayuda de un rompenueces libere la almendra. Recolecte todos los cuescos que se dispersen en el proceso (Figura 3.32). Tome la balanza y coloque un recipiente sobre el plato, tare la balanza a cero, adicione los cuescos (Figura 3.33) y registre el valor del peso de cuesco seco en el Formato de trabajo 3.1, en la casilla 14.



Figura 3.32. Muestra de nueces frescas provenientes del despulpe de los frutos normales.



Figura 3.33. Pesaje de muestras de cuescos provenientes de la muestra de nueces frescas.

Para finalizar, tome el Formato de trabajo 3.1 y las hojas de trabajo con los datos registrados, los cálculos, las respuestas, y entréguelos al facilitador. Haga las preguntas que crea necesarias y espere las instrucciones finales del facilitador.

Práctica 3.2. Conozcamos los componentes del racimo y del fruto en racimos de palmas de híbrido inespecífico OxG o *Elaeis oleifera*

Objetivos

Al finalizar esta práctica los participantes estarán capacitados para:

- Establecer los criterios precisos de un análisis de racimo de palmas del híbrido interespecífico OxG o *Elaeis oleifera*.
- Determinar la composición física del racimo y de sus frutos mediante la metodología del análisis de racimo en palmas del híbrido interespecífico OxG o *Elaeis oleifera*.
- Preparar las muestras para la determinación de aceite en mesocarpio.

Orientaciones para el facilitador

1. Antes de iniciar esta práctica debe tener preparado, con al menos un día de anticipación, el sitio de trabajo con sillas, mesones, herramientas, formatos y equipos, entre otros. Se recomienda desarrollar previamente el Ejercicio 1.1 de la Unidad de aprendizaje I.
2. Igualmente, se recomienda desarrollar esta práctica justo después de la Práctica 2.2 de la Unidad de aprendizaje II. Con esto se entrena a los participantes en el muestreo de los racimos. De lo contrario, con un día de anterioridad prepare un número de racimos mayor al número de grupos esperados para el día de la práctica.
3. Tenga listas la alimentación y bebidas para los participantes. Esta práctica puede durar alrededor de 6 horas.
4. Adicional a los racimos de la práctica, tenga un racimo con su respectivo pedúnculo y raquilas separadas para que al inicio de la práctica se interactúe con los participantes en la identificación de los componentes del racimo.

5. Tenga una muestra de frutos normales y partenocárpico cortados por la parte central de acuerdo con lo que se muestra en la Figura 3.2, y otra muestra de frutos enteros para que se inicie la práctica con la interacción de los participantes en la discusión de los componentes del fruto.
6. Prepare una muestra de mesocarpio seco de unos 10 g, una muestra de unas 20 nueces secas, una muestra de cuesco seco de unos 5 g y una muestra de almendras de unos 5 g. Estas muestras pueden ser de un ensayo previo. El objetivo es mostrarlas al final de la práctica de tal manera que se pueda tener una idea rápida pero precisa de lo que se debe obtener al final del análisis y lo que se espera para las siguientes prácticas.
7. Tome fotocopias de la Figura 3.11, de la Hojas de trabajo 3.2 y del Formato de trabajo 3.2. Además, preferiblemente tenga dos hojas adicionales en blanco por cada grupo para los cálculos, notas y las preguntas de retroalimentación.

En el sitio de trabajo y durante toda la práctica proceda de la siguiente manera:

8. Solicite a los participantes que conformen parejas, sin importar el número de grupos que resulten.
9. Entregue a cada participante los recursos necesarios para el desarrollo de la práctica.
10. Antes de iniciar la práctica, explore las expectativas de los participantes y luego comparta con ellos el objetivo de esta práctica.
11. Inicie la práctica interaccionando con los grupos, haciendo uso de las raquilas, del pedúnculo, de los frutos partidos y realizando preguntas, tales como:
 -  ¿Cuáles son los componentes del racimo que ustedes conocen? Seleccione un grupo para la pregunta, luego otro y así sucesivamente.
 - Tenga en cuenta las respuestas y nuevamente pregunte a otros grupos. El objetivo es que antes de iniciar el proceso de análisis se tengan

muy claros los componentes del racimo y del fruto por parte de todos los participantes.

12. En esta práctica es conveniente y efectivo para el aprendizaje de los participantes que en todo momento exista interacción participante-facilitador. Con la ayuda de las Hojas de trabajo 3.2 usted debe participar durante el ejercicio para hacer preguntas o permitiendo que los grupos participen.
13. Al finalizar el desarrollo de las Hojas de trabajo 3.2 presente a los participantes las muestras de mesocarpio seco, nueces secas, almendra y cuesco. El objetivo es que los participantes se lleven una idea rápida, pero muy precisa de cómo serán las muestras resultantes después del proceso de secado.

Recursos necesarios

1. Se requiere un área semiabierta, de fácil acceso para llevar los racimos.
2. Mesas de concreto o madera en las que se realizarán la remoción de las raquillas y la determinación de los diferentes componentes, además del desfrutado y despulpe de los frutos y preparación de la muestra.
3. Todos los elementos para el análisis que se listan a continuación:
 - Fotocopia del Formato de trabajo 3.2 (1 por cada grupo)
 - Fotocopia de la Figura 3.11 (1 por cada grupo)
 - Fotocopia de las Hojas de trabajo 3.2 (1 por cada grupo)
 - Balanza con capacidad de 50 kg (1 para la práctica)
 - Balanza con capacidad de 5 - 6 kg con precisión de 1 o 0,1 g (1 para la práctica)
 - Hachas pequeñas o hachuelas (1 por cada grupo)
 - Cuchillos zapateros afilados (2 por cada grupo)
4. Se deben tener las siguientes muestras en el sitio de la práctica:
 - Una lima o piedra de afilar cuchillos y hachas (1 para la práctica)
 - Un recogedor de plástico sin cabo para hacer la homogenización de las raquillas (1 por cada grupo)
 - Moldes de aluminio con tapa o cápsulas de porcelana (2 por cada grupo)
 - Bolsa de plástico de alta densidad de 40 x 30 cm o similares (1 por cada grupo)
 - Lapicero (1 por cada grupo)
 - Calculadora básica (1 por cada grupo)
 - Marcadores permanentes (1 por cada grupo)
 - Recipientes plásticos de unos 20 x 20 x 20 cm o similar tamaño (1 por cada grupo)
5. Un racimo de híbrido OxG o de *Elaeis oleifera* con su pedúnculo y raquillas separadas e identificadas (1 para la práctica)
6. Una muestra de 20 frutos enteros y frescos de híbrido OxG o *Elaeis oleifera* (1 para la práctica)
7. Una muestra de 5 frutos frescos de OxG o *Elaeis oleifera* partidos a la mitad (1 para la práctica)
8. Una muestra de mesocarpio seco proveniente de frutos normales de unos 20 g (1 para la práctica)
9. Una muestra de mesocarpio seco proveniente de frutos partenocárpicos de unos 20 g (1 para la práctica)
10. Una muestra de unas 20 nueces secas (1 por cada grupo)
11. Una muestra de cuesco seco de unos 5 g (1 para la práctica)
12. Una muestra de almendras de unos 5 g (1 para la práctica)

Orientaciones para los participantes

1. Formar parejas, el número de grupos que sean necesarios de acuerdo con el número de personas presentes.
2. Cada uno de los grupos tiene 5 minutos para hacer una lista de verificación y confirmar que tengan las herramientas, los materiales y los formatos de trabajo listos para hacer la práctica, es decir, los *recursos necesarios* listados anteriormente.
3. En este momento los participantes deben estudiar en grupo los pasos para hacer un análisis de racimo, es decir, leer toda la parte teórica de esta unidad. Estudiar y comprender la Figura 3.11. Discutir sobre las dudas que se puedan presentar o preguntar al facilitador.
4. Los participantes deben tomarse el tiempo para contrastar los recuadros de la Figura 3.11 con los datos que se piden en el formato de análisis del Formato de trabajo 3.2. Hacer la discusión y realizar preguntas al facilitador.
5. Cada grupo debe identificar y describir los componentes del racimo con la ayuda del racimo desglosado en raquillas y pedúnculo presente en el lugar de la práctica.
6. Cada grupo debe solicitar un fruto entero y partirlo a la mitad con un cuchillo. Se pretenden identificar visualmente los componentes del fruto (ver Figura 3.2). Discutir y realizar las preguntas pertinentes. Se pueden apoyar del facilitador para obtener un buen corte en los frutos y lograr visualizar correctamente los componentes del fruto.
7. Con la idea clara del procedimiento de análisis de racimo y sus componentes, por favor inicie con el ejercicio práctico siguiendo lo descrito en las Hojas de trabajo 3.2, llenando el dato obtenido en cada casilla de acuerdo con la numeración del Formato de trabajo 3.2.
8. En esta práctica se omiten algunas fotografías del proceso del análisis de racimo. Si lo cree conveniente, puede remitirse a la parte teórica de esta

unidad o a los pasos que se presentan en las Hojas de trabajo 3.1.

9. Al finalizar el desarrollo de las hojas de trabajo, siga las instrucciones finales del facilitador.

Información de retorno para la práctica

A medida que cada grupo vaya terminando la práctica, el facilitador toma las hojas de trabajo y los formatos de trabajo y los revisa detalladamente.

Observe y analice los valores obtenidos, las anotaciones y los cálculos realizados. El objetivo es que trate de encontrar posibles errores en los datos para que haga las preguntas y correcciones pertinentes. Haga preguntas a los participantes sobre lo que ellos creen que sintieron dudas y no estaban seguros al realizar. Con las preguntas resueltas el facilitador puede pasar a la siguiente práctica.

Hojas de trabajo 3.2. Pasos para realizar un análisis de racimo en palmas híbrido OxG o *Elaeis oleifera*

Nombre de los participantes del grupo:

1. _____
2. _____

Señor participante, el objetivo de estas hojas de trabajo es llevarlo de la mano en la realización del análisis de racimo en racimos de híbrido OxG.

De acuerdo con el avance en la práctica, responda las preguntas en los espacios. Recuerde preguntar cuando lo crea conveniente y realizar retroalimentación en todo momento con ayuda del facilitador.



En todo momento de la práctica use guantes de cuero o de carnaza para protegerse durante la manipulación del cuchillo y de las espinas del racimo.



1. Inicie con la identificación del racimo con que su grupo trabajará y el sitio en donde va a desarrollar su práctica. Tome el Formato de trabajo

3.2 y llene la información primaria, es decir, plantación, lote, variedad y fecha, etc., de acuerdo con la información presente en la identificación del racimo. Corte el pedúnculo sobrante que tenga el racimo. Comparta con el facilitador la respuesta a la siguiente pregunta:

-  ¿Qué pasa si se deja el racimo cortado para analizar dos días más tarde?

2.  Realice el pesado del racimo en la báscula y regístrelo en el Formato de trabajo 3.2, en la casilla 1.

3. Luego con el hacha remueva las raquillas del racimo tratando de dar los golpes en la base de la raquilla y el pedúnculo; de esta forma se hace el menor daño a los frutos unidos a las raquillas (Figura 3.34) que se necesitarán más adelante.

-  Se deben cortar las raquillas sobre la base del pedúnculo y no golpear los frutos, puesto que se dañan y alteran el muestreo en los pasos posteriores.
- El proceso se debe realizar en el cubículo para que no haya pérdida de raquillas o frutos.
- Todas las raquillas o frutos que por los golpes del hacha hayan caído lejos se deben recoger y agrupar para la homogenización y muestreo.



Figura 3.34. Ejemplo de una raquilla de racimos de palma de aceite de híbrido OxG.

4. Después de retirar las raquillas de los racimos, separe el pedúnculo del grupo de raquillas. Homogenice las raquillas usando la pala y haga un cuarteo de las raquillas. Tome una muestra de entre 2 y 5 kg de acuerdo con el peso del racimo. Si el racimo pesó < 15 kg, tome una muestra de raquillas entre 2 - 3 kg. Si el racimo pesó > 15 kg, la muestra de raquillas puede ser de entre 3 - 5 kg (ver Tabla 3.3). Si es necesario pida ayuda al facilitador o remítase a la sección teórica de esta unidad.

 Este paso es crítico en el análisis. Realizar una correcta homogenización de las raquillas asegura que la muestra sea lo más representativa posible.

5.  Después de tomar la muestra de raquillas, colóquelas en una bolsa de plástico de alta densidad y péselas en la balanza. Llene en el Formato de trabajo 3.2 los datos del peso del pedúnculo (2) y el peso de la muestra de raquillas (3).

 Puede usar el formato de identificación del racimo para introducirlo en la bolsa de plástico con la muestra de raquillas y de esta manera identificar de manera fácil y segura esta muestra.

6. Después del muestreo de las raquillas, debe dejar el mesón despejado y limpio colocando las raquillas sobrantes en un saco de fibra para posteriormente llevarlas a la planta de beneficio.

7. Cada grupo inicia con el desfrutado. Remueva los frutos de la base de las raquillas usando un cuchillo afilado (Figura 3.35) y con mucho cuidado de no causar un accidente. Coloque aparte las raquillas que van quedando después de desfrutarlas y en otra parte los frutos normales.

 Siempre use un guante de carnaza o similar en la mano contraria a la que usa el cuchillo.

-  Recuerde que no es necesario remover los frutos abortados de las raquillas. Note en la Figura 3.35 que solo se remueven los frutos normales y partenocárpicos, esto permite ganar

tiempo en el análisis. No obstante, reúna los frutos abortados que estén sueltos junto con las raquillas.

- Una de las formas de conocer un fruto partenocárpico, de acuerdo con lo descrito previamente, es que este fruto no formó embrión, por lo que al hacerle un corte trasversal no presentará almendra (Figura 3.36). Además, es más pequeño y con menos color que los frutos normales; por el contrario los frutos abortados son de color blanco (Figura 3.37).



Figura 3.35. Separación de los frutos de las raquillas en híbrido OxG.



Figura 3.36. Foto transversal de un fruto partenocárpico de palma de híbrido OxG.



Figura 3.37. Grupo de frutos provenientes de racimos de híbrido OxG. A: frutos normales. B: frutos partenocárpicos. C: frutos abortados.

8.  Tome las raquillas con los frutos abortados y cuéntelos, también sume los que se encuentran sueltos, y registre el valor total en 5. Cuenten las raquillas totales (4) y registre todos los valores en el Formato de trabajo 3.2.
9.  Tome los frutos normales y partenocárpicos desfrutados y límpielos. Cuenten, pese y registre los frutos partenocárpicos y normales en las casillas 6, 7, 9 y 10, respectivamente.

 Este es un punto crítico en el análisis y es muy importante hacer el conteo correcto de los frutos. En muchos casos el cansancio de la jornada conlleva a que se cometa este error y esto a su vez afecta directamente el resultado final del análisis.

10.  Calcule el peso promedio de los frutos partenocárpicos y normales provenientes de las raquillas usando la calculadora, y regístrelos en el formato en las casillas 8 y 11, respectivamente.
11.  Luego, inicie el muestreo de los frutos. Se homogenizan los frutos normales, se hace un cuarteo de estos y se obtiene una muestra de entre 400 - 500 g de frutos. Registre el número de frutos de la nueva muestra (12) y el peso de estos frutos (13).

Responda y comparta con el facilitador las respuestas a las siguientes preguntas:

-  ¿Por qué se realiza un cuarteo de los frutos?
- ¿Cuántos cuarteos se realizaron?
- ¿Cuántos frutos maltratados existen?
- ¿Qué debo hacer con los frutos maltratados o incompletos?

 De acuerdo con el tamaño de la muestra de frutos, algunas veces es necesario realizar varios cuarteos para garantizar representatividad en la muestra. En el primer cuarteo se eliminan, de acuerdo con el número de frutos totales, uno o dos cuarteos para que el segundo cuarteo permita que resulten los frutos necesarios.

 Recuerde que si en la muestra de frutos aparece un fruto que se ha roto durante el proceso de remoción de las raquillas o al que le hace falta un pedazo de mesocarpio, debe reemplazarse por otro fruto de los restantes que sea del mismo tamaño del fruto dañado. Con esto se asegura más exactitud en la determinación del mesocarpio a fruto.

12.  Usando la calculadora determine el peso promedio de los frutos normales de la nueva muestra (14) y regístrelo. Comparta con el facilitador las respuestas a las siguientes preguntas:

-  ¿Cuánto fue el peso promedio del nuevo grupo de frutos normales?
- ¿El nuevo peso promedio de frutos (14) es igual al promedio de los frutos normales (11)?

13.  Después de calcular el peso promedio de los frutos normales de la nueva muestra, los participantes deben hacer el cálculo de la diferencia en porcentaje del peso entre los frutos de la nueva muestra y la muestra grande de frutos proveniente de las raquillas. Complete los siguientes recuadros usando la siguiente Fórmula:

$$\% \text{ diferencia} = \frac{(11)-(14)}{(11)} \times 100$$



Valor de peso medio de frutos normales de las raquillas (11)	
Valor de peso medio de frutos normales (14)	
Diferencia, %	

Y comparta con el facilitador las respuestas a las siguientes preguntas:

- ¿Cuánto fue la diferencia de peso de la nueva muestra y la muestra de frutos normales y partenocárpicos de las raquillas?
- ¿Debo realizar un nuevo muestreo? Comente.

 El criterio de toma de muestra debe ser tal, que el valor del peso promedio de los frutos en la muestra entre 400 - 500 g de frutos no debe ser superior o inferior al 5% del valor del peso promedio de todos los frutos tomados de la muestra de raquillas (2 - 5 kg), es decir, el valor de (11) ≈ (14) para los datos que se toman en el Formato de trabajo 3.2. *Ejemplo:* si el peso promedio de los frutos normales en la muestra de 2 - 5 kg de raquillas fue de 15 g, entonces el error en el peso promedio de la muestra entre 400 - 500 g de frutos no debe ser mayor o menor de 0,75 g, es decir, el peso del promedio de la nueva muestra de frutos debe estar entre 14,25 y 15,75 g.

 En la mayoría de los casos cuando se encuentran diferencias mayores al 5% en el peso promedio, estas se deben a dos razones: 1. Error en la homogeneización de la muestra y 2. Error en la toma del peso o en el conteo de los frutos normales de la muestra de frutos provenientes de la muestra de raquillas de 2 - 5 kg. En ambos casos se recomienda reunir nuevamente todos los frutos normales, verificar el conteo y el peso de los frutos y realizar un nuevo cuarteo y muestreo.

14. A partir de este momento usted inicia con la determinación de los componentes de los frutos normales. Es decir, relación a mesocarpio, cuesco, almendra a fruto y una muestra de mesocarpio para determinar su contenido de aceite.

15. Con ayuda del cuchillo remueva el mesocarpio de todos los frutos de la muestra de 400 - 500 g de frutos normales. Responda y comparta con el facilitador las respuestas a las siguientes preguntas:

-  ¿Qué tipo de superficie puedo usar en la despulpada de los frutos?
- ¿Cuántos frutos debo despulpar?
- ¿Se debe despulpar la totalidad del fruto?

 Use una superficie no porosa para el despulpe de los frutos, de tal manera que se minimice la pérdida de aceite.

16. Remueva la totalidad del mesocarpio de la nuez como se ve en la izquierda de la Figura 3.38. Vaya acumulando el mesocarpio en el mesón y las nueces en un recipiente o bolsa.

-  No tarde más de 15 - 20 minutos en el despulpe de los frutos para que el mesocarpio no pierda humedad y no se generen errores en la medición de la cantidad de aceite.
- Para laboratorio con análisis de racimos rutinarios, una manera práctica de realizar la labor es que el operario guarde la muestra de 400 - 500 g de frutos en una bolsa pequeña de plástico junto con el formato de identificación del racimo y la muestra de frutos partenocárpicos, y al final de la jornada haga el proceso de despulpe de todos los frutos. Tenga mucho cuidado de no confundir las muestras y de no perder ninguno de los frutos de la muestra.
- Otra opción es coordinar todas las actividades de tal manera que el despulpe se realice al final de la jornada con la ayuda de todos los analistas en la misma muestra y no cada uno en su raci-

mo. Con este cambio se logra reducir el tiempo en el que se despulpan los frutos de un mismo racimo y por lo tanto la pérdida de humedad.



Figura 3.38. Nueces y mesocarpio provenientes de frutos normales de híbrido OxG.

17.  Después de despulpar todos los frutos normales, tome todo el mesocarpio que haya resultado de la muestra de frutos y homogenícelo. Al mismo tiempo tome una cápsula de porcelana o un molde de aluminio y colóquelo sobre la balanza electrónica y registre el peso del recipiente (17) en el Formato de trabajo 3.2. Tare a cero la balanza. Tome una muestra de entre 40 - 50 g de mesocarpio y regístrelo en el Formato de trabajo 3.2 en la casilla 18. Identifique la cápsula con el nombre de la muestra usando el marcador permanente y colocando el rótulo “Normales” en su superficie.

-  La muestra se puede depositar tanto en la cápsula de porcelana para secado en el horno microondas, como en moldes de aluminio para secado en el horno eléctrico.
- Cuando use moldes de aluminio, puede usar la tapa de poliestireno expandido (Icopor) para guardar la muestra mientras que la lleva al laboratorio. Esto permite que no se ensucie o contamine con otra muestra.

18.  Después, homogenice y tome una muestra de unos 100 g de frutos partenocárpicos, córtelos en pequeños trozos y nuevamente homogenícelos. Tome una cápsula de porcelana o un molde de aluminio y colóquelo sobre la balanza electrónica y registre el peso del recipiente (23) en el Formato de trabajo 3.2. Tarea cero la balanza. Tome una muestra de entre 40 - 50 g de tajadas de frutos y regístrela en el Formato de trabajo 3.2 en la casilla 24. Identifique la cápsula con el nombre de la muestra usando el marcador permanente y colocando el rótulo “Partenocárpicos” o “Part” en su superficie, que permita diferenciar que esta muestra corresponde al mesocarpio de los frutos partenocárpicos.
19.  Luego, coloque en la balanza un molde de aluminio y tare la balanza a cero. Coloque todas las nueces de los frutos normales en el recipiente y registre su peso en el Formato de trabajo 3.2, casilla 15. Cubra la muestra con la tapa de Icopor e identifíquela, de la misma manera como se identificó en el mesocarpio de los frutos normales.
20. Junte las muestra identificadas de mesocarpio fresco (normales y partenocárpicos) y la de nueces frescas junto con las de los otros grupos. Llévelas al laboratorio para el secado, ya sea en horno de resistencia o en el microondas, según sea la disponibilidad. Para el secado en horno microondas por favor remítase a la Práctica 3.3.
-  El secado de las muestras de mesocarpio y de las nueces en el horno de resistencia puede tardar toda la noche. Para continuar con la práctica es necesario recurrir a las muestras de mesocarpio y nueces secas que se habían preparado con anticipación como parte del ejercicio para completar todos los datos del Formato de trabajo 3.2.
21. En este punto de la práctica, el Formato de trabajo 3.2 tiene varios datos por completar: el peso del cuesco seco (16), el peso de la cápsula + mesocarpio seco aceitoso (19 y 25). Estos últimos datos se obtienen al desarrollar la Práctica 3.3 de esta unidad. Sin embargo, el facilitador debe suministrar una muestra de mesocarpio seco como ejemplo. También están pendientes los datos de peso papel celulosa (20 y 26), mesocarpio seco aceitoso (21 y 27), y el papel + mesocarpio seco no aceitoso (22 y 28) para los frutos normales y partenocárpicos. Estos datos se obtienen en el desarrollo de la Práctica 3.4.
22.  Para completar algunos datos faltantes de esta práctica, tome el peso de la cápsula + mesocarpio seco aceitoso, tanto de los frutos normales como de los partenocárpicos suministrados por el facilitador, y regístrelos en el Formato de trabajo 3.2, en la casillas 19 y 25.
23.  Por otro lado, tome la muestra de nueces secas que le suministra el facilitador. Con la ayuda de un rompenueces libere la almendra. Recolecte todos los cuescos que se dispersen en el proceso. Tome la balanza y coloque un recipiente sobre el plato, tare la balanza a cero, adicione los cuescos y registre el valor del peso de cuesco seco en el Formato de trabajo 3.2, en la casilla 16.
24. Para finalizar, tome el *Formato de trabajo 3.2* y las *hojas de trabajo con los datos registrados, los cálculos, las respuestas*, y entréguelos al facilitador. Haga las preguntas que crea necesarias y espere las instrucciones finales del facilitador.

Formato de trabajo 3.2. Vamos a tomar los datos del análisis de racimo en híbrido interespecífico OxG

Ejemplo de formato para toma de datos en análisis de racimo de híbrido interespecífico OxG			
Experimento:		Bloque:	Lote:
Plantación:		Vehículo:	
Inform. General	-	Cruzamiento (tratamiento)	
	1	Peso racimo(s), kg	
	2	Peso pedúnculo(s), g	
Raquillas 2 - 5 kg	Composición racimo	3	Peso muestra de raquillas, g
		4	No. raquillas totales
		5	No. frutos abortados
		6	No. frutos partenocárpicos
		7	Peso frutos partenocárpicos, g
		8	Peso medio frutos partenocárpicos, g
		9	No. frutos normales
		10	Peso frutos normales, g
		11	Peso medio frutos normales raquillas, g
		Muestra 400 - 500 g frutos normales	Composición frutos normales
13	Peso frutos normales, g		
14	Peso medio frutos normales, g		
15	Peso nueces frescas, g		
16	Peso cuesco seco, g		
Aceite en mesocarpio	17		Peso cápsula o molde de aluminio, g
	18		Mesocarpio fresco aceitoso, g
	19		Peso cápsula + mesocarpio seco aceitoso, g
	20		Peso papel celulosa, g
	21		Mesocarpio seco aceitoso, g
Muestra frutos parten.	Aceite en mesocarpio	22	Papel + mesocarpio seco no aceitoso, g
		23	Peso cápsula o molde de aluminio, g
		24	Mesocarpio fresco aceitoso, g
		25	Peso cápsula + mesocarpio seco aceitoso, g
		26	Peso papel celulosa, g
		27	Mesocarpio seco aceitoso, g
		28	Papel + mesocarpio seco no aceitoso, g
Participantes:			

Abreviaturas. g: gramo; kg: kilogramo.

Práctica 3.3. Construyamos la curva de secado del mesocarpio en un horno microondas

Objetivos

Al finalizar esta práctica los participantes estarán en capacidad de:

- Construir una curva de secado de muestras de mesocarpio en un horno microondas.
- Usar el horno microondas para secar muestras de mesocarpio.

Orientaciones para el facilitador

1. La curva de secado es un procedimiento para establecer los parámetros de operación de un horno microondas doméstico como horno de secado en laboratorio, dado las características de operación de las microondas. El facilitador puede desarrollar la presente práctica inmediatamente después de terminada la Práctica 3.1 o 3.2. De esta forma, se pueden tener a la mano muestras de mesocarpio fresco necesarias para su desarrollo, o puede hacerlo independientemente de acuerdo con la disponibilidad del personal de las plantaciones.
2. Preferiblemente desarrolle la presente práctica junto con la Práctica 3.4. Una manera sencilla es que después de secar las muestras en el horno (resistencia o microondas), se puede desarrollar la práctica de preparación de muestras para la extracción *Soxhlet*.
3. Si la práctica es independiente de otras prácticas, tome con anterioridad unos frutos de palma de racimos que estén maduros, y despúlpeles para obtener las muestras de mesocarpio fresco necesarias. Además, prepare un horno con resistencia y uno microondas.
4. Para la práctica es necesario procesar una o varias muestras testigo en el horno con resistencia. El objetivo es que el porcentaje de humedad del mesocarpio sea estadísticamente una medida igual a través del horno con resistencia y el horno microondas.

5. Solicite que se conformen parejas y entregue a los participantes los materiales y los formatos de trabajo.
6. Al momento de iniciar la práctica ajuste el horno de resistencia para que alcance la temperatura de 105 °C.
7. Comente con los participantes cuáles son los objetivos y explique las ideas bases de la práctica.

Recursos necesarios

- Tiempo de 5 horas para desarrollar toda la práctica
- Horno microondas (1 para la práctica)
- Horno de resistencia (1 para la práctica)
- Lapicero (1 para cada grupo)
- Muestra de mesocarpio fresco (60 g por grupo)
- Cápsula de porcelana (4 por cada grupo)
- Desecador con sílice activa (1 para la práctica)
- Fotocopia del Formato de trabajo 3.3 (2 por cada grupo)
- Fotocopia del Formato de trabajo 3.4 (2 por cada grupo)

Orientaciones para los participantes

1. Estimado participante: conforme un grupo de trabajo para realizar la práctica y atienda a las instrucciones del facilitador.
2. Prepare los recursos necesarios para esta práctica junto con su compañero de grupo.
3. Tome la muestra de mesocarpio que le hayan dado y divídala en 2 porciones, alrededor de 40 g cada una. Una parte la usará en la determinación de la humedad en el horno con resistencia y otra en el horno microondas.

Fase 1: Horno de resistencia

4. Inicie con la determinación de la humedad en el horno de resistencia. Realice las determinaciones por duplicado.

5.  Tome una cápsula de porcelana limpia y seca o un molde de aluminio. Coloque la cápsula en la balanza y registre el peso (1 y 6) en el Formato de trabajo 3.3. Luego, tare la balanza a cero.
6.  Adicione a la cápsula un peso exacto de 30 g de muestra de mesocarpio fresco, registre el peso en el formato (2 y 7).
7.  Coloque la cápsula con el mesocarpio en el horno a 105 °C y deje la muestra durante 4 horas. Transcurrido ese tiempo, retire la muestra del horno y póngala en el desecador durante 20 minutos. Pese la cápsula con la muestra y registre su peso en el Formato de trabajo 3.3. Realice los mismos pasos para las dos muestras, casillas 3 y 8.

 Mientras que la muestra de mesocarpio fresco se seca en el horno de resistencia durante 4 horas, realice el proceso de construcción de la curva de secado en el horno microondas.

8.  Coloque la cápsula con la muestra nuevamente en el horno a 105 °C durante otros 30 minutos. Al cabo de este tiempo, retire la cápsula y colóquela en el desecador durante 20 minutos. Tome el segundo peso en el formato en las casillas 4 y 9.

 La diferencia entre los pesos registrados debe ser menor a 0,1 g. Si es mayor a 0,1 g deje la muestra en el horno durante otros 30 minutos y tome nuevamente los pesos en las casillas 5 y 10.

Fase 2: Horno microondas

9.  Tome una cápsula de porcelana limpia y seca. Coloque la cápsula en la balanza y registre el peso en el Formato de trabajo 3.4, casilla PC. Luego, tare la balanza a cero.
10.  Adicione a la cápsula un peso exacto de 30 g de muestra de mesocarpio fresco, y registre el peso

en el formato en la casilla MFA. Luego registre en el formato la suma del peso de PC + MFA en el formato para el tiempo "0" minutos.

11.  Introduzca la cápsula en el microondas y aplique una potencia media durante 1 minuto; transcurrido el tiempo se transfiere la muestra al desecador y se deja enfriar durante 5 minutos. Se pesa y se registra el tiempo y el nuevo peso en la Tabla 3.5 del Formato de trabajo 3.4.
12.  Repita la operación de colocar la muestra en el microondas durante 1 minuto a potencia media sucesivamente y vaya registrando el tiempo y el peso en la Tabla 3.5, hasta garantizar que no existan diferencias entre los valores de peso registrados superiores a 0,1 g. Continúe la operación con dos o tres ciclos de 1 minuto de secado adicional.
13. Tome los datos de la Tabla 3.5 y utilícelos en la Figura 3.39. Grafique el tiempo contra el peso de la muestra hasta establecer el comportamiento asintótico, es decir, peso constante.

 Si la muestra se quema con la potencia usada, repita el ensayo con una potencia inferior.

14. Usando la curva de la Figura 3.39 localice la asíntota de la gráfica e interpole el tiempo sobre el eje horizontal.
15. Adicione un 15% al valor del tiempo encontrado y este será el tiempo de secado de este tipo de muestra.
16.  Calcule la humedad de manera similar a la Fase 1.
17. Finalmente, compare la humedad determinada por el horno microondas y el horno eléctrico. La diferencia debe ser menor al 2%.
18. Al finalizar la práctica, siga las instrucciones finales del facilitador.

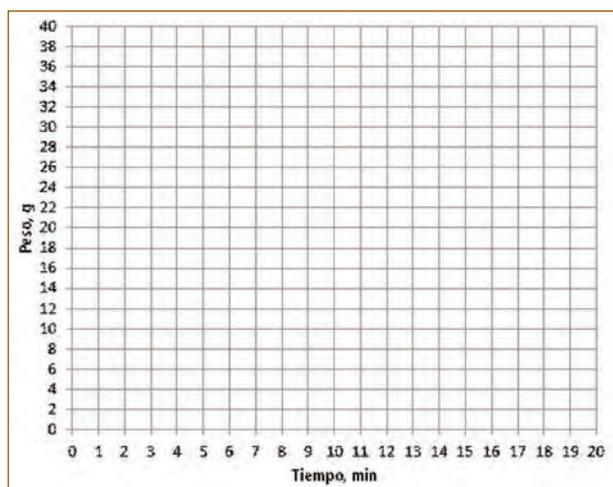


Figura 3.39. Esquema para graficar los datos de pérdida de masa del mesocarpio fresco.

Práctica 3.4. Instalemos un sistema de extracción *Soxhlet* para determinar el aceite en el mesocarpio seco

Objetivos

Al finalizar esta práctica los participantes estarán en capacidad de:

- Preparar las muestras para colocarlas en el sistema de extracción *Soxhlet*.
- Hacer el montaje de un sistema *Soxhlet* para extraer aceite del mesocarpio seco.
- Recuperar el solvente remanente de la extracción y utilizarlo en otros procesos.

Orientaciones para el facilitador

1. La extracción del aceite a través del sistema *Soxhlet* se recomienda para el análisis de racimo de muestras de cruzamientos del híbrido interespecífico OxG y *E. oleifera*, para cuyos casos al momento de publicación de esta guía no existe un método indirecto para la estimación del aceite en el mesocarpio fresco. La metodología de dedales cerrados permite el análisis de múltiples muestras en el mismo sistema *Soxhlet*, y esto a su vez permite el ahorro de solvente, energía, tiempo de análisis y abundante

agua. Sin embargo, para efectos de esta práctica solamente se harán unas pocas muestras en un sistema *Soxhlet* pequeño.

2. Preferiblemente use la información recolectada en el Formato de trabajo 3.2 de la Práctica 3.2 y desarrolle las Prácticas 3.3 y 3.4 simultáneamente. No obstante, si la presente práctica es independiente de la Práctica 3.3, tome con anterioridad unos frutos maduros, despúlpelos y seque el mesocarpio. Tenga en cuenta tomar unos 10 g de mesocarpio seco por cada grupo de participantes.
3. En la presente práctica, el proceso de extracción con sistema *Soxhlet* puede durar más de 10 horas hasta que se extraiga todo el aceite del mesocarpio. Es un tiempo muy largo para que los participantes esperen a que ocurra el proceso físico, por lo que se recomienda que el facilitador tenga listos unos dedales de muestras con mesocarpio seco, como las que se ven sobre la balanza de la Figura 3.47, para que los participantes aprendan todo el proceso.
4. Prepare los equipos y materiales con un día de anticipación, así como los dedales de mesocarpio seco sin aceite.
5. Solicite que se conformen parejas y entregue a los participantes los materiales y los formatos de trabajo.
6. Comente con los participantes cuáles son los objetivos y explique las ideas generales de la práctica.
7. Al terminar el numeral 7 de las orientaciones para los participantes, reúna todos los dedales de los grupos para prepararse a instalar el sistema *Soxhlet* de múltiples muestras.
8. Después de reunir las muestras, pregunte a todos los grupos quiénes quieren hacer la instalación del sistema *Soxhlet*, y pida a los demás grupos que tomen nota de la instalación.
9. Al terminar el montaje del sistema, ayude al grupo a realizar la instalación del mismo y comente que el tiempo de extracción demora entre 10 y 24 horas de acuerdo a la capacidad del sistema.

- Entonces, presente a los participantes unas muestras de dedales ya procesados por el sistema *Soxhlet*. Tome el peso de estos dedales para que se puedan completar los datos de la práctica.

Recursos necesarios

- Sistema de extracción *Soxhlet* completo: balón de 250 ml, cuerpo y refrigerante (1 para la práctica)
- Plancha de calentamiento (1 para la práctica)
- Balanza con precisión de 0,1 g (1 para la práctica)
- Pliegos¹ de papel celulosa de $\approx 11 \times 19$ cm (1 por grupo)
- Licuadora casera (1 para la práctica)
- Horno de secado eléctrico (1 para la práctica)
- Desecador con sílica gel activa (1 para la práctica)
- Pepitas de ebullición o pedazos de porcelana (2 para la práctica)
- Grapadora con ganchos (1 para la práctica)
- Hexano o éter de petróleo (300 ml para la práctica)
- Muestra de dedal con mesocarpio seco aceitoso (1 por grupo)
- Muestra de dedal con mesocarpio seco no aceitoso (1 por grupo)
- Copia del Formato de trabajo 3.2 (1 por grupo)

Orientaciones para los participantes

- Intégrese con otro compañero para formar un grupo de trabajo y realizar esta práctica. Atienda a las instrucciones del facilitador.
- Prepárese con los recursos necesarios para esta práctica junto con su compañero de grupo. Iniciemos con la Parte 1 de esta práctica.

¹ Los pliegos de papel celulosa usados en este tipo de análisis se pueden conseguir en tamaños de 58 x 58 cm y 65 - 80 g/m². Para efectos prácticos, se pueden cortar y obtener hasta 15 porciones del pliego grande.

Parte 1. Preparación de las muestras

- Tome la muestra de aproximadamente 10 g de mesocarpio seco que le haya dado el facilitador o que haya obtenido de la Práctica 3.3 (Figura 3.40) y llévela a la licuadora. Tritúrela hasta convertirla en un polvo fino que permita su homogenización (Figura 3.41).



Puede usar una licuadora casera. Debido a que el mesocarpio está seco, no es necesario lavar la licuadora entre muestras, se puede limpiar el vaso y la cuchilla muy bien con una toalla de papel seca y así queda lista para la siguiente muestra.



Figura 3.40. Ejemplo de muestra de mesocarpio seco aceitoso.



Figura 3.41. Ejemplo de muestra de mesocarpio seco aceitoso triturado.

4.  Tome el pedacito de papel celulosa de 11 x 19 cm, colóquelo sobre la balanza en cero y registre su peso en el Formato de trabajo 3.2 en la casilla 20 para mesocarpio de frutos normales, o 26 para mesocarpio de frutos partenocárpicos.
5.  Adicione aproximadamente 5 g de mesocarpio seco aceitoso triturado en el papel celulosa doblado, de tal manera que no se salga la muestra por los laterales (Figura 3.42), y registre el peso exacto en el Formato de trabajo 3.2, casilla 21 o 27.



Figura 3.42. Ejemplo de pesado de muestra de mesocarpio seco aceitoso.

6. Doble el papel como un sobre de carta sin perder muestra y coloque un gancho de grapadora en el extremo superior para que no se salga la muestra en el proceso de extracción (Figura 3.43). El gancho debe quedar de tal forma que pueda removerse rápidamente cuando se haya realizado la extracción

y se necesite pesar el nuevo sobre con el mesocarpio seco no aceitoso.

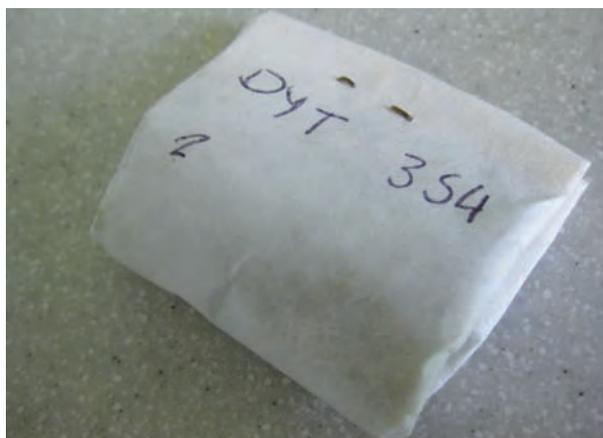


Figura 3.43. Ejemplo de dedal de papel celulosa con mesocarpio seco aceitoso.

7. Identifique el sobre de papel celulosa con la muestra de mesocarpio seco aceitoso y junte su muestra con los sobres de los demás grupos para la instalación del sistema *Soxhlet* de múltiples muestras.

Parte 2. Montaje del sistema *Soxhlet*

8. Este trabajo es para uno de los grupos seleccionados en la capacitación. Tome todos los dedales de cada grupo y colóquelos en el cuerpo del sistema *Soxhlet* (Figura 3.44).



Figura 3.44. Llenado del sistema *Soxhlet* de múltiples muestras con dedales de mesocarpio seco aceitoso.

9. Instale el cuerpo del *Soxhlet* con el balón y ajústelo en los soportes. Aún no coloque el condensador. Agregue suficiente solvente para hacer dos sifones en el sistema, más unos mililitros adicionales (Figura 3.45).

 El hexano o el éter de petróleo que se usan en la extracción de aceite son sustancias altamente inflamables e irritantes para la piel y las mucosas. Mantenga los solventes lejos de superficies calientes y use elementos de protección personal como bata de laboratorio, guantes, gafas de seguridad y máscara en el momento de la manipulación. En caso de emergencia siga las recomendaciones dadas en la Unidad I.



Figura 3.45. Llenado del sistema *Soxhlet* de múltiples muestras con dedales de mesocarpio seco aceitoso.

10. Instale el condensador al sistema y encienda la plancha de calentamiento hasta que el hexano haga ebullición.

 Normalmente el sistema demora entre 10 - 24 horas para hacer la extracción completa del aceite en el

mesocarpio de todas las muestras. Sin embargo, en esta práctica no se alcanza a esperar que ocurra la extracción, por lo que el facilitador puede proporcionar una muestra seca ya extraída para ilustrar la etapa final de este proceso o puede hacer una extracción de 2 horas. A continuación se describen los pasos que se realizan después de la extracción en el sistema *Soxhlet*.

11. Después de realizada la extracción se apaga la plancha y se deja enfriar. Se desmonta el sistema, el solvente se drena en el balón y se guarda para posterior recuperación.
12. Los dedales humedecidos en solvente se colocan en una cabina de extracción para evaporar una buena parte del hexano de los dedales; esto puede tardar unos 30 minutos. Transcurrido este tiempo se colocan los dedales en el horno eléctrico a 105 °C durante 1 hora para retirar la totalidad del solvente. Se retiran y se colocan a enfriar en el desecador (Figura 3.46) para posteriormente hacer el registro del peso de las muestras.



Figura 3.46. Desecador con los dedales de papel celulosa con mesocarpio seco no aceitoso.

13.  Las muestras que salen del desecador se pesan (Figura 3.47) y se registran en el Formato de trabajo 3.2, casilla 22 o 28, para completar todos los datos del formato.
14. Para finalizar, entregue el Formato de trabajo 3.2 al facilitador y espere las instrucciones finales.



Figura 3.47. Balanza con dedal de papel celulosa y mesocarpio seco no aceitoso.

 En todos los casos, el solvente (hexano) que queda en el balón después del proceso de extracción se debe recuperar para usarlo nuevamente. La recuperación se puede realizar usando el sistema *Soxhlet* sin muestras o un sistema de rotoevaporación (Figura

3.48). De acuerdo con ensayos de laboratorio se puede recuperar hasta el 70% del solvente inicial.



Figura 3.48. Rotoevaporador para la recuperación de hexano en la mezcla solvente-aceite.

Información de retorno para la práctica

En esta práctica de realizar el montaje del sistema *Soxhlet* pueden surgir algunas dificultades de acuerdo con la interacción que cada participante haya tenido con un laboratorio, por eso se recomienda preguntar a todos sobre las dudas que puedan tener en cuanto a la seguridad, el montaje y los datos que se toman. Intente que otros participantes las respondan para generar la retroalimentación necesaria en esta práctica.

Temática IV.
Cálculos matemáticos para hallar
el potencial de aceite



Unidad de aprendizaje IV. Cálculos matemáticos para determinar el potencial de aceite y componentes del racimo

Estructura de la unidad	109
Introducción	110
Preguntas orientadoras	110
Objetivos.....	110
Cálculos de los componentes en el análisis de racimo	110
Práctica 4.1.	
Realicemos los cálculos básicos para los análisis de racimo	111
Formato de trabajo 4.1. Ejemplo de datos para análisis de racimo en palmas <i>Elaeis guineensis</i> (incluye los datos de extracción de aceite usando el sistema <i>Soxhlet</i>).....	112
Formato de trabajo 4.2. Ejemplo de datos para análisis de racimo en el híbrido interespecífico OxG.....	113
Hojas de trabajo 4.1. Hagamos los cálculos de los componentes del racimo y frutos para muestras de <i>Elaeis guineensis</i> e híbrido interespecífico OxG.....	114
Referencias bibliográficas	123



Estructura de la unidad

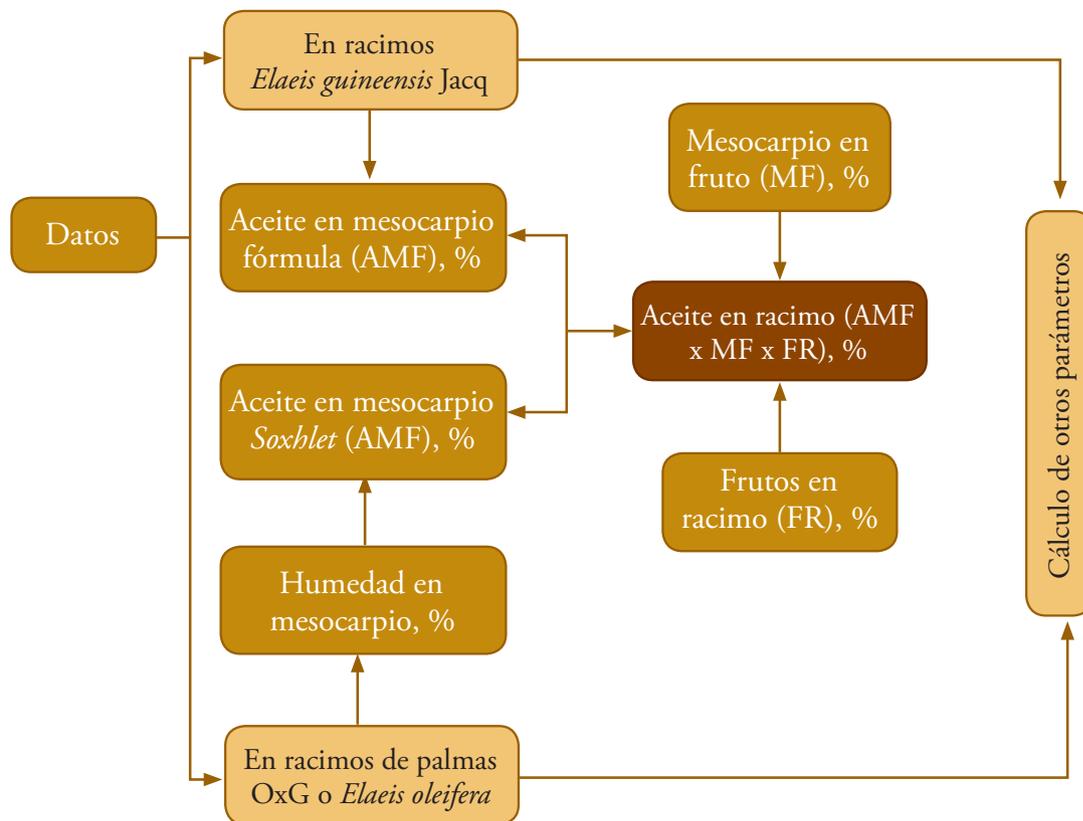


Figura 4.1. Estructura de la unidad para la realización de los cálculos en el análisis de racimo.

Un factor inicial de éxito para realizar correctamente los cálculos y finalmente obtener calidad en la información de los análisis de racimo es la buena toma de los datos. A partir de esta información se realizan todos los cálculos necesarios. La estructura de aprendizaje (Figura 4.1) muestra el esquema básico para obtener el valor de contenido de aceite en el racimo (AR), e inicia exactamente en el sentido contrario del procedimiento físico para realizar la determinación. Es decir, empezamos con la determinación de la humedad en el meso-

carpio, ya sea con el método del horno microondas o el horno eléctrico que vimos en la unidad anterior. Luego se determina el contenido de aceite en el mesocarpio fresco (AMF). Al igual que antes, hay dos formas, por el método de la fórmula matemática o usando el sistema Soxhlet. Aparte se determina el contenido de mesocarpio en el fruto (MF) y finalmente determinamos la relación másica de frutos en el racimo (FR). Con estos tres valores podemos calcular fácilmente la relación de aceite en el racimo ($AR = FR \times MF \times AMF$). Final-

mente, con los demás datos tomados en el análisis de racimo se pueden determinar parámetros adicionales de acuerdo con las necesidades de la planta de beneficio o la plantación.

Introducción

Después de obtener la información básica durante los muestreos de cada componente del racimo y de los frutos, se presenta a continuación una unidad para los cálculos. En esta parte de la guía se quieren transferir los pasos básicos para realizar los cálculos con los que se obtienen las variables más importantes de las características del racimo y de los frutos. Sin embargo, se sabe que con los datos podemos calcular muchas más variables que serán importantes de acuerdo con las necesidades de la planta de beneficio o de la sección agronómica. En esta guía se le dará importancia al potencial de aceite, el fruto en racimo, el mesocarpio en fruto y el aceite en mesocarpio, pero también veremos otras relacionadas con el proceso de formación del racimo, formación y composición de los frutos y algunos usos de la información obtenida.

Preguntas orientadoras

Antes de comenzar la presentación del tema, el orientador planteará las siguientes preguntas con el fin de introducir a los participantes en los cálculos y contar con herramientas de juicio que le permitan valorar el nivel de conocimiento de los participantes.

-  ¿Considera complicado el proceso matemático para determinar el potencial de aceite en el racimo?
- ¿Cuáles cree usted que sean los pasos básicos para determinar matemáticamente el potencial de aceite en el racimo?
- ¿El contenido de frutos en el racimo afecta directamente el potencial?

- ¿El tamaño del racimo afecta el potencial de aceite?
- ¿La relación mesocarpio a fruto afecta el potencial de aceite?
- ¿El contenido de aceite en el mesocarpio afecta el potencial de aceite?

Objetivos

Al finalizar el estudio de esta unidad los participantes estarán en capacidad de:

Realizar correctamente el procedimiento matemático para obtener los resultados de la composición física de los racimos y los frutos de palmas *E. guineensis*, *Elaeis oleifera* o híbrido interespecífico O×G.

Cálculos de los componentes en el análisis de racimo

Para el desarrollo de los cálculos de los análisis de racimo de manera continua y constante, se pueden tener herramientas sistemáticas que faciliten esta labor. Por ejemplo, el desarrollo de hojas de cálculo o la ayuda de bases de datos con fórmulas permiten de manera segura y eficiente hacer las determinaciones de los parámetros más importantes en el análisis de racimo.

Después de obtener la información de campo, del área de análisis de racimo y del laboratorio en los formatos, la información se pasa a una hoja de cálculo o a una base de datos. Se realizan los cálculos con las fórmulas predeterminadas y los resultados se ordenan de acuerdo con el experimento, lote, variedad, o de acuerdo con el muestreo del ensayo. Luego se procesa, analiza y se toman decisiones.

A continuación vamos a realizar ejercicios para determinar algunos componentes en el racimo y frutos para que los participantes tomen parte activa de este proceso.

Práctica 4.1. Realicemos los cálculos básicos para los análisis de racimo

Objetivo

Al finalizar este ejercicio los participantes tendrán la capacidad de conocer y aplicar las fórmulas matemáticas que los llevan a obtener las variables de interés en el análisis de racimo.

Orientaciones para el facilitador

1. Para iniciar el ejercicio de esta práctica se habrá desarrollado antes alguna de las dos prácticas 3.1 o 3.2 de la Unidad III.
2. Con algunos días de anticipación gestione un lugar adecuado para que las personas desarrollen cómodamente esta práctica. El lugar será preferiblemente un salón con tablero o papel de escritura o un proyector de video, y debe tener sillas y mesas en donde se pueda escribir y desarrollar los cálculos. Este ejercicio toma alrededor de 3 horas.
3. Imprima una copia de los formatos de trabajo descritos en la lista de recursos necesarios. Prepare unas hojas adicionales a las que se deben copiar de esta guía.
4. Pida a los participantes que formen parejas.
5. Después de formar los grupos reparta las fotocopias, las hojas, las calculadoras, los lápices y demás elementos necesarios para el desarrollo del ejercicio.
6. Introduzca a los participantes los objetivos de este ejercicio e inicie con el desarrollo de cada uno de los cálculos, así: para *Elaeis guineensis* utilice los datos del Formato de trabajo 4.1 y para el híbrido interespecífico OxG use los datos del Formato de trabajo 4.2. Con ellos complete los cálculos de las

Hojas de trabajo 4.1. Durante la práctica haga retroalimentación en todo momento.

Recursos necesarios

- Un espacio con herramientas didácticas, sillas, mesas y lo necesario para realizar los cálculos
- Fotocopia del Formato de trabajo 4.1 y 4.2 (1 por cada grupo)
- Fotocopia de las Hojas de trabajo 4.1 (1 por cada grupo)
- Lápiz (2 por cada grupo)
- Calculadora sencilla (1 por cada grupo)

Orientaciones para los participantes

1. En las Hojas de trabajo 4.1 que reciben del facilitador se encuentran algunas de las fórmulas para la determinación de los componentes de frutos y racimo a partir de los datos ejemplo de un análisis de racimo, que se encuentran en el Formato de trabajo 4.1 para *Elaeis guineensis* y en el Formato de trabajo 4.2 para el híbrido interespecífico OxG. Por favor tenga en cuenta que todos los datos y cálculos se realizan en unidades de gramos, excepto el peso del racimo, para el que se usaron kilogramos.
2. Siga las instrucciones de las Hojas de trabajo 4.1. Al terminar el ejercicio, entregue el formato diligenciado al facilitador y siga las instrucciones finales.



En su plantación, usted puede colocar estos formatos en hojas de cálculo y dejar las fórmulas pre-determinadas. Así, puede llevar la información digitalizada, hacer los cálculos de manera más eficiente y preparar los resultados para su análisis e interpretación.

Formato de trabajo 4.2. Ejemplo de datos para análisis de racimo en el híbrido interespecífico O_xG

Datos de un análisis de racimo del híbrido interespecífico O _x G				
Experimento: NA		Bloque: NA	Lote: NA	
Plantación: NA		Vehículo: NA		
Inform. General	-	Cruzamiento o tratamiento	Cruzamiento 16	
	1	Peso racimo(s), kg	7,2	
	2	Peso pedúnculo(s), g	1391,4	
Raquillas 2 - 5 kg	Composición racimo	3	Peso muestra de raquillas, g	2179,5
		4	No. raquillas totales	21
		5	No. frutos abortados	100
		6	No. frutos partenocárpicos	105
		7	Peso frutos partenocárpicos, g	302,5
		8	Peso medio frutos partenocárpicos, g	2,87
		9	No. frutos normales	141
		10	Peso frutos normales, g	1650
		11	Peso medio frutos normales raquillas, g	11,7
Muestra 400 - 500 g frutos normales	Composición frutos normales	12	No. frutos normales muestra	41
		13	Peso frutos normales, g	565,6
		14	Peso medio frutos normales, g	13,79
		15	Peso nueces frescas, g	185,2
		16	Peso cuesco seco, g	126,24
	Aceite en mesocarpio	17	Peso cápsula o molde de aluminio, g	5,8
		18	Mesocarpio fresco aceitoso, g	29,8
		19	Peso cápsula + mesocarpio seco aceitoso, g	24,02
		20	Peso papel celulosa, g	1,56
		21	Mesocarpio seco aceitoso, g	5,02
Muestra frutos parten.	Aceite en mesocarpio	22	Papel + mesocarpio seco no aceitoso, g	3,51
		23	Peso cápsula o molde de aluminio, g	6,2
		24	Mesocarpio fresco aceitoso, g	30,6
		25	Peso cápsula + mesocarpio seco aceitoso, g	19,29
		26	Peso papel celulosa, g	1,49
		27	Mesocarpio seco aceitoso, g	5
		28	Papel + mesocarpio seco no aceitoso, g	3,58
Participantes:				

Hojas de trabajo 4.1. Hagamos los cálculos de los componentes del racimo y frutos para muestras de *Elaeis guineensis* e híbrido interespecífico OxG

Nombre de los participantes del grupo:

1. _____

2. _____

Parte 1. Cálculos para *Elaeis guineensis*

El objetivo de estas hojas de trabajo es guiarlo para que pueda realizar los cálculos de los análisis de racimo en muestras de *Elaeis guineensis*.

Note que la nomenclatura en las fórmulas de los ejercicios en este formato coincide con la que se encuentran en el Formato de trabajo 4.1.

El desarrollo del ejercicio consiste en encontrar los datos en el Formato de trabajo 4.1 necesarios para calcular los parámetros que finalmente le permitirán determinar el aceite en racimo y otros parámetros de calidad en la formación del racimo. Realice los cálculos en los espacios después de las fórmulas. Si lo requiere, por favor use las hojas adicionales.

De acuerdo con el avance del ejercicio, desarrolle las fórmulas en los espacios. Recuerde preguntar cuando lo crea conveniente y realizar retroalimentación en todo momento con ayuda del facilitador.

Para este ejercicio se incluyeron los cálculos de la determinación del aceite en mesocarpio seco usando el sistema *Soxhlet*. Sin embargo, de acuerdo con sus necesidades, puede iniciar en el ítem 3, el cual se usa para determinar el aceite en el mesocarpio fresco usando la fórmula.

1. Iniciemos con la determinación del AMS = Aceite a mesocarpio seco (*Soxhlet*), %.

$$\text{AMS} = \frac{(19) - [(20) - (18)]}{(19)} \times 100$$

2. Ahora determinemos el AMF = Aceite a mesocarpio fresco (*Soxhlet*), %. Se calcula a partir del AMF determinado por *Soxhlet*.

$$\text{AMF} = \text{AMS} \times \frac{(17) - (15)}{(16)}$$

3. También se puede determinar el contenido de aceite en el mesocarpio fresco por fórmula y para ello se determina inicialmente la HM = Humedad en el mesocarpio, %, así:

$$\text{HM} = \frac{(16) - [(17) - (15)]}{(16)} \times 100$$

4. Luego, se determina el $\text{AMF}_{\text{fórmula}}$ = Aceite a mesocarpio fresco calculado por fórmula, %.

$$\text{AMF}_{\text{fórmula}} = 82,37 - (0,95 \times \text{HM})$$

5. Hasta este momento tenemos, ya sea por fórmula o calculado, el aceite a mesocarpio fresco, ahora se debe calcular la relación de mesocarpio en el fruto, % (MF).

$$\text{MF} = \frac{(11) - (13)}{(11)} \times 100$$

6. Ya se han calculado dos de los parámetros importantes en la determinación del aceite en el racimo que tienen que ver con el fruto, ahora se determina la relación másica de los frutos en el racimo, FR = Fruto a racimo, %.

$$\text{FR} = \frac{(7)}{(3)} \times \frac{[(1) \times 1000 - (2)]}{(1) \times 1000} \times 100$$

 El valor de (1) x 1000 es para convertir el peso del racimo de kilogramos a gramos para unificar unidades.

7. Finalmente, con los valores de AMF, MF y FR, podemos calcular el AR = Aceite a racimo, %.

$$\text{AR} = \frac{\text{FR} \times \text{MF} \times \text{AMF}}{10000}$$

Para obtener el valor estimado de la extracción de aceite en la planta de beneficio o tasa de extracción

de aceite (TEA), se usa el valor de AR y un factor de corrección que tiene en cuenta las pérdidas por extracción y campo. Si tenemos el valor de racimo de fruta fresca (RFF) para el lote, variedad o experimento en evaluación en t/ha/año o en la entrada de la planta (t), se puede calcular cuál sería la extracción de aceite esperada.

8. Calculemos la $TEA_{estimada}$ = Taza de extracción de aceite estimada en planta, t, y la producción de aceite en t/ha/año para un lote o experimento.

$$\text{TEA}_{estimada} = 0,85 \times AR$$

$$\text{Aceite}_{ton/ha/año} = TEA_{estimada} \times RFF$$

0,85 = Factor de corrección (Corley y Tinker, 2003). El uso del factor de corrección puede cambiar entre plantas de beneficio y plantaciones de acuerdo con el manejo del fruto. Sin embargo, proporciona un valor estimado para propósitos de cálculos, análisis y comparaciones.

9. Ya hemos obtenido el valor más importante en el análisis de racimo. No obstante, se pueden calcular otros parámetros que nos permiten estimar la calidad de los frutos y el racimo. Comencemos con el *Fruit set*, FS = Formación de frutos normales, que como se describió anteriormente está relacionado con la eficiencia de la polinización en la palma.

$$FS = \frac{(7)}{(5) + (6) + (7)} \times 100$$

10. Ahora, determinemos la calidad de los frutos. En esta parte nos referimos a las características del fruto, como el tamaño y las relaciones de mesocarpio, cuesco y almendra en el fruto. Estos valores pueden variar de acuerdo con la variedad, pero para un buen racimo deben estar en el rango que se presenta en la Tabla 3.1. Iniciemos con el PMF = Peso medio de los frutos, g.

$$PMF = \frac{(8)}{(7)}$$

11. Dentro de las características del fruto está el mesocarpio a fruto, que se calculó en el numeral 5. Si en el análisis se partieron las nueces para separar el cuesco de la almendra, se puede calcular entonces, CF = Cuesco en fruto, % y AF = Almendra en fruto, %.

$$CF = \frac{(14) \times 1,16}{(11)} \times 100$$

$$AF = \frac{(13) - [(14) \times 1,16]}{(11)} \times 100$$

1,16 es el factor de corrección para calcular el peso fresco del cuesco (ver ANEXO 8).

12. Podemos calcular también el PMN = Peso medio de las nueces, g.

$$PMN = \frac{(13)}{(10)}$$

13. AcF = Aceite en los frutos, %.

$$AcF = \frac{AMF \times MF}{100}$$

Donde: AMF = Aceite en el mesocarpio fresco, % y MF = Mesocarpio a fruto, %.

14. A partir de los valores almendra y cuesco en el fruto, se pueden calcular los valores en el racimo de AlmR = Almendra a racimo, % y CR = Cuesco a racimo, %.

$$AlmR = \frac{FR \times AF}{100}$$

$$CR = \frac{FR \times CF}{100}$$

Donde: FR = Fruto a racimo, %; AF = Almendra a fruto, % y CF = Cuesco a fruto, %.

Hemos terminado algunos de los cálculos para los racimos de *Elaeis guineensis*, ahora realizaremos

los cálculos para los análisis de racimo de palmas de híbrido interespecífico O_xG.

Parte 2. Cálculos para híbrido interespecífico O_xG

En esta parte del formato de trabajo nos vamos a enfocar en los cálculos para los análisis de racimo en muestras de híbrido interespecífico O_xG.

Por favor siga las mismas instrucciones de la Parte 1 de estas hojas de trabajo.

Tenga en cuenta que en los análisis en híbrido debemos incluir tanto los frutos normales como los partenocárpicos. Se calcula el aceite para cada uno de los frutos y se suma para obtener el aceite total en el racimo. La determinación de aceite en el mesocarpio para este ejercicio incluye la extracción de aceite en el mesocarpio seco por el sistema *Soxhlet*. Así, iniciemos con los cálculos de los componentes en los frutos normales.

1. AMS_(fn) = Aceite en el mesocarpio seco de frutos normales, %.

$$\text{AMS}_{(fn)} = \frac{(21) - [(22) - (20)]}{(21)} \times 100$$

2. AMF_(fn) = Aceite en el mesocarpio fresco de frutos normales, %.

$$\text{AMF}_{(fn)} = \text{AMS}_{(fn)} \times \frac{[(19) - (17)]}{(18)}$$

3. HM_(fn) = Humedad en el mesocarpio de frutos normales, %.

$$\text{HM}_{(fn)} = \frac{18 - [(19) - (17)]}{(18)} \times 100$$

4. MF = Mesocarpio a fruto, %.

$$\text{MF} = \frac{(13) - (15)}{(13)} \times 100$$

5. FR_(fn) = Fruto a racimo de frutos normales, %.

$$\text{FR}_{(fn)} = \frac{(10)}{(3)} \times \frac{[(1) \times 1000 - (2)]}{(1 \times 1000)} \times 100$$

Ahora, determinemos los componentes de los frutos partenocárpicos de la misma forma que se hizo para los frutos normales.

6. AMS_(fp) = Aceite a mesocarpio seco frutos partenocárpicos, %.

$$\text{AMS}_{(fp)} = \frac{(27) - [(28) - (26)]}{(27)} \times 100$$

7. AMF_(fp) = Aceite a mesocarpio fresco de frutos partenocárpicos, %.

$$\text{AMF}_{(fp)} = \text{AMS}_{(fp)} \times \frac{(25) - (23)}{(24)}$$

8. HM_(fp) = Humedad en el mesocarpio de frutos partenocárpicos, %.

$$\text{HM}_{(fp)} = \frac{24 - [(25) - (23)]}{24} \times 100$$

9. FR_(fp) = Fruto a racimo de frutos partenocárpicos, %.

$$\text{FR}_{(fp)} = \frac{(7)}{(3)} \times \frac{[(1) \times 1000 - (2)]}{(1 \times 1000)} \times 100$$

Ahora, con los datos de los componentes de los frutos normales y partenocárpicos, podemos calcular el aceite en racimo (AR) total.

10. AR = Aceite a racimo, %.

$$\text{AR} = \text{AR}_{(fn)} + \text{AR}_{(fp)} = \frac{\text{FR}_{(fn)} \times \text{MF} \times \text{AMF}_{(fn)}}{10000} + \frac{\text{FR}_{(fp)} \times \text{AMF}_{(fp)}}{100}$$

Donde: AR_(fn) = Aceite en racimo proveniente de los frutos normales y AR_(fp) = Aceite en racimo proveniente de los frutos partenocárpicos.



Se pueden desarrollar los cálculos del AR por separado de los frutos normales y partenocárpicos, así se puede observar cuánto está aportando cada uno de los tipos de frutos en el aceite total del racimo.

11. Ya hemos obtenido el valor más importante en el análisis de racimo. No obstante, se pueden calcular otros parámetros que nos permiten estimar la calidad de los frutos y el racimo. Iniciemos con el *Fruit set*, FS = Formación de frutos normales, que como se describió anteriormente está relacionado con la eficiencia de la polinización en la palma.

$$\text{FS} = \frac{(9)}{(5) + (6) + (9)} \times 100$$

Y la relación de frutos partenocárpicos (FP) dentro del racimo.

$$\text{FP} = \frac{(6)}{(5) + (6) + (9)} \times 100$$

A continuación, determinemos algunos componentes de los frutos.

12. PMFN = Peso medio de los frutos normales, g y PMFP = Peso medio de los frutos partenocárpicos, g.

$$\text{PMFN} = \frac{(10)}{(9)}$$

$$\text{PMFP} = \frac{(7)}{(6)}$$

13. CF = Cuesco en fruto, % y AF = Almendra en fruto, %.

$$\text{CF} = \frac{(16) \times 1,16}{(10)} \times 100$$

$$\text{AF} = \frac{(15) - [(16) \times 1,16]}{(12)} \times 100$$

 1,16 es el factor de corrección para calcular el peso fresco del cuesco (ver ANEXO 8).

14. PMN = Peso medio de las nueces, g.

$$\text{PMN} = \frac{15}{12}$$

15. AcFN = Aceite en los frutos normales, %.

$$\text{AcFN} = \text{AMF}_{(fn)} \times \text{MF}$$

Donde: $\text{AMF}_{(fn)}$ = Aceite en el mesocarpio fresco de los frutos normales, % y MF = Mesocarpio a fruto, %.

16. A partir de los valores almendra y cuesco en el fruto, se pueden calcular los valores en el racimo de AlmR = Almendra a racimo, % y CR = Cuesco a racimo, %.

$$\text{AlmR} = \frac{\text{FR}_{(fn)} \times \text{AF}}{100}$$

$$\text{CR} = \frac{\text{FR}_{(fn)} \times \text{CF}}{100}$$

Donde: FR = Fruto a racimo, %; AF = Almendra a fruto, % y CF = Cuesco a fruto, %.

Parte 3. Practiquemos dos casos en los que se puede usar la información obtenida en los análisis de racimo

Después de realizar los cálculos de los principales componentes en el análisis de racimo, ahora resolvamos unos ejercicios de casos reales en los que se han usado los resultados de los análisis de racimo. Se dan dos ejemplos con *Elaeis guineensis*, pero como se mencionó en la Unidad III, se pueden usar en el híbrido o en muchos inconvenientes que involucran caídas en la extracción del aceite.

Caso 1. En alguna plantación de Colombia, el director científico quería evaluar aspectos agronómicos de un material comercial durante varios años para comparar su comportamiento con respecto a otros materiales y decidir sobre posteriores siembras. Uno de los parámetros fue el potencial de aceite. El director solicitó varios análisis de racimo durante el mismo año y durante varios años de la vida productiva del material. Como ejemplo, en la Tabla 4.1 se presentan los promedios de los parámetros de los análisis de racimo realizados durante los años 5, 6 y 7 de produc-

ción del material. Se realizaron al menos 15 análisis para cada año. El responsable de los análisis de racimo encontró que en el año 6 de producción, el material presentó un promedio de extracción de apenas 15.9% en el aceite en racimo comparado con el promedio del año 5 y 7. Además, revisó los valores de producción de RFF y encontró que fue constante para cada año durante este mismo periodo.

Tabla 4.1. Promedio de los componentes del análisis de racimo en un material comercial durante tres años consecutivos.

Año	AR*	FS	FR	MF	AMF
5	23,9	57,5	52,4	81,1	56,5
6	15,9	28,3	35,4	81,7	55
7	22,3	48,3	48,4	81,9	56,3

*AR: Aceite en racimo, %; FS: *Fruit set*, %; FR: Frutos en racimo, %; MF: Mesocarpio en el fruto, %; AMF: Aceite en el mesocarpio fresco, %.



Preguntas

Con sus conocimientos en los análisis de racimo, ¿cuál componente del racimo puede explicar esta caída en la extracción?

¿Qué factores están asociados a la baja formación de frutos normales en un material comercial de palma de aceite?

¿Cuáles sugerencias daría al director científico para tratar de incrementar el potencial de aceite en el racimo y por ende la TEA?

Caso 2. En otra plantación comercial de Colombia, el director agronómico necesitaba evaluar el efecto de 5 tratamientos sobre la extracción de aceite en racimo en un lote comercial. El lote tenía el mismo manejo agronómico, mismo material y la edad de producción en el momento del muestreo fue de 7 años. Se quería saber si alguno de los tratamientos evaluados afectaba de manera significativa la TEA en la planta de beneficio. Se seleccionaron al menos 15

palmas en cada uno de los tratamientos, se programó, se realizó el muestreo y los análisis de racimo. Al final, los resultados mostraron que todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales. Sin embargo, como se detalla en la Tabla 4.2, los resultados mostraron algo que no se esperaba: baja extracción de aceite en racimo para todos los tratamientos, incluido el testigo y para el promedio global del lote, el cual fue de 18,1%.

Tabla 4.2. Promedio de los componentes del análisis de racimo en un lote de una plantación comercial.

Tratamiento	AR*	FS	FR	MF	AMF
Testigo	18,7	84,1	63,8	65,4	44,4
2	19,6	92,4	65	65,8	45,8
3	18,9	87,0	63,4	66,9	44,1
4	17,2	83,2	60,5	64,6	43,9
5	16,6	74,8	56,3	65,5	44,7
Promedio	18,1	84,2	61,7	65,5	44,5

*AR: Aceite en racimo, %; FS: *Fruit set*, %; FR: Frutos en racimo, %; MF: Mesocarpio en el fruto, %; AMF: Aceite en el mesocarpio fresco, % (n = 91).



Preguntas

De acuerdo con los valores de la Tabla 4.2, ¿cuál componente explica la baja extracción de aceite en racimo en el lote?

Calcule cuál sería la TEA de este lote. ¿Usted querría este valor en su plantación?

¿Qué sugerencias le daría usted al director agronómico para dar solución al problema?

Información de retorno para el ejercicio

Después de realizar el ejercicio, pida a todos los participantes que comparen cuidadosamente los resultados en los cálculos realizados en el formato de trabajo con los resultados de las Tablas 4.3 y 4.4. Determine los posibles errores y corríjalos junto con los participantes. Igualmente, pregunte a todos sobre las dudas en el desarrollo e interpretación de los resultados.

Tabla 4.3. Resultados de las determinaciones de análisis de racimo de *Elaeis guineensis* basados en los datos del Formato de trabajo 4.1.

Composición del fruto	Resultados
Aceite a mesocarpio seco, % (AMS)	76,5
Aceite a mesocarpio fresco, % (AMF)	54,8
Humedad en mesocarpio, % (HM)	28,4
Aceite a mesocarpio fresco fórmula, % (AMF _{fórmula})	55,4
Mesocarpio a fruto, % (MF)	89,6
Cuesco a fruto, % (CF)	5
Almendra a fruto, % (AF)	5,5
Peso medio de frutos, g (PMF)	17,5
Peso medio de la nuez, g (PMN)	1,8
Aceite a fruto, % (ACF)	49,1
Composición del racimo	
Formación de frutos normales, % (FS)	67,1
Frutos a racimo, % (FR)	68,4
Aceite a racimo, % (AR)	33,5
Almendra a racimo, % (AlmR)	3,7

Tabla 4.4. Resultados de las determinaciones de análisis de racimo del híbrido O_xG basados en los datos del Formato de trabajo 4.2.

Componentes de los frutos normales	Resultados
Aceite a mesocarpio seco, % ($AMS_{(fn)}$)	61,2
Aceite a mesocarpio fresco, % ($AMF_{(fn)}$)	37,4
Humedad en mesocarpio, % (HM)	38,9
Mesocarpio a fruto, % (MF)	67,3
Cuesco a fruto, % (CF)	25,9
Almendra a fruto, % (AF)	6,9
Peso medio de frutos normales, g (PMFN)	11,7
Peso medio de la nuez, g (PMN)	4,5
Aceite a fruto, % (AcF)	25,1
Componentes de los frutos partenocárpicos	
Aceite a mesocarpio seco, % (AMS)	58,2
Aceite a mesocarpio fresco, % (AMF)	24,9
Humedad en mesocarpio, % (HM)	57,2
Peso medio de frutos partenocárpicos, g (PMFP)	2,9
Componentes del racimo	
Formación de frutos normales, % (FS)	40,8
Formación de frutos partenocárpicos, % (FP)	30,3
Frutos normales a racimo, % (FRfn)	61,1
Frutos partenocárpicos a racimo, % (FRfp)	11,2
Aceite en racimo de los frutos normales, % (ARfn)	15,4
Aceite en racimo de los frutos partenocárpicos, % (ARfp)	2,8
Aceite total en racimo, % (AR)	18,1
Almendra en racimo, % (AlmR)	4,2

Por último, ayúdese con las siguientes respuestas a las preguntas de la Parte 3 de este ejercicio para presentar los resultados. La discusión puede tener varios puntos de vista de acuerdo con el conocimiento en el tema de los participantes. Los autores de esta guía esperan que las dificultades presentadas en el ejercicio y los diferentes puntos de vista que resulten de la discusión, permitan recopilar y mejorar el conocimiento para futuras presentaciones del tema.

Caso 1. ¿Cuál componente del racimo puede explicar esta caída en la extracción?

Analizando detenidamente los valores promedio de los componentes del racimo encontrados en los análisis, se observa que los valores de AMF y MF se encuentran en el rango esperado de acuerdo con la Tabla 3.1 de la Unidad III. Sin embargo, el FR tiene un valor más bajo para el año 6 con respecto a los otros dos años. El valor de FR se refiere al peso total de frutos normales que se encuentran en los racimos. El valor de FR está a su vez relacionado con la eficiencia de la polinización o FS, y efectivamente el valor de FS es 20 unidades más bajo que el valor más cercano, que es el año 7. Entonces, se puede concluir que la caída en la extracción de aceite de este material en este año estuvo relacionada con una baja eficiencia de polinización de las inflorescencias femeninas.

¿Qué factores están asociados a la baja formación de frutos normales en un material comercial de palma de aceite?

Las razones de este fenómeno son principalmente ambientales y, dentro de muchas otras, pueden ser: pocas inflorescencias masculinas en el lote, deficiencia en la viabilidad del polen, caída en la población de insectos polinizadores por factores naturales o inducidos como fumigaciones masivas e incluso deficiencias en la fertilización, entre otros.

¿Cuáles sugerencias daría al director científico para tratar de incrementar el potencial de aceite en el racimo y por ende la TEA?

Si la baja en la eficiencia de la polinización ocurre en un año cualquiera, se asume que algún factor ambiental

fue el responsable de afectar la buena formación de los racimos. Sin embargo, si el problema persiste a través de los años, se debe tratar de identificar la causa raíz del problema, tal vez es un material muy femenino, algo está afectando la población de insectos polinizadores, hay presencia de una enfermedad o incluso podría existir una deficiencia en la fertilización.

Caso 2. De acuerdo con los valores de la Tabla 4.2, ¿cuál componente explica la baja extracción de aceite en racimo en el lote?

A diferencia del Caso 1, en este los valores de FS y FR están dentro de los rangos esperados para materiales comerciales. Incluso se observa que el promedio de la eficiencia de la polinización es excelente. No obstante, en este lote en general hay problemas en la proporción de mesocarpio en el fruto (MF) y en la cantidad de aceite en el mesocarpio fresco (AMF). De acuerdo con la Tabla 3.1 de la Unidad III, se esperarían relaciones de MF mayores para téneras comerciales. Aunque Corley y Tinker (2003) y la Tabla 3.2 reportan que se pueden encontrar palmas téneras con MF entre 60 - 96%, el valor promedio de la Tabla 3.2 es de 81% para materiales comerciales ténera y el valor promedio encontrado en el lote comercial de este caso fue de 65%, 16 unidades menos. Lo mismo sucede con el valor de AMF. El valor promedio de 44,5% es bajo en comparación con valores comerciales de la Tabla 3.1, los cuales oscilan entre 50 - 59%.

Calcule cuál sería la TEA estimada de este lote. ¿Usted querría este valor en su plantación?

La TEA se calcula a partir del valor de aceite en racimo. El valor para el ensayo global es de 18,1, aplicando el factor de 0,85 se esperaría que en planta se obtenga apenas 15,4% de extracción de aceite. Muy bajo y poco competitivo.

¿Qué sugerencias le daría usted al director agrónomo para dar solución al problema?

La forma de afrontar este problema dependerá del conocimiento y estrategia de la plantación. En general, la relación de MF es un factor genético y poco afectado por el ambiente. El AMF está relacionado con la síntesis

de aceite y puede mejorar con el criterio de cosecha, de lo contrario también resultaría ser un factor genético. Sin embargo, Corley y Tinker (2003) mencionan que en algunos ensayos controlados, la fertilización afecta estas proporciones. Con esto en mente, en principio

se observaría la calidad de los suelos y la fertilización. Si a pesar de corregir la fertilización, se determina que los valores persisten y se encuentra el mismo comportamiento en otros lotes, definitivamente el problema es del material.

Referencias bibliográficas

- Cala, S. L.; Yañez, E. E.; García, J. A. *Manual de procedimientos de laboratorio en plantas de beneficio (Cenipalma)*, Javegraf: Bogotá (Colombia), 2011.
- Cerón, Carlos E. *Una nueva especie de aiphanes (palmae) del occidente de Ecuador*, *Caldasia*, 2004, 26(2), 433-438.
- Corley, R. H. V.; Tinker, P. B. *The oil palm*, Blackwell Science: Oxford, 2003.
- Escandón, A. *Determinación del potencial de aceite por medio de la medición de licor de prensa en el tanque de aceite de crudo*. *Ceniavances* (Colombia), 2006, No 143.
- García, J.; Yañez, E. *Aplicación de la metodología alterna para el análisis de racimos y muestreo de racimos en tolva*. *Palmas* (Colombia), 2000, 21 (1) No. Especial, 303-311.
- Gómez, J. E.; Silva A. S. *Criterio de cosecha en cultivos de alto oleico en Tumaco*. *Palmas* (Colombia), 2010, 31 (4), 68-73.
- Harund, M. H.; Noor M.H.M. *Fruit set and oil palm bunch components*. *Journal of Oil Palm Research*, 2002, 14, 24-33.
- Hormaza, P. A.; Forero, D. C.; Ruiz, R.; Romero, H. M. *Fenología de la palma de aceite africana (Elaeis guineensis Jacq) y del híbrido interespecífico (Elaeis oleifera [Kunt] Cortes x Jacq)*. Javegraf: Bogotá (Colombia), 2010.
- Lohr, S. *Muestreo: Diseño y análisis*, Thomson: México, 2000.
- Lim, K. H.; Toh, P. Y. *The accuracy and precision of bunch analysis [of Elaeis guineensis]*. *Symposium of the Impact of the Pollinating Weevil on the Malaysian Oil Palm Industry*. Kuala Lumpur (Malaysia), 1984, 21-22.
- Mandal, P. K., Badu M. K. *Bunch Analysis of Oil Palm*. Technical Bulletin No. 8, 2008a, NRCOP, 1-8.
- Mandal, P. K., Badu M. K. *Estimation of Mesocarp Oil from Oil palm Fruits: A Modified Method for Large Number of Samples*. Technical Bulletin No. 9, 2008b, NRCOP, 1-4.
- Mathews, J.; Lee, A. K.; Clarence, P. J.; Chung M. Y.; Rao, S. J. *Oil Content in Oil palm Fruit Mesocarp and Bunch, and Some of its Related Physiological and Agronomical Factors*. *The Planter (Kuala Lumpur)*, 2004, 80 (938), 273-294.
- Nieto, D. I.; Yañez, E. E.; García, J. A.; Martínez A. *Medición del potencial industrial de aceite en plantas de beneficio usando sistemas de medición de caudal tipo vertederos: diseño y operación*. Boletín técnico No. 28, Molher: Bogotá (Colombia), 2011.
- Okoye, M. N.; Okwuagwu, C. O.; Uguru, M. I. *Population Improvement for Fresh Fruit Bunch Yield and Yield Components in Oil Palm (Elaeis guineensis Jacq)*. *Am-Euras. J. Sci. Res.*, 2009, 4 (2), 59-63.
- Prada, F.; Ayala-Díaz, I. M.; Delgado, W.; Ruiz-Romero, R.; Romero, H. M. *Effect of Fruit Ripening on Content and Chemical Composition of Oil from Three Oil Palm Cultivars (Elaeis guineensis Jacq) Grown in Colombia*. *J. Agric. Food Chem.* 2011, 59, 10136–10142.
- Rao, V.; Soh, A.; Corley, R.; Lee, C.; Rajanaidu, N.; Tan, Y.; Chin, C.; Lim, K.; Tan, S.; Lee, T.; Ngui, M. *A critical reexamination of the method of bunch quality analysis in oil palm breeding*. PORIM, 1983, occasional paper, No. 9.
- Sánchez, R. A.; Daza, E.; Ruiz, R.; Romero, H. M. *Polinización asistida en palma de aceite. Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite: guía para facilitadores*, Bogotá, 2011.

The Merck Chemical Database, ChemDat. Darmstadt, Germany, 2006.

Yáñez, E. E.; García, J. A., Fernández, C. A.; Rueda, C. *Guía para el análisis de racimos de palma de aceite*; Kronos: Bogotá (Colombia), 2006.

Yáñez, E.; García, J. *Metodología alterna para el análisis de racimos de palma de aceite. Palmas (Colombia)*, 2000, 21 (1) No. Especial, 295-302.



Anexos.

ANEXO 1. Evaluación de la capacitación	127
ANEXO 2. Observaciones del desempeño del facilitador.....	130
ANEXO 3. Evaluación del material de capacitación	133
ANEXO 4. Plan de acción poscapacitación	135
ANEXO 5. Formación de facilitadores en tecnologías de producción de palma de aceite	141
Anexos técnicos	147
ANEXO 6. Ficha de seguridad para el éter de petróleo	147
ANEXO 7. Ficha de seguridad para el hexano	149
ANEXO 8. ¿Cómo se realizó la determinación del factor para calcular el cuesco fresco en el análisis de racimo?	151
ANEXO 9. Este es un ejemplo de cómo construir un sistema <i>Soxhlet</i> para múltiples muestras	153
ANEXO 10. Glosario	156

ANEXO 1. Evaluación de la capacitación

Capacitación sobre muestreo y análisis de racimo en el cultivo de la palma de aceite.

(Lugar y fecha en que se realizó)

Evaluación de la capacitación

Apreciado participante:

Deseamos conocer sus opiniones sobre diversos aspectos de la capacitación a la cual usted ha asistido, con el fin de mejorarla en el futuro. En este formulario le pedimos evaluar, en forma anónima, el logro de los objetivos, los contenidos o temas compartidos, las estrategias metodológicas usadas por los facilitadores, el tiempo dedicado a las actividades y otros aspectos que contribuyen a la calidad de la capacitación.

No es necesario firmar este formulario; de la sinceridad en sus respuestas depende en gran parte el mejoramiento de esta actividad.

La evaluación se expresa de dos formas diferentes:

a. La escala 0, 1, 2, 3 sirve para que usted asigne un valor a cada una de las preguntas.

- 0 = Malo, inadecuado
- 1 = Regular, deficiente
- 2 = Bueno, aceptable
- 3 = Muy bien, altamente satisfactorio
- NA = No aplica en este evento de capacitación

- b. Debajo de cada conjunto de ítems hay un espacio para que usted formule sus comentarios. Refiérase a los aspectos positivos y negativos.

ASPECTOS A EVALUAR	0	1	2	3	NA
1. Evalúe los objetivos del evento:					
1.1. Según hayan correspondido a las necesidades (institucionales y personales) que usted traía.					
1.2. De acuerdo a si usted cree que se alcanzaron en esta capacitación.					
Comentarios:					
2. Evalúe los contenidos de la capacitación (es decir, los temas tratados) según ellos hayan llenado los vacíos de conocimiento que usted traía al evento.	0	1	2	3	NA
Comentarios:					
3. Evalúe las estrategias metodológicas empleadas durante la capacitación:	0	1	2	3	NA
3.1. Exposiciones de los facilitadores					
3.2. Trabajos en grupo					
3.3. El uso que le dio al material entregado					
3.4. Las prácticas de campo realizadas					
3.5. Las prácticas realizadas en el aula					
3.6. Las prácticas realizadas en laboratorio					
3.7. Las ayudas didácticas usadas por los facilitadores (papelógrafo, proyector y videos, etc.)					
3.8. Las herramientas, equipos e insumos disponibles para realizar las prácticas de campo, vivero o laboratorio					
3.9. El tiempo dedicado a la realización de las actividades de aprendizaje según este fuera suficiente para lograr los objetivos propuestos					
3.10. El nivel de practicidad de las actividades realizadas en esta capacitación (es decir ¿qué tan práctica fue?)					

Continúa

Comentarios:					
4. Evalúe la aplicabilidad (utilidad) de lo aprendido para su trabajo actual o futuro.	0	1	2	3	NA
Comentarios:					
5. Evalúe la coordinación local del evento:	0	1	2	3	NA
5.1. Información previa enviada a los participantes					
5.2. Cumplimiento de horarios					
5.3. Cumplimiento de programa					
5.4. Conducción del grupo					
5.5. Conducción de las actividades					
5.6. Apoyo logístico proporcionado (equipos, materiales y papelería, etc.)					
Comentarios:					
6. Evalúe otros aspectos o situaciones no académicas que influyeron en el nivel de satisfacción que usted tuvo durante el evento:	0	1	2	3	NA
6.1. Alojamiento					
6.2. Alimentación					
6.3. Sede del evento y sus condiciones logísticas					
6.4. Transporte a los sitios de práctica					
Comentarios:					
7. ¿Cómo cree usted que se puede mejorar esta capacitación? Le agradecemos expresar sugerencias precisas.					

Gracias por sus respuestas. Usted puede estar seguro(a) que serán tenidas en cuenta por los organizadores de esta capacitación.

ANEXO 2. Observaciones del desempeño del facilitador

Capacitación sobre muestreo y análisis de racimo en el cultivo de la palma de aceite.

(Lugar y fecha en que se realizó)

Observación del desempeño del facilitador

Nombre del Facilitador¹:

Instrucciones

A continuación aparecen una serie de descripciones de conductas que se consideran deseables en un buen facilitador. Por favor, señale sus opiniones sobre el facilitador cuyo nombre aparece arriba, marcando una “X” frente a cada una de las frases que lo describan.

Marque una X en la columna SÍ cuando usted esté seguro que ese comportamiento estuvo presente en la conducta del facilitador. Marque una X en la columna NO cuando usted esté seguro que no se observó ese comportamiento.

Este formulario es anónimo para facilitar su sinceridad al emitir sus opiniones

	SÍ	NO
1. Organización y claridad		
El facilitador:		
1.1. Presentó los objetivos de la actividad		
1.2. Explicó la metodología para realizar la(s) actividad(es)		
1.3. Tuvo listos los materiales, herramientas, ayudas y equipos		
1.4. Respetó el tiempo previsto		
1.5. Entregó la guía y explicó cómo usarla		
1.6. Siguió una secuencia clara en su exposición		
1.7. Resumió los aspectos clave de cada tema		
1.8. Habló con claridad y tono de voz adecuados		
1.9. Motivó a los participantes para iniciar la capacitación		

Continúa

¹ Se debe usar un formulario para cada facilitador. Para mayor facilidad, se puede pedir que la mitad de los participantes evalúe a uno de los facilitadores y la otra mitad al otro, en caso de ser dos.

2. Manejo del contenido		
2.10. Se mostró seguro de conocer la información que presentaba		
2.11. Respondió las preguntas de los participantes con propiedad		
2.12. Relacionó los temas teóricos con su aplicación práctica		
2.13. Proporcionó ejemplos para ilustrar los temas expuestos		
2.14. Relacionó el tema con otros que lo complementan		
2.15. Destacó los aspectos más importantes de cada tema		
3. Habilidades de interacción		
3.16. El facilitador estableció comunicación verbal y no verbal, en forma permanente, con los participantes		
3.17. El lenguaje empleado por el facilitador estuvo a la altura del nivel de formación de los participantes		
3.18. Inspiró confianza para preguntarle		
3.19. Demostró interés en el aprendizaje de los participantes		
3.20. Estableció contacto visual con los participantes		
3.21. Formuló preguntas a los participantes		
3.22. Invitó a los participantes para que formularan preguntas		
3.23. Proporcionó información de retorno inmediata a las respuestas de los participantes		
3.24. Se mostró interesado en el tema que exponía		
3.25. Mantuvo las intervenciones de la audiencia dentro del tema		
4. Dirección de la práctica (Campo /laboratorio / taller / aula)		
4.26. Aclaró los objetivos de la práctica		
4.27. Seleccionó y acondicionó el sitio adecuado para la práctica		
4.28. Organizó a los participantes de manera que todos pudieran participar		
4.29. Explicó y/o demostró la manera de realizar la práctica		
4.30. Tuvo a su disposición los materiales demostrativos y/o los equipos necesarios para realizar la práctica		
4.31. Entregó a los participantes un instructivo (guía) para realizar la práctica		

Continúa

4.32. Entregó a los participantes materiales y/o equipos necesarios para practicar		
4.33. Supervisó atentamente la práctica		
4.34. Los participantes tuvieron la oportunidad de practicar		

¿Qué recomendación le formularía usted a este facilitador para que su desempeño mejorara?

Yo le recomiendo que...

ANEXO 3. Evaluación del material de capacitación

Capacitación sobre muestreo y análisis de racimo en el cultivo de la palma de aceite.

(Lugar y fecha en que se realizó)

Evaluación del material de capacitación

Apreciado participante:

Deseamos que usted nos comparta las opiniones que tiene acerca del material de apoyo al aprendizaje (guía) que empleamos en esta capacitación. Para ello, le solicitamos lo revise en forma detenida, a lo largo del desarrollo de la misma, de manera que usted pueda llenar con objetividad el formulario que aparece a continuación.

Esperamos que usted nos de sus opiniones como usuario. Estas reflejan sus percepciones acerca del material. Del conjunto de las opiniones saldrán recomendaciones para incorporar al desarrollo de la capacitación cuando se emplee la guía.

Si alguna de las características que aparecen en la lista de aspectos a evaluar no está presente, por ejemplo, si el material no está impreso en su versión final, utilice la columna NA = No aplica.

ASPECTOS A EVALUAR	SÍ	NO	NA
1. Calidad de contenido. Al revisar y usar la guía, usted percibe que:			
1.1. La información presentada en esta guía es técnicamente válida de acuerdo con lo que usted conoce de los temas que allí se presentan			
1.2. El contenido está dividido en segmentos que siguen una secuencia ordenada y clara			
1.3. El contenido se presenta de manera objetiva: respeta principios y métodos comúnmente aceptados en la práctica			
1.4. La lectura del contenido es de fácil comprensión			
1.5. El contenido está actualizado desde el punto de vista científico y técnico			
1.6. El contenido refleja lo que se presenta en los objetivos de aprendizaje de cada unidad			
2. Calidad de la presentación física de la guía			
2.1. El tamaño de las letras hace el texto fácil de leer			
2.2. La impresión litográfica del material es excelente			
2.3. Las imágenes (dibujos, gráficos y tablas) son fáciles de entender			
2.4. Las ilustraciones que se incluyen en la guía facilitan la lectura del texto escrito			

Continúa

2.5. La distribución de los componentes de la guía hace fácil su empleo			
2.6. Existe correspondencia adecuada entre imágenes y texto			
3. Calidad del material para ser usado por el facilitador			
3.1. La estructura didáctica del material lo hace bueno para capacitar			
3.2. Los objetivos de aprendizaje están claramente establecidos			
3.3. Las estructuras de aprendizaje ayudan a que el participante entienda cada componente de la guía			
3.4. Las preguntas al iniciar cada unidad orientan a los participantes acerca del tema			
3.5. Los ejercicios y prácticas realmente ayudan a desarrollar las capacidades necesarias para usar la tecnología presentada			
3.6. Los anexos de la guía ayudan a complementar su contenido			

4. Si fuera a capacitar a técnicos y productores en el uso de la tecnología presentada en esta guía, usted cree que (seleccione la opción que más se acerque a su opinión):

- a. ___ Este es el mejor material que conozco para capacitar a otros sobre el tema
- b. ___ Este material se podría complementar con otros que yo conozco sobre el tema
- c. ___ Este material debería revisarse para que pueda ser usado en la capacitación de otros que necesiten este conocimiento
- d. ___ Me parece que hay otros materiales más adecuados para realizar la capacitación sobre este tema

5. ¿Qué recomendación le daría a los usuarios de la guía que hemos empleado en esta capacitación para mejorarla de manera que sea más útil para capacitar a otros en este tema?

Recomendación:

ANEXO 4. Plan de acción poscapacitación

Capacitación sobre muestreo y análisis de racimo en el cultivo de la palma de aceite.

(Lugar y fecha en que se realizó)

Plan de acción poscapacitación²

Presentación

El Plan de acción³ es un instrumento que sirve de base para dos actividades de carácter institucional. La primera es ordenar las acciones que se emprenderán para aplicar la (s) tecnología(s), una vez se ha recibido la capacitación sobre su utilización. La segunda es tener un plan de trabajo sobre el cual poder hacer el seguimiento a dichas acciones por parte de Cenipalma y Fedepalma. Estos dos organismos están interesados en acelerar los procesos de cambio requeridos en las plantaciones y plantas de transformación, para que la aplicación de las tecnologías redunde en una mayor productividad a partir del manejo adecuado del cultivo.

Muchas instituciones utilizan la expresión “Plan de acción” o “Plan de trabajo” para referirse a distintos tipos de actividades. En el caso del proceso de transferencia tecnológica, el Plan de acción es una formulación acerca de cómo se espera aplicar en las plantaciones, plantas, viveros y laboratorios la tecnología sobre la que usted ha recibido la capacitación, además de hacer la difusión (extensión) de estos conocimientos a otros técnicos, productores y personal con el cual usted tiene relación en la producción o en la postproducción de la palma de aceite.

Es importante insistir que, en la formulación del Plan de acción, no solo se consideran los aspectos técnicos de la aplicación de las tecnologías, sino además las acciones de capacitación al interior de los núcleos palmeros, para lograr una difusión generalizada de las tecnologías. Esto significa que los Planes de acción tienen una vigencia de mediano a largo plazo (dos a cinco años) de manera que se logre el involucramiento de todos aquellos profesionales, técnicos y operarios que contribuyen de diversas formas a la aplicación de cada una de las tecnologías de manejo del cultivo y de la postproducción. El seguimiento que Fedepalma y Cenipalma hagan de la capacitación y de la aplicación de las tecnologías, dará cuenta del impacto que ha causado la transferencia tecnológica en los integrantes de los núcleos palmeros en el país.

El Plan de acción es la formulación de un compromiso que tiene varios componentes:

- Es un documento mediante el cual los núcleos palmeros beneficiarios de la capacitación, establecen la forma en que se aplicará la tecnología en su zona de influencia, teniendo en cuenta los distintos factores que es necesario atender de manera que el compromiso de aplicación pueda cumplirse.
- Es un compromiso de los núcleos palmeros, de los líderes de las UAATAS, y de los responsables de las plantaciones o de las plantas de procesamiento para ejecutar las acciones necesarias para aplicar la tecnología propuesta en la capacitación (o mejorar su aplicación).

2 Formato actualizado en julio de 2011. Revisado el 1 agosto de 2011.

3 Estas dos primeras hojas se deben revisar por parte del facilitador para explicar a los participantes de qué se trata el Plan. Además, los participantes deben llevar la copia de esta introducción para compartirla con los jefes en los núcleos o en las plantaciones.

- Es un compromiso de los núcleos palmeros y de las plantaciones para hacer el seguimiento de los encargados de aplicar la tecnología, comprobar su aplicación, introducir los cambios o ajustes necesarios en el contexto en el que se aplica y medir el impacto esperado.

El trámite del formato del Plan de acción incluye los siguientes pasos:

- El formulario se llena por los miembros de cada núcleo, al finalizar la capacitación. Se obtiene una copia que es recogida por el coordinador de la capacitación y enviada a las instancias apropiadas de Fedepalma y de Cenipalma.
- El formulario se lleva al seno de los núcleos y de las organizaciones responsables de la aplicación de la tecnología (UAATAS, plantaciones, plantas de transformación, etc.) para ser respaldado, con sus firmas, por los respectivos jefes.
- Todos los Planes de acción son organizados en una base de datos que comparten Fedepalma y Cenipalma, para organizar el seguimiento a la aplicación de las tecnologías.
- Se desarrollan y ponen en práctica los mecanismos para realizar el seguimiento de las actividades de difusión de la tecnología, de la aplicación de la misma y de los impactos en la producción.

El Plan de acción debe ser diligenciado por el grupo de participantes que pertenecen al mismo núcleo palmero. Se entiende que los miembros que firman el Plan asumen la responsabilidad que les compete para tramitarlo ante las instancias (jefes, gerentes, dueños) que deben prestar el apoyo para su ejecución.

Formato del Plan de acción

Apreciado participante:

Al finalizar la capacitación, se crea un compromiso por parte de cada núcleo palmero que invita a la aplicación de la tecnología presentada durante la capacitación en el contexto institucional o de trabajo en que se encuentran los asistentes. Se espera entonces que los responsables de la producción estén dispuestos a aplicar la tecnología, reportar los resultados alcanzados de dicha aplicación y, en caso necesario, formular las recomendaciones de ajustes tecnológicos a que haya lugar. Esta comunicación de resultados y ajustes se realizará a través de los canales que Fedepalma y Cenipalma tienen a través de sus vínculos con las UAATAS y demás actores que participan en los procesos productivos.

Por favor, complete los siguientes componentes del Plan:

1. Capacitación recibida

Hemos concluido la capacitación sobre el empleo de la siguiente tecnología⁴:

⁴ Una misma capacitación puede que incluya varias tecnologías. En ese caso es posible hacer un Plan de acción que incluya la aplicación de todas ellas.

2. Caracterización institucional

Núcleo palmero que usted(es) representa(n):	
Ubicación (dirección) del núcleo palmero	
Teléfono/Fax:	
E-mail:	
Líder o representante del núcleo:	
Nombres de los técnicos del núcleo que son responsables de este Plan de acción:	
Listado de los grupos de productores, fincas y/o plantaciones que se beneficiarán de las actividades de este Plan de acción:	
Razones por las cuales es necesario aplicar esta tecnología en la zona:	
Zona/municipio/región en la que se aplicará la tecnología:	

3. Resultados esperados

¿Qué resultados concretos se esperan lograr con la aplicación de la tecnología que se ha compartido en esta capacitación? Es decir, ¿cuál es la situación deseada después de que se haya aplicado la tecnología?

Resultados	Descripción de los resultados esperados al final de un período de tiempo previsto (no mayor a X meses)
1	
2	
3	
4	

4. Objetivos y estrategias que se esperan aplicar en este Plan

Describa a continuación los objetivos específicos de la aplicación y las estrategias que se esperan aplicar para lograrlos (incluir la capacitación a otros técnicos, productores y otro personal).

Objetivos que persigue este Plan de acción	Estrategias mediante las cuales se esperan lograr los objetivos

5. Recursos necesarios para la aplicación del Plan de acción

Describa a continuación los recursos (técnicos, humanos y de otro tipo) que usted considera necesarios para poder lograr los resultados esperados en el tiempo previsto en el punto 3.

Tipo de recurso	Descripción

6. Cronograma de las actividades del Plan de acción

Actividades que se realizarán para lograr cada resultado esperado descrito en el punto 3	Meses 2012 - 2013											
	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7

7. Respaldo institucional para el Plan de acción

Los abajo firmantes nos comprometemos a dar el apoyo necesario a los responsables del Plan de acción descrito, para llevar a cabo las actividades planteadas y realizar el seguimiento de las mismas para conocer los resultados obtenidos.

Jefe/Gerente/Dueño

Supervisor

Nombres y firmas de los profesionales o técnicos que elaboraron el Plan durante la capacitación.

Nombres	Firmas

Lugar y fecha: _____

Nota: una vez consultado, acordado con los interesados y firmado por quienes deben prestar su apoyo, favor enviar este Plan de acción al Dr. Jorge Alonso Beltrán a jbeltran@cenipalma.org y a Myriam Barahona a mbarahona@fedepalma.org

ANEXO 5. Formación de facilitadores en tecnologías de producción de palma de aceite

Esquema básico para planificar las capacitaciones

Introducción

El formato que aparece a continuación puede usarse para planificar la capacitación. Aquí se ofrece un ejemplo de la manera como los facilitadores (sean transferencistas o extensionistas) pueden proceder para desarrollar la capacitación, siguiendo la estructura de la guía. Solo presentamos una forma como se podría planificar la parte introductoria y la unidad de aprendizaje *n*, aclarando que cada facilitador puede establecer un derrotero que puede variar con respecto de la estructura formal de la guía, recomendando no eliminar ninguno de sus componentes. La guía, como su nombre lo indica, es una gran ayuda para desarrollar los temas en forma ordenada. Los facilitadores deciden el libreto final para desarrollar la guía o una parte de ella, en caso de limitaciones de tiempo, y pueden acomodar la propuesta de esta tabla a sus preferencias. El cálculo de tiempo para cada actividad se establece teniendo en cuenta que son 20 a 25 participantes en cada capacitación. De hecho, la transferencia debe hacerse a grupos pequeños (menos de 20 participantes) pero intencionalmente identificados como los encargados de realizar la extensión, ya sea en el seno de los núcleos palmeros o en sus propias plantaciones.

Actividad	¿Qué hace el facilitador?	¿Qué hacen los participantes invitados?	Ayudas necesarias	Duración
Preparación de los escenarios y otros recursos para la capacitación	<p>Visitas a los sitios donde se realizarán las prácticas, formulación de cartas de invitación, selección de sitios para las prácticas, identificación del personal de la plantación que se requiere para llevar a cabo las prácticas. Recolección de especímenes. Selección, compra/préstamo de insumos para las prácticas y ejercicios. Asegurar la recepción del número suficiente de guías de acuerdo con el número esperado de participantes, en promedio 20 -25 personas.</p> <p>El facilitador además elabora o revisa y ordena fotocopias de los siguientes instrumentos: (a) exploración inicial de conocimientos, (b) exploración final de conocimientos, (c) evaluación del evento de capacitación, (d) observación del desempeño del facilitador, (e) evaluación del material de capacitación, (f) evaluación del logro de los objetivos, (g) formulario del plan de acción.</p>	<p>Deben recibir información sobre la capacitación. El citatorio debe incluir los objetivos y contenidos que se tratarán, los horarios de trabajo, hora de llegada al sitio de la capacitación y otras condiciones para su participación y para poder recibir el certificado de asistencia.</p>	<p>Coordinación telefónica y por escrito. Envío de convocatoria, coordinación con las plantaciones. Apoyo de las unidades coordinadoras de Cenipalma y/o Fedepalma.</p>	<p>Al menos una semana antes de la realización de la capacitación. Algunas capacitaciones requieren meses de preparación, dada la necesidad de crear escenarios para las prácticas.</p>

Continúa

Preparación final de la capacitación	Visitar el sitio en donde se realizará la capacitación (aulas, viveros, laboratorios, plantas o lotes, etc.). Asegurar que todos los recursos están presentes. Finalizar lo referente a transporte y alimentación de participantes y facilitadores. Tener las copias de las guías y de los formatos para los ejercicios, prácticas y evaluaciones, en número suficiente para todos los participantes. Plan de acción: dos copias por cada núcleo o por cada plantación. Garantizar que existe el número adecuado de vehículos para el transporte de los participantes a los sitios de práctica.		Apoyo de la persona que coordina y de quienes prestan servicios a los participantes en las plantaciones en donde se realizarán las prácticas y brindará atención a los participantes.	Uno a dos días antes de iniciar la capacitación.
Presentaciones	El día en que se inicia la capacitación. Saludo de bienvenida. Es deseable que el gerente de la plantación o su representante esté presente para la bienvenida. Se organiza la presentación de los participantes en forma dinámica. El facilitador se presenta comentando un poco su experiencia en el tema objeto de la capacitación.	Se presentan en forma grupal, después de unos 10 minutos de recoger información en cada uno de los grupos. Darles unos tres puntos para incluir en la presentación. Uno quizás jocoso.	Diapositiva de bienvenida. Guía con los puntos a incluir en la presentación.	30 minutos.
Exploración de expectativas	Se puede combinar con la presentación de los participantes. Recordar la pregunta clave: ¿Qué esperan lograr con esta capacitación en términos de su trabajo y de su desarrollo profesional?	Los participantes recogen sus expectativas en forma grupal para compartirlas en plenaria.	Papelógrafo donde se colocan las expectativas de los participantes.	10 minutos.
Presentación y orientaciones sobre el uso de la guía	El facilitador presenta la guía como el documento que acompaña la capacitación. Recordar su utilidad para facilitador y participantes. Hacer que recorran sus componentes esenciales: (a) aspectos introductorios, (b) unidades de aprendizaje y (c) anexos. El facilitador les pide a los participantes ir a la parte de la guía que contiene las orientaciones sobre su empleo. Si el autor no incluyó este componente en su guía, de todas formas debe darles orientación sobre cómo emplearla en la capacitación actual y cuando ellos vayan a realizar capacitaciones a otro personal.	Revisan la guía. Formulan preguntas sobre la guía y sobre la manera en que se utiliza.	Una copia de la guía por participante. Unas tres diapositivas que muestran los componentes esenciales de la guía.	30 minutos.

Continúa

<p>Exploración inicial de conocimientos o autoevaluación</p>	<p>Se reparte el impreso de la exploración de conocimientos que está en la guía y se dan las instrucciones para contestar las preguntas. El facilitador puede construir una prueba de opción única con cuatro distractores, con base en las preguntas que aparecen en la exploración de conocimientos de la guía. Puede pasarla a los participantes para resolverla antes de que se inicie la capacitación, recogerla, hacerla corregir por un ayudante con una plantilla de corrección y en el curso de la mañana del primer día devolverla a los participantes para que conozcan "el nivel de entrada" a la capacitación y se planteen superar el puntaje obtenido en la exploración final de conocimientos el último día de la misma. Recordar que este instrumento se puede contestar en forma individual, grupal, y aún de viva voz en plenaria.</p>	<p>Responden el cuestionario según las orientaciones del facilitador. Colocan su nombre en la primera página para poder devolvérselo.</p>	<p>Impreso independiente de la guía donde se coloca la exploración inicial de conocimientos.</p>	<p>20 minutos.</p>
<p>Retroinformación de la exploración inicial de conocimientos</p>	<p>Según se haya hecho la exploración de conocimientos, se busca la mejor manera de hacer la retroinformación. Por ejemplo, si se ha hecho por escrito y en forma individual (más formal) se pueden proyectar las respuestas en una diapositiva para que los participantes comparen sus respuestas. Si se hace de viva voz, puede darse la retroinformación en forma inmediata con ayuda de una diapositiva donde se encuentran las respuestas correctas a las preguntas.</p>	<p>Presentan sus respuestas, hacen preguntas sobre las respuestas correctas e incorrectas, interactúan.</p>	<p>Diapositiva con las respuestas a cada una de las preguntas. Si se usa el mismo cuestionario de la guía que es de preguntas abiertas, la retroinformación para los participantes se tendrá que hacer de viva voz, compartiendo las respuestas dadas a las preguntas.</p>	<p>20 - 30 minutos.</p>
<p>Presentación de los objetivos de aprendizaje</p>	<p>Recordar que las expectativas que formularon en la exploración de expectativas y por tanto los objetivos pueden compartirse inmediatamente después de las expectativas. La intención es que los participantes aclaren cuáles de sus expectativas van a ser satisfechas en la capacitación y cuáles no.</p>	<p>Formulan preguntas sobre los objetivos. Se buscan aclarar los objetivos.</p>	<p>Diapositiva con los objetivos de la guía.</p>	<p>20 - 30 minutos.</p>

Continúa

Presentación de la estructura general de la guía	Se presenta la estructura de la guía y se explican sus componentes. Se hacen preguntas para examinar la comprensión. Se explica la razón de ser de la estructura de aprendizaje. La mayoría de los participantes en la capacitación no están acostumbrados a las "estructuras de aprendizaje", por ello es necesario aclararles qué significan y para qué sirven. También deben esperar que haya una estructura para orientar cada unidad de aprendizaje.	Formulan preguntas aclaratorias de la estructura general de la guía.	Diapositiva con la estructura de la guía.	30 - 40 minutos.
AQUÍ TERMINA LA PREPARACIÓN DE LOS PARTICIPANTES PARA EL APRENDIZAJE Y SE INICIA EL DESARROLLO DE LA CAPACITACIÓN				
Unidad de aprendizaje <i>n</i>				
Actividad	¿Qué hace el facilitador?	¿Qué hacen los participantes invitados?	Ayudas necesarias	Duración
Tabla de contenidos	Revisar la tabla de contenidos para que los participantes se enteren de lo que se trata en esta unidad de aprendizaje. Así se hará con cada una de las demás unidades. Se destaca el hecho de que cada unidad presenta no solo el contenido técnico sino también los ejercicios y prácticas que son claves para el dominio de la tecnología.	Formulan preguntas aclaratorias sobre el contenido y quizás sobre los ejercicios y prácticas.	Diapositiva con la tabla de contenidos de la unidad de aprendizaje.	El facilitador calcula el tiempo.
Introducción	Presentación de una síntesis de la unidad de aprendizaje. Esta introducción debe ser corta, así como todas las presentaciones de todas las unidades. De hecho, las retroinformaciones de los ejercicios y prácticas deberían ser más prolongadas: teoría después de la práctica.		Una o más diapositivas con la síntesis de la unidad de aprendizaje y otros materiales de apoyo. Otra diapositiva que estimule el interés sobre el tema, por ejemplo, la gravedad del problema, los costos involucrados en el control y los beneficios de la aplicación de la tecnología.	
Estructura de aprendizaje de la Unidad de aprendizaje <i>n</i>	Enseguida se presenta la estructura para esta unidad de aprendizaje. El facilitador se asegura de la comprensión de lo que será abordado enseguida.	Preguntas de los participantes.	Una o más diapositivas con la estructura de aprendizaje.	

Continúa

Preguntas introductorias	Se presentan las preguntas introductorias para animar una discusión general sobre el tema a tratar. No hay que responder a todas. Las preguntas pueden presentarse antes de la estructura, según lo decida el facilitador.	Los participantes presentan sus respuestas y las discuten entre ellos.	Diapositiva con las preguntas introductorias a esta unidad de aprendizaje.	
Presentación del contenido inicial de la Unidad de aprendizaje <i>n</i>	El facilitador presenta el contenido inicial de esta unidad de aprendizaje. Atención: no más de 20 a 30 minutos de exposición. Recordar: la presentación del contenido es un insumo para poder realizar las prácticas y ejercicios.	Se invita a los participantes a seguir la presentación del contenido en sus respectivas guías, por unos 20 a 30 minutos, y a escribir en su folder de curso las preguntas que surjan o los comentarios que les gustaría hacer.	Diapositivas con la síntesis de la presentación del contenido y otros materiales de apoyo que desee compartir el facilitador.	El facilitador calcula el tiempo.
Presentación de las orientaciones para realizar el ejercicio o práctica que corresponden al tema inicial	Se revisan las orientaciones con los participantes. Se aclaran dudas. Se proporcionan explicaciones claras, incluyendo mapa, si es necesario, de dónde se deben ubicar los participantes para la práctica. Se entregan los formatos (hojas de trabajo) para realizar la práctica o los ejercicios.	Los participantes formulan preguntas sobre cómo realizar el ejercicio o la práctica y se organizan para la misma.	Impresos de orientaciones para la práctica, hojas de trabajo, materiales, equipos e insumos, sitios de práctica marcados.	
Acompañamiento durante la ejecución del ejercicio	El facilitador se asegura de que todos los participantes estén realizando las prácticas. El facilitador NO realiza la práctica, tan solo acompaña, orienta el trabajo y hace preguntas.	Los participantes realizan el ejercicio o la práctica y preparan las presentaciones que deban hacer en las sesiones plenarias.	Hojas de trabajo, equipos, herramientas, transporte al sitio de la práctica, etc.	
Retroinformación de la práctica inicial	¿Cómo realizaron la práctica?, ¿qué resultados obtuvieron?, ¿qué dificultades encontraron? El facilitador conduce la discusión sobre el ejercicio o práctica. Les hace notar a los participantes dónde se encuentra la retroinformación en la guía, si es necesario que se refieran a la misma.	Presentan los resultados de la práctica y formulan preguntas. Discuten.	Orientaciones para la retroinformación en la guía.	
Presentación del segundo contenido de la Unidad de aprendizaje <i>n</i>	Se repite el proceso, con las variaciones requeridas en la ejecución de los ejercicios y las actividades prácticas.	Los participantes deben permanecer motivados, participando en forma continua.	El contenido se encuentra en la guía y en otros documentos entregados por el facilitador.	

Continúa

SE FINALIZAN TODAS LAS UNIDADES DE APRENDIZAJE CON TODAS LAS PRÁCTICAS Y EJERCICIOS SUGERIDOS EN LA GUÍA				
Se procede a administrar la "Exploración final de conocimientos"	El facilitador entrega el formulario de exploración final de conocimientos a los participantes.	Los participantes responden el cuestionario en forma individual e independiente.	Formularios en cantidad suficiente para todos los participantes.	
Preparación de la retroinformación para la exploración final de conocimientos	El facilitador recoge los formularios y con la ayuda de una plantilla de respuestas correctas revisa las respuestas de los participantes.	Entregan el formulario de la exploración final de conocimientos.		Un promedio de 15 minutos cada uno.
Evaluación de distintos aspectos de la capacitación	Explica y entrega a los participantes los formularios: (a) evaluación del evento de capacitación, (b) observación del desempeño del facilitador, (c) evaluación del material de capacitación, (f) evaluación del logro de los objetivos.	Responden los formularios y los devuelven al facilitador.	Copias de los formularios.	
Formulación del Plan de acción	Se presenta el formulario, se explica cada uno de sus componentes. Se organizan los grupos de trabajo por núcleos palmeros o, en su defecto, por plantaciones. Es importante acompañar a los grupos de trabajo a medida que formulan los planes para aclarar aspectos y sugerir ideas.	Formulan preguntas aclaratorias y proceden a llenar el formulario en dos originales: uno para llevar al núcleo o la plantación y otro para entregar al facilitador.	Copias de los formularios.	La elaboración del plan de acción puede tomar entre 1 a 1:15 horas.
Cierre del evento y entrega de certificados y otros materiales de apoyo	El facilitador organiza el cierre con las palabras de las distintas personas que deben dirigirlas a los participantes. Se entrega el certificado de asistencia y cualquier otro material que sea de utilidad para los participantes.			

Anexos técnicos

ANEXO 6. Ficha de seguridad para el éter de petróleo

Identificación de peligros

Fácilmente inflamable. Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático. Nocivo: si se ingiere puede causar daño pulmonar. La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel. La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo.

Primeros auxilios

- Tras inhalación: aire fresco, visitar al médico en caso de molestias. Mantener libres las vías respiratorias.
- Tras contacto con la piel: lavar con abundante agua y eliminar ropa contaminada.
- Tras contacto con los ojos: lavar con abundante agua, manteniendo abiertos los párpados y visitar al oftalmólogo.
- Tras ingestión: riesgo por aspiración, evitar vómito. Mantener libres las vías respiratorias, visitar al médico de manera inmediata.

Medidas de lucha contra incendios

- Medios de extinción adecuados: agua pulverizada, CO₂, espuma o polvo.
- Riesgos especiales: altamente combustible, puede formar posibles mezclas explosivas con el aire a temperaturas normales. En caso de incendio puede formar gases de combustión o vapores peligrosos.

Medidas a tomar en caso de vertido accidental

- Medidas de precaución relativa a las personas: evitar el contacto con la sustancia. No inhalar los vapores. Proceder a ventilación en lugares cerrados.
- Medidas de protección del medio ambiente: no incorporar a la canalización del desagüe, además puede haber riesgo de explosión.
- Procedimientos de recogida/limpieza: recoger con materiales absorbentes, ejemplo: *Chemisorb* y proceder a la eliminación adecuada de los residuos.

Manipulación y almacenamiento

- Manipulación: mantener alejado de fuentes de ignición. Evitar la carga electrostática; trabajar bajo cabinas de extracción. No inhalar la sustancia. Evítese la generación de vapores.
- Almacenamiento: bien cerrado, en lugar bien ventilado, alejado de fuentes de ignición y calor. Entre +15 °C a +25 °C.

Protección personal

Para el caso de análisis de racimo usar una bata de laboratorio. Sin embargo, los tipos de elementos para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa.

- Protección respiratoria: necesaria en presencia de vapores. Filtro para vapores orgánicos.
- Protección de los ojos: gafas de seguridad.
- Protección de las manos: para contacto pleno, se deben usar guantes de caucho de nitrilo de un espesor de 0,4 mm, y con un tiempo de penetración > 480 min.

ANEXO 7. Ficha de seguridad para el hexano

Información sobre los componentes

PM: 86,18 g/mol

Fórmula molecular: C_6H_{14}

Identificación de peligros

Fácilmente inflamable, irrita la piel. Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación. Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente. Posible riesgo de perjudicar la fertilidad. Nocivo: si se ingiere puede causar daño pulmonar. La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo.

Primeros auxilios:

- Tras inhalación: aire fresco.
- Tras contacto con la piel: lavar con abundante agua. Eliminar ropa contaminada.
- Tras contacto con los ojos: lavar con abundante agua, manteniendo abiertos los párpados y visitar el oftalmólogo.
- Tras ingestión: hacer vomitar, aplicación posterior: carbón activo (20 - 40 g de suspensión al 10%). No administrar leche. No tomar alcohol.

Medidas de lucha contra incendios

- Medios de extinción adecuados: CO_2 , espuma, polvo.
- Riesgos especiales: altamente combustible, puede formar posibles mezclas explosivas con el aire a temperaturas normales. En caso de incendio puede formar gases de combustión o vapores peligrosos.

Medidas a tomar en caso de vertido accidental

- Medidas de precaución relativas a las personas: evitar el contacto con la sustancia. No inhalar los vapores. Proceder a ventilación en lugares cerrados.
- Medidas de protección del medio ambiente: no incorporar a la canalización del desagüe; riesgo de explosión.
- Procedimientos de recogida/limpieza: recoger con materiales absorbentes, ejemplo: *Chemisorb* y proceder a la adecuada eliminación de los residuos.

Manipulación y almacenamiento

- Manipulación: mantener alejada de fuentes de ignición. Evitar carga electrostática.
- Indicaciones para manipulación segura: trabajar bajo cabinas de extracción. No inhalar la sustancia. Evítese la generación de vapores.

- Almacenamiento: bien cerrado, en un lugar bien ventilado, alejado de fuentes de ignición y de calor. Entre +15 °C a +25 °C.

Protección personal

Bata de laboratorio. Sin embargo, los tipos de elementos para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa.

- Protección respiratoria: necesaria en presencia de vapores.
- Protección respiratoria: filtro para vapores orgánicos.
- Protección de los ojos: gafas de seguridad.
- Protección de las manos: para contacto pleno, se deben usar guantes de caucho de nitrilo de un espesor de 0.4 mm, y con un tiempo de penetración > 480 min.

ANEXO 8. ¿Cómo se realizó la determinación del factor para calcular el cuesco fresco en el análisis de racimo?

En este anexo técnico se quiere contar la forma en que se determinó el factor de cálculo para determinar el cuesco fresco a partir del cuesco seco proveniente de la nuez.

Hay problemas presentes en el análisis de racimo en el cual se requiere determinar la proporción de cuesco y almendra en el fruto: es muy difícil partir las nueces frescas y separar eficientemente el cuesco de la almendra. Para una muestra grande esto tomaría tiempo muy valioso del operario, por esta razón hay que secar las nueces para que la almendra se deshidrate y se separe del cuesco. Sin embargo, el secado parcial a 60 °C, que convencionalmente se realiza en el análisis de racimo, introduce un error en la determinación del peso, debido a que el cuesco o la almendra han perdido parcialmente humedad contenida en ellos y el peso que se toma no es el verdadero. En nuestro caso, ante la necesidad de determinar de manera sencilla y con menor error la relación de almendra y cuesco en el fruto, se planteó la idea de llevar al 100% de secado las nueces y, de acuerdo con la pérdida de humedad, estimar un factor para calcular el peso del cuesco fresco a partir del peso del cuesco totalmente seco. Además, secar completamente la nuez permitiría separar el cuesco de la almendra de manera más sencilla, especialmente en las nueces de híbrido OxG y de *Elaeis oleifera*, en cuyos casos la almendra es mucho más difícil de remover del cuesco. De acuerdo con lo anterior, el objetivo de este ensayo fue determinar la relación entre los pesos del cuesco fresco y el completamente seco para varias muestras de *Elaeis guineensis*, híbrido OxG y *Elaeis oleifera*, y estimar un posible factor entre los dos valores que permita estimar el valor del peso del cuesco fresco a partir del cuesco seco.

Parte experimental

Se tomaron dos racimos de cada tipo de palma, *Elaeis guineensis* (EG), híbrido OxG y *Elaeis oleifera* (EO), y se tomaron 3 muestras entre 10 - 20 frutos para cada racimo del experimento. Se despulparon y se obtuvo la nuez. La nuez fresca se fracturó, y se le retiró la almendra y el cuesco con cuidado hasta removerlo todo. Se tomó el peso de la almendra y el cuesco fresco por separado. Se colocaron al horno a 105 °C durante toda la noche (16 h) y se registraron los pesos de las muestras secas. Los cálculos de los factores (F) se realizaron dividiendo el valor del peso del cuesco o la almendra fresca sobre el peso de la muestra seca.

Resultados y discusión

Inicialmente se asumió que el factor (F) en la almendra y en el cuesco era diferente en cada tipo de palma. Es por ello que el ensayo se diseñó de acuerdo con el tipo, para evaluar las diferencias entre ellas y si era posible establecer un factor para cada una. Sin embargo, el comportamiento fue diferente para las muestras de almendra y de cuesco. Aunque los datos no se muestran, cada muestra de almendra tenía un valor del factor diferente; los datos eran muy dispersos y esto no permitió concluir nada sobre estas muestras. No obstante, ocurrió algo distinto en la muestra de cuescos. Se observó que los valores de (F) fueron parecidos dentro de los racimos del mismo tipo y al mismo tiempo dentro de los tipos de palma evaluados (Tabla A.1).

Tabla A.1. Factores (F) encontrados para la relación entre la masa del cuesco fresco y el cuesco seco para dos racimos de cada tipo de palma. Valor \pm desviación estándar (n=3).

Tipo	Racimo	Factor (F)
EG	1	1,15 \pm 0,01
	2	1,15 \pm 0,02
EO	1	1,17 \pm 0,00
	2	1,16 \pm 0,00
OxG	1	1,19 \pm 0,01
	2	1,16 \pm 0,00
Total		1,16 \pm 0,02

Estos resultados permitieron proponer un valor del factor (F) para todo tipo de cuesco sin importar la procedencia del racimo, el cual se calculó en 1,16 con una desviación estándar 0,02 y un coeficiente de variación de 1,6%.

Este valor solo se puede usar si la muestra de nuez se seca completamente, no se debe usar si la muestra de nueces está parcialmente seca. Se debe tener en cuenta que se calculó colocando las muestras de nueces durante toda la noche (16 h) en un horno eléctrico a 105 °C. Las ventajas que se encuentran en el uso del método de secado total de las nueces y un factor de corrección son las siguientes:

- Teniendo en cuenta que el secado se realiza total, las almendras se separan más fácilmente del cuesco. En el caso de *Elaeis guineensis* esto no es un problema. Sin embargo, en las muestras provenientes de cruzamientos OxG y *Elaeis oleifera* es más difícil separar la almendra y con el secado total esta labor resulta más eficiente.
- Aunque el uso del factor (F) en el cálculo del cuesco fresco a partir del seco ofrece un error inherente al método, pues no todas las muestras son iguales, se disminuye el error por la determinación del peso del cuesco con el secado parcial de la nuez.
- El factor se puede usar en el análisis de racimo de cualquier tipo de palma.
- En el caso de laboratorios que realicen determinaciones rutinarias de análisis de racimo, las muestras de nueces frescas se pueden colocar junto con las de mesocarpio fresco en un horno de secado con resistencia a 105 °C durante toda la noche. Esto ahorra tiempo del operario, pues no hay que manipular las muestras en hornos microondas. Además, se ahorra espacio y se gana eficiencia en el uso del equipo.

ANEXO 9. Este es un ejemplo de cómo construir un sistema *Soxhlet* para múltiples muestras

En este anexo se quieren dar a conocer los componentes para la construcción de un sistema *Soxhlet* de múltiples muestras. Se presenta el sistema de enfriamiento y recirculación de agua y las ventajas que esto puede traer a la planta que lo use.

El sistema *Soxhlet* para múltiples muestras empleado por Cenipalma en la evaluación de sus experimentos se solicitó construir en una sopladora de vidrio. También se debe solicitar construir la plancha de calentamiento de acuerdo con el tamaño del balón que se use en el sistema.

Las especificaciones que se brindan en el presente anexo para la fabricación del sistema *Soxhlet* de múltiples muestras de esta guía son sugeridas y pueden cambiar de acuerdo con sus necesidades y proveedores de cada una de las zonas del país. Estas especificaciones se usaron en el montaje del método que usa Cenipalma en el Campo Experimental Palmar de La Vizcaína para evaluar sus experimentos.

Balón: Es preferible usar un balón fondo redondo de vidrio de borosilicato con boca esmerilada 45/40 y capacidad de 4 l (Figura A.1).



Figura A.1. Ejemplo de balón y plancha de calentamiento usado en sistema *Soxhlet* de múltiples muestras.

Cuerpo del Soxhlet: Se solicitó la fabricación de un cuerpo del *Soxhlet* con conexión al balón 45/40. La capacidad del cuerpo fue de 2l. El diámetro y la entrada superior del cuerpo debe ser de boca esmerilada y de al menos un diámetro igual o mayor a 90 mm (Figura A.2) para que fácilmente se puedan introducir y colocar de manera ordenada las muestras con la mano (Figura A.3). De lo contrario se pierde capacidad de extracción.

Con un cuerpo de 2l de capacidad, se pueden colocar hasta 100 paquetes de muestras de 5 g de mesocarpio por lote de extracción, los cuales pueden durar hasta (36 h).



Figura A.2. Ejemplo de conexiones entre el cuerpo y el condensador del sistema *Soxhlet* de múltiples muestras.



Figura A.3. Llenado del sistema *Soxhlet* de múltiples muestras.

Condensador: Para nuestro sistema fue necesario construir un adaptador desde la boca del cuerpo del *Soxhlet* al condensador. El adaptador tiene una conexión esmerilada al tamaño del diámetro del cuerpo del *Soxhlet* y en la parte superior una conexión esmerilada para conectar al condensador.

El condensador usado fue de bolas; tenía una conexión esmerilada y debió construirse un poco más largo que los convencionales usados en laboratorio para que logre enfriar de manera eficiente.

Plancha de calentamiento: La plancha de calentamiento que se usó también fue solicitada construir a medida para que ajustara al fondo redondo del balón (Figura A.1). Se prefirió este sistema debido a que es más eficiente en el ahorro de energía, pues disminuye las pérdidas de calor ya que el balón se ajusta dentro de la plancha.

Las planchas de calentamiento también se pueden conseguir importadas en marcas comerciales. En este caso, llevan un recubrimiento interior en fibra de vidrio para que el balón descansa suavemente.

Baño de enfriamiento: Se solicitó la fabricación de un sistema de enfriamiento y recirculación de agua o *chiller* para el condensador de agua del sistema *Soxhlet* (Figura A.4).

Entre las ventajas que hemos hallado en el uso de este sistema se encuentran:

- Nunca más se volvió a desperdiciar agua del grifo para el enfriamiento de los condensadores de los sistemas *Soxhlet*. El impacto en el ambiente es muy positivo.

- No se volvió a tener el problema en el que la temperatura del último condensador era muy alta y no permitía la condensación eficiente del solvente.
- No se tienen los problemas de sobrecalentamiento de las planchas, volatilización del solvente y posible incendio cuando hay cortes de agua inesperados. En este caso, si hubiera un corte de energía se apagan simultáneamente, tanto la plancha de calentamiento como el sistema de refrigeración, y de esta manera no se presenta ningún problema por la pérdida del solvente.



Figura A.4. Ejemplo de sistema *Soxhlet* de múltiples muestras con sistema de enfriamiento y recirculación de agua para los condensadores.

ANEXO 10. Glosario

Pedúnculo: parte estructural interna del racimo, de la cual se derivan las raquillas que sostienen los frutos.

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 un viaje que llegue a la planta extractora.

Racimo maduro: 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 (externos).

Racimo sobremaduro: 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.

Racimo podrido: 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. No debe existir ningún racimo podrido en un viaje que llegue a la planta extractora.

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. También se cuentan como pedúnculos largos los trozos de pedúnculos cortados, que por descuido en la cosecha se cargan junto con el fruto. No deben existir pedúnculos largos en un viaje que llegue a la planta extractora.

Sistema Soxhlet: sistema de extracción usado en la extracción 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.

Fruto normal: frutos con semilla desarrollada, que contienen el mesocarpio, la nuez con cuesco y almendra.

Fruto partenocárpico: frutos formados sin haber sido polinizados y no cuentan con almendra.

***Elaeis guineensis* Jacq:** nombre científico de la palma africana de aceite.

***Elaeis oleifera* Cortes:** nombre científico de la palma americana de aceite.

Unidad de observación: es el objeto sobre el cual se realiza una observación. Esta es la unidad básica de observación. Por ejemplo, en la evaluación de viaje de racimos de palma, la unidad de observación son los racimos (Lohr, 2000).

Población: es la colección de todas las unidades de observación posibles que podrían extraerse de una muestra (Lohr, 2000).

Unidad de muestreo: es la unidad donde realizamos la muestra. Por ejemplo, podríamos querer estudiar el potencial productivo de toda la plantación, pero no podemos evaluar todos los racimos presentes en la población objetivo. En vez de esto, los lotes sirven como unidades de muestreo y los racimos son las unidades de observación presentes dentro del lote (Lohr, 2000).

Raquila: eje central que sostiene a los frutos dentro del racimo.

Escala BBCH: sistema para una codificación uniforme de identificación fenológica de estadios de crecimiento-para todas las especies de plantas mono y dicotiledóneas. Se usa un código decimal que se divide básicamente entre los estadios de crecimiento principales y secundarios de las plantas, describiendo el proceso de desarrollo de las mismas.

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

