

Polinización del híbrido OxG



Polinización asistida en palma de aceite

Ángela Sánchez Rodríguez
Edison Steve Daza
Rodrigo Ruiz Romero
Hernán Mauricio Romero Angulo

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

Polinización asistida en palma de aceite

Ángela Sánchez Rodríguez
Édison Steve Daza
Rodrigo Ruiz Romero
Hernán Mauricio Romero Angulo

Bogotá, D.C., Colombia, octubre de 2011

Polinización asistida en 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 N° 00086/11 - SENA-SAC

Autores

Ángela Sánchez Rodríguez

Édison Steve Daza

Rodrigo Ruiz Romero

Hernán Mauricio Romero Angulo (Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia)

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

Ángela Sánchez, Édison Daza, Rodrigo Ruiz y algunas plantaciones

Diagramación

Fredy Johan Espitia Ballesteros

Impresión

Javegraf

Calle 20A N° 43A – 50. Piso 4°.

Teléfono: 2086300 Fax: 2444711

E-mail: hromero@cenipalma.org

www.cenipalma.org

Bogotá, D.C. - Colombia

Octubre de 2011

ISBN: 978-958-8616-44-5

Cita:

Sánchez, Rodríguez Ángela; Daza, Édison; Ruiz, Romero Rodrigo; Romero, Angulo Hernán Mauricio. 2011. Polinización asistida en palma de aceite. Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite: guía para facilitadores. Bogotá (Colombia). 168 p.

1. Polinización asistida 2. Palma de aceite. 3. Aislamiento de inflorescencias 4. Manejo de polen.
 - I. Sánchez Rodríguez, Ángela; Daza, Édison; Ruiz Romero, Rodrigo; Romero Angulo, Hernán Mauricio.
 - II. 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

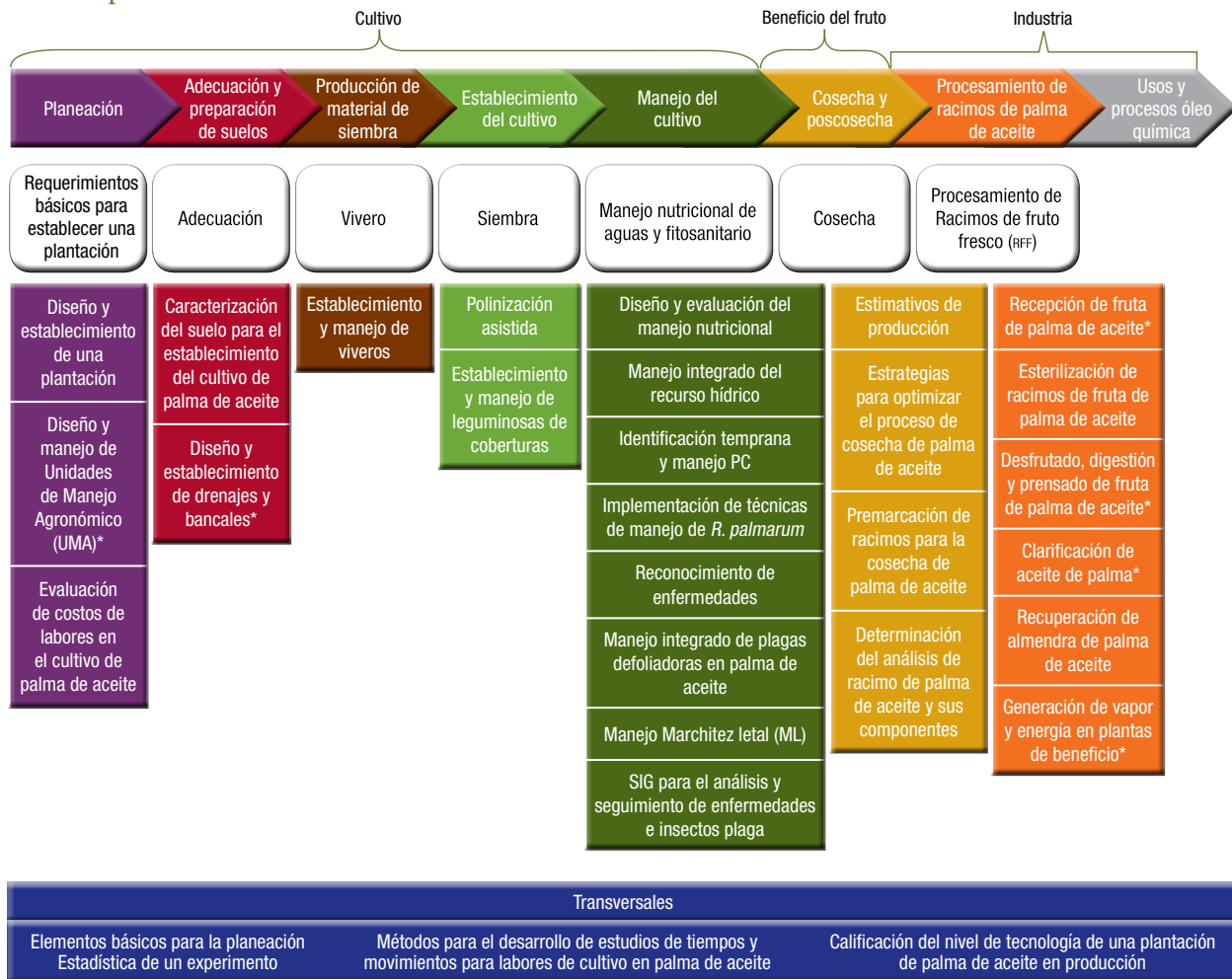
- **Diseño y establecimiento de una plantación de palma de aceite**
Wilbert Castro Cadena, José Óscar Obando Bermúdez y Jorge Alonso Beltrán Giraldo.
- **Caracterización del suelo para el establecimiento del cultivo de palma de aceite**
Diego Luis Molina López, José Álvaro Cristancho Rodríguez y Edna 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 Aldana de La Torre, Jorge Aldana de La Torre y Hamilton Gomes de Oliveira.
- **Manejo integral de la Marchitez letal (ML)**
Carlos Mauricio Arango Uribe, Nubia de los Ángeles Rairan y Gerardo Martínez López.
- **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 Narváez Salazar, Leidy Constanza Montiel Ortiz y Jorge Stember Torres Aguas.
- **Premarcación de racimos 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 de tecnología de plantaciones de palma de aceite en producción**
Pedro Nel Franco Bautista, Nólver Atanasio Arias Arias, Juliana Medina Figueroa 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 (Vino tinto): 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 la 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”, “Premarcación de racimos 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-Fedepalma, a la Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma), al Servicio Nacional de Aprendizaje (Sena) y a la Sociedad de Agricultores de Colombia (SAC) por la financiación y el apoyo para la elaboración de la presente guía.

De manera especial agradecen a las plantaciones, ingenieros y técnicos de las diferentes zonas productoras del país: en la Zona Occidental, especialmente al ingeniero Manuel Marín, del Grupo Manigua; a la ingeniera Alejandra Armero, de Santa Fe S.A.; al ingeniero Carlos Enrique Angulo, de Astorga S.A., y al ingeniero Andrés Ulloa, de Palmeiras S.A. Igualmente, de la Zona Oriental, al ingeniero Gustavo Rosero y a Fabián Barreto, de la plantación Guaicaramo S.A., y al ingeniero Fredy López, de la Hacienda La Cabaña. Y en la Zona Central a la plantación Indupalma S.A. A todos ellos por compartir sus experiencias, aportes y comentarios que permitieron la construcción de la guía y realizar los ajustes necesarios para lograr un producto de calidad.

A los investigadores Nubia de los Ángeles Rairan, Carlos Andrés Burgos, Rodrigo Andrés Ávila y Andrés Camilo Simmonds por la colaboración en la organización de las visitas a las plantaciones.

Al doctor Vicente Zapata Sánchez por su orientación y apoyo en la elaboración del material didáctico de la guía.

Al grupo de trabajo del área de Fitomejoramiento de Cenipalma por la colaboración en la consecución de material fotográfico.

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

Abreviaturas: desglose de la abreviatura.

BBCH: Biologische Bundesantalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie.

g: gramos.

HR: Humedad relativa.

IA: Inflorescencia ayudada.

IAn: Inflorescencia andrógina.

IB: Inflorescencia buena.

IDP: Inflorescencia doble polinización.

kg: kilogramos.

ml: mililitros.

mm: milímetros.

OxG: *E. oleifera* x *E. guineensis*.

PC: Pudrición del cogollo.

RFF: Racimos de fruta fresca.

Contenido



Presentación	13
Introducción	15
Modelo de aprendizaje	17
Exploración inicial de conocimientos	19
Información de retorno a la exploración inicial de conocimientos.....	23
Exploración de expectativas	25
Objetivos de aprendizaje.....	25
Estructura de aprendizaje	26
Explicación de la estructura	26
Unidad de aprendizaje 1. Reconocimiento de estructuras florales en palma de aceite.....	29
Estructura de la unidad	31
Explicación de la estructura de la unidad.....	31
Preguntas orientadoras	31
Objetivos.....	32
Introducción	32
Morfología floral de palma de aceite.....	32
Ejercicio 1.1	
Cómo reconocer las partes de las inflorescencias femeninas y masculinas..	35
Identificación de los estados fenológicos de las inflorescencias en <i>Elaeis guineensis</i>	38
Identificación de los estadios fenológicos de las inflorescencias en el híbrido interespecífico OxG.....	40
Práctica 1.1	
Cómo identificar los estados fenológicos de la floración	42
Bibliografía.....	47

Unidad de aprendizaje 2. Polinización asistida en plantaciones comerciales	49
Estructura de la unidad	51
Explicación de la estructura de la unidad	51
Preguntas orientadoras	52
Objetivos.....	52
Introducción	52
Obtención de polen para la polinización asistida	53
Criterios para la selección de un lote como posible fuente de polen	53
Recorrido en el lote para la cosecha de polen	54
Recolección de polen para la polinización asistida	55
Ejercicio 2.1	
¿Qué debemos tener en cuenta para la obtención de polen?.....	56
Ejercicio 2.2	
Vamos a escoger los recorridos en el campo para la consecución de polen.....	62
Requerimientos de personal, materiales e insumos para la polinización asistida.....	68
Requerimientos de personal	68
Frecuencia de polinización y rendimientos	68
Cantidad de polen requerido por lote.....	69
Implementos para la polinización	69
Ejercicio 2.3	
Calculemos los requerimientos de polen para la labor.....	73
Polinización asistida de inflorescencias femeninas	76
Momento adecuado para iniciar la polinización.....	76
Criterio para la polinización de inflorescencias	77
Ejecución de la polinización asistida	78
Evaluación de la eficacia de la polinización asistida	80
Práctica 2.1	
Vamos a realizar la polinización asistida.....	81
Bibliografía.....	86
Unidad de aprendizaje 3. Polinización asistida en cruzamientos dirigidos para mejoramiento genético y producción de semillas.....	87
Estructura de la unidad	89
Explicación de la estructura de la unidad.....	89

Preguntas orientadoras	90
Objetivos.....	90
Introducción	90
La polinización asistida para mejoramiento genético y producción de semillas	90
Materiales para el aislamiento y la polinización de inflorescencias	91
Ejercicio 3.1	
Materiales necesarios para los aislamientos y la polinización asistida	91
Aislamientos de inflorescencias masculinas para obtención de polen legítimo ..	96
Momento adecuado para el aislamiento.....	96
Instalación de la bolsa de polinización	97
Identificación del aislamiento	98
Cosecha y obtención de polen.....	99
Aislamiento y polinización asistida de inflorescencias femeninas.....	99
Práctica 3.1	
Aislamiento de inflorescencias en el campo.....	100
Ejecución de la polinización	104
Momento adecuado para la polinización	104
Polinización de la inflorescencia	105
Identificación del cruzamiento	106
Práctica 3.2	
Polinización asistida de una inflorescencia en el campo.....	106
Seguimiento y evaluación de la calidad de la labor.....	110
Cosecha de racimos provenientes de la polinización asistida	110
Bibliografía.....	110
Unidad de aprendizaje 4. Manejo y conservación del polen	111
Estructura de la unidad	113
Explicación de la estructura de la unidad.....	113
Preguntas orientadoras	113
Objetivos de esta unidad	114
Introducción	114
Recepción y acondicionamiento del polen.....	116
Polen para fines experimentales o producción de semilla	116
Polen para polinización asistida en plantaciones comerciales.....	117

Prueba de viabilidad	118
Práctica 4.1	
Cómo se determina la viabilidad de una muestra de polen	119
Almacenamiento del polen	120
Recomendaciones con el polen almacenado.....	122
Práctica 4.2	
Método para secar y almacenar el polen proveniente del campo	124
Preparación de la mezcla para polinización asistida	127
Bibliografía.....	128
Anexos	129
Anexo 1. Evaluación de la capacitación.....	131
Anexo 2. Observación del desempeño del facilitador	134
Anexo 3. Evaluación del material de capacitación	136
Anexo 4. Plan de acción poscapacitación	138
Anexo 5. Formación de facilitadores en tecnologías de producción de palma de aceite	144
Anexos técnicos	149
Anexo 1.....	149
Anexo 2.....	152
Anexo 3. Características de los estadios fenológicos de las inflorescencias femeninas en la especie <i>E. guineensis</i>	153
Anexo 4. Características de los estadios fenológicos de las inflorescencias masculinas en la especie <i>E. guineensis</i>	155
Anexo 5. Diferencias de los estadios fenológicos de inflorescencias femeninas del híbrido interespecífico O _x G comparado con la especie <i>E. guineensis</i>	157
Anexo 6. Formato para el reporte diario de polinización.....	158
Anexo 7. Formato para la evaluación diaria de la polinización	159
Anexo 8. Formato de registro y seguimiento de aislamiento de inflorescencias.....	160
Anexo 9. Procedimiento de aislamiento de inflorescencias masculinas para la obtención de polen legítimo.....	161
Anexo 10. Procedimiento de aislamiento y polinización asistida de inflorescencias femeninas	163
Anexo 11. Fotografía de la vista al microscopio de la prueba de viabilidad.....	165
Anexo 12. Glosario	166

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

Bogotá, D.C., octubre de 2011

Introducción

La polinización de la palma de aceite es de suma importancia, considerando que del éxito que se tenga en el número de flores polinizadas dependerá la extracción de aceite de los racimos, con el consecuente beneficio para la agroindustria. El cultivo de la palma de aceite en Colombia sólo ha cumplido una generación, y su establecimiento no fue fácil, teniendo en cuenta que fue introducida del África. Inicialmente, uno de los principales problemas fue la baja eficacia de polinización, la cual se traducía en un escaso número de frutos normales y un alto número de frutos partenocárpicos y de flores abortadas, lo que a su vez se reflejaba en una baja producción de aceite en el racimo. Sin embargo, el problema de la polinización deficiente en la especie *Elaeis guineensis* fue corregido por la introducción del *Elaedobius kamerunicus*, insecto nativo del África, lo que permitió incrementar no sólo el número de frutos normales, sino también aprovechar el verdadero potencial de producción de aceite del metarrial.

Por problemas fitosanitarios, en particular la Pudrición del cogollo (PC), en algunas zonas ha sido necesario cambiar paulatinamente el material *Elaeis guineensis* (palma africana) por el híbrido interespecífico OxG (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*), debido a su aparente resistencia parcial a esa enfermedad. No obstante, la tasa de extracción de aceite de este último bajo condiciones de polinización natural, es muy inferior a la de *E. guineensis* y ello se debe a la baja eficacia de polinización (*fruit set*) que presenta el híbrido interespecífico.

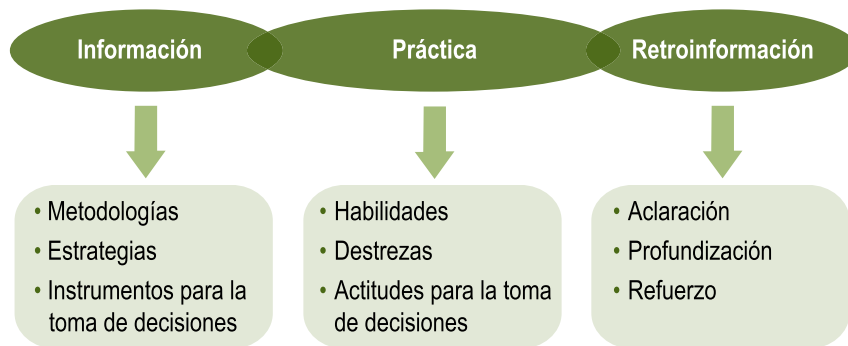
Tal falencia se ha contrarrestado con la polinización asistida, que consiste en hacer una aplicación manual de polen, con lo que se logra aumentar la tasa de extracción al generar racimos con una mayor proporción de frutos normales (fértiles) con mayor contenido de aceite. No obstante, esta práctica no ha sido difundida de manera adecuada y son pocas las empresas palmeras que la implementan en la actualidad.

Por lo tanto, esta guía metodológica pretende transmitir información sobre cómo realizar la polinización en forma adecuada siguiendo los parámetros técnicos desarrollados en el país para esta labor. De esta manera, se convierte en una herramienta que le permite al lector tener criterios de decisión acerca de los parámetros que se deben contemplar al momento de polinizar el híbrido OxG y, adicionalmente, plantea una serie de prácticas y ejercicios didácticos que permiten abordar los diferentes temas relacionados con la polinización en palma de aceite, facilitando la capacitación del personal encargado de la realización y supervisión de la actividad.

La guía abarca cuatro grandes temas: (a) reconocimiento de estructuras reproductivas en la especie *E. guineensis* y el híbrido interespecífico OxG, (b) polinización comercial, (c) cruzamientos y polinización dirigida para producción de semilla y (d) manejo y conservación de polen. Los temas se desarrollan en secciones que presentan actividades en el tiempo, lo que les permite al facilitador y a los participantes abordarlos en forma secuencial.

El presente material está dirigido a los núcleos palmeros, agrónomos, técnicos de plantación, personal de campo e instructores de formación tecnológica responsables de lo relacionado con la polinización.

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 facilitan 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

Instrucciones

Antes de iniciar las actividades de capacitación, el facilitador de esta guía les pedirá a los participantes responder a las preguntas que aparecen a continuación. Sin embargo, en el Anexo técnico 1 se encuentra otro modelo para la evaluación inicial de acuerdo con el tipo de auditorio y el nivel de dificultad. Se recomienda que les entregue una hoja de respuesta (Anexo técnico 2) y que les aclare que no se trata de una evaluación, sino de un instrumento que les ayudará a él a abordar la temática y, a ellos, a identificar los aspectos que desean profundizar.

Preguntas: selección múltiple con única respuesta

1. Las siguientes son características de las inflorescencias femeninas del material híbrido interespecífico OxG diferentes a materiales de *E. guineensis*:
 - a. ___ Presencia de brácteas pedunculares durante la mayor parte del desarrollo de la inflorescencia, y las espinas florales son largas y de color verde.
 - b. ___ Presencia de brácteas pedunculares durante el inicio del desarrollo de la inflorescencia, y las espinas son largas y de color verde.
 - c. ___ Presencia de brácteas pedunculares durante la mayor parte del desarrollo de la inflorescencia, y las espinas florales son cortas y de color crema o café.
 - d. ___ Presencia de brácteas pedunculares durante el inicio del desarrollo de la inflorescencia, y las espinas son largas y de color café.
2. Las características más importantes para identificar el estado de desarrollo de inflorescencias femeninas y masculinas en palma de aceite son:
 - a. ___ En las masculinas se tienen en cuenta el grado de ruptura de la bráctea peduncular y la apertura de las espiguillas digitiformes; en las femeninas, el tamaño de la inflorescencia y de las raquillas.
 - b. ___ En las masculinas se tienen en cuenta el grado de ruptura de la bráctea peduncular y la presencia de insectos polinizadores; en las femeninas, la presencia y el tamaño del botón floral.
 - c. ___ En las masculinas se tienen en cuenta el grado de ruptura de las espiguillas digitiformes y el tamaño de la bráctea peduncular; en las femeninas, la presencia y el tamaño del botón floral.
 - d. ___ En las masculinas se tienen en cuenta el grado de ruptura de la bráctea peduncular y la apertura de las espiguillas digitiformes; en las femeninas, la presencia y el tamaño del botón floral.
3. Algunas causas de la baja eficacia de la polinización natural en el material híbrido interespecífico OxG son:
 - a. ___ La viabilidad del polen del híbrido interespecífico OxG es muy baja, la cantidad de inflorescencias masculinas es demasiado alta y las brácteas pedunculares impiden el acceso a los insectos polinizadores.
 - b. ___ La viabilidad del polen del híbrido interespecífico OxG es muy baja, la cantidad de in-

- florescencias masculinas es insuficiente y las brácteas pedunculares impiden el acceso a los insectos polinizadores.
- c. ___ La población de insectos polinizadores es muy alta, la cantidad de inflorescencias masculinas es insuficiente y las brácteas pedunculares impiden el acceso a los insectos polinizadores.
- d. ___ La población de insectos polinizadores es baja, la cantidad de inflorescencias masculinas es insuficiente y la altura de la palma impide el acceso a los insectos polinizadores.
4. La labor comercial de polinización asistida tiene como objetivo:
- a. ___ Aprovechar el potencial productivo del material, aumentar la eficacia de la polinización, mejorar la conformación del racimo e incrementar la tasa de extracción de aceite.
- b. ___ Aprovechar el potencial polínico del lote, aumentar la eficacia de la polinización, mejorar la conformación del racimo e incrementar la tasa de extracción de aceite.
- c. ___ Aprovechar el potencial productivo del material, aumentar la eficacia de la polinización, mejorar la conformación de la palma e incrementar la extracción de aceite.
- d. ___ Aprovechar el potencial productivo del material, aumentar la eficacia de la fertilización, mejorar la conformación del racimo e incrementar la tasa de extracción de aceite.
5. La principal diferencia entre la polinización asistida para producción de semillas y la comercial que se maneja comúnmente es:
- a. ___ Para la polinización comercial se utiliza una mayor cantidad de personal, materiales e insumos que en la producción de semillas.
- b. ___ Para producción de semillas se utiliza polen proveniente de una fuente seleccionada, mientras que en polinización comercial se realizan mezclas de varias fuentes.
- c. ___ Para producción de semillas se utiliza una mayor cantidad de personal, materiales e insumos que en la polinización comercial.
- d. ___ Para producción de semillas se utilizan mezclas de varias fuentes de polen mientras que en polinización comercial se toma de una fuente seleccionada.
- 6.Cuál de las siguientes sería una recomendación equivocada que un coordinador de plantación les haría a los trabajadores de campo respecto a los aislamientos para la producción de semillas:
- a. ___ Embolsar las inflorescencias en el estado de preantesis II.
- b. ___ Sellar el aislamiento para impedir el ingreso de insectos polinizadores.
- c. ___ Cortar todas las estructuras de la planta que impidan el acceso a las inflorescencias.
- d. ___ Remover las brácteas pedunculares y prófilos presentes en la inflorescencia.
7. Algunos factores que garantizan el éxito para el almacenamiento del polen son:
- a. ___ Lograr una humedad alta del polen para su conservación, mantener las muestras refrigeradas y realizar pruebas de viabilidad.
- b. ___ Revisar el color del polen, mantener las muestras refrigeradas y realizar pruebas de viabilidad.
- c. ___ Lograr la humedad adecuada para la conservación, mantener las muestras refrigeradas y realizar pruebas de viabilidad.
- d. ___ Lograr la humedad adecuada para la conservación, mantener las muestras refrigeradas y mezclar el polen con talco.
8. La prueba de vialidad de una muestra de polen nos sirve para:
- a. ___ Calcular la proporción de polen:talco para hacer la mezcla de polinización, verificar la calidad del aislamiento de la inflorescencia y detectar fallas en el proceso de almacenamiento.

- b. ___ Calcular la proporción de polen:talco para hacer la mezcla de polinización, verificar la calidad del polen obtenido en el campo y detectar fallas en el proceso de almacenamiento.
- c. ___ Calcular la producción esperada en los siguientes meses, verificar la calidad del polen obtenido en campo y detectar fallas en el proceso de almacenamiento.
- d. ___ Calcular la proporción de polen:talco para hacer la mezcla de polinización, verificar la calidad del polen obtenido en campo y detectar fallas en la formación de racimos.

Información de retorno a la exploración inicial de conocimientos

Instrucciones

En esta parte inicial de la capacitación el facilitador les da a los participantes las respuestas correctas a las preguntas del cuestionario presentado anteriormente, bien sea en la pantalla o de viva voz. Es recomendable ir presentando las respuestas una a una, a medida que los participantes enuncian las que ellos han dado, con lo que se crea un ambiente propicio para discutir los temas que serán objeto de la capacitación. Esta es una oportunidad para explorar qué tanto saben los participantes acerca de los mismos.

Preguntas: selección múltiple con única respuesta

1. Las siguientes son características de las inflorescencias femeninas del material híbrido interespecífico OxG diferentes a materiales de *E. guineensis*:
 - a. ___ Presencia de brácteas pedunculares durante la mayor parte del desarrollo de la inflorescencia, y las espinas florales son largas y de color verde.
 - b. ___ Presencia de brácteas pedunculares durante el inicio del desarrollo de la inflorescencia, y las espinas son largas y de color verde.
 - c. **X Presencia de brácteas pedunculares durante la mayor parte del desarrollo de la inflorescencia, y las espinas florales son cortas y de color crema o café.**
 - d. ___ Presencia de brácteas pedunculares durante el inicio del desarrollo de la inflorescencia, y las espinas son largas y de color café.
2. Las características más importantes para identificar el estado de desarrollo de inflorescencias femeninas y masculinas en palma de aceite son:
 - a. ___ En las masculinas se tienen en cuenta el grado de ruptura de la bráctea peduncular y la apertura de las espiguillas digitiformes; en las femeninas, el tamaño de la inflorescencia y de las raquillas.
 - b. ___ En las masculinas se tienen en cuenta el grado de ruptura de la bráctea peduncular y la presencia de insectos polinizadores; en las femeninas, la presencia y el tamaño del botón floral.
 - c. ___ En las masculinas se tienen en cuenta el grado de ruptura de las espiguillas digitiformes y el tamaño de la bráctea peduncular; en las femeninas, la presencia y el tamaño del botón floral.
 - d. **X En las masculinas se tiene en cuenta el grado de ruptura de la bráctea peduncular y la apertura de las espiguillas digitiformes; en las femeninas, la presencia y el tamaño del botón floral.**
3. Algunas causas de la baja eficacia de la polinización natural en el material híbrido interespecífico OxG son:
 - a. ___ La viabilidad del polen del híbrido interespecífico OxG es muy baja, la cantidad de inflorescencias masculinas es demasiado alta y las brácteas pedunculares impiden el acceso a los insectos polinizadores.
 - b. **X La viabilidad del polen del híbrido interespecífico OxG es muy baja, la cantidad de**

- inflorescencias masculinas es insuficiente y las brácteas pedunculares impiden el acceso a los insectos polinizadores.**
- c. ___ La población de insectos polinizadores es muy alta, la cantidad de inflorescencias masculinas es insuficiente y las brácteas pedunculares impiden el acceso a los insectos polinizadores.
- d. ___ La población de insectos polinizadores es baja, la cantidad de inflorescencias masculinas es insuficiente y la altura de la palma impide el acceso a los insectos polinizadores.
4. La labor comercial de polinización asistida tiene como objetivo:
- a. **X Aprovechar el potencial productivo del material, aumentar la eficacia de la polinización, mejorar la conformación del racimo e incrementar la tasa de extracción de aceite.**
- b. ___ Aprovechar el potencial polínico del lote, aumentar la eficacia de la polinización, mejorar la conformación del racimo e incrementar la tasa de extracción de aceite.
- c. ___ Aprovechar el potencial productivo del material, aumentar la eficacia de la polinización, mejorar la conformación de la palma e incrementar la extracción de aceite.
- d. ___ Aprovechar el potencial productivo del material, aumentar la eficacia de la fertilización, mejorar la conformación del racimo e incrementar la tasa de extracción de aceite.
5. La principal diferencia entre la polinización asistida para producción de semillas y la comercial que se maneja comúnmente es:
- a. ___ Para la polinización comercial se utiliza una mayor cantidad de personal, materiales e insumos que en la producción de semillas.
- b. **X Para producción de semillas se utiliza polen proveniente de una fuente seleccionada, mientras que en polinización comercial se realizan mezclas de varias fuentes.**
- c. ___ Para producción de semillas se utiliza una mayor cantidad de personal, materiales e insumos que en la polinización comercial.
- d. ___ Para producción de semillas se utilizan mezclas de varias fuentes de polen, mientras que en polinización comercial se toma de una fuente seleccionada.
- 6.Cuál de las siguientes sería una recomendación equivocada que un coordinador de plantación les haría a los trabajadores de campo respecto a los aislamientos para la producción de semillas:
- a. ___ Embolsar las inflorescencias en el estado de preantesis II.
- b. ___ Sellar el aislamiento para impedir el ingreso de insectos polinizadores.
- c. **X Cortar todas las estructuras de la planta que impidan el acceso a las inflorescencias.**
- d. ___ Remover las brácteas pedunculares y prófílo presentes en la inflorescencia.
7. Algunos factores que garantizan el éxito para el almacenamiento del polen son:
- a. ___ Lograr una humedad alta del polen para su conservación, mantener las muestras refrigeradas y realizar pruebas de viabilidad.
- b. ___ Revisar el color del polen, mantener las muestras refrigeradas y realizar pruebas de viabilidad.
- c. **X Lograr la humedad adecuada para la conservación, mantener las muestras refrigeradas y realizar pruebas de viabilidad.**
- d. ___ Lograr la humedad adecuada para la conservación, mantener las muestras refrigeradas y mezclar el polen con talco.
8. La prueba de vialidad de una muestra de polen nos sirve para:
- a. ___ Calcular la proporción de polen:talco para hacer la mezcla de polinización, verificar la calidad del aislamiento de la inflorescencia y detectar fallas en el proceso de almacenamiento.

- b. **X** Calcular la proporción de polen:talco para hacer la mezcla de polinización, verificar la calidad del polen obtenido en el campo y detectar fallas en el proceso de almacenamiento.
- c. ___ Calcular la producción esperada en los siguientes meses, verificar la calidad del polen obtenido en campo y detectar fallas en el proceso de almacenamiento.
- d. ___ Calcular la proporción de polen:talco para hacer la mezcla de polinización, verificar la calidad del polen obtenido en campo y detectar fallas en la formación de racimos.

Exploración de expectativas

Orientaciones para el facilitador

Antes de iniciar la capacitación el facilitador tiene la oportunidad de generar una discusión con los participantes sobre sus expectativas alrededor del tema que se ha de tratar; ello permite desarrollar una retroalimentación que facilite definir el derrotero de la temática. Para esta actividad se tiene establecido un tiempo máximo de 30 minutos.

El facilitador puede decidir la dinámica que desee utilizar en la exploración de expectativas. Sin embargo, aquí sugerimos una que puede funcionar muy bien y combinarse con la presentación de los participantes entre sí:

- Se forman grupos de cinco participantes.
- Pida la elección de un líder para que dirija la discusión y sintetice las expectativas de su grupo.
- El capacitador le solicitará al líder de cada grupo que presente a sus compañeros y exprese para los demás las expectativas que tiene con respecto a la capacitación que está iniciándose.
- El facilitador recopilará la información suministrada por los grupos, resaltando aquellas expectativas que corresponden a los objetivos de la capacitación.

Aquellas que no correspondan serán identificadas con claridad para que los participantes no esperen que sean abordadas durante la capacitación.

- La pregunta que orienta este ejercicio es: ¿qué expectativas espera cumplir como resultado de la presente capacitación? En otras palabras, ¿qué beneficios cree que le aportará a usted esta capacitación en su formación técnica?

Objetivos de aprendizaje

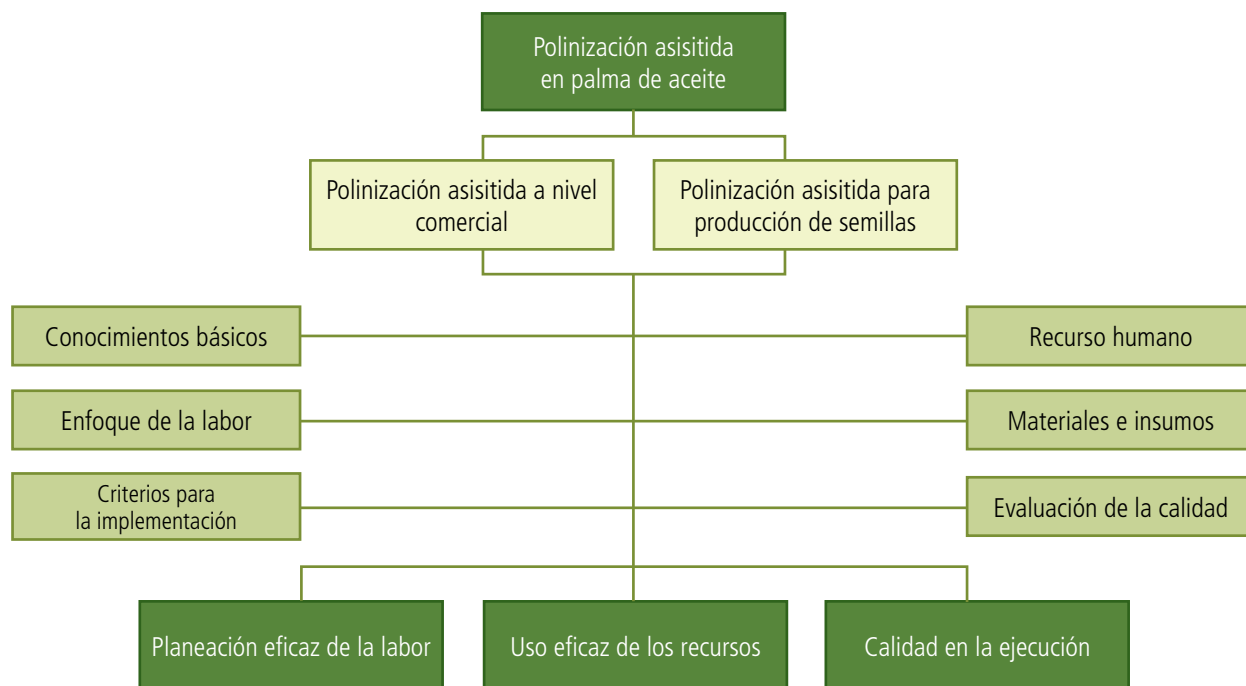
Al finalizar el estudio de esta guía usted estará en capacidad de:

- Reconocer las estructuras de reproducción del híbrido interespecífico OxG y de la especie *E. guineensis*, y así conocer sus diferentes estadios fenológicos.
- Identificar las limitaciones que pueden tener los participantes para la implementación de la polinización asistida en el material híbrido OxG.
- Describir la metodología, el personal, los instrumentos e insumos que se deben tener en cuenta para la polinización del híbrido OxG, resaltando la importancia que tiene la planeación en el éxito de la labor.
- Aplicar los procedimientos que aseguren la mayor calidad en la obtención de inflorescencias femeninas para los procesos de aislamiento y su posterior polinización durante la etapa de obtención de semilla.
- Emplear las herramientas de control y seguimiento cuando se realiza una polinización dirigida con fines de producción de semillas.
- Usar las técnicas para asegurar el buen manejo y la conservación del polen colectado en el campo.
- Compartir información sobre la polinización asistida, aplicando los criterios técnicos de implementación y evaluación de la labor para mejorar la calidad en la práctica.

Estructura de aprendizaje

En esta guía se presentan temas relacionados con la polinización asistida en palma de aceite, tanto a nivel comercial como para la producción de semillas, bus-

cando generar criterios para la adecuada implementación y ejecución de dicha labor. A continuación se presenta la estructura de aprendizaje propuesta para el desarrollo de la guía.



Explicación de la estructura

La estructura de aprendizaje planteada para esta guía abarca dos grandes temas: polinización asistida a nivel comercial y polinización asistida para producción de semillas.

El punto de partida son los aspectos relacionados con los conocimientos básicos de la biología floral de la palma, el enfoque con el que se debe manejar cada uno de estos tipos de polinización, los criterios para su ejecución, las características del personal requerido, los materiales e insumos con los que se debe contar para el adecuado desarrollo de la labor y algunos criterios de evaluación que permitan medir la calidad del proceso. Todo lo anterior tiene como objetivo lograr la planeación eficaz de los procesos por desarrollar, usan-

do los recursos disponibles para obtener productos de calidad.

Para abordar los temas mencionados, la guía se divide en cuatro unidades de aprendizaje que se describen a continuación:

En la Unidad de aprendizaje 1 se tiene previsto dar información sobre la morfología de las estructuras florales, ya que del conocimiento que de ésta se tenga, se podrá inferir el momento oportuno para el aislamiento de las inflorescencias femeninas destinadas a cruzamientos dirigidos, así como el estado para la polinización manual.

En la Unidad de aprendizaje 2 se explican las características del personal responsable de la polinización, el estado fenológico óptimo de las inflorescencias femeni-

nas para realizar la polinización, los recursos necesarios para desarrollarla y los parámetros para tener en cuenta durante la evaluación de la labor.

En la Unidad de aprendizaje 3 se describen las actividades y los procedimientos que se deben desarrollar en el momento de realizar un aislamiento con fines de producción de semillas. Se revisan los diferentes estadios de desarrollo de las inflorescencias femeninas y de

las masculinas, se describen los materiales e insumos, y, por último, se indican los pasos que se han de seguir para el aislamiento y la polinización dirigida.

En la Unidad de aprendizaje 4 se explican los procedimientos que deben seguirse desde la recepción del polen en el laboratorio, hasta la evaluación de su viabilidad y almacenamiento, con miras a lograr su conservación prolongada.



Unidad de aprendizaje 1. Reconocimiento de estructuras florales en palma de aceite

Estructura de la unidad	31
Explicación de la estructura de la unidad.....	31
Preguntas orientadoras	31
Objetivos.....	32
Introducción	32
Morfología floral de palma de aceite.....	32
Ejercicio 1.1	
Cómo reconocer las partes de las inflorescencias femeninas y masculinas.....	35
Identificación de los estados fenológicos de las inflorescencias en <i>Elaeis guineensis</i>	38
Identificación de los estadios fenológicos de las inflorescencias en el híbrido interespecífico OxG.....	40
Práctica 1.1	
Cómo identificar los estados fenológicos de la floración	42
Bibliografía.....	47



Figura 1. Fotos: A. Sánchez, 2011.

Estructura de la unidad

Esta unidad de aprendizaje está dirigida al personal responsable de la polinización asistida o el aislamiento de inflorescencias para la producción de semilla.

La siguiente es la estructura que guiará el proceso de aprendizaje durante esta unidad (Figura 1.1).

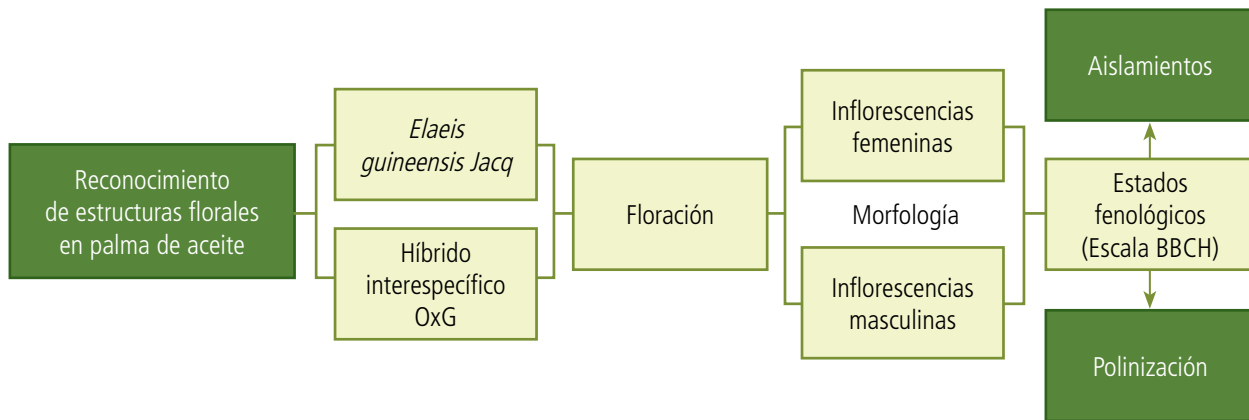


Figura 1.1 Estructura de la unidad. Reconocimiento de estructuras florales en la palma de aceite.

Explicación de la estructura de la unidad

En esta unidad se mencionan las características de las inflorescencias en los materiales de siembra de palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq. y el híbrido interespecífico entre *E. oleifera* Cortes y *E. guineensis* Jacq. (OxG), que son la base para el entendimiento de la producción de racimos. Se describe la morfología de las inflorescencias tanto femeninas como masculinas y se hace la distinción entre las de los materiales genéticos, con el propósito de entender los estados fenológicos de las inflorescencias. Para ello se usa la escala fenológica BBCH, teniendo en cuenta que el entendimiento y la correcta identificación de los mismos son pasos claves

para el éxito de los aislamientos en el caso de la producción de semillas o la polinización comercial.

Preguntas orientadoras

El facilitador realizará una serie de preguntas para identificar el nivel de conocimiento que tienen los participantes sobre el tema y, al mismo tiempo, para introducirlos al contenido.

- ¿Cuáles son las características de la floración en palma de aceite?
- Describa cómo se forma un racimo en la palma de aceite.

- ¿Cuáles son las diferencias más notables entre una inflorescencia masculina y una femenina?
- Nombre las diferencias entre las inflorescencias de *E. guineensis* y el híbrido interespecífico O×G.

Objetivos

Los siguientes son los objetivos de aprendizaje que se espera que los participantes logren con el desarrollo de esta unidad:

- Utilizar la terminología adecuada para describir aspectos morfológicos de la floración en la palma de aceite.
- Diferenciar visualmente entre las estructuras florales femeninas y masculinas en la palma de aceite y las partes de cada una de ellas.
- Identificar cada uno de los estados fenológicos de las inflorescencias en la especie *Elaeis guineensis*.
- Identificar cada uno de los estados fenológicos de las inflorescencias en el híbrido interespecífico O×G.

Introducción

La rentabilidad del cultivo de palma de aceite se basa en la producción de racimos de fruta fresca para la extracción de aceite. Los racimos son el resultado de la fecundación de inflorescencias femeninas, que tan pronto son polinizadas inician la formación de los frutos normales, mediante la ocurrencia de una serie de procesos bioquímicos que culminan con la biosíntesis y el almacenamiento de los triglicéridos (aceite).

Vale explicar que se pueden presentar problemas de polinización deficiente de las inflorescencias femeninas y causar una formación muy baja de frutos normales (polinizados) en el racimo, inconvenientes que pueden estar asociados, entre otras, a situaciones como escasez de inflorescencias masculinas, baja población del insecto polinizador (*Elaeidobious kamerunicus*) o a una barrera morfológica proveniente de las inflorescencias. Tal irregularidad motiva el estudio de la morfología y el desarrollo floral con más detalle.

Esta unidad de aprendizaje se enfoca en reconocer y diferenciar las estructuras y los estadios fenológicos de las inflorescencias, con el objeto de poder tomar la mejor decisión en el momento del aislamiento o polinización de la misma, teniendo en cuenta que existen diferencias morfológicas en la formación de inflorescencias entre la especie *E. guineensis* y el híbrido interespecífico O×G.

Morfología floral de la palma de aceite

La palma de aceite es monoica, lo que significa que produce por separado, pero en la misma planta las inflorescencias femeninas y masculinas en un ciclo alternado que está en función de los factores genéticos, la edad y, en particular, las condiciones ambientales (Corley y Tinker, 2009). La formación de estas estructuras ocurre dentro del estípite en sincronía con cada axila foliar alrededor de 30 meses antes de llegar a anthesis. En las primeras etapas de su desarrollo, los primordios florales traen órganos tanto masculinos como femeninos, pero su sexo se define posteriormente. Sin embargo, en ocasiones se desarrollan ambos completamente, formando una flor hermafrodita (Corley y Tinker, 2009). Las inflorescencias masculinas tienen la función de proveer el polen necesario para fecundar a las femeninas, que posteriormente se convierten en una serie de frutos oleaginosos dispuestos en un racimo (Corley y Tinker, 2009).

Morfológicamente, una inflorescencia es la disposición de cierto número de estructuras sobre las ramas o la extremidad del tallo y se desarrolla en la axila de una hoja. La inflorescencia consta de un eje principal llamado raquis conformado por espiguillas o raquillas dispuestas en espiral a su alrededor, y a su vez éstas poseen espinas florales en cuyas axilas nacen las flores. El raquis está unido al tallo por un pedúnculo fuerte, de donde nacen dos estructuras fibrosas llamadas bráctea peduncular y prófilo, que cubren toda la inflorescencia durante la mayor parte de su desarrollo (Figura 1.2) (Corley y Tinker, 2009).

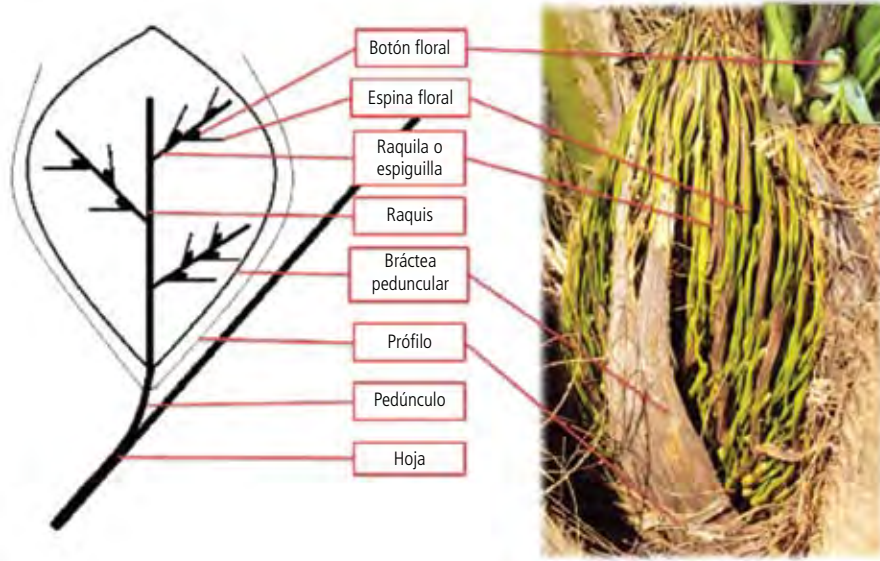


Figura 1.2. Partes de una inflorescencia. Fuente: A. Sánchez, 2011.

Como se muestra en la Figura 1.3, la inflorescencia femenina en este caso de la especie *E. guineensis* (1.3A-1.3I), se compone de una bráctea peduncular y un prófalo que recubre la inflorescencia (1.3B), un pedúnculo corto y grueso que sostiene la estructura (1.3C) y un conjunto de raquillas o espiguillas dispuestas en espiral a lo largo del raquis (1.3D). Asimismo, en cada raquilla se encuentran situadas varias brácteas o espinas florales

(1.3E) circundando el botón floral ubicado en la axila de cada una (1.3F). El botón floral está cubierto por tres pétalos que se abren cuando la flor alcanza el estado de antesis y deja expuestos sus tres estigmas para recibir el polen (1.3G). En el momento de ser polinizada la inflorescencia, las flores cambian a color púrpura (1.3H) y transcurridos unos días se tornan de color negro y comienza la formación del fruto (1.3I).

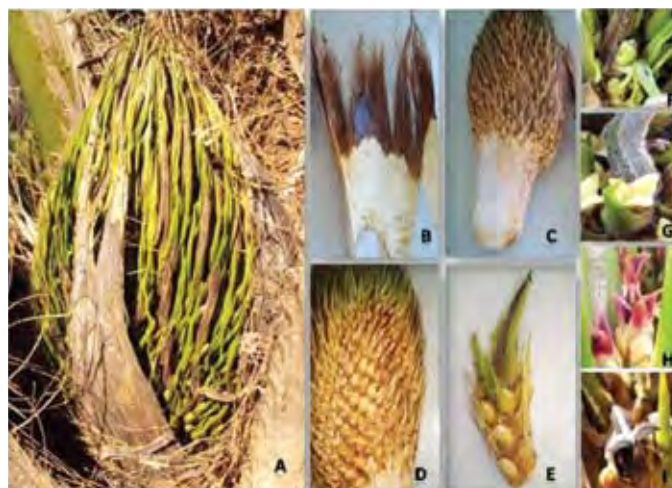


Figura 1.3. Inflorescencia femenina de *E. guineensis* y sus partes. A. Inflorescencia femenina. B. Bráctea peduncular. C. Pedúnculo. D. Raquis. E. Raquilla. F. Botón floral. G. Flor en antesis. H. Flor polinizada. I. Flor en senescencia. Fotos: A. Sánchez, 2011.

En cambio, como se muestra en la Figura 1.4, en las inflorescencias del híbrido interespecífico (1.4A - 1.4I), la bráctea peduncular y el prófalo (1.4B) son más persistentes durante todo el desarrollo de la inflorescencia. Su pedúnculo es más corto (1.4C), las raquillas son de mayor longitud (1.4D) y las espinas de las brácteas en donde se insertan las flores son más cortas, su extremo no es puntiagudo y son de color verde a café medio (1.4D). Finalmente, cuando el racimo madura, aún se encuentra cubierto parcialmente por el material fibroso de la bráctea peduncular (1.4E). Por otro lado, cuando está a punto de abrir, el botón floral se torna de color café (1.4F), pero al momento de llegar a antesis

expone sus tres estigmas de color crema (1.4G) y al ser polinizado se torna de color rosado (1.4H). Luego de la polinización, los estigmas se vuelven de color negro y en el ovario de la flor comienza la formación del fruto (1.4I).

Hay que tener en cuenta que otra de las diferencias de este material con la especie *E. guineensis* es la asincronía floral, lo que quiere decir que el período de antesis es más irregular porque los botones florales abren poco a poco de arriba abajo y este proceso puede durar hasta tres semanas, trayendo consecuencias en la maduración desigual de los racimos (Corley y Tinker, 2009).



Figura 1.4. Características de la inflorescencia femenina del híbrido interespecífico OxG. A. Inflorescencia en antesis. B. Prófalo. C. Inflorescencia descubierta. D. Raquilla. E. Racimo envuelto en la bráctea peduncular. F. Botón floral. G. Flor en antesis. H. Flor polinizada. I. Flor en senescencia e inicio de la formación de fruto. Fotos: A. Sánchez, 2011.

En cuanto a las inflorescencias masculinas, se observa en la Figura 1.5 que la inflorescencia (1.5A-1.5G) antes de abrir está completamente encerrada por un prófalo y una bráctea peduncular (1.5B-1.5C), y se forma sobre un pedúnculo más largo que el de la femenina (1.5C), que a su vez sostiene el raquis, donde se insertan en forma de espiral las raquillas o espiguillas (1.5D). La estructura masculina se diferencia porque posee espiguillas largas digitiformes cilíndricas de co-

lor café (1.5E) y no es espinosa. A lo largo de éstas se encuentran insertas las espinas florales y también los botones florales (1.5F). Las anteras de las flores masculinas producen abundante polen con un olor característico a anís (1.5G), llegando a producir entre 25 y 50 gramos de polen por inflorescencia. La mayor parte del polen se esparce durante los primeros dos o tres días y su producción cesa sobre los cinco días (Corley y Tinker, 2009).



Figura 1.5. Inflorescencia masculina y sus partes. A. Inflorescencia masculina. B. Perfil y bráctea peduncular. C. Detalle del pedúnculo. D. Raquis. E. Raquillas o espiguillas. F. Detalle de espinas florales sobre la raquilla. G. Flores en estado de antesis. Fotos: A. Sánchez, 2011.

En el híbrido OxG la inflorescencia masculina difiere en la longitud de las espiguillas digitiformes, que son más cortas, se encuentran más apretadas hacia el centro y se abren paso a través de la bráctea peduncular poco antes de la antesis.

Ejercicio 1.1 Cómo reconocer las partes de las inflorescencias femeninas y masculinas

Objetivo

Al finalizar este ejercicio los participantes estarán en capacidad de reconocer las partes de una inflorescencia femenina y una masculina, así como sus diferencias morfológicas.

Orientaciones al facilitador

- El facilitador deberá cortar con un día de anticipación, de acuerdo con el número de participantes, inflorescencias femeninas y masculinas tanto de *E. guineensis* como del híbrido interespecífico OxG, con el propósito de que los participantes realicen la disección de la inflorescencia para conocer con más detalle cada una de sus partes.

- Divida a los participantes en subgrupos de cuatro a cinco personas. Antes de iniciar el ejercicio, solicite a cada grupo elegir un líder, que será el encargado de comentar los resultados de la actividad.
- Entregue a cada grupo una inflorescencia para su análisis, las herramientas necesarias (cuchillos y guantes) y el formato de trabajo 1.1.
- Lea las orientaciones a los participantes y asegúrese de que las comprendan plenamente.

Elementos requeridos para el ejercicio

- El tiempo requerido para la disección será de 30 minutos.
- 10 minutos por grupo para la discusión en plenaria de los resultados.
- Una inflorescencia femenina o masculina en diferente estado de preantesis para cada grupo de participantes.
- Un cuchillo por cada grupo de participantes para abrir las inflorescencias.

- Un par de guantes de carnaza para cada grupo de participantes.
- El formato de trabajo 1.1 para cada grupo de trabajo.
- Observe la inflorescencia y utilice las herramientas entregadas por el facilitador para identificar las partes externas e internas que la conforman, mencionadas en el formato de trabajo 1.1.

Orientaciones al participante

- Para la realización de este ejercicio se tiene establecido un tiempo de 30 minutos para la disección de la inflorescencia y el diligenciamiento del formato de trabajo 1.1, y 10 minutos por grupo para la presentación de los resultados.
- Registre en el formato de trabajo cuál es la función de cada parte de la inflorescencia.
- Una vez completado el formato del ejercicio, comparta sus resultados con los demás grupos para reconocer el desarrollo de cada una de las partes en las diferentes inflorescencias observadas.

Formato de trabajo 1.1

Participantes:	
Señale el tipo de material vegetal: <i>E. guineensis</i> : _____ Híbrido interespecífico OxG: _____	
Sexo de la inflorescencia:	
Identificación de las partes de una inflorescencia	
Parte	¿Cuál cree que es la función?
Pedúnculo	
Prófilo	
Bráctea peduncular	
Raquis	
Raquilas	
Espina floral	
Botón floral	
Pregunta	
De acuerdo con lo observado, ¿cuáles considera que son las características más representativas de su inflorescencia?	

Información de retorno del ejercicio

Una vez terminada la plenaria, el facilitador iniciará la descripción detallada de la función de cada una de las partes de la inflorescencia con base en la información

consignada en la Tabla 1.1. También debe mostrar a los participantes las diferencias entre la interpretación dada por ellos y la presentada en la tabla, resaltando los aciertos y despejando las dudas surgidas durante el ejercicio.

Tabla 1.1. Descripción de las funciones de cada parte de la inflorescencia

Parte de la inflorescencia	Inflorescencia femenina	Inflorescencia masculina
Pedúnculo	Sostiene a la inflorescencia en la axila de cada hoja. Es la unión entre la planta y la inflorescencia, que permite el paso de nutrientes de la planta hacia la estructura reproductiva.	
Prófilo	Estructura fibrosa externa que protege la inflorescencia en sus primeros estados de desarrollo.	
Bráctea peduncular	Estructura fibrosa y consistente que encierra totalmente la inflorescencia hasta el estado de preantesis 1 (601), y luego se va rompiendo para protegerla de daños mecánicos.	
Raquís	Eje central de la inflorescencia que sostiene las raquillas o espiguillas en forma de espiral.	
Raquillas	Son el eje donde se encuentran insertadas las espinas florales y los botones florales; son de punta roma.	
Espina floral	Capa en forma de espina que rodea al botón floral para permitir su desarrollo a través de la misma.	
Botón floral	Órgano que al llegar al estado de antesis (607) está dispuesto (gameto femenino) a recibir el grano de polen para su fecundación y formar un fruto.	Órgano que al llegar al estado de antesis (607) libera de sus anteras los granos de polen o gametos masculinos para fecundar una flor femenina.

Identificación de los estados fenológicos de las inflorescencias en *Elaeis guineensis*







El estudio de los eventos periódicos naturales involucrados en la vida de las plantas se denomina fenología (Volpe, 1992; Villalpando y Ruiz, 1993; Schwartz, 1999). Ocurren cambios visibles en la morfología externa de las estructuras de una planta (germinación de la semilla, desarrollo de la floración, maduración de los frutos, etc.) como respuesta a condiciones ambientales. El período entre dos distintas fases de crecimiento se llama estado fenológico (Villalpando y Ruiz, 1993).





Existen diferentes metodologías para la identificación de los estados fenológicos en especies vegetales. Una de las más usadas en la actualidad es la escala extendida BBCH, un sistema de codificación uniforme para la identificación fenológica de estados de crecimiento de todas las especies de las plantas. En el caso de la palma de aceite, se utilizaron los estados fenológicos descritos por Hormaza et ál. (2011).

De este modo, para el caso de las inflorescencias femeninas y masculinas, su desarrollo parece idéntico hasta el punto en que se inician las espinas en los primordios de las espiguillas (Corley y Tinker, 2009). Sin embargo, el desarrollo de las inflorescencias masculinas tarda unos días más que el de las femeninas entre cada estado. En la mayor parte de su desarrollo, la inflorescencia está completamente encerrada en un prófilo y una bráctea peduncular. Ambas capas son fibrosas y sufren una necrosis al romperse cuando la estructura alcanza el 90% del tamaño total; y en ese momento se puede determinar visualmente el sexo de la inflorescencia (Hormaza et ál., 2011)

Entre la emergencia de la estructura hasta el momento en el cual se diferencia su sexo (estado fenológico preantesis I o 601) transcurren alrededor de 30 días. De ahí en adelante se inicia la diferenciación de cada estado fenológico de la floración, como se muestra en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2. Características de los estados fenológicos de las inflorescencias en la especie *Elaeis guineensis*

Estadio	Femenina	Masculina
<p>Preantesis 1 (601)</p>	 <p>La bráctea peduncular comienza a rasgarse, se visualiza su sexo y se observan las raquillas o espiguillas de color verde claro, apretadas hacia el centro. Aún no se visualizan los botones florales. La duración de esta etapa es de siete a ocho días aproximadamente.</p>	 <p>La bráctea peduncular se rasga y se distinguen las raquillas o espiguillas con forma digitiforme o cilíndrica, de color café y apretadas hacia el centro. La duración de esta etapa es de siete a ocho días aproximadamente.</p>
<p>Preantesis 2 (602)</p>	 <p>En este estadio las raquillas están más sueltas entre sí y en la axila de cada espina floral se observa el ápice del botón floral que se encuentra cubierto por la bráctea del verticilo de color verde pálido o rojizo. La duración de este estadio es de siete a ocho días.</p>	 <p>Las raquillas cilíndricas de la inflorescencia se encuentran parcialmente expuestas y libres, debido a que su bráctea peduncular está más rasgada. Aún se observan algunos vestigios de color verde. Han transcurrido ocho días después de haberse presentado la preantesis 1.</p>
<p>Preantesis 3 (603)</p>	 <p>Las raquillas y las espinas florales están más separadas. Se observan fácilmente los botones florales, debido a la ruptura de la bráctea del verticilo. Los botones presentan un tamaño de unos 5 mm y se tornan de color crema. Han pasado siete días desde la preantesis 2.</p>	 <p>Debido a la elongación de la inflorescencia se provoca la ruptura total de la bráctea peduncular, lo cual permite que las raquillas se encuentren más separadas entre sí y son de color café. Han transcurrido siete días después de haberse presentado la preantesis 2.</p>

Estadio	Femenina	Masculina
<p>Antesis (607)</p>	 <p>Sucede alrededor de seis días después de preantesis 3. Más del 70% de los botones abren sus estigmas trilobulados, que son cubiertos por una sustancia mucilaginoso y aromática para la recepción del polen. En este estadio el estigma presenta un color crema. Según Corley y Gray (1982), la antesis tiene una duración de 36 a 48 horas en palma joven de dos a cuatro años y de 24 horas en palma adulta.</p>	 <p>Este estadio se alcanza después de siete días del estadio de preantesis 3, en el cual más del 70% de las flores se han abierto desde la base de cada raquilla. Se aprecia el polen en las anteras y se da la liberación de una sustancia aromática similar al anís. Generalmente todas las flores abren en dos días. La mayor parte del polen se desprende durante los dos o tres días siguientes al inicio de la antesis y cesa la producción en cinco días.</p>
<p>Fin de la floración (609)</p>	 <p>Al ser polinizada la inflorescencia, los lóbulos del estigma se tornan púrpuras y comienza la hinchazón de los ovarios para dar paso a la formación de los frutos.</p>	 <p>Las flores se tornan de color café debido a que sus anteras comienzan a secarse. No hay presencia de polen y las raquillas comienzan a degradarse.</p>

*Tomado de Hormaza et ál., 2011. Fotos: A. Sánchez, 2011.

Identificación de los estadios fenológicos de las inflorescencias en el híbrido interespecífico OxG

Las inflorescencias masculinas no presentan grandes diferencias morfológicas en comparación con la especie *E. guineensis*. Por el contrario, el desarrollo de las inflorescencias femeninas en el híbrido interespecífico tarda 98 días desde la emergencia de la estructura y el estado de preantesis 1, lo que significa que se demora más que la especie *E. guineensis*, pero el tiempo entre cada estadio es menor. Otra de las características del

híbrido es que su inflorescencia permanece casi todo el tiempo cubierta por la bráctea peduncular que la protege, impidiendo el reconocimiento externo del estadio fenológico y, aún más importante, la entrada del insecto polinizador, lo cual disminuye en forma significativa la eficacia de polinización (*fruit set*). Además, la entrada en antesis de los botones florales es más lenta e irregular, lo que genera espacios de tiempo prolongados para la polinización de la misma inflorescencia. La antesis puede durar desde una semana hasta tres o cuatro, según lo reportado por Corley y Tinker (2009), lo que ocasiona un desarrollo desigual de los



racimos y aumenta la aparición de los frutos partenocárpicos (frutos sin almendra).

En etapas jóvenes del desarrollo del híbrido interespecífico se presentan las inflorescencias andróginas, que muestran tanto espigas masculinas como

femeninas en una misma estructura, a lo que se le denomina también inflorescencia andromorfa (Corley y Tinker, 2009). Los estados fenológicos de las inflorescencias femeninas en esta especie se describen en la Tabla 1.3.

Tabla 1.3. Características de los estadios fenológicos de las inflorescencias en el híbrido interespecífico O_xG*

Estado	Femenina
<p>Preantesis 1 (601): inicio de rasgamiento de la bráctea peduncular hacia la mitad de la estructura; las raquillas o espiguillas son de color café oscuro y están apretadas hacia el centro. Este estado tiene una duración de 4 a 5 días.</p>	
<p>Preantesis 2 (602): rasgamiento de la bráctea peduncular en 20% del total de la superficie; las raquillas están más abiertas, son de color café oscuro y comienza a emerger el botón floral. Este estado tiene una duración promedio de 3 a 4 días.</p>	
<p>Preantesis 3 (603): rasgamiento de la bráctea peduncular entre el 50 y el 60% del total de la superficie; el prófalo está desintegrado, las raquillas separadas y de color café claro, y el botón floral cesa su crecimiento y es de color amarillo quemado. Tiene una duración de 3 días.</p>	

Estado	Femenina
<p>Antesis (607): la bráctea peduncular fibrosa y leñosa está desintegrada y firmemente adherida a la superficie floral; los botones florales se abren y exponen los lóbulos del estigma de color crema. Tiene una duración de 24 horas.</p>	
<p>Fin de la floración (609): inicia la polinización de las flores, con un cambio progresivo de coloración de los lóbulos del estigma de color amarillo muy oscuro, luego café y finalmente negro, en un período de 24 horas.</p>	

*Tomado de Hormaza et ál., 2011. Fotos: A. Sánchez y R. Ávila, 2011.

Práctica 1.1 Cómo identificar los estados fenológicos de la floración

Objetivos

- Identificar en campo los diferentes estados fenológicos de las inflorescencias de la especie *E. guineensis* y del híbrido interespecífico OxG.
- Determinar el estado óptimo para el aislamiento de las inflorescencias con fines de polinización asistida.

Orientaciones para el facilitador

Esta práctica se dividirá en dos etapas. En la primera se reconocerán los estadios fenológicos de las inflorescencias tanto femeninas como masculinas de la especie *E. guineensis*. En la segunda, se reconocerán las características morfológicas de una inflorescencia femenina

del híbrido interespecífico OxG y sus diferencias con la especie *E. guineensis*.

Etapas

- El facilitador seleccionará y marcará en el campo, un día antes de la práctica, una inflorescencia por cada uno de los diferentes estadios, tanto en masculinas como en femeninas. Esta labor no la puede realizar con más días de anticipación, considerando que los estados de preantesis cambian en períodos cortos de seis y cinco días.
- Organice grupos de trabajo de 3 o 4 personas, para asignarles una inflorescencia y entregarles una copia de las Tablas 1.2 y 1.3, donde se resumen los diferentes estados de floración como ayuda didáctica a los participantes.

- Solicítele a cada grupo que elija un líder, quien a su vez será el encargado de comentar los resultados de la práctica.
- Entregue un cuchillo y un par de guantes de carnaza por grupo para la limpieza de la inflorescencia.
- Invite a los participantes a leer las instrucciones, haga entrega del formato de trabajo 1.2 y explique la forma de diligenciarlo. En éste cada grupo deberá reconocer las partes de la inflorescencia y anotar las características morfológicas más sobresalientes de cada una. Es importante aclarar que la información requerida en los recuadros sombreados no se debe diligenciar; únicamente la de los recuadros en blanco.
- Posterior a la práctica, pida a los participantes que expongan ante los demás el estado fenológico que les correspondió, con sus características.
- Luego de escuchar a todos los grupos, resalte la importancia de reconocer el estado óptimo para realizar los aislamientos de inflorescencias y la polinización en el caso de las femeninas.
- Por último, discuta las dificultades para el reconocimiento de las estructuras.
- Cuchillos o navajas para limpiar alrededor de las inflorescencias y, de ser necesario, remover algunas brácteas pedunculares para cada grupo.
- Un par de guantes de carnaza para cada grupo.

Orientaciones para los participantes

- Para esta actividad se tiene contemplado un período de 30 minutos para diligenciar el formato y 10 por grupo para la socialización de resultados.
- En grupos de 3 o 4 personas, los participantes deben identificar la inflorescencia asignada.
- Mediante las herramientas proporcionadas por el facilitador, retire parcialmente la bráctea peduncular de la inflorescencia asignada para identificar con mayor claridad las partes que la componen.
- Registre en el formato las características visibles más sobresalientes de cada parte de la inflorescencia que se solicita en los recuadros blancos, como el color, la apariencia (forma o consistencia), el tamaño y la disposición (la forma de distribución sobre la estructura floral. Ejemplo: las espiguillas o raquilas de una inflorescencia masculina en el estado de preantesis 1 se encuentran apretadas hacia el centro, entre otras). Los recuadros sombreados no se deben diligenciar.
- Una vez registradas, los participantes deberán comentar ante el grupo las características del estadio fenológico que les correspondió.
- Finalizada la actividad, deberán escoger entre todos las inflorescencias en estado óptimo para realizar un aislamiento o una polinización.

Recursos necesarios

- Se tiene contemplado un período de 30 minutos para diligenciar el formato y 10 por grupo para la socialización de los resultados obtenidos.
- Copia del cuadro resumen de las Tablas 1.2 y 1.3, donde se resumen los estados fenológicos de la floración en palma de aceite.
- Formatos 1.2 y 1.3, para el registro de las características visibles encontradas por grupo.

Formato de trabajo 1.2

Identifiquemos los estadios fenológicos de la floración en <i>Elaeis guineensis</i>					
Participantes:					
Identificación del material vegetal:					
Sexo de la inflorescencia:					
Descripción de las características morfológicas visibles					
Parte	Color	Apariencia (forma o consistencia)	Tamaño (aprox.)	Disposición (cómo está ubicada)	Otras
Ejemplo: inflorescencia femenina en estadio de preantesis 1. Raquila	Café claro	Espina puntiaguda		Apretadas hacia el centro y en espiral alrededor del raquis.	
Pedúnculo					
Prófilo					
Bráctea peduncular					
Raquilas o espiguillas					
Espina floral					
Botón floral					
Preguntas					
De acuerdo con las observaciones descritas anteriormente, ¿en qué estadio fenológico se encuentra la inflorescencia asignada?					

Continúa

¿Considera que este estadio fenológico es adecuado para realizar un aislamiento?

Sí _____ No _____

¿Por qué?

En el caso de haber sido una inflorescencia femenina, ¿cree usted que está lista para realizar la polinización?

Sí _____ No _____

¿Por qué?

Etapa 2

Orientaciones al facilitador

- Al igual que en la primera etapa, con un día de anterioridad deberá marcar las palmas en el campo con inflorescencias femeninas del híbrido interespecífico en los diferentes estadios fenológicos, con el fin de asignar una a cada grupo.
- Lea las instrucciones a los participantes y entrégueles el Formato de trabajo 1.3.
- Por último, realice una plenaria para que los grupos planteen las diferencias encontradas entre las inflorescencias de la especie *E. guineensis* y el híbrido interespecífico OxG.

Orientaciones a los participantes

- Cada grupo observará la inflorescencia asignada e identificará las partes que la componen.
- Un miembro registrará en el formato de trabajo las diferencias más sobresalientes de cada parte con la especie *E. guineensis*.
- Una vez diligenciado el formato, los resultados obtenidos deberán exponerse ante el grupo.

Formato de trabajo 1.3

Identifiquemos los estadios fenológicos de la floración en híbrido OxG	
Participantes:	
Sexo de la inflorescencia:	
Descripción de las características morfológicas visibles	
Parte	¿Existe diferencia con la especie <i>Elaeis guineensis</i> ?
Pedúnculo	Sí ____ No ____ ¿Cuál?
Prófilo	Sí ____ No ____ ¿Cuál?
Bráctea peduncular	Sí ____ No ____ ¿Cuál?
Raquilas o espiguillas	Sí ____ No ____ ¿Cuál?
Espina floral	Sí ____ No ____ ¿Cuál?
Botón floral	Sí ____ No ____ ¿Cuál?

Información de retorno

El facilitador podrá utilizar una proyección de los Anexos técnicos 3, 4 y 5, que se encuentran al final de la guía, para comparar y discutir las respuestas obtenidas por cada grupo. Además, puede realizar un sondeo teórico sobre el material adelantado hasta este punto, que incluye los aspectos morfo-fisiológicos de las inflorescencias y las diferencias en las dos especies. Por ejemplo, podrá formular preguntas como las siguientes:

- ¿Para qué nos sirve reconocer los estados fenológicos de las inflorescencias?
- ¿Cuáles son las partes de las inflorescencias que permiten distinguir el paso de un estado fenológico a otro?

Bibliografía

- Corley, R.V.H. y Tinker, P.B. 2009. *La palma de aceite*. Cuarta edición (versión en español). Colombia: Fedepalma. 604 p.
- Hormaza, P.A.; Forero, D.,C.; Ruiz, R.; Romero, H.M. 2011. Fenología de la palma de aceite africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) y del híbrido interespecífico (*Elaeis oleifera* [Kunt] Cortes x *Elaeis guineensis* Jacq.). Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma).
- Schawartz, M.D. 1999. Advancing to full bloom: planning phenological research for the 21st century. *Int. J. Biometeorol.* 42 (3): 113-118.
- Villapando y Ruiz, 1993. *Observaciones agrometeorológicas y sus usos en la agricultura*. Editorial Limusa, México. 133 p.
- Volpe, C.A. 1992. Citrus Phenology. In: *Proceedings of the Second International Seminar on Citrus Physiology*. 103-122.



Unidad de aprendizaje 2. Polinización asistida en plantaciones comerciales

Estructura de la unidad	51
Explicación de la estructura de la unidad.....	51
Preguntas orientadoras	52
Objetivos.....	52
Introducción	52
Obtención de polen para la polinización asistida	53
Criterios para la selección de un lote como posible fuente de polen	53
Recorrido en el lote para la cosecha de polen.....	54
Recolección de polen para la polinización asistida	55
Ejercicio 2.1	
¿Qué debemos tener en cuenta para la obtención de polen?.....	56
Ejercicio 2.2	
Vamos a escoger los recorridos en el campo para la consecución de polen.....	62
Requerimientos de personal, materiales e insumos para la polinización asistida... 68	
Requerimientos de personal	68
Frecuencia de polinización y rendimientos	68
Cantidad de polen requerido por lote.....	69
Implementos para la polinización.....	69
Ejercicio 2.3	
Calculemos los requerimientos de polen para la labor.....	73
Polinización asistida de inflorescencias femeninas	76
Momento adecuado para iniciar la polinización.....	76
Criterio para la polinización de inflorescencias	77
Ejecución de la polinización asistida.....	78
Evaluación de la eficacia de la polinización asistida.....	80
Práctica 2.1	
Vamos a realizar la polinización asistida.....	81
Bibliografía.....	86



Figura 2. Fotos: F. López, Hacienda La Cabaña, 2008.

Estructura de la unidad

En esta unidad se presentan los temas relacionados con la polinización asistida de inflorescencias femeninas a nivel comercial, para planificar y ejecutar con calidad dicha labor.

Está dirigida al personal responsable de planificar y capacitar a supervisores, auxiliares y operarios que ejecutarán la polinización asistida en plantaciones comerciales.

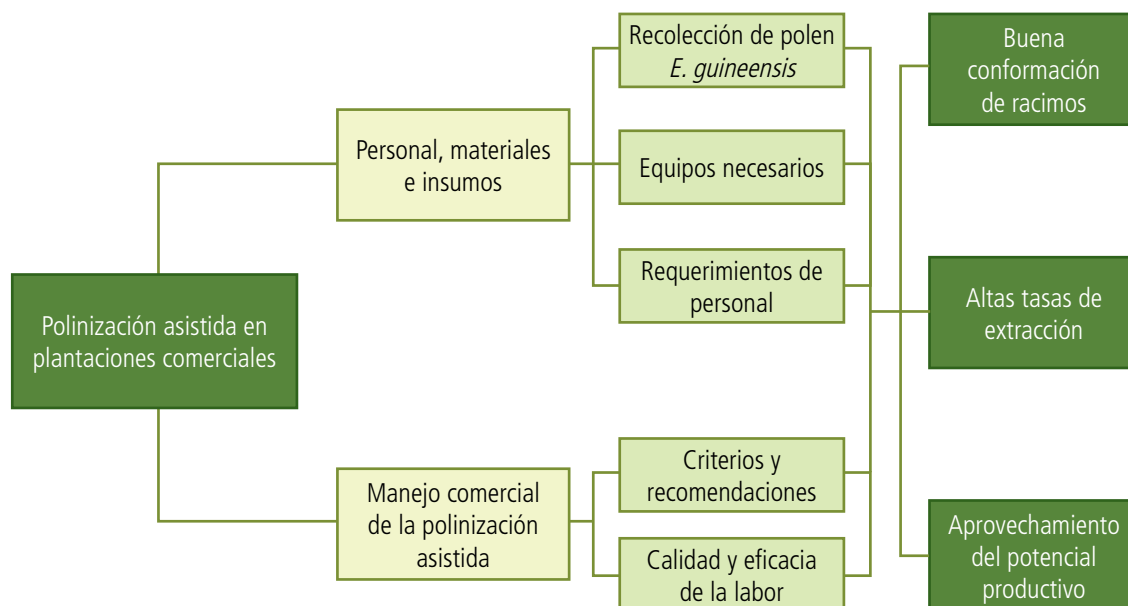


Figura 2.1 Estructura de la unidad. Polinización asistida en plantaciones comerciales.

Explicación de la estructura de la unidad

La estructura general de esta unidad de aprendizaje (Figura 2.1) ilustra los pasos más relevantes en el proceso de la polinización comercial. Cada uno de ellos deberá planificarse de manera correcta y oportuna, para contribuir al éxito de la labor.

En esta unidad se discutirán las actividades referentes a la obtención del polen, que se convierte en la materia prima necesaria para lograr racimos con un

alto número de frutos normales tanto para el material híbrido interespecífico OxG como para algunos cultivos jóvenes de *E. guineensis*. También se tratará sobre la logística requerida para llevar a cabo la polinización, en la cual se discuten, además, los cálculos sobre el número requerido de operarios, la cantidad de polen y los implementos que se utilizan para la polinización de acuerdo con el número de inflorescencias femeninas que serán polinizadas. Por otro lado, en esta etapa se aborda la operatividad de la poliniza-

ción, incluyendo la identificación de la inflorescencia femenina y su manipulación para la aplicación del polen. Por último, se discute sobre la manera de controlar la eficiencia de la labor y los parámetros para medir el rendimiento del personal responsable por la polinización manual.

Preguntas orientadoras

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

¿Por qué considera que se debe realizar la polinización asistida en los materiales híbridos?

¿Qué condiciones son responsables de la baja eficacia de polinización en el material híbrido?

¿Por qué cree que se debe mezclar el polen con talco antes de realizar la polinización?

¿Por qué cree que la viabilidad del polen es un factor importante en el momento de realizar los cálculos de polen para polinizar inflorescencias del material híbrido?

¿Puede mencionar dos características que deben tener las inflorescencias femeninas para ser consideradas como óptimas para la polinización?

Objetivos

- Establecer los requerimientos de personal, insumos y herramientas necesarios para llevar a cabo una adecuada polinización asistida en el ámbito comercial.
- Describir el procedimiento de la labor de la polinización asistida a nivel comercial.
- Aplicar los indicadores de calidad para evaluar adecuadamente la polinización.

Introducción

Desde la década de 1990, en la Zona Oriental se viene sembrando el híbrido interespecífico OxG, que se caracteriza por su tolerancia a plagas y enfermedades,

bajo crecimiento de estípites, alto número de racimos, alto contenido de ácidos grasos insaturados y carotenos (Hacienda La Cabaña, 2009). Entre tanto, para la Zona Occidental, el híbrido interespecífico OxG se ha convertido desde hace tres años en una alternativa, debido a la tolerancia que presentan algunos códigos a la elevada presión de la enfermedad Pudrición del cogollo, que devastó por completo las palmas de la especie *E. guineensis* en la región.

Sin embargo, se debe considerar que este material presenta una serie de características que afectan la polinización natural, como son la baja producción de inflorescencias masculinas, la baja viabilidad del polen (entre el 2 y 20%), (Alvarado et ál., 2000) y el que sus inflorescencias carecen de olor atractivo para insectos polinizadores. Además, la inflorescencia femenina está generalmente cubierta por fibras (prófilo y brácteas pedunculares) (Figura 2.2A), que dificultan la entrada del polen y del polinizador. Sumado a lo anterior, existe una asincronía de las flores para entrar en antesis (Figura 2.2B), y ello causa una baja eficacia de la polinización (*fruit set*).



Figura 2.2. Inflorescencia femenina del híbrido interespecífico OxG. A. Inflorescencia cubierta por el prófilo y bráctea peduncular. B. Asincronía floral para entrar en antesis. Fotos: A Sánchez, 2011.

De esta manera, si se quiere garantizar el aprovechamiento del potencial productivo de este material y obtener ganancias significativas en tamaño, peso, conformación y calidad del racimo, se debe recurrir a la polinización asistida.

Para la polinización del híbrido interespecífico OxG se debe utilizar polen de la especie *E. guineensis*, el cual se convierte en la materia prima para la producción de racimos con un alto número de frutos normales. El polen se puede obtener en las empresas productoras de semillas, que lo venden, o cosechándolo dentro de la plantación en lotes que presenten ciclos de floración masculina.

Además, se requiere desarrollar una serie de estrategias para capacitar previamente al personal encargado, brindando los elementos técnicos para facilitar el desarrollo de la actividad y, de esta manera, lograr una planificación y ejecución eficaz de la labor.

Obtención de polen para polinización asistida

Una vez establecido el cultivo con material híbrido y entrado en producción, se deben programar una serie de actividades alrededor de la polinización asistida, que comienzan con el diagnóstico, mediante el cual se evalúan la edad del cultivo, el material sembrado, la cantidad de inflorescencias masculinas y femeninas por hectárea, la población de insectos polinizadores y la formación de racimos con base en el *fruit set*. Realizado ese análisis, y definida la necesidad de la polinización, se debe establecer la estrategia para la consecución del polen, que constituye el punto de partida para la obtención de racimos con alta eficacia de polinización.

El polen se puede adquirir de dos formas. La primera, de algunas casas comerciales encargadas de cosecharlo; en este caso, el proveedor debe asegurar su viabilidad (>70%), sumado al adecuado transporte, que garantice la conservación en frío o como mínimo que se encuentre aislado de temperaturas superiores a 24°C. Por esto, una vez recibido el polen, se recomienda hacer una prueba de viabilidad con el propósito de verificar la información suministrada por el proveedor. La segunda, obteniéndolo a partir de inflorescencias masculinas de material *E. guineensis*, teniendo en cuenta los parámetros que se describen a continuación.

Criterios para la selección de un lote como posible fuente de polen

De acuerdo con lo reportado por la Hacienda La Cabaña (F. López, comunicación personal), para contar con la cantidad suficiente de polen, un productor debe disponer de entre 5 y 8% del área sembrada de material *E. guineensis* respecto al área sembrada en híbrido. Es decir, si un productor tiene 2.000 hectáreas sembradas con material híbrido OxG, debe destinar entre 100 y 160 hectáreas de *E. guineensis*, que servirá como fuente de polen. Para la adecuada selección de un lote como posible fuente de polen se debe contemplar:

- Edad de la palma: cultivos de palma adulta (de 7 a 12 años), en donde la altura de las palmas no supere los 7 metros. Las palmas que se encuentren en este rango de edad han estabilizado la proporción de inflorescencias masculinas y femeninas (relación de sexos). Adicionalmente, presentan inflorescencias más grandes que generan una mayor cantidad de polen. De información colectada en diferentes plantaciones en el país, donde se realiza la cosecha del polen, se reporta que en palmas adultas se puede obtener entre 30 y 40 g de polen por inflorescencia, mientras que en palmas jóvenes se obtienen entre 20 y 30 g. De esta manera, al utilizar palma adulta para la recolección del polen aumentan los rendimientos, pues se requieren menos inflorescencias para completar la cantidad deseada.
- Número de inflorescencias masculinas: se ha establecido que debe haber entre cuatro y cinco inflorescencias masculinas en antesis por hectárea para iniciar la colecta del polen sin afectar el potencial polínico del lote (Indupalma, 2008).
- Viabilidad del polen: previamente se debe evaluar la viabilidad del polen proveniente del lote para garantizar su calidad y, por tanto, de la polinización que con él se realice. La viabilidad mínima adecuada para la polinización asistida es de 70%.

Para verificar que los lotes cumplen los criterios descritos se debe realizar un censo en forma periódica del 5 al 10% del lote, con el propósito de establecer el

número de inflorescencias masculinas por unidad de área de acuerdo con las características y condiciones de cada sitio. Para esta labor existen diferentes metodologías que varían según las condiciones de personal, topografía y logística de la plantación. En el ejercicio 2.2 de esta unidad se describen algunas de las formas de recorrer el lote utilizadas por diferentes plantaciones.

Recorrido en el lote para la cosecha de polen

Luego de escoger el lote se procede a buscar las inflorescencias para obtener el polen. Para su recolección se debe tener en cuenta la conservación de la presión polínica, es decir, cosechar el número de inflorescencias mínimas para que no se afecte la polinización interna del lote y así mantener las poblaciones de polinizadores

res y la cantidad de polen necesario para la fecundación de las inflorescencias femeninas. Existen diferentes metodologías para esta labor: Indupalma (2008) estableció que por cada dos líneas de palma se deben dejar las siguientes dos líneas sin recolección (Figura 2.3). En contraste, Hacienda La Cabaña y Guaicaramo recorren todo el lote, mediante trayectos en “U” a lo largo de las calles de cosecha, revisando cada palma para la recolección del polen (Figura 2.4), dejando todas aquellas inflorescencias que presenten insectos polinizadores o que no se pudieron recolectar por la lluvia o porque las palmas son demasiado altas, lo que contribuye a mantener una adecuada polinización interna del lote. Adicionalmente, dichas plantaciones han establecido que los operarios tomen sólo una inflorescencia cuando sobre la misma palma existan dos o más.

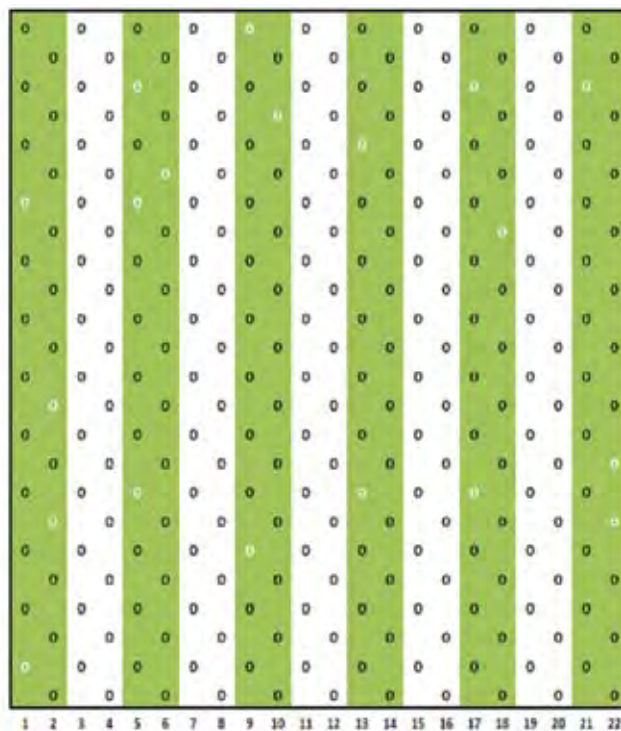


Figura 2.3. Esquema para la recolección de inflorescencias masculinas en el campo. Las líneas en verde representan las palmas sobre las cuales se pueden colectar las inflorescencias masculinas. Los círculos en blanco son palmas que presentan inflorescencias masculinas. El muestreo está para que se realice cada dos líneas. (Indupalma, 2010).

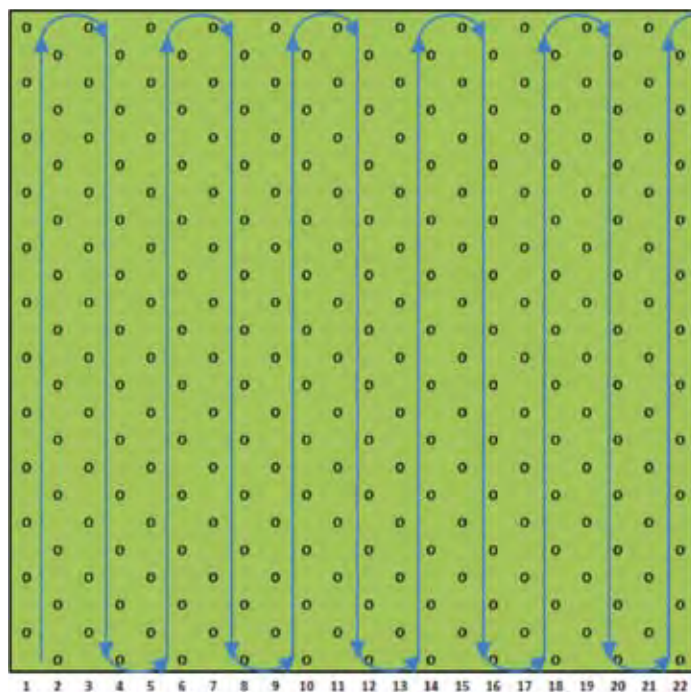


Figura 2.4. Esquema para la recolección de inflorescencias masculinas en el campo en forma de “U”. (Hacienda La Cabaña y Guaicaramo S.A., 2011).

Recolección de polen para la polinización asistida

La obtención del polen en los lotes se puede realizar en forma directa o embolsando las inflorescencias para su posterior cosecha. En forma **directa** se identifican las inflorescencias masculinas de la especie *E. guineensis* que tengan entre 40 y 70% de antesis (Figura 2.5). Dos indicadores importantes son la presencia del polinizador *Elaeodobius kamerunicus* en la inflorescencia y el olor a anís. Luego se procede a cortarla y sacudirla en un recipiente hasta retirar la mayor cantidad de polen. En seguida se pasa por un tamiz (cernidor) para retirar los polinizadores o impurezas de otro tipo. Posteriormente se lleva al laboratorio, donde se termina de preparar para su almacenamiento (este procedimiento se describe con más detalle en la Unidad de aprendizaje 4 de esta guía). La recolección directa tiene algunas desventajas, como la contaminación con material no deseado, la disminución en la cantidad colectada y la pérdida de viabilidad generada por la exposición prolongada de la inflorescencia a las condiciones ambientales.

Entre los materiales que se necesitan para la recolección directa están una escalera, un balde o caneca para depositar el polen cosechado –preferiblemente con tapa para proteger el polen en caso de lluvia– y un machete para retirar el prófalo, las brácteas pedunculares y cortar la inflorescencia.



Figura 2.5. Inflorescencia masculina en antesis (Código 607, según Escala fenológica, 2011). Foto: F. López, Hacienda La Cabaña, 2010.

Por el método del **embolsado** se recoge una mayor cantidad de polen con buena viabilidad. Aquí se recorren los lotes en busca de inflorescencias masculinas que se encuentren en estado de preantesis 2 (Código 602, según Escala fenológica, 2011), las cuales se limpian para retirar el prófalo y las brácteas pedunculares y posteriormente embolsarlas (Figura 2.6). Para tal caso es necesario llevar un saco o lona para cubrir la inflorescencia, una banda elástica, guantes y equipo de protección.

La bolsa se coloca de tal manera que la inflorescencia tenga espacio y no toque las paredes de la misma, para así evitar la acumulación de agua en períodos de lluvia. Además, cuando la bolsa golpea la inflorescencia, los botones florales que entran en contacto con ella no abren en su totalidad. Se pueden usar bolsas de poliéster o tela semiimpermeable de modo que se permita el intercambio de aire y se impida el paso de insectos polinizadores o excesos de humedad. Transcurridos de seis a diez días después del embolsado, la inflorescencia entra en antesis y está lista para cortarse.



Figura 2.6. Método del embolsado. A. Inflorescencia en preantesis II (estado 602). B. Inflorescencia embolsada para impedir el paso de insectos una vez llegue a antesis. C. Inflorescencia en antesis apta para cortarse (Estado fenológico 607). Fotos E. Daza, 2011.

Una vez cortada la inflorescencia, se retira la bolsa y se sacude sobre el balde, frotando inicialmente las raquillas o espiguillas suavemente con la mano y luego sacudiendo toda la inflorescencia para retirar el polen que aún permanece adherido a ella (Figura 2.7). La bolsa se sacude fuera del balde donde se deposita el polen, ya que el de la bolsa puede ser más viejo y de menor viabilidad. En este proceso se pueden reutilizar las mismas bolsas.



Figura 2.7. Desprendimiento de polen de la inflorescencia masculina. A. Inflorescencia recién cortada. B. Desprendimiento del polen. C. Inflorescencia sin polen. Fotos: E. Daza, 2011.

Generalmente la recolección se realiza durante la mañana; en la tarde el operario transporta el polen hasta el laboratorio, donde será procesado (tamizado y secado). En esta etapa se debe asegurar que el polen tenga una humedad final entre 8 y 12% y, para una buena conservación, se debe almacenar a temperaturas menores de -10°C . (En la Unidad de aprendizaje 4 se describen con más detalle estos procedimientos).

Observación: cabe aclarar que en el proceso de recolección se pueden realizar mezclas de polen de varias fuentes (varias palmas), con el fin de obtener la mayor cantidad posible.

Ejercicio 2.1 ¿Qué debemos tener en cuenta para la obtención de polen?

Objetivo

El ejercicio que se plantea a continuación tiene como finalidad que el participante formule una estrategia de planificación de las actividades para la consecución del polen necesario en la polinización asistida.

Orientaciones al facilitador

Antes de iniciar la actividad, el facilitador deberá indicar que este ejercicio se lleva a cabo en el salón de clases.

- Forme grupos de tres personas como máximo, a quienes se les entregará un formato que contiene el diagrama de las diferentes etapas para la obtención del polen.
- Solicite que cada grupo escoja a un representante, que será responsable de recoger las propuestas que asumieron como ciertas.

- Pida a cada grupo que complete la información faltante del cuadro presentado en el formato de trabajo 2.1 y que luego conteste las preguntas formuladas para cada paso del proceso en el Formato de trabajo 2.2.
- Es importante que entregue el Formato 2.2 en la medida que cada grupo complete el Formato de trabajo 2.1, ya que en el segundo se encuentran algunas respuestas del diagrama.
- Invite a cada representante de los grupos a que exponga y justifique sus respuestas.
- Tome nota de los errores que cometan los participantes para aclararlos en una sesión plenaria.
- Un papelógrafo o tablero para colocar el formato sobre el cual se escribirán los resultados de cada uno de los grupos.
- Formatos de trabajo 2.1 y 2.2 para grupo.

Orientaciones a los participantes

- Intégrese en grupos de tres personas como máximo y escoja a un representante, que será responsable de recoger las propuestas que el grupo asumió como ciertas.
- En el Formato de trabajo 2.1, que fue entregado, complete los espacios en blanco del diagrama de acuerdo con los conocimientos previos. Al finalizar este formato informe al facilitador para que le sea dado el Formato de trabajo 2.2 y responda las preguntas asociadas a cada paso.
- El representante de cada grupo expondrá y sustentará ante la plenaria el orden de los procesos y las respuestas de las preguntas.

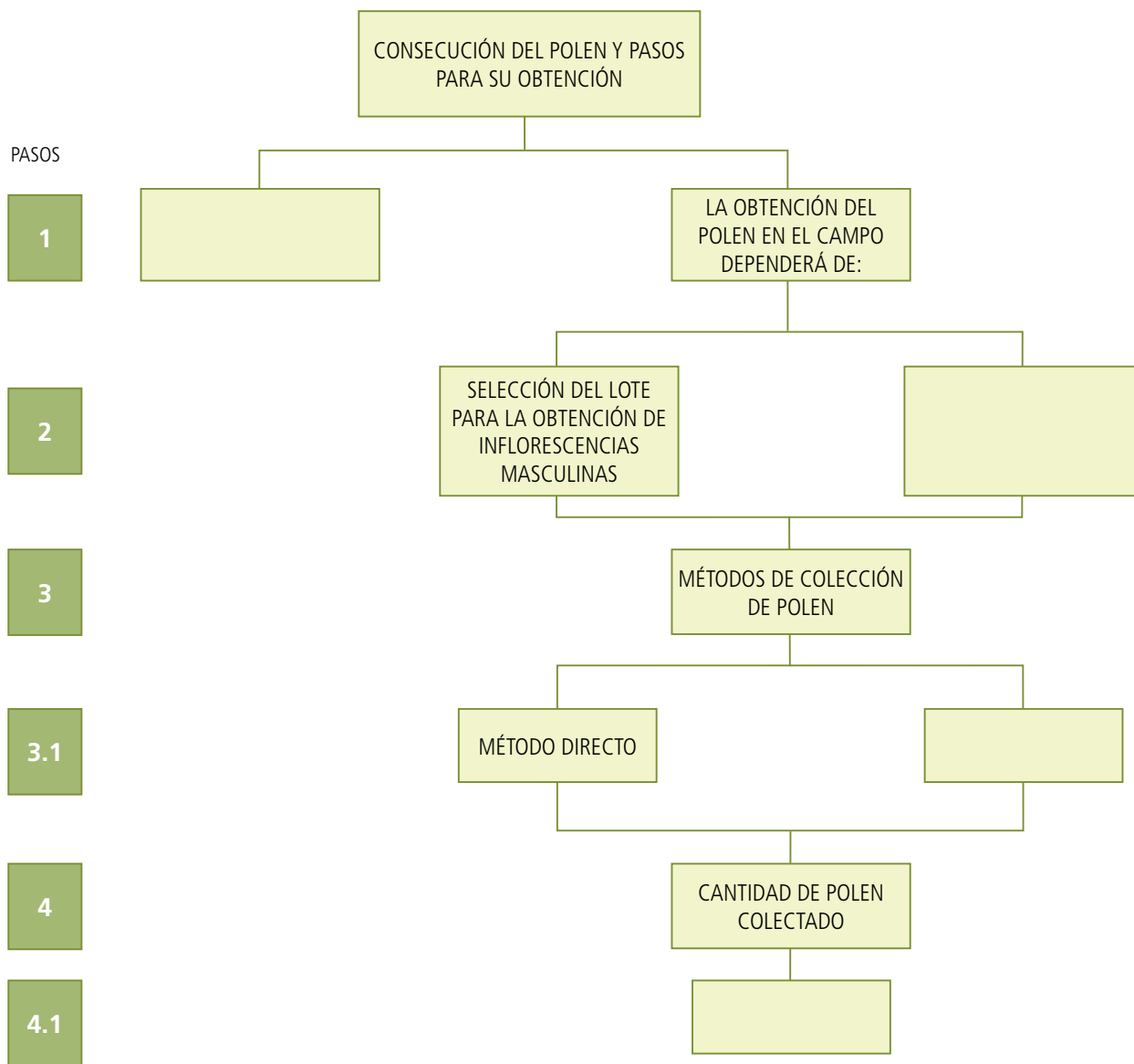
Recursos necesarios

- Tiempo: 20 minutos para cumplir con la actividad por parte de los participantes, y 10 para que cada grupo exponga sus opiniones.

Formato de trabajo 2.1

Parte I

Completar en los espacios del diagrama la información faltante.



Formato de trabajo 2.2

Participantes:
Parte II. Responda las siguientes preguntas para definir las características de cada uno de los pasos establecidos en el diagrama.
Paso 1
<p>Compra de polen ¿En qué situaciones debo tomar la decisión de comprar polen?</p>
<p>Obtención de polen en el campo Enumere los criterios que debe tener en cuenta para poder coleccionar polen en el campo.</p>
Paso 2
<p>Selección del lote para la obtención de inflorescencias masculinas Mencione los criterios para la selección de un lote como fuente de polen.</p>
Paso 3
<p>Método de colección de polen directo ¿Cuáles son las características de la inflorescencia masculina que debe tener en cuenta para la recolección de polen mediante el método directo en el campo?</p>
<p>Método de colección de polen por inflorescencia embolsada ¿Cuáles son las características de la inflorescencia masculina que debe tener en cuenta para la colecta del polen por el método de embolsado?</p>
Paso 4
<p>La cantidad de polen que se obtiene de una planta adulta es variable. ¿Cuál es el rango en gramos de esa cantidad?</p>

Información de retorno

En la Figura 2.8 el facilitador encontrará el diagrama con la información completa para confrontarlo con las respuestas dadas por los participantes y despejar las dudas que se hayan generado en el proceso. Además, se presentan las respuestas a las preguntas formuladas para la misma acción en la Tabla 2.1.

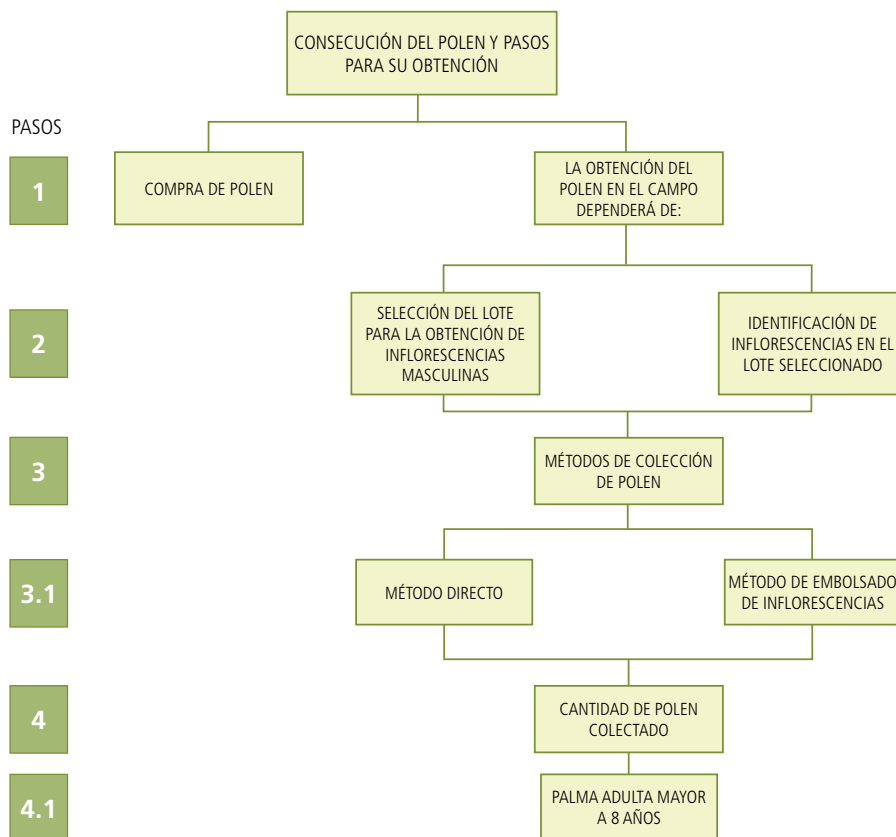


Figura 2.8. Consecución del polen y pasos para su obtención.

Tabla 2.1. Algunas características para la consecución de polen.

Parte II. Responda las siguientes preguntas para definir las características de cada uno de los pasos que son establecidos en el diagrama
Paso 1
<p>Compra de polen</p> <p>¿En qué situaciones debo tomar la decisión de comprar polen?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuando el productor no cuenta con el material <i>E. guineensis</i> para la cosecha de polen. • Cuando no se cuenta con los recursos ni con la infraestructura necesarios para el procesamiento del polen.

Continúa

<p>Obtención de polen en el campo</p> <p>Enumere los criterios que debe tener en cuenta para poder coleccionar polen en el campo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Edad del cultivo. • Número de inflorescencias masculinas disponibles por hectárea. • Viabilidad del polen.
Paso 2
<p>¿Cómo podemos proteger la presión polínica del lote que se utiliza para la recolección del polen?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dejando todas aquellas inflorescencias que presenten insectos polinizadores o que no se pudieron recolectar por la lluvia o la altura, y tomado sólo una inflorescencia cuando sobre la misma palma existan dos o más.
Paso 3
<p>Método de colección de polen directo</p> <p>¿Cuáles son las características de la inflorescencia masculina que debe tener en cuenta para la colección de polen mediante el método directo en el campo?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deben ser inflorescencias masculinas de la especie <i>E. guineensis</i> que tengan entre 40 y 70% de antesis. Además, se tienen en cuenta la presencia del polinizador <i>Elaeobius kamerunicus</i> en la inflorescencia y el olor a anís.
<p>Método de colección de polen por inflorescencia embolsada</p> <p>¿Cuáles son las características de la inflorescencia masculina que debe tener en cuenta para la colecta del polen por el método de embolsado de la inflorescencia?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inflorescencias masculinas que se encuentren en estado de preantesis 2 (602) y en el momento de cortar la inflorescencia, que ésta se encuentre en antesis (607).
Paso 4
<p>La cantidad de polen que se obtiene de una planta adulta es variable. ¿Cuál es el rango en gramos de esa cantidad?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se pueden coleccionar entre 30 y 40 g por inflorescencia en palmas adultas.

Ejercicio 2.2. Vamos a escoger los recorridos en el campo para la consecución de polen

Objetivo

El ejercicio que se plantea a continuación tiene como finalidad escoger el modelo más adecuado para realizar los recorridos en la selección de un lote como fuente de polen y su cosecha.

Orientaciones al facilitador

Antes de iniciar la actividad, el facilitador deberá indicar que este ejercicio se realiza en el salón de clases.

- Forme grupos de cuatro personas como máximo, a quienes se les entregará el Formato de trabajo 2.3 con los diferentes modelos de recorrido dentro del lote.
- Solicite que cada grupo escoja a un representante, quien será responsable de recoger las propuestas que el grupo asumió como ciertas.
- Pida a cada grupo que escoja uno de los recorridos planteados en el formato para la selección de un lote como posible fuente de polen y otro recorrido para la cosecha del polen.
- Solicite a cada representante de los grupos que exponga y justifique sus respuestas.

Recursos necesarios

- Tiempo: 20 minutos para cumplir con la actividad por parte de los participantes y 10 para que cada grupo exponga sus opiniones.
- Un papelógrafo o tablero, en el que el facilitador presentará los modelos de recorrido dentro del lote y sobre el cual se escribirán los resultados de cada grupo.
- Formato de trabajo 2.3 para cada grupo de participantes.

Orientaciones a los participantes

- Intégrese en grupos de cuatro personas como máximo y escoja a un representante, que será responsable de recoger las propuestas que el grupo asumió como ciertas.
- En el formato entregado, para cada caso escoja el recorrido que le parece apropiado y justifique su respuesta. Para este proceso tiene un tiempo de 20 minutos.
- Cada representante expondrá y sustentará ante todo el grupo las opciones escogidas. Para esto tendrá 10 minutos.

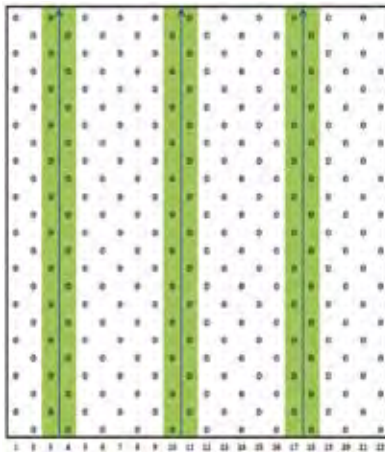
Formato de trabajo 2.3

Integrantes:

A continuación encontrará una serie de modelos para recorrer el lote en dos situaciones diferentes.

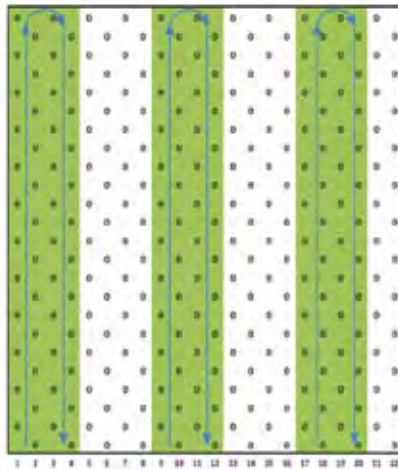
Situación 1: Escoger el lote como posible fuente de polen.

Opción 1. Entrando por una calle de cosecha cada siete líneas. Se hace la revisión, iniciando en la línea 3 del lote, donde se toman dos líneas para identificar todas las inflorescencias masculinas. Este procedimiento se repite cada siete líneas.



Sí _____ No _____
¿Por qué?

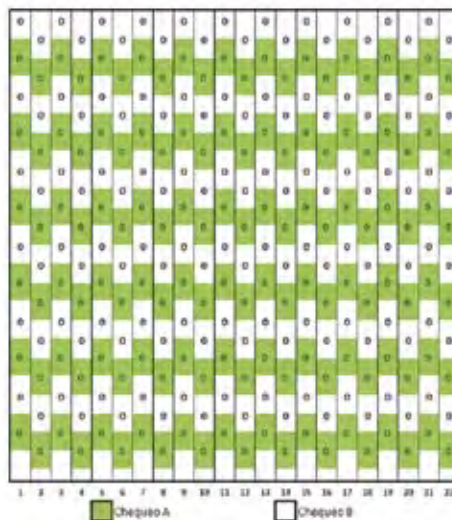
Opción 2. Recorrido en el sentido de la cosecha intercalado (vuelta o "U" de cosecha). Se hace la revisión realizando recorridos por el lote, en forma de "U" o vuelta de cosecha de manera intercalada hasta completar el tamaño de la muestra deseada.



Sí _____ No _____
¿Por qué?

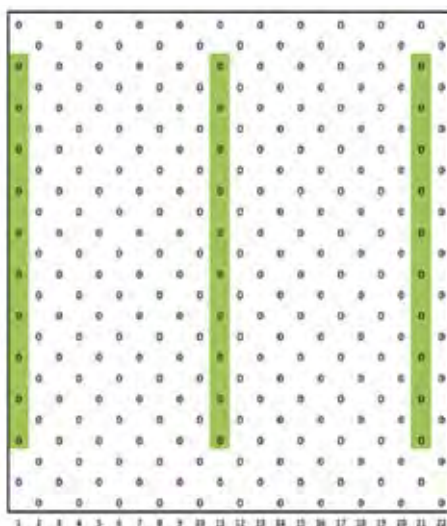
Continúa

Opción 3. Juego de damas. Se utiliza para realizar una evaluación completa del lote en dos fases. Por cada línea se seleccionan las palmas impares para el primer chequeo (Ej.: en la línea 2 se toman las palmas 1, 3, 5, 7, 9, etc.). Mientras que en el segundo chequeo se revisan las palmas pares en cada línea.



Sí _____ No _____
¿Por qué?

Opción 4. Recorrido 10 x 10. Es un esquema similar al que se usa para monitorear algunas plagas de insectos defoliadores. Consiste en tomar 10 palmas cada 10 líneas en forma aleatoria.

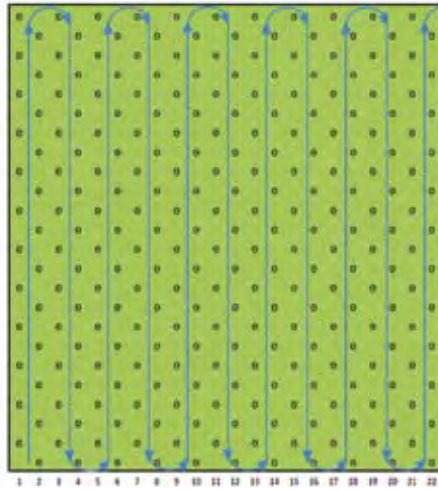


Sí _____ No _____
¿Por qué?

Continúa

Situación 2: Obtención de inflorescencias masculinas en el lote seleccionado

Opción 1. Recorrido en "U" de cosecha. Por este método se recorre el lote por completo en el sentido en el que normalmente se hace la cosecha, seleccionando todas las inflorescencias que presenten el estado adecuado para la recolección de polen de acuerdo con los criterios establecidos por la plantación.



Sí _____ No _____
¿Por qué?

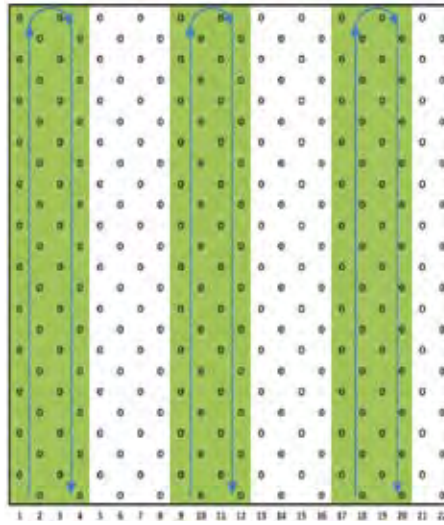
Opción 2. Dos líneas de por medio. La cosecha del polen se hace en dos fases: en la primera, se toman dos líneas cosechando todas las inflorescencias masculinas, repitiendo el procedimiento en forma intercalada cada dos líneas. En el siguiente ciclo de cosecha de polen se toman las dos líneas que no se tuvieron en cuenta durante la primera fase (Indupalma, 2008).



Sí _____ No _____
¿Por qué?

Continúa

Opción 3. Recorrido en el sentido de la cosecha intercalado (vuelta o "U" de cosecha). Se hace el embolsado y la cosecha del lote en dos fases, realizando recorridos por el lote en forma intercalada, dejando una "U" o vuelta de cosecha para el siguiente ciclo de recolección de polen.



Sí _____ No _____
¿Por qué?

Información de retorno

En las Tablas 2.2 y 2.3 se presentan las ventajas y desventajas de cada modelo expuesto para generar una discusión con los participantes y permitir que cada uno adopte el que más le parezca adecuado con las condiciones de cada plantación.

Tabla 2.2. Selección del lote que se utilizará para la obtención de polen.

Método	Ventaja	Desventaja
Entrando por una calle de cosecha cada siete líneas	Aumentan los rendimientos en cuanto al área que puede abarcar un operario por jornal.	Haciendo un recorrido cada siete líneas, en ocasiones el operario se puede encontrar con drenajes que entorpecen su desplazamiento en el lote.
Recorrido en el sentido de la cosecha intercalado (vuelta o "U" de cosecha)	Al recorrer el lote en el sentido de la cosecha se evita que el operario se encuentre con drenajes que puedan entorpecer el recorrido. Este recorrido se ajusta con mayor precisión a las condiciones que va a encontrar el operario durante el desarrollo de la labor.	El cubrimiento del personal en cuanto al área recorrida por jornal disminuye.
Juego de damas	Se obtiene una información más representativa y precisa de las condiciones del lote.	Se reduce el rendimiento de la labor en cuanto al área cubierta por jornal, implicando mayores costos.
Recorrido 10 x 10	Se puede abarcar una mayor área por jornal, lo que representa menores costos.	Al dejar diez líneas entre unidades de muestreo aumenta la probabilidad de que no se representen las características reales del lote.

Tabla 2.3. Obtención de inflorescencias masculinas en el lote seleccionado.

Método	Ventaja	Desventaja
Recorrido en "U" de cosecha	Permite aumentar la cantidad de polen obtenido por jornal, ya que va a tener acceso a una mayor cantidad de inflorescencias por unidad de área. Facilita el desplazamiento del operario en el lote, al evitar drenajes.	Se corre un mayor riesgo de afectar el potencial polínico del lote, ya que se cosecha una mayor cantidad de inflorescencias por unidad de área.
Dos líneas de por medio	Al dejar dos líneas sin recolección disminuye la posibilidad de presentar problemas con la presión polínica.	Se dificulta el desplazamiento del operario en el lote, ya que existe la posibilidad de encontrar drenajes.
Recorrido en el sentido de la cosecha intercalado	Al dejar una vuelta de cosecha sin recolección, disminuye la posibilidad de presentar problemas con la presión polínica del lote.	El operario debe realizar mayores desplazamientos para reunir la cantidad de polen deseada.

Requerimientos de personal, materiales e insumos para la polinización asistida

A continuación se discuten los cálculos de la cantidad de polen que se requiere, la cantidad de mezcla que se debe utilizar con el polen y el personal necesario para la labor de polinización.

Requerimientos de personal

Para el adecuado desarrollo de la polinización comercial es importante contar con el personal capacitado para la correcta realización y control de las actividades asociadas al proceso. La Hacienda La Cabaña recomienda tener un ingeniero asistente por cada 5.000 hectáreas, un supervisor por cada 1.300, un auxiliar por cada 325 y un polinizador por cada 20 hectáreas (Hacienda La Cabaña, 2009). Sin embargo, estos valores deben ajustarse de acuerdo con las condiciones de topografía y área sembrada de cada plantación. A continuación se describen en detalle los papeles y las funciones que deben desempeñar las personas que participan en dicha actividad:

- Polinizador: se encarga de la aplicación de la mezcla y de la apertura de las brácteas pedunculares. Adicionalmente, elabora reportes diarios del trabajo realizado, que se les entrega a los supervisores y auxiliares responsables de llevar el control diario de la cantidad y calidad de inflorescencias polinizadas.
- Supervisor de área: una de sus principales funciones es la de suministrar diariamente la mezcla para polinización a los auxiliares y operarios durante la jornada. También debe adelantar evaluaciones de campo (3 por día, revisando 100 palmas por evaluación). Por otra parte, se encarga de garantizar la disponibilidad de los insumos y de tomar datos para estadísticas de rendimiento y producción.
- Auxiliares: se encargan de suministrar la mezcla a los operarios durante la jornada. Realizan entre 6 y 7 evaluaciones de campo diarias (100 palmas por evaluación), informan anomalías y llevan el control diario de las labores del personal a cargo. Cada auxiliar maneja entre 17 y 20 polinizadores.

- Ingeniero asistente: su trabajo, principalmente, es diseñar políticas de mejoramiento de la labor, evaluar las necesidades de personal y la calidad del mismo, realizar la capacitación de los trabajadores que cumplen funciones administrativas y operativas, así como coordinar la labor de los supervisores y auxiliares.

Frecuencia de polinización y rendimientos

Si se toma en cuenta que durante la polinización un operario realiza dos labores al mismo tiempo: retirar las brácteas pedunculares que cubren la inflorescencia (destape) y aplicar el polen, se puede definir que el rendimiento del operario varía en función de la población de inflorescencias en anthesis presente por unidad de área.

A nivel comercial se ha establecido que el rendimiento promedio está en 10 hectáreas por operario por jornal, entrando cada dos días al mismo lote cuando la cantidad promedio de inflorescencias femeninas por hectárea en un día se encuentre entre 5 y 25. Por tanto, con este esquema el polinizador estará en capacidad de cubrir hasta 20 hectáreas por ciclo de polinización. En el caso de tener una población de inflorescencias femeninas baja (menor de 5 inflorescencias), puede encargarse de 30 hectáreas con ciclos más largos (10 hectáreas por día entrando cada tres días) en épocas secas (Hacienda La Cabaña, 2009).

Por otra parte, las plantaciones de la Zona Occidental reportan que cuando se comienza con la labor en siembras jóvenes y existe un número reducido de inflorescencias por hectárea, el área recorrida por un operario se puede aumentar hasta 15 hectáreas con ciclos cada dos días. Es decir, incrementan el área, pero se mantiene la misma frecuencia, debido a que las continuas precipitaciones aceleran la llegada del estado de anthesis (estadio fenológico 607), impidiendo el alargue de los ciclos.

Según resultados de campo de una plantación de la Zona Oriental (2011), se observa que en la práctica a cada polinizador se le asigna un lote o área específica, que puede oscilar entre las 16 y las 20 hectáreas

dependiendo de su experiencia y habilidad, en la cual realiza ciclos de polinización cada 2 días, que implican alrededor de 13 pases al mes, con un promedio de 12 inflorescencias por hectárea. Sin embargo, estos valores pueden variar de acuerdo con las condiciones específicas de clima, topografía, tipo y edad del material.

Cantidad de polen requerido por lote

Comercialmente se ha establecido que para palma joven (3-5 años) se necesitan de 0,16 a 0,21 g de polen por inflorescencia, mientras que para palmas adultas se aplican entre 0,21 y 0,33 g de polen. Por tanto, 1 kg de polen alcanza para polinizar entre 4.760 y 6.550 inflorescencias en palma joven y entre 3.000 y 4.760 en palma adulta.

Para aumentar la cobertura y mejorar la dispersión de los granos de polen se debe mezclar con un talco inerte o talco cero (se puede usar talco de Venecia o silicato de magnesio hidratado, entre otros). La mezcla se realiza generalmente en proporción polen:talco de 1:10 (es decir, por cada gramo de polen se utilizan 10 gramos de talco) siempre y cuando el porcentaje de viabilidad supere el 65%. Sin embargo, se pueden hacer ajustes que sean rentables y mantengan la calidad de la labor.

En cambio, si se trabaja con polen que presente una viabilidad inferior al 65%, se debe realizar un ajuste de la mezcla a medida que la viabilidad disminuye, aumentando las proporciones de polen, teniendo en cuenta que el porcentaje de viabilidad mínimo para realizar la polinización en caso de no contar con una fuente de mejor calidad es del 45%. Por debajo de este valor el polen no debe ser utilizado.

De acuerdo con las experiencias de las plantaciones, la dosis de mezcla talco:polen aproximada por inflorescencia en lotes sembrados con palma joven es de 1,5 a 2,0 g. En cambio, en palma adulta se usa de 2,1 a 3,0 g de mezcla por inflorescencia. Estas diferencias en la cantidad aplicada se deben principalmente al tamaño de la inflorescencia, que al ser más grande tendrá una mayor área a cubrir.

Implementos para la polinización

Existe una amplia gama de variaciones en los equipos de polinización que hoy en día se manejan a nivel comercial. Sin embargo, todos coinciden con algunas partes básicas como: un recipiente para el almacenamiento de la mezcla, un canal de salida, un mecanismo para impulsar la mezcla mediante el sistema y un gancho para abrir las brácteas pedunculares. A continuación se describe cada una de ellos.

- Recipiente: uno de los más utilizados es un tarro de aluminio, en el que comúnmente se almacenan productos enlatados. Sin embargo, también se encuentran frascos usados para el almacenamiento de salsas o frascos para el lavado de instrumentos de laboratorio. En otros casos se usa una pera grande de goma (Figura 2.9).



Figura 2.9. Recipientes para el equipo de polinización. A. Tarro de aluminio. B. Frasco de salsas. C. Pera de goma. Fotos: A. Sánchez y E. Daza, 2011.

- Canal de salida de la mezcla: puede ser una manguera plástica de ¼" o un tubo de cobre de 3/16" (Figura 2.10).



Figura 2.10. Canal de salida en el equipo de polinización. A. Tubo de cobre para frasco de aluminio. B. Tubo de cobre para frasco de salsas. C. Manguera plástica para tarro de aluminio. Fotos: A. Sánchez, 2011.

Impulsor de la mezcla: el más usado es la pera de goma, la cual se conecta a un conducto de entrada al recipiente para que en el momento de presionarla, impulse la mezcla hacia fuera. De igual forma, se puede usar la presión generada por el operario al soplar una manguera de entrada. También en los casos en los que se usa un frasco, al apretar las paredes del mismo se ejerce una presión que impulsa la mezcla a lo largo del canal de salida (Figura 2.11).



Figura 2.11. Impulsor de la mezcla en el equipo de polinización. Foto: A. Sánchez, 2011.

- Gancho: se utiliza para romper el prófalo y las brácteas pedunculares para descubrir la inflorescencia. Este implemento puede ser llevado por aparte o ir adherido al equipo de polinización. Generalmente es una varilla de hierro doblada en “L” y una punta para marcar la hoja correspondiente (Figura 2.12).



Figura 2.12. Gancho en el equipo de polinización. Foto: E. Daza, 2011.

Estos implementos son sencillos y fáciles de conseguir, lo que permite la construcción manual del equipo de polinización.

Dependiendo de la edad del cultivo se presentan algunas modificaciones en los instrumentos utilizados. En palmas que inician su producción se puede usar el frasco tradicional de salsas, ya que las inflorescencias se encuentran en un nivel bajo y son fáciles de alcanzar. No obstante, a medida que la palma crece, las inflorescencias son cada vez más grandes y se necesita un equipo de mayor alcance; comúnmente se utiliza un frasco de aluminio, el cual tiene un tubo de cobre que permite llegar a la parte posterior de la inflorescencia. Ya en la palma adulta el acceso a las inflorescencias es más difícil, por lo cual se usa un tubo largo para dar el alcance necesario al equipo. En la base del tubo se coloca el recipiente de la mezcla y el mecanismo para impulsarla, y a lo largo de éste se extiende el canal de salida de la mezcla hasta la punta, donde va acompañado del gancho en su lado opuesto para combinar las labores de romper las brácteas pedunculares y polinizar la inflorescencia (Tabla 2.4).

Tabla 2.4. Equipos para la polinización asistida.

Equipo	Ventaja	Desventaja
<p>Pera</p> 	<p>Se combina el recipiente y el impulsador.</p>	<p>Es incómoda para recargar y de difícil limpieza. Sólo se puede usar una mano para sostener la antena.</p>
<p>Frasco de aluminio</p> 	<p>Se pueden usar las dos manos para sostener la antena. Se logra una aplicación homogénea, mejorando la cobertura de la mezcla.</p>	<p>Se pueden presentar problemas respiratorios y cansancio en la persona que realiza la labor.</p>
<p>Frasco lavador</p> 	<p>Tiene un canal de conducción que permite extraer completamente la mezcla, evitando acumulaciones en la base del recipiente.</p>	<p>No se puede utilizar en palma adulta.</p>

Continúa

Equipo	Ventaja	Desventaja
<p data-bbox="363 336 523 368">Frasco de salsas</p> 	<p data-bbox="683 566 887 597">Es fácil de conseguir.</p>	<p data-bbox="1085 549 1452 612">Requiere un mayor esfuerzo para lograr la cobertura deseada.</p>
<p data-bbox="357 853 529 885">Equipo de antena</p> 	<p data-bbox="683 1049 1066 1144">Gracias a la extensión que posee, tiene gran alcance para realizar la labor en palma alta.</p>	<p data-bbox="1085 1066 1452 1129">Se dificulta su utilización en palmas jóvenes.</p>

Fotos: A. Sánchez y E. Daza, 2011.

Ejercicio 2.3 Calculemos los requerimientos de polen para la labor

Objetivo

Al finalizar este ejercicio los participantes habrán adquirido las habilidades para realizar los cálculos sobre la cantidad de polen requerido para la labor de polinización asistida.

Orientaciones al facilitador

Informar que es necesario contar con una calculadora para este ejercicio. Si algún equipo no la trae, será responsabilidad del orientador suministrarla en el momento de la práctica.

Nota: téngase en cuenta que este ejercicio puede ser difícil para personal que no tenga conocimiento sobre operaciones matemáticas como suma, resta, multiplicación y división, pero en la retroinformación el facilitador aclarará el procedimiento y podrá repetirlo junto con ellos para mayor facilidad.

Para el cumplimiento de esta práctica se deben observar las siguientes instrucciones:

- Organizar grupos de tres personas como máximo, a quienes se les entregará un formato que contiene la información del ejercicio.
- Escoger por grupo a un representante, que será responsable de exponer los resultados.
- Explicar con claridad a los participantes las bases teóricas que contiene cada problema planteado en el Formato de trabajo 2.4, para ayudarles a entender el ejercicio.

- Solicitar a cada representante o líder de grupo exponer sus resultados ante la plenaria.
- Tomar nota de los errores que cometan los participantes para aclararlos una vez los grupos terminen las exposiciones.

Recursos necesarios

- Tiempo: 40 minutos para cumplir con la actividad por parte de los participantes y 10 para que cada grupo exponga sus opiniones.
- Una calculadora por cada grupo.
- Un papelógrafo o tablero, en el que el facilitador solicitará a los representantes de cada grupo exponer las respuestas del ejercicio.
- Formato de trabajo 2.4 para cada grupo.

Orientaciones a los participantes

- Organizarse en grupos de tres personas como máximo, a quienes se les entregará el Formato de trabajo 2.4, que contiene la información del ejercicio.
- Se solicita que cada grupo escoja a un representante, quien será responsable de exponer los resultados.
- Luego de la explicación del facilitador sobre el ejercicio, proceda a desarrollar los problemas planteados teniendo en cuenta las condiciones iniciales de cada uno.
- Para el desarrollo del ejercicio tiene un período de 40 minutos; pasado este tiempo cada representante de grupo debe exponer en máximo 10 minutos sus respuestas en plenaria.

Formato de trabajo 2.4

Requerimiento de polen para la polinización asistida

Integrantes:

Resuelva los siguientes problemas:

1. Un día el ingeniero de la plantación, en medio de tantas actividades por hacer, necesita su ayuda para realizar los cálculos del polen requerido para los lotes 12A de 20 hectáreas con material híbrido OxG de palma adulta, 20B de 18 hectáreas con material híbrido OxG de palma joven. Él confía en sus capacidades, le llama y le pide que por favor le determine la cantidad de polen y de talco que se debe comprar para realizar la polinización asistida durante los próximos dos meses en estos lotes y la cantidad de mezcla que finalmente se aplicaría por inflorescencia.
Según las averiguaciones que usted hizo sobre el reporte de inflorescencias de los polinizadores, durante los últimos tres meses, el lote 12A presentó en promedio 3.120 inflorescencias femeninas en antesis por mes, mientras que el lote 20B presentó 2.892 inflorescencias mes.
Además, usted recuerda, que la relación de polen y talco que se utiliza en la plantación es de 1:9. Con esa información proceda a calcular para cada lote las cantidades requeridas tanto de polen como de talco y a entregarle la información en horas de la tarde al ingeniero.
2. Usted es el supervisor de polinización de la plantación y acaba de recibir el último pedido de polen, que fue de 2 kilogramos. Al hacer la prueba de viabilidad del mismo encuentra que es del 55%. Al comunicarse con su proveedor, éste atribuye la disminución a problemas en el transporte y le indica que tendrá nuevamente su pedido en 2 semanas. Sin embargo, usted debe iniciar la polinización al día siguiente. El ingeniero encargado decide usar el polen mientras que llega la reposición utilizando una relación de mezcla 3:8. Actualmente la plantación únicamente maneja siembras jóvenes de híbridos OxG, aplicando 0,17 g de polen por inflorescencia en una relación de mezcla 1:10, cuando la viabilidad del polen supera el 70%.
Teniendo en cuenta la nueva relación de mezcla, calcule la cantidad de polen que se debe aplicar por inflorescencia y el número de inflorescencias que se podrán polinizar con el pedido de polen, de acuerdo con el ajuste generado por la reducción en la viabilidad.
Además, con los datos obtenidos calcule la cantidad de mezcla que le debe entregar a cada polinizador, teniendo en cuenta que en promedio polinizan 120 inflorescencias por jornal.

Información de retorno del ejercicio

Una vez terminado el ejercicio el facilitador procederá a resolver los dos problemas con la ayuda de la Tabla 2.5 en el tablero o papelógrafo y aclarará las dudas a los participantes. Esta retroalimentación debe ir acompañada de una reflexión acerca de las falencias y dificultades presentadas en el ejercicio, permitir resolver los problemas presentados y mejorar las vías de comunicación para futuras presentaciones del tema.

Tabla 2.5. Solución a los problemas.

Problema 1

Teniendo en cuenta la cantidad de polen por inflorescencia, de acuerdo con la edad del cultivo y la proporción de mezcla, se hacen los siguientes cálculos:

- Lote 12A: para palma adulta la dosis promedio de polen/inflorescencia está en un rango de entre 0,21 y 0,33 g. En este caso usaremos el promedio = 0,27 g.
Luego se multiplica la cantidad de polen por el número total de inflorescencias:

$$\begin{aligned} 0,27 \text{ g} * 3.120 &= 842,4 \text{ g polen/mes} \\ \text{Para dos meses} &= 842,4 * 2 = 1.684,8 \text{ g} \end{aligned}$$

Cantidad de talco por inflorescencia (teniendo en cuenta la proporción 1:9):

$$0,27 \text{ g} * 9 = 2,43 \text{ g}$$

Luego se multiplica por el número de inflorescencias totales:

$$\begin{aligned} 2,43 * 3.120 &= 7.581,6 \text{ g talco/mes} \\ \text{Para dos meses} &= 7.581,6 * 2 = 15.163,2 \text{ g} \end{aligned}$$

Por último se calcula la cantidad de mezcla por inflorescencia:

$$0,27 \text{ g de polen} + 2,43 \text{ g de talco} = 2,7 \text{ g}$$

- Lote 20B: para palma joven la dosis promedio de polen/inflorescencia está en un rango de entre 0,16 y 0,21. En este caso usaremos el promedio = 0,185 g.
Luego se multiplica la cantidad de polen por el número total de inflorescencias:

$$\begin{aligned} 0,185 \text{ g} * 2.892 &= 535 \text{ g polen/mes} \\ \text{Para dos meses} &= 535 * 2 = 1.070 \text{ g} \end{aligned}$$

Cantidad de talco por inflorescencia (teniendo en cuenta la proporción 1:9):

$$0,185 \text{ g} * 9 = 1,665 \text{ g}$$

Luego se multiplica por el número de inflorescencias totales:

$$\begin{aligned} 1,665 * 2.892 &= 4.815,18 \text{ g talco/mes} \\ \text{Para dos meses} &= 4.815,18 * 2 = 9630,36 \text{ g} \end{aligned}$$

Finalmente, se calcula la cantidad de mezcla por inflorescencia:

$$0,185 \text{ g de polen} + 1,665 \text{ g de talco} = 1,85 \text{ g}$$

Continúa

Problema 2

Teniendo en cuenta la proporción de la mezcla (3:8) para compensar la baja viabilidad de polen (55%), se realizan los siguientes cálculos:

$$\text{Cantidad de polen: } 0,17 \text{ g} * 3 = 0,51 \text{ g}$$

Posteriormente, para establecer la cantidad de inflorescencias que se podrían polinizar, se divide la cantidad de polen comprado por el polen requerido por inflorescencia:

$$\text{N}^\circ \text{ de inflorescencias: } 2.000/0,51 = 3.921$$

Para determinar la cantidad de mezcla en primer lugar se calcula la cantidad de talco a usar por inflorescencia:

$$\text{Cantidad de talco: } 0,17 * 8 = 1,36$$

Por último, se calcula la cantidad de mezcla por inflorescencia y se multiplica por 120 para establecer la cantidad diaria por polinizador:

$$\begin{aligned} \text{Cantidad de mezcla por inflorescencia: } & 0,51 \text{ g polen} + 1,36 \text{ g talco} = 1,87 \text{ g} \\ \text{Cantidad de mezcla por polinizador: } & 1,87 * 120 = 224,4 \text{ g mezcla} \end{aligned}$$

Polinización asistida de inflorescencias femeninas

A continuación se presenta la operatividad de la polinización en el campo, la cual va desde la identificación de la inflorescencia femenina hasta la aplicación del polen, con el fin de mejorar la eficacia de polinización (*fruit set*). Además, se presentan algunos parámetros de calidad de la labor para determinar los correctivos que deben hacerse.

Momento adecuado para iniciar la polinización

Uno de los primeros indicadores es la aparición continua de inflorescencias femeninas en el lote, y es allí donde se debe contemplar la posibilidad de realizar un censo, con el cual se tendrán los datos para tomar la decisión de iniciar la polinización asistida. Normalmente este indicador se presenta entre los 24 y los 30

meses de siembra, de acuerdo con el origen del material vegetal, considerando que pueden existir materiales precoces y materiales tardíos. En siembras jóvenes de material híbrido (OxG) se recomienda iniciar la polinización asistida cuando existan cinco inflorescencias femeninas en anthesis por hectárea y que esta condición se mantenga en el tiempo, o cuando la cantidad de inflorescencias femeninas alcanza el 50% del total de inflorescencias registradas en el lote.

Se recomienda evaluar la relación costo beneficio, teniendo en cuenta los costos de aplicación, cosecha y transporte. Es así como se debe establecer el número mínimo de inflorescencias que se pueden manejar para que la labor sea viable en términos económicos. Sin embargo, no se descarta la posibilidad de iniciar la labor de polinización asistida antes de cumplir con los indicadores anteriormente descritos, siempre y cuando se desee aprovechar esa fase inicial de producción de inflorescencias femeninas para la capacitación del

personal, la adecuación de los lotes y el ajuste de la logística y requerimientos propios de la labor, a partir de las necesidades y dificultades particulares que se presenten en la plantación.

Criterio para la polinización de inflorescencias

En el procedimiento de polinización asistida existen varios criterios sobre el estado de antesis de la inflorescencia que se deben considerar para la correcta realización de esta actividad. De acuerdo con la proporción de flores en antesis al momento de realizar la aplicación, se establecen cuatro categorías que se describen a continuación:

a. Inflorescencia buena (IB): estado fenológico 607, el cual se caracteriza por la presencia de más del 80% de sus flores abiertas y aptas para ser polinizadas (Figura 2.13).



Figura 2.13. Inflorescencia buena. Estado fenológico 607. Foto: E. Daza, 2011.

b. Inflorescencia con doble polinización (IDP): la mayor parte de la inflorescencia presenta botones sin abrir, pero ya existen flores en antesis, requiriendo en el siguiente ciclo una nueva polinización (Figura 2.14).



Figura 2.14. Inflorescencia con doble polinización. Foto: A. Sánchez, 2011.

c. Inflorescencia ayudada (IA): son aquellas inflorescencias que se encuentran finalizando su período de antesis, pero que aún presentan un porcentaje de flores receptivas sin polinizar debido a que están cubiertas por sus brácteas pedunculares. Esta característica puede deberse a la asincronía floral del material o al descuido del polinizador que no la vio en alguna de sus rondas (Figura 2.15).



Figura 2.15. Inflorescencia ayudada. Foto: R. Ávila, 2011.

d. Inflorescencia andrógina (IAN): se presenta en los primeros años de producción del híbrido interespecífico OxG, cuando ocurre la transición de las

inflorescencias andróginas a las inflorescencias normales. Se caracteriza por la presencia de ambos sexos en la misma estructura. Se deben polinizar aquellas que presenten una mayor proporción del sexo femenino (Figura 2.16).



Figura 2.16. Inflorescencia andrógina apta para polinizar. Foto: A. Sánchez, 2011.

Observación: en la práctica se pueden llegar a realizar entre dos y hasta seis aplicaciones a la misma inflorescencia. Sin embargo, se recomienda que independiente del número de pases, se trate de cubrir la mayor proporción posible de flores por inflorescencia (entre el 70 y el 80%), con el propósito de obtener racimos de mejor calidad. Por tanto, se sugiere polinizar de nuevo cualquier inflorescencia que presente flores en antesis, ya que con esto no se incurre en sobrecostos, debido a que el polinizador debe hacer el mismo recorrido cada dos días y el costo de la mezcla es muy bajo.

Ejecución de la polinización asistida

Se deben tener en cuenta algunos pasos que garantizan la eficacia de la labor y permiten al operario lograr un desplazamiento rápido entre palmas.

- Un aspecto fundamental para el adecuado desarrollo de esta actividad consiste en la manera como el operario recorra el lote para ubicar con mayor facilidad las palmas e inflorescencias que se han de polinizar (Figura 2.17).



Figura 2.17. Recorrido del polinizador en el campo. Foto: A. Sánchez, 2011.

De acuerdo con la experiencia de las plantaciones en la Zona Occidental, en un cultivo de palma joven (3-5 años), se recomienda hacer el recorrido rodeando completamente cada palma y avanzando en zigzag por la calle de cosecha, como se muestra en la Figura 2.18, ya que la palma es de porte bajo y presenta bastantes hojas al nivel del suelo, que dificultan al operario detectar las estructuras florales de la corona al tratar de observarlas por un solo lado.

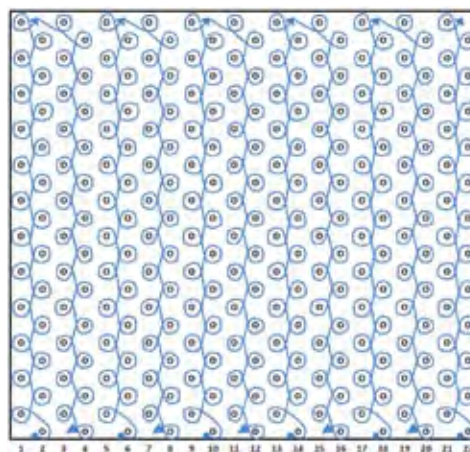


Figura 2.18. Esquema para el recorrido en el campo, en palma joven, para identificar y polinizar las inflorescencias femeninas.

En la Zona Oriental, para palma adulta (>5 años) se recomienda que el trabajador se movilice tomando dos

líneas y desplazándose entre ellas en zigzag. Una vez llegue a la palma, la revisión de la misma debe ser en forma de “U” o media luna (Figura 2.19). Esto permite una mayor eficacia en cuanto a la detección de inflorescencias y en el movimiento del personal por el lote.

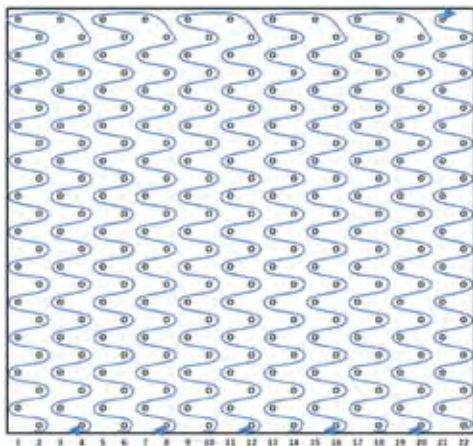


Figura 2.19. Esquema para el recorrido en el campo, en palma adulta, para identificar y polinizar las inflorescencias femeninas.

- Al momento de ingresar por cada calle de cosecha, se recomienda que el operario coloque una paleta (Figura 2.20) con su código de identificación interno por la calle de salida, para asegurarse de estar realizando el recorrido de forma adecuada y permitirle al supervisor o auxiliar su ubicación en el lote.



Figura 2.20. Paleta para marcar el inicio de las líneas por las que se moviliza el operario. Foto: E. Daza, 2011.

- Una vez detectada la inflorescencia, el operario debe evaluar el estado de antesis en el que se encuentra, para determinar si se trata de una inflorescencia en plena antesis, una que requiere una segunda polinización, una ayudada de antesis o una andrógina. Para ello debe abrir con el gancho el prófalo y la bráctea peduncular, tratando de llegar a la base de la inflorescencia para garantizar una polinización uniforme. Luego debe aplicar el polen, según la mezcla establecida, cubriendo homogéneamente la inflorescencia para asegurar una buena cobertura sin acumulaciones ni zonas faltantes (Figura 2.21).



Figura 2.21. Aplicación de la mezcla sobre la inflorescencia. Foto: E. Daza, 2011.

- Posteriormente, se debe marcar la hoja sobre la cual se ubica el racimo. En ésta se debe colocar la fecha de polinización y el código del operario encargado. Si se trata de una inflorescencia a la que se le debe hacer otra polinización, únicamente se pone el código del operario y una marca que indique la necesidad de una segunda aplicación. El dato de la fecha se escribe cuando se haya garantizado la polinización de la mayor parte de la inflorescencia.
- Por último, el operario debe registrar las inflorescencias polinizadas en un formato diseñado para el registro detallado de la labor (Anexo técnico 3).

Evaluación de la eficacia de la polinización asistida



Figura 2.22. Formación de un racimo con una polinización deficiente. Foto: F. López, Hacienda La Cabaña, 2007.

Los encargados de realizar esta labor son los supervisores y auxiliares, quienes mediante sus evaluaciones diarias detectan las anomalías y los problemas que se están presentando durante las jornadas de trabajo. Estos son responsables, además, de registrar la información para calcular algunos índices de calidad diligenciando un formato de evaluación adjunto en el Anexo técnico 4. A continuación se describen los indicadores de calidad más utilizados (desarrollados por F. López, Hacienda La Cabaña, 2007):

- a. Porcentaje de calidad de la labor. Permite establecer el porcentaje de inflorescencias polinizadas por el operario, en relación con el total de inflorescencias en antesis reportadas por el auxiliar o el supervisor. Si el operario está realizando la actividad correctamente, dicho porcentaje debe ser superior a 90%. Para este parámetro se maneja un valor absoluto.

$$\text{Porcentaje de calidad} = \left[\frac{\text{Inflorescencias polinizadas}}{\text{Inflorescencias polinizadas} + \text{no polinizadas} + \text{ayudadas}} \right] \times 100$$

- b. Índice de confianza. Permite evaluar la confiabilidad de los datos suministrados por el operario sobre inflorescencias polinizadas. Compara el reporte del

trabajador con el del supervisor. Si la información es veraz, debe ser igual o mayor que al 90%. Para calcular el índice se maneja un valor absoluto.

$$\text{Índice de confianza} = \left[\frac{\text{Dato de inflorescencias reportado por operario}}{\text{Dato de conteo de inflorescencias del supervisor}} \right] \times 100$$

Vale la pena aclarar que con el porcentaje de calidad se mide la eficiencia del operario durante la labor al evaluar la cantidad de inflorescencias que polinizó con respecto al total de inflorescencias que se encontraban aptas para la polinización, mientras que con el índice de confianza se evalúa la veracidad de la información suministrada por el polinizador.

- c. Aplicación de la inflorescencia. Es un parámetro basado en la observación que hace el evaluador sobre la apertura de las brácteas pedunculares que cubren la inflorescencia y la homogeneidad de la aplicación de la mezcla (polen-talco). De acuerdo con lo anterior, se establecieron dos categorías:

- Aplicación buena: cuando el destape de la inflorescencia se realiza en forma adecuada y la aplicación de la mezcla es homogénea (Figura 2.23).



Figura 2.23. Aplicación buena de la mezcla en una inflorescencia. Foto: E. Daza, 2011.

- Aplicación mala: se presenta cuando se aplica la mezcla, pero no se despejan correctamente

las brácteas pedunculares o cuando se hace bien el despeje, pero se aplica la mezcla en forma deficiente (Figura 2.24A) o en exceso (Figura 2.24B).



Figura 2.24. Aplicación mala de la mezcla en una inflorescencia. Fotos: A. Sánchez, 2011.

$$\text{Aplicación} = \left[\frac{\text{Inflorescencias bien aplicadas}}{\text{Inflorescencias bien aplicadas} + \text{inflorescencias mal aplicadas}} \right] \times 100$$

Si el operario está realizando la actividad correctamente, la calidad de la aplicación debe ser mayor de 90%.

- d. Nivel de asistencia. Se refiere a la asistencia mensual del polinizador a sus lotes asignados; se estima un mínimo de días laborados al mes que puede estar alrededor de 24 a 26. El valor de este índice debe ser igual o superior a 95%. Este parámetro permite tomar medidas correctivas para evitar que se queden las inflorescencias sin polinizar por la ausencia del operario. Se recomienda manejar personal adicional que se pueda tener como reemplazo cuando el polinizador falte o se retrase.

$$\text{Nivel de asistencia} = \left[\frac{\text{Jornales efectivos}}{\text{Jornales programados}} \right] \times 100$$

- e. Cumplimiento del programa. Se utiliza para evaluar el cumplimiento de la labor en el tiempo y área determinados y programados. El cumplimiento debe ser mayor de 90%.

$$\text{Cumplimiento del programa} = \left[\frac{\text{Área efectiva}}{\text{Área programada}} \right] \times 100$$

Toda la información generada con los indicadores descritos anteriormente se utiliza para hacer pronósticos de producción, coordinar la logística de la labor o para el pago de bonificaciones a los trabajadores por cumplir con todos o algunos de los indicadores propuestos. El esquema de bonificaciones y castigos está sujeto al manejo administrativo de cada empresa.

Práctica 2.1 Vamos a realizar la polinización asistida

Objetivos

- Desarrollar la destreza para aplicar la técnica de la polinización.
- Analizar críticamente la calidad de la labor por medio de indicadores para tomar medidas de control.

Orientaciones al facilitador

Para desarrollar en forma adecuada esta práctica, el facilitador deberá coordinar con la plantación, con una semana de anticipación, la asignación de un lote en donde se esté realizando la polinización asistida, preferiblemente en palma joven, y garantizar el acompañamiento del personal encargado de la supervisión y ejecución de la labor.

El facilitador debe informar a los participantes que esta práctica se llevará a cabo en un lote donde se está realizando la polinización asistida, para que participen en las actividades rutinarias de esa labor dentro de la plantación. La práctica se hará en tres etapas: en la primera, los grupos podrán realizar polinizaciones a lo largo de cuatro líneas, con la finalidad de maniobrar el equipo y determinar las dificultades que se pueden presentar. En la segunda, cada grupo realizará un recorrido por otras cuatro líneas, haciendo las veces de supervisores y diligenciando el formato de evaluación diaria de polinización. Finalmente, con la información generada durante las primeras dos etapas, los participantes establecerán la eficacia de la labor realizando los cálculos de los indicadores de calidad.

Para el cumplimiento de esta práctica el orientador debe asegurar:

- Que los participantes se organicen en grupos de seis personas como máximo.
- Que cada grupo escoja a un representante, quien será responsable de exponer los resultados de la práctica.
- La presencia de inflorescencias femeninas para polinizar, las cuales deben presentar diferentes porcentajes de flores abiertas.
- Que cada grupo tenga un equipo con las herramientas e insumos requeridos para la práctica, así como los elementos de seguridad.
- La lectura de las instrucciones para los participantes y cerciorarse de que las han comprendido plenamente.
- Que a cada grupo se le haga entrega del Formato de trabajo 2.5 y los formatos de registro de inflorescencias (Anexo técnico 6) para la etapa 1 y de evaluación de la polinización (Anexo técnico 7) para la etapa 2, adjuntos al presente ejercicio.

Recursos necesarios

- Tiempo: 2 horas para cumplir con la práctica. Se dispondrá en cada etapa de 40 minutos para la actividad y 20 para la discusión.
- Tiempo adicional: 20 minutos para realizar los cálculos de los indicadores de calidad y 10 para

que cada grupo exponga sus opiniones y respuestas a cada una de las actividades.

- Una calculadora por grupo.
- Un equipo para polinización asistida por grupo.
- Copias de los Anexos técnicos 6 y 7 para cada grupo.
- Formato de trabajo 2.5 por cada grupo.

Orientaciones a los participantes

La práctica se llevará a cabo en tres etapas:

- Los grupos podrán realizar polinizaciones, con la finalidad de maniobrar el equipo y determinar las dificultades que se pueden tener. Cada grupo hará un recorrido por una vuelta o “U” de cosecha (cuatro líneas), efectuando la polinización de las inflorescencias presentes, de acuerdo con los criterios y conceptos desarrollados en la sesión teórica. Deben diligenciar el formato de registro de inflorescencias (Anexo técnico 6) proporcionado por el facilitador al inicio de la práctica.
- Cada grupo realizará un segundo recorrido por otras cuatro líneas (“U” de cosecha), haciendo las veces de supervisores, diligenciando el formato de evaluación diaria de polinización (Anexo técnico 7).
- Con la información generada durante las primeras dos etapas, los participantes establecerán la eficacia de la labor realizando los cálculos de los indicadores de calidad utilizando el Formato de trabajo 5.

Formato de trabajo 2.5

Práctica 1. Vamos a realizar la polinización asistida
Integrantes:
Etapas I. Ejecución de la polinización asistida
a. ¿Cuál es el tiempo requerido para la realización de la totalidad del procedimiento de polinización en el caso de un recorrido en "U" de cosecha?
b. ¿Podría mencionar si existe alguna manera de disminuir el tiempo en la etapa discutida en el literal anterior?
c. De la práctica realizada, ¿qué etapa considera usted la más difícil de llevar a cabo? Explique el porqué.
Etapas II. Supervisión de la polinización asistida El facilitador solicitará a los participantes explicar u opinar sobre lo siguiente:
a. Con base en la primera etapa de la práctica, ¿cuáles fueron los errores más frecuentes que se cometieron al realizar la polinización asistida?
b. ¿Cuáles creen que son las causas de los errores mencionados anteriormente?

Continúa

¿Qué se debería hacer para mejorar la polinización de aquellas inflorescencias que presentaron menor número de flores polinizadas?

Etapa III. Cálculos de los indicadores de calidad

A continuación usted debe desarrollar las siguientes fórmulas de acuerdo con los datos obtenidos.

- Porcentaje de calidad de la labor:

$$\textit{Porcentaje de calidad} = \left[\frac{\textit{Inflorescencias polinizadas}}{\textit{Inflorescencias polinizadas} + \textit{no polinizadas} + \textit{ayudadas}} \right] \times 100$$

- Índice de confianza:

$$\textit{Índice de confianza} = \left[\frac{\textit{Dato de inflorescencias reportado por operario}}{\textit{Dato de conteo de inflorescencias del supervisor}} \right] \times 100$$

- Aplicación de la inflorescencia:

$$\textit{Aplicación} = \left[\frac{\textit{Inflorescencias bien aplicadas}}{\textit{Inflorescencias bien aplicadas} + \textit{inflorescencias mal aplicadas}} \right] \times 100$$

Información de retorno

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 que se emplean para optimizar la labor manteniendo la calidad esperada y realizará un ejemplo de los cálculos de calidad de la labor para todos.

A continuación se presenta, a manera de ejemplo, el resultado de la evaluación de un supervisor a dos polinizadores (códigos 01 y 02).

Reporte del supervisor

Lote	Líneas		P	NP	Ayudadas	Aplicación		Índice de confianza		CÓD.
	Inicial	Final				Buena	Mala	Reportadas	Confirmadas	
L3	37	40	9	1	0	8	1	9	9	01
L8	61	64	7	2	0	4	3	7	7	02

A partir de la información consignada en el formato se calcularon los diferentes indicadores, con el propósito de que el facilitador los use como referencia para explicar a los participantes la manera de encontrar los indicadores observados durante la práctica. Si éste lo considera apropiado, puede socializar el ejemplo antes de observar los resultados de la práctica.

Cálculos:

Polinizador con código 01:

$$\text{Porcentaje de calidad} = (9/10) \times 100$$

$$\text{Índice de confianza} = (9/9) \times 100$$

$$\text{Aplicación de la inflorescencia} = (8/9) \times 100$$

Polinizador con código 02:

$$\text{Porcentaje de calidad} = (7/9) \times 100$$

$$\text{Índice de confianza} = (7/7) \times 100$$

$$\text{Aplicación de la inflorescencia} = (4/7) \times 100$$

Resultados

Indicador	Código del polinizador	
	1	2
Porcentaje de calidad	90%	77%
Índice de confianza	100%	100%
Aplicación de la inflorescencia	88%	57%

Bibliografía

Alvarado, A.; Bulgarelli, J.; Moya, B. 2000. Germinación del polen en poblaciones derivadas de un híbrido entre *Elaeis guineensis* Jacq. y *E. oleifera* HBK, Cortes. *ASD papers* 20:35.36.

Hacienda La Cabaña. 2009. Multimedia: Palma de aceite alto oleico (híbrido OxG), en colaboración con Cirad, Fedepalma y Convenio Alianza en Palma.

Indupalma. 2008. Polinización asistida industrial (PAI). Separata técnica. Primera edición. Bogotá. 20 p.



Unidad de aprendizaje 3. Polinización asistida en cruzamientos dirigidos para mejoramiento genético y producción de semillas

Estructura de la unidad	89
Explicación de la estructura de la unidad.....	89
Preguntas orientadoras	90
Objetivos.....	90
Introducción	90
La polinización asistida para mejoramiento genético y producción de semillas	90
Materiales para el aislamiento y la polinización de inflorescencias	91
Ejercicio 3.1	
Materiales necesarios para los aislamientos y la polinización asistida	91
Aislamientos de inflorescencias masculinas para obtención de polen legítimo	96
Momento adecuado para el aislamiento.....	96
Instalación de la bolsa de polinización	97
Identificación del aislamiento	98
Cosecha y obtención de polen	99
Aislamiento y polinización asistida de inflorescencias femeninas.....	99
Práctica 3.1	
Aislamiento de inflorescencias en el campo.....	100
Ejecución de la polinización	104
Momento adecuado para la polinización	104
Polinización de la inflorescencia	105
Identificación del cruzamiento	106
Práctica 3.2	
Polinización asistida de una inflorescencia en el campo.....	106
Seguimiento y evaluación de la calidad de la labor.....	110
Cosecha de racimos provenientes de la polinización asistida	110
Bibliografía.....	110



Figura 3. Fotos: E. Daza y A. Sánchez, 2011.

Estructura de la unidad

En la actualidad existen en el país diferentes casas comerciales de producción de semillas, las cuales tienen estandarizados sus procesos de polinización. Esta unidad tiene como propósito unificar criterios en las di-

ferentes etapas del proceso, así como también ser una herramienta didáctica para las personas encargadas de la capacitación del personal técnico y de apoyo que labora en dichas casas comerciales.

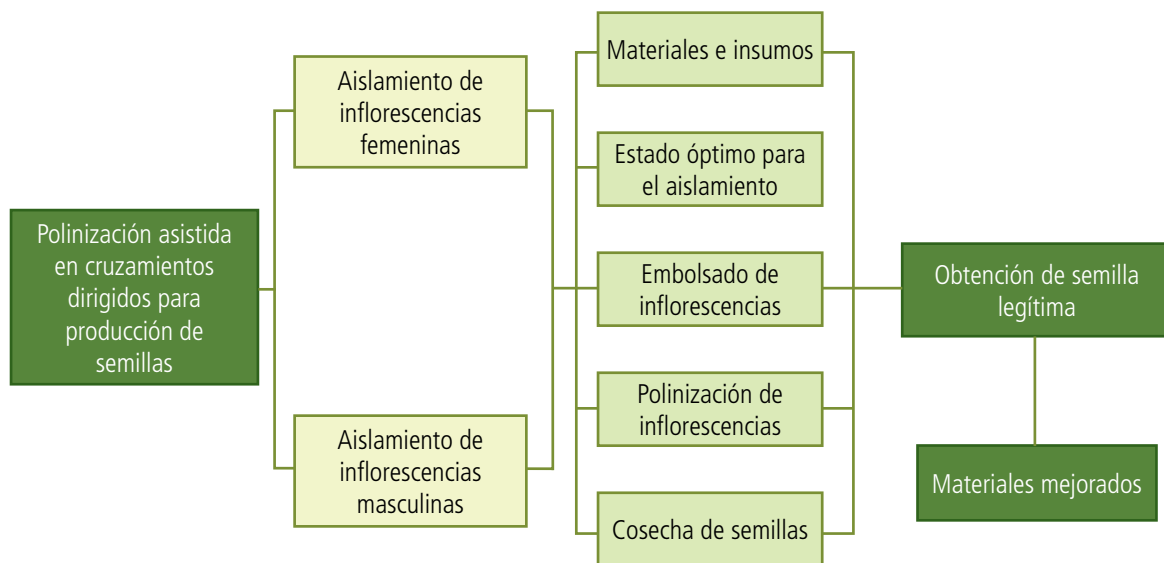


Figura 3.1 Estructura de la unidad. Polinización asistida en cruzamientos dirigidos para mejoramiento genético y producción de semillas.

Explicación de la estructura de la unidad

La unidad empieza con una descripción de las generalidades de la polinización asistida y sus diferencias con respecto a la polinización comercial. Da cuenta de los diferentes materiales necesarios para el desarrollo adecuado del aislamiento de inflorescencias y para la polinización asistida, al tiempo que muestra la importancia de contar con las herramientas y los elementos de seguridad apropiados para ejecutar ambos procedimientos en forma correcta.

En la descripción de los procesos para la obtención de semilla se detalla el procedimiento de aislamiento de inflorescencias masculinas y el aislamiento y polinización asistida en inflorescencias femeninas. Se brindan los elementos técnicos para la realización de los mismos, con el propósito de desarrollar en los participantes las habilidades, destrezas y aptitudes necesarias para su adecuada ejecución.

Por último, se mencionan los parámetros para el seguimiento y la evaluación de la calidad de la labor,

con los que se busca desarrollar criterios técnicos de juicio que garanticen la calidad de los aislamientos y, por consiguiente, la confiabilidad en el origen del material vegetal producido.

Aunque el propósito de esta unidad es describir el procedimiento de aislamiento y polinización asistida, cabe destacar que el producto final es la obtención de la semilla.

Preguntas orientadoras

1. Mencione algunas diferencias entre la polinización asistida para cruzamientos dirigidos y la que se maneja normalmente a nivel comercial.
2. ¿Cuál sería la importancia de garantizar que las inflorescencias aisladas no se contaminen?
3. ¿Qué características considera usted que deben presentar las inflorescencias masculinas y femeninas para que sean seleccionadas como óptimas para el proceso de aislamiento?
4. ¿Cuáles considera usted que sean las etapas más críticas para el aislamiento de las inflorescencias masculinas y femeninas?
5. Defina el momento más adecuado para realizar la polinización.

Objetivos

Al finalizar esta unidad los participantes estarán en capacidad de:

1. Diferenciar entre la polinización asistida para cruzamientos dirigidos y la que se maneja normalmente en el ámbito comercial.
2. Reconocer el estadio fenológico adecuado para realizar el aislamiento de las inflorescencias masculinas y femeninas.
3. Garantizar una baja contaminación en los aislamientos de inflorescencias, para asegurar un cruzamiento puro y de calidad.
4. Adquirir criterios técnicos para el seguimiento y la evaluación de la calidad de las diferentes actividades relacionadas con la polinización asistida.

Introducción

En la palma de aceite, como en muchas de las especies perennes con uso comercial, los procesos relacionados con la obtención de semilla a partir de parentales definidos resultan laboriosos en cuanto a tiempo y recurso humano, ya que la metodología desarrollada para obtener material vegetal legítimo presenta diferentes implicaciones: (a) el tiempo requerido para el seguimiento desde etapas tempranas (semanas antes de la antesis) de las inflorescencias masculinas y femeninas, que garanticen el aislamiento en el momento oportuno; (b) la disponibilidad de mano de obra calificada responsable de la obtención de semilla certificada; (c) conservación y mantenimiento de los parentales, fuente genética del polen y de las inflorescencias femeninas (Corley y Tinker, 2009).

En esta unidad se describen las principales características relacionadas con la polinización asistida en palma de aceite enfocada hacia la generación de cruzamientos dirigidos para mejoramiento genético y producción de semillas. Con esto se busca mostrar la importancia del procedimiento y, adicionalmente, de los elementos esenciales para ejecutar los aislamientos y la polinización en forma adecuada.

La polinización asistida para mejoramiento genético y producción de semillas

En los diferentes programas de mejoramiento en palma de aceite, la mayor parte de las actividades se encuentran orientadas hacia la identificación de plantas con características agronómicas sobresalientes para regiones específicas. Una vez identificadas, se hace indispensable contar con metodologías para manipular las estructuras reproductivas de las plantas (inflorescencias masculinas y femeninas), de la manera más apropiada para obtener semillas que expresen los caracteres deseados (Hartley, 1988).

De esta forma, el aislamiento de inflorescencias y la polinización asistida se constituyen en herramientas fundamentales para la preparación de las inflorescencias provenientes de palmas previamente selecciona-

das. En este caso en particular se necesita asegurar que las inflorescencias femeninas durante la fase de antesis reciban únicamente el polen proveniente de la fuente seleccionada, lo que garantiza la obtención de semillas legítimas. Para ello se requiere aislar (embolsar) tanto las inflorescencias masculinas como las femeninas, con el propósito de evitar cualquier tipo de contaminación, principalmente por polen no deseado (foráneo) que altere las características de interés.

En contraste, en la polinización asistida comercial se utiliza polen proveniente de cualquier fuente, ya que lo que se quiere es mejorar la eficacia de polinización del material sembrado, debido a la poca disponibilidad de inflorescencias masculinas o a la baja viabilidad del polen presente en las mismas. De este modo, no se busca la obtención de semilla, sino mejorar el potencial de producción que está intrínseco en el material, obteniendo un mayor número de frutos fértiles, un incremento en el peso de los racimos y, por consiguiente, una mejor tasa de extracción de aceite.

Materiales para el aislamiento y la polinización de inflorescencias

Uno de los aspectos fundamentales para el desarrollo adecuado de cualquier procedimiento se relaciona con el uso de las herramientas y los elementos de seguridad apropiados, que garantizan la calidad en la ejecución de los aislamientos y la polinización. En el ejercicio que sigue a continuación se explorarán cuáles son las herramientas adecuadas para ello. Además, en la información de retorno se encuentran los elementos teóricos que sustentan la práctica.

Ejercicio 3.1 Materiales necesarios para los aislamientos y la polinización asistida

Objetivo

Al finalizar este ejercicio los participantes estarán en capacidad de reconocer los materiales que se utilizan en los procesos de aislamiento de inflorescencias y polinización.

Orientaciones al facilitador

- Prepare con un día de anticipación los implementos requeridos para el ejercicio. Entre ellos incluya dos o tres que no estén relacionados con el procedimiento de aislamiento y polinización (como: pala de jardinería, pincel o brocha y un atomizador), con el propósito de que los participantes cuestionen su relevancia.
- Divida el grupo de participantes en subgrupos de cuatro o cinco personas. Antes de iniciar el ejercicio, solicite a cada grupo elegir a un líder, quien será el encargado de comentar los resultados de la actividad.
- Entregue a cada grupo una copia del Formato 3.1.
- Asegúrese de que cada grupo tenga las herramientas e insumos requeridos para la actividad.
- Lea las orientaciones del participante y asegúrese de que hayan sido comprendidas plenamente.

Recursos necesarios

Para un grupo de 15 a 20 participantes se requieren los siguientes recursos:

- Tiempo: 20 minutos para realizar el ejercicio.
- Tiempo extra: 20 minutos para la discusión en plenaria.
- Una muestra de polen de 20 g aproximadamente.
- Tres juegos de cuchillos.
- Tres hachas.
- Tres machetes.
- Insecticida en polvo (Carbaryl).
- Tres bolsas de 100 g de algodón.
- Diez bandas elásticas de neumático.
- Tres bolsas de polinización.
- Tres equipos de polinización (recipiente para mezcla, manguera, pera y gancho).
- Tres juegos de elementos de seguridad (guantes de carnaza, gafas, casco y tapabocas).
- Un Formato de trabajo 3.1.

Orientaciones al participante

- Observe cada uno de los implementos que le fueron entregados y explique cuál podría ser su función dentro del contexto del aislamiento de inflorescencias y polinización asistida.
- Llegue a un consenso grupal sobre las funciones de cada implemento y consígnelas en el Formato de trabajo 3.1 proporcionado por el facilitador.
- Presente los resultados en plenaria.
- Para la realización de este ejercicio se tiene establecido un tiempo de 20 minutos, una vez el facilitador haya dado las instrucciones respectivas, y 20 minutos para la presentación de los resultados.

Formato de trabajo 3.1

Identificación de los implementos para el aislamiento de inflorescencias y la polinización asistida	
Implementos	Función
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	
8.	
9.	
10.	
11.	
12.	
13.	
14.	
De los implementos entregados por el facilitador, ¿cuál o cuáles considera que no tienen que ver con el aislamiento de inflorescencias y la polinización asistida? Justifique su respuesta.	

Información de retorno del ejercicio

Una vez terminada la plenaria, el facilitador iniciará la explicación del contenido teórico relacionado con los materiales, describiendo en detalle la función de cada uno de ellos en los procesos de aislamiento de inflorescencias y polinización asistida a partir de la infor-

mación que se presenta en la Tabla 3.1. El facilitador debe mostrar a los participantes las diferencias entre la interpretación dada por ellos y la presentada en la información de retorno, resaltando los aciertos y despejando las dudas que se hayan presentado durante el ejercicio.

Tabla 3.1. Implementos necesarios para el aislamiento de inflorescencias y la polinización asistida en palma de aceite

Implementos para la realización del aislamiento de inflorescencias y la polinización asistida			
Machete y hacha			
			
Se utilizan para quitar las espinas de las hojas vecinas a la inflorescencia, inclinar la hoja que la sostiene y, en caso de ser necesario, retirar las hojas o racimos que impidan el acceso a ella.			
Cuchillos			
			
Empleados al momento del aislamiento para retirar las estructuras fibrosas que cubren la inflorescencia. Normalmente se usan tres tipos de cuchillos: uno normal (tipo cocina), para el despeje inicial retirando el prófalo y parte de la bráctea peduncular; uno de punta curva, para cortar la bráctea peduncular en la base de la inflorescencia, y un cuchillo zapatero, para cortes más finos en la base de la misma.			

Continúa

Insecticida



Se aplica en la base de la inflorescencia, con el fin de evitar que los insectos polinizadores entren y terminen contaminándola con el polen que transportan en su cuerpo.

Algodón



Actúa como un tapón, impidiendo la entrada de insectos entre el pedúnculo y la inflorescencia. Sobre el pedúnculo se coloca el insecticida, para que se mantenga por más tiempo.

Bandas elásticas



Se utilizan para sujetar la bolsa a la base del pedúnculo de la inflorescencia; comúnmente se obtienen de neumáticos.

Continúa

Bolsas de polinización



Se usan para aislar la inflorescencia de cualquier agente contaminante que transporte polen no deseado. Están elaboradas en poliéster, que permite el intercambio gaseoso, manteniendo las condiciones apropiadas de temperatura y humedad para que la inflorescencia culmine satisfactoriamente su proceso de desarrollo.

Polen



Se obtiene a partir del aislamiento de la inflorescencia masculina. Debe presentar condiciones óptimas de viabilidad (>65%) y de humedad (8-12%) al momento de utilizarse.

Equipo de polinización



Se utiliza para asperjar el polen sobre la inflorescencia. Consta de una pera de caucho, una manguera plástica de ¼", un contenedor en el que se mezcla el talco, punzón para abrir un agujero en la bolsa de polinización y el polen. También se puede usar un frasco lavador de laboratorio.

Continúa



Aislamiento de inflorescencias masculinas para obtención de polen legítimo

Momento adecuado para el aislamiento

El proceso se inicia con la identificación en el campo de las inflorescencias masculinas en el estado de preantesis II (estadio fenológico 602, según la escala BBCH), que es el adecuado para realizar el aislamiento, debido a que se puede manipular con mayor facilidad la inflorescencia en el momento de colocar la bolsa de aislamiento y, adicionalmente, se reduce la probabilidad de encontrar insectos entre las espiguillas (Figura 3.2).



Figura 3.2. Inflorescencias masculinas en preantesis II (estadio fenológico 602). Fotos: A. Sánchez, 2011.

No se recomienda aislar inflorescencias en preantesis I (estadio fenológico 601), debido a que la instalación de la bolsa se dificulta cuando el pedúnculo de la inflorescencia es pequeño y a la presencia de una mayor cantidad de prófalo y bráctea peduncular que entorpece la limpieza de la misma. Además, el pedúnculo se puede partir con mayor facilidad en el momento de amarrar la bolsa (Figura 3.3A). De igual forma, no es aconsejable hacer los aislamientos en preantesis III (estadio fenológico 603), pues se incrementa el riesgo de contaminación por la presencia de insectos polinizadores dentro de las espiguillas. (Figura 3.3B).



Figura 3.3. A. Inflorescencia masculina en preantesis I (estadio fenológico 601). B. Inflorescencia masculina en preantesis III (603). Fotos: A. Sánchez, 2011.

Instalación de la bolsa de polinización

Una vez identificada la inflorescencia en preantesis II (602), se procede a limpiarla. Inicialmente se eliminan las espinas presentes en las hojas adyacentes a la inflorescencia que se desea aislar y se inclina la hoja que la sostiene para facilitar el acceso a ella (Figura 3.4).



Figura 3.4. Despeje inicial de la inflorescencia. A. Eliminación de folíolos rudimentarios en las bases peciolares. B. Corte en la base de la hoja para facilitar su doblamiento. C. Inclinación de la hoja que sostiene la inflorescencia. Fotos: E. Daza, 2011.

Luego se retiran brácteas y prófilos evitando al máximo la generación de algún tipo de daño mecánico a la inflorescencia. Para el despeje inicial se utiliza el cuchillo de cocina, con el fin de retirar las estructuras fibrosas que se encuentran en la base del pedúnculo (Figuras 3.5B y 3.5C), y en seguida se retiran las brácteas presentes en la parte posterior de la inflorescencia, utilizando el cuchillo de punta curva (Figura 3.5D).



Figura 3.5. Limpieza de una inflorescencia para aislamiento. A. Inflorescencia masculina en su estado natural. B. Remoción del prófilo y brácteas pedunculares. C. Corte de brácteas en la base del pedúnculo. D. Limpieza en la parte posterior de la inflorescencia. E. Inflorescencia despejada y lista para colocación de bolsa de aislamiento. Fotos: E. Daza, 2011.

Después de la limpieza se ubica alrededor de la base del pedúnculo un tapón de algodón, al que previamente se le haya aplicado insecticida granulado. Si el pedúnculo es muy corto, se deben retirar algunas espiguillas de la base. El algodón actúa como una barrera física que impide la contaminación por el ingreso de insectos a la inflorescencia y, adicionalmente, permite que se mantenga por más tiempo el efecto del insecticida (Figura 3.6).

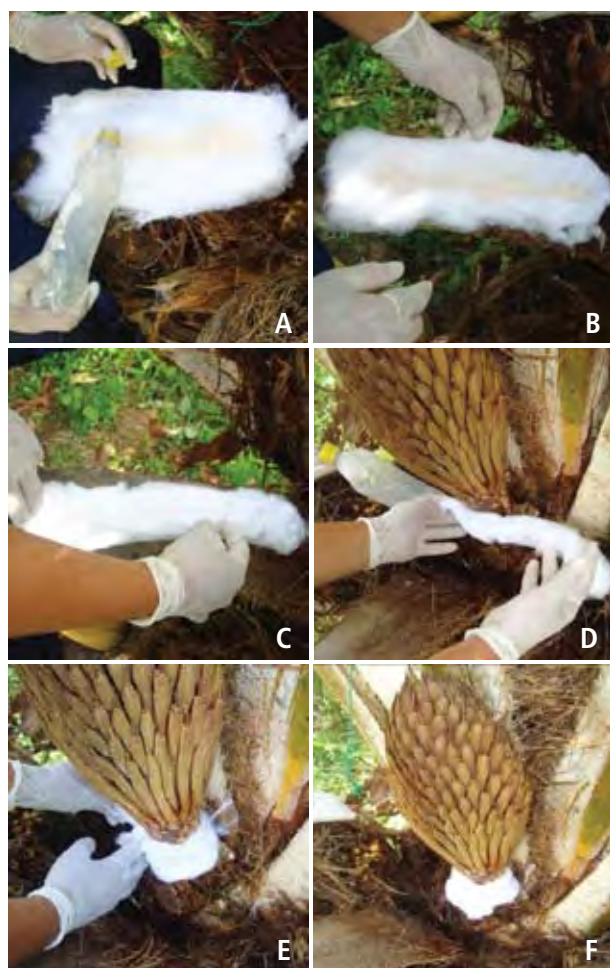


Figura 3.6. Tapón de algodón con insecticida. A. Aplicación de insecticida en el algodón. B. Insecticida distribuido a lo largo de la tira de algodón. C. Forma de doblar la tira de algodón para evitar la pérdida del producto. D. Colocación del algodón con el doblez en la parte inferior. E. Disposición del algodón en la base de la inflorescencia. F. Inflorescencia lista para ubicación de la bolsa. Fotos: E. Daza, 2011.

Luego se procede a cubrir la inflorescencia con la bolsa de polinización, procurando que descienda hasta el pedúnculo. Después se dobla la base de la bolsa en forma de acordeón, sujetándola al pedúnculo mediante una banda elástica. En este paso es clave que tanto la banda como el algodón queden bien ajustados para impedir el ingreso de insectos y evitar la acumulación de agua que puede llegar a generar la presencia de hongos. Sin embargo, se debe tener cuidado de no partir el pedúnculo al ejercer fuerza para hacer el amarre (Figura 3.7).



Figura 3.7. Embolsado de inflorescencia masculina. A. Colocación de la bolsa de aislamiento. B. Acomodación de la bolsa en el pedúnculo. C. Doblado en forma de acordeón de la base de la bolsa. D. Amarre de la bolsa mediante banda elástica. E. Ajuste de la bolsa mediante la banda elástica. F. Bolsa debidamente colocada y ajustada a la inflorescencia. Fotos: E. Daza, 2011.

Identificación del aislamiento

Una vez amarrada la bolsa y se debe registrar el código del aislamiento para identificar la palma (genitor), el número del aislamiento, la fecha del embolsado y el operario responsable. Dicha información debe ir consignada en una planilla (Anexo técnico 8) y también en una etiqueta que se coloca sobre la banda elástica con la que se amarra la bolsa de aislamiento (Figura 3.8).

Identificación de aislamiento	
Código genitor:	_____
Número de aislamiento:	_____
Fecha de embolsado:	_____
Operario responsable:	_____

Figura 3.8. Etiqueta para identificación de aislamiento en campo.

Si no se cuenta con etiquetas en el momento de realizar el aislamiento, se puede registrar esta información en una de las esquinas superiores de la bolsa.

Cosecha y obtención de polen

Una vez aislada la inflorescencia masculina y transcurrido el tiempo necesario para llegar al estado de antesis (de 8 a 12 días después del aislamiento), cuando se evidencia la presencia de polen en más del 70% de las espiguillas, se debe realizar la cosecha del polen. Inicialmente se verifica la proporción de flores en antesis y la presencia de insectos en el interior de la bolsa. En el momento de tomar la inflorescencia, antes de cortar el pedúnculo se recomienda colocar otra banda elástica por encima de la primera, con el propósito de evitar que el insecticida se mezcle con el polen en el momento de sacudir la bolsa. Luego se procede a cortar la inflorescencia, retirándola con cuidado y se traslada a un cuarto climatizado (22-25°C y 70% HR), donde se iniciará el proceso de secado del polen por un período que varía entre 12 y 24 horas (Figura 3.9).



Figura 3.9. Proceso de cosecha de polen para producción de semillas. A. Verificación de la proporción de inflorescencias en antesis y ausencia de insectos. B. Corte de inflorescencia. C. Extracción de la inflorescencia. D. Información de identificación del aislamiento. E. Banda elástica adicional para evitar la mezcla del polen con el insecticida. F. Forma de sacudir la bolsa en el campo. Fotos: E. Daza, 2011.

La metodología para el manejo y la conservación de polen se explicará en detalle en la Unidad de aprendizaje 4.

Aislamiento y polinización asistida de inflorescencias femeninas

Respecto al procedimiento para realizar el aislamiento de las inflorescencias femeninas, en forma general es idéntico al descrito previamente para las masculinas. Sin embargo, cabe resaltar algunos de los momentos

más críticos del procedimiento, en los cuales se pueden cometer más errores.

Sin lugar a dudas uno de los pasos claves del proceso es la identificación del estado óptimo de la inflorescencia para el aislamiento, el cual, como se mencionó antes, es el de preantesis II (estadio fenológico 602). Su importancia radica en la facilidad para la ejecución de la labor, la reducción del riesgo de contaminación y la mayor precisión para estimar los días en los que la inflorescencia femenina estará en antesis (Figura 3.10).



Figura 3.10. Inflorescencia femenina en estado fenológico de preantesis II (602). A. Inflorescencia femenina en su estado natural. B. Espiguilla con presencia de botón floral. Fotos: A. Sánchez, 2010.

Otro de los pasos críticos en la realización del procedimiento es en el momento de colocar el tapón de algodón y sujetar la bolsa al pedúnculo. Su importancia radica en que un buen ajuste entre el algodón y la banda elástica disminuye la probabilidad de contaminación por la entrada del polinizador *Elaeidobius kamerunicus* en la inflorescencia (Figura 3.11).

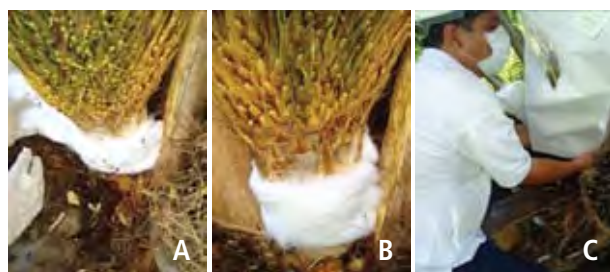


Figura 3.11. Colocación de algodón y bolsa de aislamiento en inflorescencias femeninas. A. Inflorescencia femenina limpia. B. Colocación del algodón en la base del pedúnculo. C. Colocación de bolsa de aislamiento. Fotos: E. Daza, 2011.

Una vez terminado el proceso de aislamiento, se estima el tiempo necesario para que la inflorescencia llegue a antesis, el cual puede variar entre 8 y 12 días dependiendo del momento en el que se haya realizado el aislamiento. Es de suma importancia estimar en forma correcta el tiempo de cada uno de los estados de

preantesis, ya que se corre el riesgo de perder todo el trabajo realizado previamente.

Práctica 3.1 Aislamiento de inflorescencias en el campo

Objetivo

Al finalizar esta práctica los participantes estarán en capacidad de realizar el aislamiento de inflorescencias masculinas y femeninas en forma adecuada y evitar cualquier tipo de contaminación.

Orientaciones al facilitador

En esta práctica los participantes tendrán que escoger entre dos inflorescencias, la más adecuada para hacer un aislamiento, siguiendo únicamente las indicaciones dadas por el facilitador en la sesión teórica, apoyados por un material en el que resumen los pasos para el aislamiento, el cual se les entregará al inicio de la práctica (Anexos técnicos 9 y 10).

- Un día antes de la práctica seleccione en el campo inflorescencias masculinas y femeninas en los diferentes estados de preantesis (estadios fenológicos del 601 al 603).
- Adicionalmente, elija una inflorescencia en preantesis II (estadio fenológico 602) para guiar a los participantes en un aislamiento en la información de retorno de la práctica.
- Organice grupos de trabajo de cinco o seis personas para asignarles dos inflorescencias; asegúrese de que una de éstas se encuentre en preantesis II (estadio fenológico 602).
- Solicítele a cada grupo que elija a un líder, quien a su vez será el encargado de comentar los resultados de la práctica.
- Asegúrese de que cada grupo tenga un equipo con las herramientas e insumos requeridos para la práctica, así como los elementos de seguridad.
- Lea las instrucciones de los participantes y cerciórese de que las han comprendido plenamente.

- Haga entrega del Formato de trabajo 3.2 y explique cómo diligenciarlo. En este formato cada grupo deberá señalar las dificultades presentadas y la forma como las solucionaron.
- Posterior a la práctica, pida a los participantes que expongan ante los demás las dificultades presentadas y muestren la inflorescencia aislada.
- Ocho bolsas de polinización (pueden ser reutilizadas).
- Elementos de seguridad para cada grupo.
- Un Formato de trabajo 3.2 para cada grupo.
- Un resumen de los pasos para el aislamiento por cada grupo (Anexos técnicos 9 y 10).

Elementos requeridos para la práctica

Para un grupo de 15 a 20 participantes se requiere lo siguiente:

- Tiempo: 40 a 60 minutos para la realización de la práctica.
- Tiempo extra: 10 minutos por grupo para la discusión de sus resultados.
- Cuatro juegos de cuchillos.
- Cuatro hachas.
- Cuatro machetes.
- Cuatro recipientes con 100 g de insecticida (Carbaryl).
- Cuatro bolsas con 100 g de algodón.
- Diez bandas elásticas.

Orientaciones para los participantes

- En los grupos establecidos por el facilitador, los participantes deben escoger la inflorescencia en el estado de preantesis adecuado para la realización del aislamiento.
- Posteriormente, iniciarán el proceso de aislamiento siguiendo las indicaciones planteadas en el material de apoyo en el que se resumen los pasos para el aislamiento (Anexos técnicos 9 y 10).
- Durante el proceso de aislamiento los participantes deben identificar los pasos más críticos, señalando la causa de la dificultad y la manera en que la afrontaron para continuar con la actividad. La información generada deberá ser consignada en el Formato de trabajo 3.2.

Formato de trabajo 3.2

Integrantes:			
Material utilizado:			
Tipo de inflorescencia:	Masculina		Femenina
Estado fenológico de la inflorescencia:	Preantesis I	Preantesis II	Preantesis III
Identifiquen los pasos más críticos y describan la causa de la dificultad y la manera como la solucionaron.			
Paso	Identificar el estado de desarrollo de la inflorescencia		
Dificultad presentada			
Solución			
Paso	Limpieza de la inflorescencia		
Dificultad presentada			
Solución			
Paso	Ubicación del tapón de algodón en la base del pedúnculo		
Dificultad presentada			
Solución			
Paso	Ubicación y amarre de la bolsa de aislamiento		
Dificultad presentada			
Solución			
Paso	Identificación del aislamiento		
Dificultad presentada			
Solución			

Retroinformación del ejercicio

Transcurrida la práctica, el facilitador reunirá al grupo completo y escogerá al azar a uno de los participantes para que haga un aislamiento siguiendo sus instrucciones. Si lo considera conveniente, el facilitador puede dejar que más de un participante intervenga en el aislamiento.

En cada uno de los pasos el facilitador debe señalar con claridad la forma correcta de hacerlo y los errores que se pueden llegar a cometer (Tabla 3.2).

El facilitador realizará una plenaria en la que enfocará la discusión hacia los siguientes aspectos:

- Describir las dificultades presentadas durante la ejecución del primer aislamiento e indicar las posibles soluciones que plantearon en ese momento.
- Al comparar el aislamiento realizado en la información de retorno de la práctica con el inicial, nombrar algunas de las diferencias que se consideren más relevantes.

Tabla 3.2. Dificultades más frecuentes en el aislamiento de inflorescencias y alternativas de manejo.

Problemas más frecuentes en las etapas del aislamiento de inflorescencias y alternativas de manejo	
Paso	Identificar el estado de desarrollo de la inflorescencia.
Dificultad presentada	Identificar correctamente el estado de preantesis II.
Solución	<p>En inflorescencias masculinas se debe tener en cuenta el grado de ruptura de la bráctea peduncular y la apertura de las espiguillas digitiformes. Se habla de preantesis II (602) cuando la bráctea peduncular está más rasgada permitiendo que las espiguillas estén ligeramente separadas. Si las espiguillas están apretadas hacia el centro, la inflorescencia se encuentra en preantesis I (601). Mientras que si están muy separadas y la bráctea peduncular se encuentra completamente rota, se trata de preantesis III (603).</p> <p>En inflorescencias femeninas, la característica más relevante para diferenciar los estados de preantesis es la presencia del botón floral. Se habla del estado fenológico 602 cuando se observa el ápice del botón floral en la axila de la espina floral. Si aún no se observan los botones florales, la inflorescencia se encuentra en el estado 601. O si por el contrario se observan los botones completos con facilidad, la inflorescencia se encuentra en el estado 603.</p>
Paso	Limpieza de la inflorescencia.
Dificultad presentada	<p>Despeje inicial de hojas y racimos para acceder a la inflorescencia.</p> <p>Eliminación de brácteas pedunculares en la parte posterior de la inflorescencia.</p>
Solución	<p>Se debe tener en cuenta la filotaxia de la palma. Normalmente sólo se deben doblar la hoja sobre la que se apoya la inflorescencia y las que sostienen racimos que dificultan el acceso a la misma. Para ello se hace un corte en el pedúnculo y el operario utiliza su propio peso para inclinar la hoja.</p> <p>Para retirar las brácteas pedunculares se utiliza el cuchillo de punta curva, que permite hacer cortes más precisos sin provocar heridas en la inflorescencia.</p>
Paso	Colocación del tapón de algodón en la base del pedúnculo.
Dificultad presentada	Aplicar el insecticida en el algodón sin regarlo cuando se coloca en la base del pedúnculo.

Continúa

Solución	Se abre la tira de algodón y sobre ella se aplica el producto; posteriormente se dobla por la mitad asegurándose de que el sitio donde se hizo el doblez quede hacia la parte inferior.
Paso	Colocación y amarre de la bolsa de aislamiento.
Dificultad presentada	Ajuste adecuado entre el algodón y la banda elástica. Rompimiento del pedúnculo.
Solución	Para lograr un mejor ajuste se debe doblar la base de la bolsa en forma de acordeón o abanico; luego se sostiene un extremo de la banda y con el otro se le dan mínimo dos vueltas al pedúnculo. No se debe aplicar mucha fuerza, porque se corre el riesgo de partir el pedúnculo.
Paso	Identificación del aislamiento.
Dificultad presentada	Confusión en la identificación de la palma de la que se debe aislar la inflorescencia.
Solución	Antes de ingresar a la calle donde se espera que se encuentre la palma, se debe verificar que la línea y la palma correspondan con el listado entregado al operario. Adicionalmente, se debe revisar la etiqueta o el código individual de la palma.

Ejecución de la polinización

Momento adecuado para la polinización

La polinización se realiza en el momento en el que la inflorescencia ha alcanzado el estado de antesis (estadio fenológico 607); esto es cuando más del 70% de los botones abren sus estigmas, que presentan un color crema. Los colores característicos de los estigmas cuando ya ha pasado el tiempo oportuno de la polinización son el púrpura, en el caso de la especie *E. guineensis*, y el negro, en el híbrido interespecífico OxG, como se muestra en la Unidad de aprendizaje 1.

Cuando se hace el aislamiento se calculan los días para llegar a la fase de antesis y se efectúa la polinización. Sin embargo, este tiempo varía dependiendo del momento en el que se haya realizado el aislamiento (Tabla 5). Por esta razón se recomienda revisar la inflorescencia dos días antes del tiempo en el que se espera que llegue a la fase de antesis.

En las inflorescencias masculinas el grado de apertura de la bráctea peduncular y de las espiguillas digitiformes indica los días para llegar a antesis, así: a mayor apertura menor número de días. Mientras que en las femeninas es el tamaño del botón floral el que muestra al evaluador la cantidad de días para la antesis (Hormaza et ál., 2011).

Tabla 5. Cuadro comparativo de la duración de estados fenológicos de floración en la especie *Elaeis guineensis* y en el híbrido interespecífico OxG.

Estado fenológico	Inflorescencias <i>E. guineensis</i>	Inflorescencias híbrido OxG
Preantesis I (601) a preantesis II (602)	7 a 8 días	5 días
Preantesis II (602) a preantesis III (603)	7 a 8 días	5 días
Preantesis III (603) a antesis (607)	7 días	4 días
antesis (607)	36-48 horas	De 1 hasta 3 o 4 semanas

Fuente: Hormaza et ál., 2011.

Por otra parte, como se mencionó en la Unidad de aprendizaje 1, en los híbridos interespecíficos OxG, a diferencia de los *E. guineensis*, la entrada en antesis de los botones florales es más lenta e irregular (Tabla 5). Ello provoca espacios de tiempo prolongados para la polinización de la misma inflorescencia (desde una hasta tres o cuatro semanas, según lo reportado por Corley y Tinker, 2009), lo cual implica que para la polinización asistida de este tipo de inflorescencias se deba verificar la proporción de flores en antesis y determinar si es necesaria la realización de una segunda e incluso una tercera polinización.

Polinización de la inflorescencia

Inicialmente el operario encargado de esta labor debe verificar que dentro de la bolsa no se encuentren insectos vivos (Figura 3.12), debido a que una de las fallas más comunes durante un aislamiento es la contaminación generada por su presencia. Si se detectan, debe descartarse el aislamiento y eliminarse la inflorescencia.



Figura 3.12. Inflorescencia aislada en antesis sin presencia de insectos polinizadores. Fotos: E. Daza, 2011.

Posterior a la revisión se aplica insecticida alrededor de la bolsa de aislamiento con el propósito de apartar a los insectos. En seguida se asperja el polen mezclado con un agente transportador (silicato de magnesio) mediante el equipo de polinización, a través de un pequeño orificio que se abre con un punzón en la ventana plástica de la bolsa (Figura 3.13).

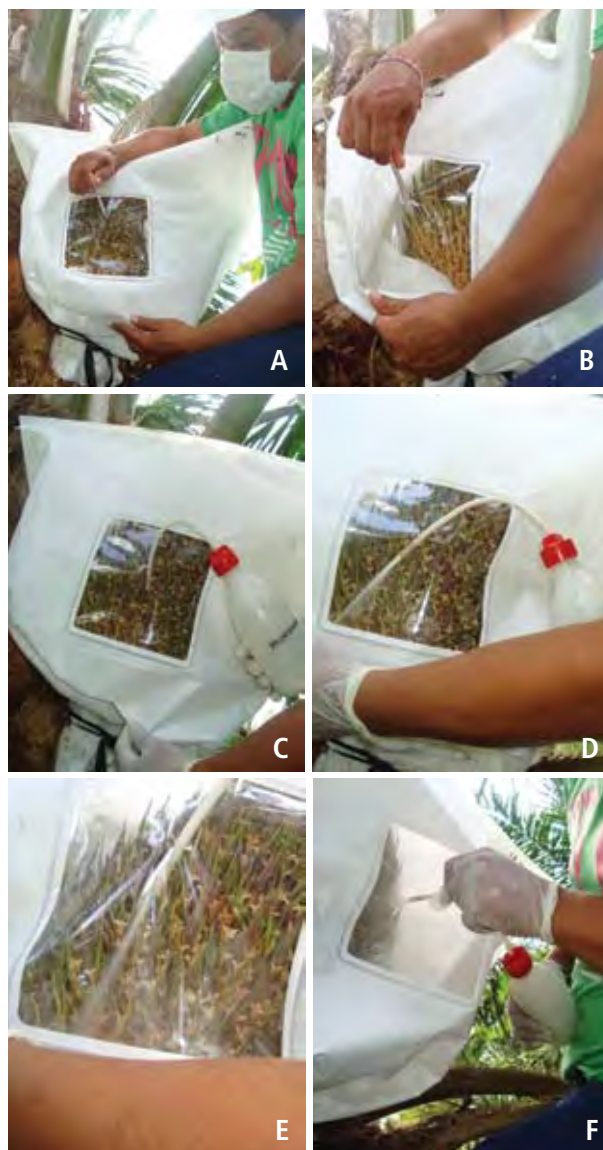


Figura 3.13. Polinización asistida para producción de semillas. A. Verificación de presencia de insectos. B. Apertura de orificio en la ventana de la bolsa. C. Colocación del equipo de polinización. D, E y F. Aplicación de la mezcla talco:polen. Fotos: E. Daza, 2011.

Por último, se debe verificar el cubrimiento de la mayoría de las flores con la mezcla, sellar el orificio con cinta adhesiva y sacudir la bolsa para evitar la acumulación de la mezcla en sus paredes (Figura 3.14).



Figura 3.14. Inflorescencia polinizada debidamente asegurada. A. Sellado del orificio donde se hizo la aplicación de la mezcla mediante cinta adhesiva. B. Forma de sacudir la bolsa de aislamiento. Fotos: E. Daza, 2011.

Identificación del cruzamiento

Una vez realizada la polinización se deben registrar los genitores, el número de cruzamiento, la fecha de polinización y el operario responsable, al igual que la fecha en la que se hizo el aislamiento; debe dejarse un espacio para registrar la fecha de recolección. Dicha información debe ir consignada en una planilla (Anexo técnico 6) y en una etiqueta que se amarra en la base de la bolsa de aislamiento (Figura 3.15).

Identificación de cruzamientos	
Genitores	Femenino: _____ Masculino: _____
N° de cruzamiento	_____
Fecha de aislamiento:	_____
Fecha de polinización:	_____
Fecha de recolección:	_____
Operario responsable:	_____

Figura 3.15. Etiqueta para identificación de cruzamientos en campo.

Práctica 3.2 Polinización asistida de una inflorescencia en el campo

Objetivo

Al finalizar esta práctica los participantes estarán en capacidad de realizar la polinización asistida de inflorescencias femeninas en forma adecuada y evitar cualquier tipo de contaminación.

Orientaciones al facilitador

- Para el desarrollo de esta práctica se le recomienda seleccionar un lote con palma joven (de 3 a 5 años) de la especie *E. guineensis*, con el propósito de facilitar a los participantes el acceso a las inflorescencias.
- Un día antes de la práctica se aislarán dos inflorescencias femeninas que se encuentren finalizando el estado de preantesis III (estadio fenológico 603).
- Se aíslan adicionalmente dos inflorescencias en un estado inicial de antesis, cuya proporción de botones florales abiertos sea inferior o igual al 20%.
- Además, debe aislar dos inflorescencias en un estado avanzado de antesis, donde se presenten estigmas de color púrpura.
- Inicialmente divida el grupo total de participantes en dos subgrupos y asegúrese de que cada uno tenga una inflorescencia de cada tipo y un equipo con las herramientas e insumos requeridos para la práctica, así como los elementos de seguridad.
- Solicítele a cada grupo que elija a un líder, quien a su vez será el encargado de comentar los resultados de la práctica.
- Entregue tres copias del Formato de trabajo 3.3 a cada grupo y explique la forma de diligenciarlo.
- Lea las instrucciones de los participantes y cerciórese de que las han comprendido plenamente.
- Posterior a la práctica, pida a los participantes que expongan ante los demás los resultados obtenidos.

Elementos requeridos para la práctica

- Tiempo: 40 minutos para realizar la actividad.
- Tiempo extra: 15 minutos por grupo para la discusión de resultados.
- 20 g de mezcla en relación 1:10 por grupo.
- Un recipiente con 100 g de insecticida (Carbaryl) por grupo.
- Ocho bolsas de polinización.
- Un equipo de polinización por grupo.
- Elementos de seguridad por grupo.
- Un Formato de trabajo 3.3 por grupo.

Orientaciones para los participantes

- En los grupos establecidos por el facilitador deben ubicar las tres inflorescencias seleccionadas para la práctica determinando el estado de antesis.

- Consigne la información de cada inflorescencia en el Formato de trabajo 3.3.
- Indique si las inflorescencias observadas son aptas para la polinización y justifique su respuesta.
- Inicie el proceso de polinización siguiendo los pasos planteados en el Formato de trabajo 3.3.
- Durante el proceso de polinización, los participantes deben identificar los pasos más críticos, señalando la causa de la dificultad y la manera como la afrontaron. La información generada deberá ser consignada en el Formato de trabajo 3.3.
- Una vez terminada la labor, exponga sus resultados ante los demás participantes.
- El tiempo requerido para la práctica será de 40 minutos y de 15 por grupo para la discusión de resultados.

Formato de trabajo 3.3

Pasos para la polinización asistida para producción de semillas			
Participantes:			
Material utilizado			
Localización	Lote	Línea	Palma
Descripción de la inflorescencia:	Estado fenológico: _____ % de apertura de estigmas: _____		
De acuerdo con el estado de la inflorescencia, ¿considera usted que es adecuada para la polinización? Sí _____ No _____ ¿Por qué?			
Identifiquen los pasos más críticos y describan la causa de la dificultad y la manera como la solucionaron para continuar con la actividad.			
Paso	Verificación de la presencia de insectos vivos dentro de la bolsa.		
Dificultad presentada			
Solución			
Paso	Aplicación de insecticida alrededor de la bolsa de aislamiento.		
Dificultad presentada			
Solución			
Paso	Aspersión del polen mezclado con un agente transportador.		
Dificultad presentada			
Solución			
Paso	Verificación de la cobertura y sellado del orificio utilizado para la aplicación.		
Dificultad presentada			
Solución			
Paso	Identificación del cruzamiento.		
Dificultad presentada			
Solución			

Información de retorno

El facilitador realizará una plenaria en la que enfocará la discusión hacia los siguientes aspectos:

- Describan las dificultades presentadas durante la ejecución de cada polinización e indiquen las posibles soluciones que plantearon en ese momento. Para esto el facilitador se puede apoyar en la información consignada en la Tabla 3.4.

De acuerdo con lo observado en el campo:

- ¿Todas las inflorescencias seleccionadas debían ser polinizadas?
- ¿Creen que para alguna de las inflorescencias no sea suficiente una polinización y se deba contemplar la posibilidad de realizar otra?

El facilitador debe orientar a los participantes para que concluyan que la inflorescencia que presentaba una proporción de botones florales abiertos cercana al 20% requiere una segunda aplicación para obtener una mayor cantidad de semillas, y que la inflorescencia con estigmas de color púrpura no debía ser polinizada, ya que se encuentra finalizando la antesis.

Tabla 3.4. Dificultades y alternativas de manejo durante la ejecución del procedimiento de polinización asistida para producción de semillas.

Pasos para la polinización asistida en producción de semillas	
Paso	Verificación de la presencia de insectos vivos dentro de la bolsa.
Dificultad presentada	No se puede observar si hay insectos en la base de la inflorescencia.
Solución	Sacuda con cuidado la inflorescencia tomándola de la base y revise en la ventana de la misma.
Paso	Aplicación de insecticida alrededor de la bolsa de aislamiento.
Dificultad presentada	Realizar una aplicación homogénea.
Solución	Calibrar el quipo adecuadamente, manteniendo las boquillas en buen estado.
Paso	Aspersión del polen mezclado con un agente transportador.
Dificultad presentada	Sale una gran cantidad de mezcla y no se logra distribuir en forma uniforme.
Solución	Se debe soplar o ejercer presión de tal manera que se forme una nube con la que se logra esparcir la mezcla en forma homogénea; además, se debe colocar la manguera de salida del equipo de polinización en la parte posterior de la inflorescencia para tener acceso a los botones que se encuentran allí.
Paso	Verificación de la cobertura y sellado del orificio utilizado para la aplicación.
Dificultad presentada	Ventana empañada.
Solución	Con un paño de tela se limpia la ventana.
Paso	Identificación del cruzamiento.
Dificultad presentada	Se daña la marcación o se pierde.
Solución	Utilizar etiquetas plásticas y hacer una marcación adicional en una de las esquinas superiores de la bolsa de aislamiento.

Seguimiento y evaluación de la calidad de la labor

En cuanto a los aislamientos, tanto de las inflorescencias femeninas como de las masculinas, se deben revisar uno o dos días después del embolsado, con el propósito de comprobar la calidad de la labor. En primer lugar se debe verificar que las palmas aisladas correspondan a las que se habían seleccionado previamente dentro del programa de cruzamientos, para descartar aislamientos erróneos. Adicionalmente, se revisa el interior de la bolsa para constatar que se encuentre libre de insectos y hongos.

Por otra parte, para evaluar la calidad de los aislamientos se pueden hacer aislamientos control. Para ello, ocasionalmente se les entrega sólo talco a los polinizadores, sin que ellos lo sepan, para que polinicen dos o tres inflorescencias realizando las mismas operaciones que se adelantarían en una polinización normal. La inflorescencia no fecundada es cortada seis semanas después de la antesis y se evalúan el estado del racimo (si fue o no abortado) y el número de frutos normales formados. Si el aislamiento control se realizó de forma correcta, la proporción de frutos normales debe ser baja; en caso contrario, se deben investigar las causas y corregirlas.

Bibliografía

- Corley, R.V.H.; Tinker, P.B. 2009. *La palma de aceite*. Cuarta edición (versión en español). Fedepalma. Bogotá (Colombia). 604 p.
- Hartley, C.W.S., 1988. *The oil palm*. Longmans Green. New York. 761 p.
- Hormaza, P.A.; Forero, D.C.; Ruiz, R.; Romero, H.M. 2011. Fenología de la palma de aceite africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) y del híbrido interespecífico (*Elaeis oleifera* [Kunt] Cortes x *Elaeis guineensis* Jacq.). Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma). Bogotá.
- Indupalma. 2008. *Polinización asistida industrial (PAI)*. Separata técnica. Bogotá. 20 p.

De manera complementaria se debe hacer un inventario de los resultados obtenidos por los operarios encargados de la labor, en el que se tienen en cuenta los siguientes parámetros: número de polinizaciones asistidas realizadas, número de inflorescencias abortadas y número de racimos con baja cantidad de frutos normales, entre otros.

Cosecha de racimos provenientes de la polinización asistida

Los racimos generados a partir de la polinización asistida se cosechan cuando se desprenden naturalmente de uno a cinco frutos. Para ello los operarios encargados de esta labor deben hacer seguimiento de la maduración de sus racimos, reportando a diario los que se han de cosechar. Dicha información se le proporciona al encargado de la cosecha.

En el momento de la cosecha se debe verificar la identidad del cruzamiento y que la etiqueta esté bien asegurada al racimo. Si el racimo no tiene la etiqueta, se debe descartar el cruzamiento.

El racimo cosechado se mete dentro de un saco o lona sin perforaciones; en el pedúnculo se debe registrar el código de la palma y, adicionalmente, la fecha de la cosecha en una etiqueta de papel.



Unidad de aprendizaje 4. Manejo y conservación del polen

Estructura de la unidad	113
Explicación de la estructura de la unidad.....	113
Preguntas orientadoras	113
Objetivos de esta unidad	114
Introducción	114
Recepción y acondicionamiento del polen.....	116
Polen para fines experimentales o producción de semilla	116
Polen para polinización asistida en plantaciones comerciales.....	117
Prueba de viabilidad	118
Práctica 4.1	
Cómo se determina la viabilidad de una muestra de polen	119
Almacenamiento del polen	120
Recomendaciones con el polen almacenado.....	122
Práctica 4.2	
Método para secar y almacenar el polen proveniente del campo	124
Preparación de la mezcla para polinización asistida.....	127
Bibliografía.....	128



Figura 4. Fotos: A. Sánchez y G. Rosero, Guaicaramo S.A., 2011.

Estructura de la unidad

Esta unidad de aprendizaje está dirigida al personal responsable de la obtención de polen tanto para fines comerciales como para su utilización en cruzamientos dirigidos a la producción de semilla. Aborda los pro-

cedimientos que podrían ayudar a conservar el polen por más tiempo, así como las pruebas de calidad requeridas para hacer el seguimiento a la viabilidad del polen conservado.

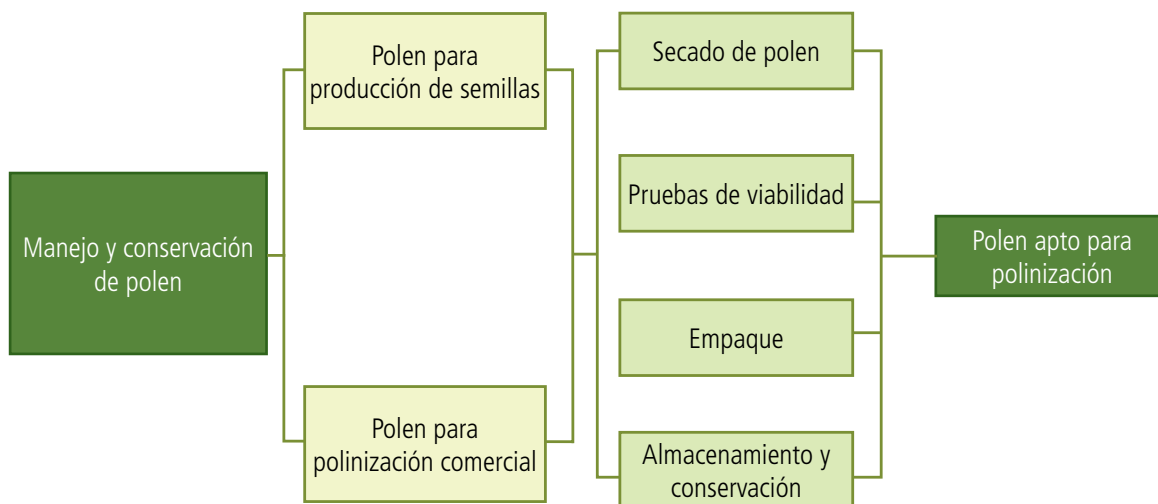


Figura 4.1 Estructura de la unidad. Manejo y conservación del polen.

Explicación de la estructura de la unidad

En esta unidad de aprendizaje (Figura 4.1) se describen las actividades que forman parte del manejo del polen para producción de semillas y para el polen comercial. Trata los procedimientos para la recepción y acondicionamiento del polen, necesarios para la obtención inicial de un producto en buenas condiciones. Explica cómo realizar la prueba de viabilidad, cuyo propósito es calificar el estado del polen y así tomar decisiones sobre su uso inmediato o posterior. Además, hace referencia a las formas de empaque de acuerdo con su uso y, finalmente, el almacenamiento del mismo. Todo esto lleva al participante a aclarar las dudas sobre la

manipulación correcta que debe recibir el polen, desde la recepción de la inflorescencia masculina hasta su conservación para fines comerciales o experimentales.

Preguntas orientadoras

A continuación se formulan algunas preguntas con el fin de indagar no sólo acerca de las experiencias de los participantes con la manipulación del polen de palma de aceite, sino también de generar el intercambio de conocimientos entre quienes realizan este tipo de actividades. Del mismo modo, se pueden utilizar para la discusión introductoria y posiblemente realizar otras preguntas relacionadas con el tema. En ningún caso

se pretende evaluar al participante; por el contrario, se hace un sondeo de su nivel de conocimiento para tratar de enfocarse en las falencias y dudas que se generen durante el proceso.

1. Mencione algunas de las experiencias que ha tenido con el manejo del polen de palma de aceite.
2. ¿Cuáles cree que son los factores que garantizan el éxito del almacenamiento del polen?
3. ¿Qué entiende usted por viabilidad del polen?
4. Describa algunos métodos que conozca para la conservación del polen.

Objetivos

A continuación se presentan los objetivos de aprendizaje que se pretenden lograr con el desarrollo de la unidad:

- Explicar el procedimiento para controlar la recepción del polen proveniente del campo, utilizando las medidas de precaución para evitar algún tipo de contaminación o pérdida de la viabilidad del polen.
- Preparar el polen con los criterios técnicos de secado, teniendo en cuenta el porcentaje de humedad óptimo para la conservación a largo plazo.
- Determinar el porcentaje de viabilidad de una muestra de polen.
- Emplear cualquiera de las formas establecidas para el almacenamiento eficaz del polen.
- Diferenciar el manejo que se le da al polen para fines comerciales y experimentales o producción de semilla.

Introducción

La polinización y la fecundación son los procesos responsables de la producción de frutos y semillas en las plantas con flores. La polinización es la llegada de granos de polen desde los estambres de la inflorescencia masculina hasta los estigmas de las inflorescencias femeninas de las plantas. Allí ocurre la fecundación o

fusión del gameto femenino (óvulo) con el gameto masculino (polen) en el ovario de la flor, formando un embrión que puede o no ser viable (Stanley y Linskens, 1974).

Este evento puede suceder de forma natural o asistida. En el primer caso los agentes que actúan son: insectos, viento, agua, aves pequeñas, mariposas y mamíferos. En la polinización asistida opera como único agente el hombre. Sin embargo, la que más predomina es la que realiza el insecto *Elaeidobius kamerunicus*, de la familia Curculionidae (Figura 4.2), que es atraído principalmente por el olor anisado que expide la inflorescencia masculina y se alimenta de las partes suaves de las flores y del polen, para luego poner sus huevos allí. Asimismo, las inflorescencias femeninas tienen el mismo aroma de las masculinas y los insectos las encuentran por accidente en su búsqueda por inflorescencias masculinas, llevando adherido a su cuerpo los granos de polen (Tandon et ál., 2001).

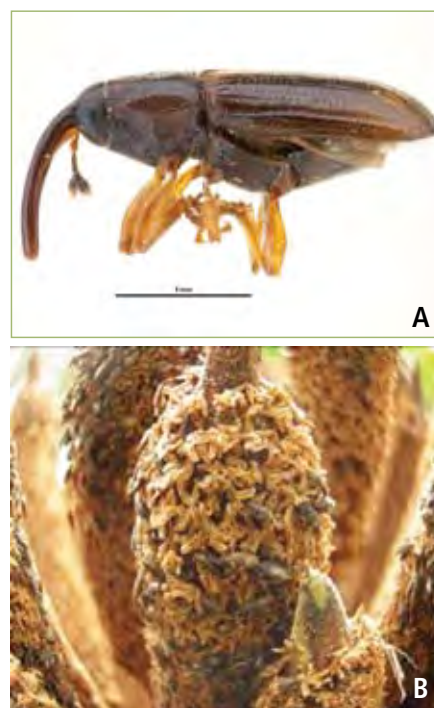


Figura 4.2. Insecto polinizador *Elaeidobius kamerunicus*. A. Detalle del insecto polinizador. B. Insecto polinizador sobre la inflorescencia masculina. Fotos: A. Sánchez, 2011.

Respecto a la morfología del polen en la especie *E. guineensis*, se ha observado que sus granos son en lo fundamental triangulares (Figura 4.3), mientras que los del polen de la *E. oleifera* son elipsoides, irregularmente elípticos y varían de tamaño (Martins et ál., 2003).

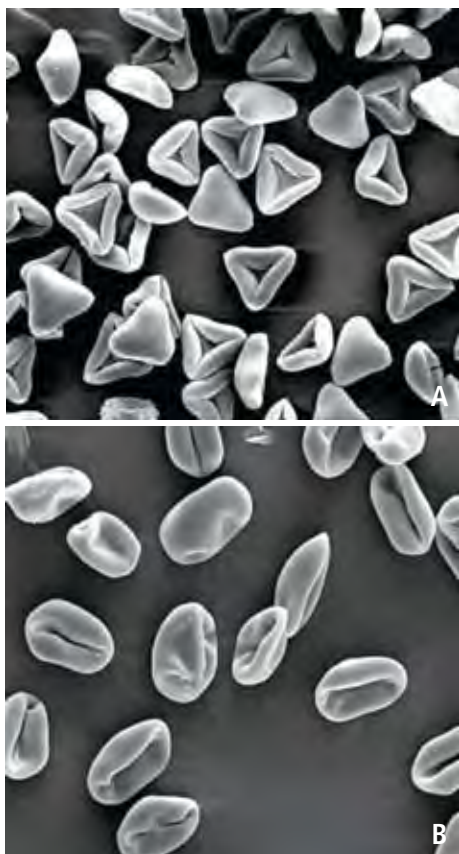


Figura 4.3. A. Granos de polen de *E. guineensis* vistos por microscopía electrónica. B. Granos de polen de *E. oleifera*. Fotos: R. Ruiz, 2010.

Una vez la inflorescencia masculina entra en antesis, sus granos de polen pueden permanecer viables por lo menos seis días después de su liberación (Hardon y Turner, 1967, citados por Corley y Tinker, 2009). Sin embargo, esta viabilidad puede afectarse por la presencia de lluvias al momento de la antesis (Ruiz, 2000).

Independientemente de las condiciones ambientales se ha observado también que la viabilidad varía

según la especie. Es así como en la especie *E. oleifera* y el híbrido interespecífico, durante la formación de los granos, son frecuentes las divisiones anormales de las células, por lo que la viabilidad y la germinación del polen son bajas (Corley y Tinker, 2009). Se encuentran valores de 20 a 60% en *E. oleifera* y de 6,2% en el híbrido OxG, que contrastan con los de *E. guineensis*, que pueden superar el 70% (Alvarado et ál., 2000). Las razones para la baja germinación del polen del híbrido interespecífico no son bien conocidas. No obstante, se sabe que ocasionalmente ocurre un apareamiento incompleto de los cromosomas y que el polen puede ser liberado con dificultad, debido a una malformación de las anteras. También se ha sugerido que existe degeneración del polen, lo cual ocurre entre las etapas de la meiosis y la dispersión en antesis (Hardon y Tan, 1969; Tan, 1976; Arnaud, 1979; Schwediman, 1983, citados por Alvarado et ál., 2000).

Al hacer contacto el grano de polen con el lóbulo estigmático de la flor femenina se desarrollan antocianinas que tornan el estigma de color púrpura, indicando la pérdida de receptividad. Los granos de polen germinan dentro de las dos horas siguientes a la polinización y comienza la formación de los frutos. Finalmente, alcanzan su maduración alrededor de 150 a 180 días después de la polinización (Tandon et ál., 2001).

Por lo anterior, el almacenamiento del polen es una de las actividades que se realiza para conservar por más tiempo su viabilidad, ya que las condiciones ambientales adversas pueden causar la reducción de la funcionalidad polínica. Esta característica es indispensable para completar el proceso de germinación en la polinización de las inflorescencias femeninas, traducido en una buena conformación de racimos. De este modo, el polen se puede usar como parental seleccionado en un programa de mejoramiento genético o en la polinización asistida comercialmente. En el primer caso es necesario conservar la identidad genética asegurando una sola procedencia. En la parte comercial, lo que se busca es recolectar la mayor cantidad de polen y asegurar un buen almacenamiento para ser usado en polinizaciones asistidas e incrementar los rendimientos en la producción.

A continuación se describe el proceso para la conservación y el almacenamiento exitoso del polen, iniciando con la recepción y el acondicionamiento, seguido de una prueba de viabilidad para conocer su estado inicial de germinación y, finalmente, su almacenamiento.

Recepción y acondicionamiento del polen

La recepción del polen se puede dividir en dos tipos, de acuerdo con el uso que se le quiera dar: a) polen para fines experimentales o producción de semilla y b) polen para polinización asistida en plantaciones comerciales. Para el primer caso hay que tener en cuenta que lo que se busca es un polen limpio de cualquier tipo de impurezas, y lo más importante, impedir la contaminación con otras fuentes de polen, por lo que el proceso debe ser cuidadoso y exclusivo para cada muestra. En el segundo caso, no necesariamente se debe mantener una única fuente de polen, sino que se pueden hacer mezclas de varias inflorescencias con el fin de recolectar la mayor cantidad requerida para la polinización asistida.

Los procedimientos de la recepción y acondicionamiento del polen según la finalidad son los siguientes:

Polen para fines experimentales o producción de semilla

1. Luego del aislamiento y corte de la inflorescencia masculina, se pone a secar en un cuarto climatizado (17 a 22°C) o un lugar bien ventilado por 8-12 horas. Transcurrido ese tiempo se procede a sacudir la inflorescencia dentro de la bolsa de aislamiento para desprender la mayor cantidad de polen y, finalmente, se extrae de la misma (Figura 4.4).



Figura 4.4. Desprendimiento del polen. Fotos: A. Sánchez, 2010.

2. Pase el polen por un tamiz de 100 micrómetros (100 mesh BS410 Laboratory Test Sieve) para eliminar las impurezas gruesas y luego por uno de 200 micrómetros para las impurezas más finas. Tenga en cuenta que esta labor se debe realizar en un recinto cerrado o una cámara especial que esté libre de otras fuentes de polen (Figura 4.5).



Figura 4.5. Tamizado del polen. Fotos: A. Sánchez, 2010.

3. El secado se puede hacer de varias maneras (Figura 4.6): A. Disponga el polen sobre un recipiente u hoja de papel y séquelo al horno durante 8-12 horas a una temperatura de 32°C hasta obtener una humedad entre 8 y 12%. B. Se puede usar una cámara con silica gel durante 24 horas en un cuarto climatizado. C. Una cámara de acrílico o vidrio dispuesta con un bombillo y una lámpara UV para proveer calor y al mismo tiempo eliminar algunos patógenos circundantes por un período de 24 horas. D. También se puede usar una cabina de seguridad biológica que garantice la asepsia y pureza de la muestra.



Continúa

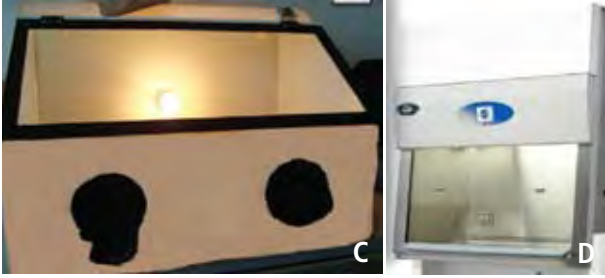


Figura 4.6. Secado del polen. A. Horno de secado, B. Cámara de silica gel, C. Cámara de acrílico, D. Cabina de seguridad biológica. Fotos: A. Sánchez, 2011.

4. Al finalizar la preparación del polen de una inflorescencia se hace un control de humedad. La determinación de la humedad del polen se puede hacer mediante el secado de muestras, que consiste en tomar una pequeña fracción (5 g aproximadamente) de polen y ponerla en un recipiente (ej. caja de Petri) previamente pesado y tarado, y registrar el peso del recipiente más el de la muestra. Luego del pesado, la muestra se mete en un horno de secado, a temperatura de 105°C por 24 horas. Después de este período el recipiente debe dejarse enfriar en una cámara de silica gel por 3 horas y pesar rápidamente, para evitar que se absorba humedad del ambiente. La cantidad de agua se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ humedad} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

Donde:

P_i = peso inicial (muestra húmeda)

P_f = peso final (muestra seca, después de 24 horas en estufa).

Observación: recuerde desinfectar todas las herramientas antes y después del proceso. La desinfección se puede realizar con alcohol al 96% y una toalla absorbente.

Polen para polinización asistida en plantaciones comerciales

Después de sacudir las inflorescencias en un balde se tamiza para retirar las impurezas de campo, los insectos y los residuos secos de las flores (Figura 4.7).



Figura 4.7. Tamizado del polen proveniente del campo. Foto: F. López, Hacienda La Cabaña, 2006.

En el laboratorio, al recibir el polen proveniente del cultivo, se pasa por un tamiz de 200 micrómetros para retirar las impurezas más finas y obtener un producto más limpio; en seguida se pesa la cantidad recibida y se extiende en una superficie plana o una bandeja sobre papel para permitir el secado del mismo por un período de 12 horas a una temperatura de 35 a 38°C. También se puede secar en un cuarto frío a temperatura de 17 a 20°C por 24 horas, en hojas de papel periódico sobre estantes que tengan un enmallado para favorecer la circulación del aire y mejorar el secado (Figura 4.8).

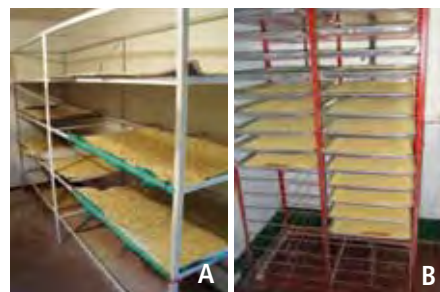


Figura 4.8. Secado de polen. A. Secado sobre papel periódico en estantes enmallados. B. Secado en bandejas de aluminio. Fotos: F. Barreto, Guaicaramo S.A., 2011 y F. López, Hacienda La Cabaña, 2009.

Por último, se debe determinar el contenido de humedad remanente con la metodología previamente descrita, la cual debe oscilar entre 8 y 12% para favorecer el almacenamiento. Asimismo, se hace una prueba de viabilidad y con este resultado, sumado al peso seco final del polen cosechado, es posible realizar los cálculos para el pago de la labor a los operarios, teniendo en cuenta que se hace por gramo de polen seco y viable (>70%).

Prueba de viabilidad

La viabilidad de polen es la relación porcentual entre el número de granos de polen viables (germinados) y el total de granos de polen presentes en la muestra. Esta prueba brinda información sobre el estado del polen y ayuda a tomar decisiones sobre su uso inmediato o la relación polen:talco más adecuada para la polinización.

Para la germinación del polen generalmente son utilizados medios de cultivo semisólidos preparados con agar-agar y azúcar, componente que promueve el equilibrio osmótico entre el polen y el medio de cultivo, y proporciona energía para el desarrollo del tubo polínico (Sánchez et ál., 2009). Este método fue descrito por Turner y Gilbanks (1974) y consiste en preparar un medio de cultivo con agar-agar (1,2 g) y sacarosa o azúcar (11 g) disueltos en 100 ml de agua destilada. La mezcla se deja hervir durante 5 minutos y se vierten aproximadamente 5 ml de medio en cajas o platos Petri (5 mm de grosor). La siembra del polen se puede hacer con un pincel fino o un pequeño trozo de algodón en contacto con el mismo; se sacude una vez para eliminar el exceso y se hacen barridos ligeros sobre una malla

muy fina o un tamiz de 200 micrómetros para permitir que el polen caiga de manera homogénea en el sustrato, y facilitar el conteo. De la misma forma, se puede tomar una mota de algodón o pincel impregnado con polen, se sacude una vez para formar una nube en el aire y luego pasar rápidamente la caja de Petri sobre ella para tratar de recoger los granos circundantes en el ambiente. Recuerde mojar el pincel con alcohol y dejarlo secar entre cada muestra. Se deben hacer como mínimo tres cultivos por cada fuente de polen (inflorescencias en el caso de producción de semillas, el polen cosechado por operario o polen comprado).

Luego, se cierra la caja de Petri para mantener la humedad y se lleva al horno a una temperatura de 38-40°C durante dos horas para que ocurra la germinación de los granos.

Por último, antes de leer se recomienda aplicar unas gotas de algún tinte para células (como: azul de lactofenol, azul de metileno, etc.) para teñir los granos de polen y facilitar su conteo. Luego se lleva al microscopio la caja de Petri para el respectivo conteo de los granos germinados y no germinados en el campo de 10X. Cada caja de Petri se lee en diferentes secciones para determinar el porcentaje de viabilidad con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ viabilidad} = \frac{\text{No. granos de polen germinados}}{\text{No. granos de polen totales}} \times 100$$

Tenga en cuenta que sólo se consideran viables aquellos granos con un tubo polínico de longitud mayor o igual al diámetro del polen (Figura 4.9). El número de granos totales no debe ser inferior a 100.



Figura 4.9. Estados de la germinación de los granos de polen. A. Granos de polen sin germinar. B. Granos de polen germinados. C. Detalle del tubo polínico. Fotos: A. Sánchez, 2011.

Práctica 4.1 Cómo se determina la viabilidad de una muestra de polen

Objetivo

Al finalizar esta práctica los participantes estarán en capacidad de evaluar la viabilidad del polen para tomar la decisión de la cantidad requerida en una polinización.

Orientaciones para el facilitador

- Divida al grupo total de participantes en pequeños subgrupos de cuatro personas y solicite que asignen rápidamente a un líder para la práctica.
- Entregue la guía de la práctica a cada líder y lea las instrucciones a todos los participantes para su total comprensión.
- En el laboratorio, entregue a cada equipo los instrumentos necesarios y las dosis correspondientes para la preparación del medio.
- Teniendo en cuenta que para realizar la lectura de viabilidad hay un tiempo de espera de dos horas, se requiere llevar preparado el material de lectura. Es por esto que se proponen dos metodologías para optimizar el tiempo. La primera consiste en preparar un día antes el medio y sembrar varias muestras de polen. La segunda, en llevar fotos impresas de la vista al microscopio (Anexo técnico 11) para realizar la lectura sobre ellas. En ambos casos, para una mejor interpretación, se recomienda entregar a cada grupo material contrastante, es decir, muestras de polen con un buen porcentaje de germinación (60-80%) y otras con un bajo porcentaje de germinación (20-40%).

Instrucciones para el participante

- Una vez en el sitio de la práctica, identifique los instrumentos de trabajo y su uso en el proceso.
- Para la realización de la práctica dedique 10 minutos para leer y comprender la Guía de trabajo 4.1.
- Para esta práctica, desde el momento de la salida hasta el regreso, tienen un total de dos horas.

Guía de trabajo 4.1

Prueba de viabilidad del polen

Herramientas: 4 cajas de Petri con tapa, motas de algodón, 0,6 g de agar-agar, 5,5 g de azúcar, 50 ml de agua destilada o agua potable y una malla fina o tamiz de 200 micrómetros, microondas, microscopio, vaso de precipitado, azul de metileno y gotero.

Recomendaciones

- Haga uso de los guantes de cirugía y tapabocas para evitar cualquier tipo de alergia.
- Mantenga las muestras de polen bien selladas para evitar que se mezclen. Utilice una malla y una mota de algodón por muestra de polen.

Procedimiento

1. Preparación del medio: verifique en una balanza el peso de los componentes del medio de cultivo. Asimismo, en una probeta verifique la cantidad de agua que ha de usar. Vierta 40 ml de agua destilada en un recipiente de vidrio y añada el azúcar, revolviendo constantemente hasta diluir. Vierta el agar-agar y revuelva para homogenizar un poco la mezcla, complete con agua destilada hasta llegar a 50 ml. Finalmente, caliente en el horno microondas por 20 segundos o más hasta obtener una sustancia translúcida y homogénea.
2. Vierta en las cajas de Petri y deje enfriar hasta que se solidifique el medio.
3. Cubra la caja de Petri con la malla o el tamiz y realice barridos suaves con la mota de algodón impregnado con un poco de polen. No se deben formar grumos sobre el medio. Posteriormente, cierre la caja de Petri para mantener la humedad e introduzca en el horno a una temperatura de 38-40°C por dos horas.
4. Tome una de las cajas de Petri que le fue entregada con el polen previamente sembrado y aplique unas gotas de azul de lactofenol o azul de metileno para teñir los granos. Luego, enfoque la muestra al microscopio en el campo de 10X. Ubique un sector

de la caja en donde se observen los granos de polen dispersos y proceda a contar los germinados y los no germinados. Repita esta operación cuatro veces como mínimo para obtener un dato confiable. En el caso de haberle entregado fotografías impresas, simplemente realice el conteo sobre ellas. Recuerde que sólo se consideran viables aquellos granos con un tubo de longitud mayor o igual al diámetro del polen.

5. Con los datos aplique la siguiente fórmula:

$$\% \text{ viabilidad} = \frac{\text{No. granos de polen germinados}}{\text{No. granos de polen totales}} \times 100$$

6. Cuando determine el porcentaje de viabilidad de la muestra, regístrelo o téngalo presente para la discusión de resultados.

Recursos necesarios

- Copia para cada uno de los participantes de la Guía de trabajo 4.1.
- Suficientes cajas de Petri para todos los grupos.
- Componentes del medio de cultivo: agar-agar, azúcar ordinaria y agua destilada.
- Azul de lactofenol o azul de metileno.
- Fotos impresas de la vista del microscopio en la prueba de viabilidad (Anexo técnico 11) o muestras de polen sembrado el día anterior.
- Microscopio para cada grupo de trabajo.
- Motas de algodón.
- Guantes de cirugía y tapabocas.
- Muestras de polen.
- Balanza.
- Microondas.
- Gotero.
- Vaso de precipitado.

Información de retorno

Es importante realizar una retroinformación como estrategia didáctica que le permite al facilitador verificar el trabajo realizado, aclarar las dudas y recibir las observaciones de los participantes. A continuación se enumeran algunas pautas que se pueden usar:

- ¿Qué problemas encontraron con la identificación de los granos de polen germinados y los no germinados?
- ¿Qué inconvenientes se presentaron durante el desarrollo de la práctica?
- ¿Qué aplicación le encuentra a la práctica desde el punto de vista comercial?

Almacenamiento del polen

Normalmente, la recolección de polen se realiza semanas o meses antes de la polinización asistida, bien sea comercial o para producción de semilla. Por tanto, es importante generar un sistema de almacenamiento adecuado que permita mantener las condiciones iniciales de viabilidad hasta el momento en que se utilice. Un polen en condiciones óptimas de almacenamiento es aquel que presenta una viabilidad mayor de 65%. Sin embargo, este valor no es generalizado para todas las especies. Es por esto que se le deben dar las condiciones adecuadas para su conservación, lo que implica una humedad remanente entre 8 y 12% y una temperatura de almacenamiento entre -12 y -18°C, como factores determinantes para mantener la viabilidad y evitar una reducción drástica de la misma en el tiempo (Ekaratne y Senathirajah, 1983).

Para el caso de producción de semilla o en un programa de fitomejoramiento, se requiere el almacenamiento a largo plazo para la conservación del patrimonio genético, sin ningún tipo de contaminación con otras fuentes de polen. Según estudios reportados para palma de aceite, existen varios métodos de almacenamiento para tal fin, algunos de los cuales se mencionan a continuación:

- Criopreservación en nitrógeno líquido: permite la conservación del polen por varios años, sin que se afecte considerablemente la viabilidad (Tandon et ál., 2006).
- Almacenamiento sobre cloruro de calcio o gel de sílice: según estudios realizados por Unilever, el polen puede guardarse satisfactoriamente en estas condiciones a temperaturas tropicales por seis a ocho semanas.
- Liofilización o secado al vacío: puede extender el almacenamiento hasta por un año o más, según lo observado en trabajos realizados por Hardon y Davies (1969), donde se almacena el polen a -10°C después de haber sido liofilizado o secado al vacío. En este sistema ocurre un proceso de deshidratación bajo presiones muy bajas (vacío), moderada temperatura y baja contaminación microbiológica para evitar la degradación química del producto (Bermeio, 1999) (Figura 4.10).



Figura 4.10. Sistema de secado al vacío-liofilizador. Fotos: F. Prada, 2011.

Sin embargo, también existen otros métodos más sencillos y accesibles que permiten lograr el objetivo siempre y cuando los procesos de secado y empaque se realicen con precisión. Algunos de estos son:

- Empacadora al vacío (figura 4.11A): es un método de almacenamiento económico y de fácil obtención, ya que el equipo se comercializa para usos

domésticos y culinarios. Este sistema extrae el aire contenido dentro de una bolsa especial (Figura 4.11B) y la sella con calor para impedir la entrada de aire y humedad. Este método se puede usar tanto para polen comercial como para muestras de polen en la producción de semilla.

- Ampollas de vidrio: son frascos de vidrio que se sellan herméticamente y pueden ser de gran utilidad en el almacenamiento de polen para producción de semillas por su tamaño y hermeticidad (Figura 4.11C).
- Recipientes de plástico: para el almacenamiento del polen con fines de polinización comercial asistida simplemente se empaqueta en recipientes de plástico con capacidad para grandes volúmenes de polen (Figura 4.11D).
- Bolsas plásticas: pueden ser con cierre hermético o selladas al vacío para almacenar volúmenes de hasta 1 kg (Figura 4.11E).

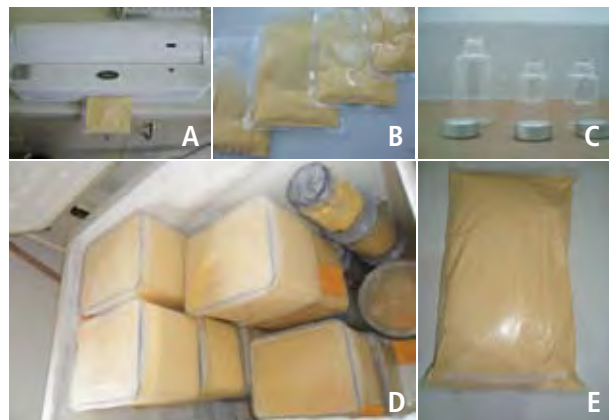


Figura 4.11. Ejemplos de empaque del polen. A. Empacadora al vacío. B. Muestras de polen selladas al vacío. C. Ampollas de vidrio con cierre hermético. D. Recipientes plásticos para almacenamiento de polen comercial. E. Presentación de 1 kg de polen empacado al vacío. Fotos: A. Sánchez, E. Daza y G. Rosero, Guaicaramo S.A., 2011.

Observación: es importante asegurar un sistema de empaque que impida el intercambio de humedad entre la muestra de polen y el congelador donde ella se almacene.

Práctica 4.2 Método para secar y almacenar el polen proveniente del campo

Objetivo

Al finalizar esta práctica los participantes estarán en capacidad de preparar el polen que fue traído previamente de los lotes, cumpliendo las condiciones requeridas para su conservación.

Orientaciones para el facilitador

- Prepare varias muestras de polen recolectado de inflorescencias cortadas el día anterior para conservar la viabilidad del polen. Tenga en cuenta que no lo debe tamizar, ya que esa actividad está contemplada en la práctica. Además, disponga de otras muestras de polen que ya hayan sido tamizadas y secadas para proceder con el almacenamiento. Recuerde adicionar la información suficiente sobre la procedencia de la inflorescencia para llenar el Formato de trabajo 4.1.
- Divida al grupo total de participantes en pequeños subgrupos de cinco miembros y solicite que asignen rápidamente a un líder para la práctica.
- Entregue la Guía de la práctica 4.2 y el Formato de trabajo 4.1 a cada líder. Lea las instrucciones para todos los participantes y cerciórese de su total comprensión.
- En el laboratorio, proporcione a cada grupo los instrumentos de trabajo y una muestra de polen. Es necesario la utilización de elementos de protección como guantes de cirugía y tapabocas, para evitar alergias.
- Haga un reconocimiento de los instrumentos y la función de cada uno dentro del proceso.

- Haga un sondeo entre los participantes de la forma como se ha de realizar el proceso de secado y almacenamiento del polen con fines experimentales o producción de semilla, y corrija los errores que se cometan. Además, aclare las diferencias en el proceso respecto al manejo del polen para fines comerciales.
- Al iniciar la práctica, verifique el orden de los tamices para proceder con el tamizado. Luego, recoja las muestras y llévelas al horno o a la cámara de sílica gel para el secado.
- Luego entregue a los grupos la siguiente muestra de polen lista para almacenar y solicíteles que seleccionen la forma de empaque para entregar los respectivos envases. Los participantes podrán escoger entre el empaque al vacío, ampollas de vidrio selladas herméticamente o frascos de vidrio.
- Al finalizar la práctica, recoja las muestras y lleve a la nevera para el almacenamiento.

Instrucciones para el participante

- Una vez en el sitio de la práctica, identifique los instrumentos de trabajo y su uso en el proceso.
- Dedique 10 minutos para leer detenidamente la guía de la práctica y luego discuta con el grupo, y expóngale al facilitador sus dudas u opiniones del proceso.
- Luego de realizar el procedimiento, llene los datos requeridos en el Formato de trabajo 1, que fue entregado al líder.
- Para la realización de esta práctica, desde el momento de la salida hasta el de regreso, tienen un total de dos horas.

Guía de trabajo 4.2

Secado y almacenamiento del polen

Herramientas: un juego de tamices (100 y 200 micrómetros), un pincel, hojas de papel Kraft y 20 ml de alcohol.

Recomendaciones

- Use guantes de cirugía y tapabocas para evitar cualquier tipo de alergia.
- Mantenga las muestras de polen bien selladas para evitar que se mezclen. Asimismo, utilice una sola cámara de secado por muestra y en un recinto cerrado.

Procedimiento

1. Tome el polen recibido y proceda a tamizarlo, pasándolo primero por el tamiz de 100 micrómetros y luego por el de 200 micrómetros sobre una hoja de papel Kraft.
2. Coloque la hoja de papel al horno a una temperatura de 32°C o en una cámara desecante.
3. Con la muestra lista para almacenar, proceda a empaquetarla de acuerdo con el sistema escogido:
 - Empaque al vacío: introduzca el polen en las bolsas especiales para empaque al vacío y coloque en la máquina. Cierre la tapa y presione hasta que esta indique la finalización del proceso.
 - Ampollas de vidrio: verifique que se encuentren totalmente secas y libres de agentes contami-

nantes. La cantidad máxima por frasco es de 12 gramos. Por último, selle herméticamente los frascos con las tapas suministradas y rotule con los datos de la palma y la fecha de almacenamiento. Es recomendable envolver los frascos con papel Kraft para evitar que se humedezcan en la nevera.

- Frascos de vidrio: introduzca el volumen permitido por el frasco de polen y selle con las tapas suministradas. Rotule el frasco con los datos de la palma y la fecha de almacenamiento.
4. Finalmente, lleve a la nevera las muestras almacenadas a una temperatura de -12 a -18°C.

Recursos necesarios

- Copia para cada uno de los participantes de la Guía de trabajo 4.2 y el Formato de trabajo 4.1.
- Muestras de polen recién colectado.
- Muestras de polen tamizado, seco y listo para almacenar.
- Materiales para cada equipo: un juego de tamices (100 y 200 micrómetros), un pincel grueso, hojas de papel Kraft, guantes de cirugía y tapabocas.
- Balanza de 400 g, horno para secado de muestras, una cámara de sílica gel y nevera.
- Empacadora al vacío, bolsas para empaque al vacío, ampollas de vidrio, tapas para sellar herméticamente y frascos de vidrio.

Formato de trabajo 4.1

Identificación de la muestra de polen		
Participantes:		
Ubicación de la inflorescencia dentro del lote		
Lote:	Línea:	Palma:
Ubicación de la inflorescencia dentro del experimento		
Experimento:		
Tratamiento:	Repetición:	Palma:
Datos del aislamiento de la inflorescencia		
Fecha de aislamiento:		
Estado de preantesis al momento del aislamiento		
1 _____	2 _____	3 _____
Fecha de corte:		
Éxito del aislamiento:	Bueno: _____	Malo: _____
Datos del proceso del polen		
Método de secado del polen:		
Tiempo de secado del polen:		Cantidad de polen cosechado:
Método de almacenamiento:		
Observaciones:		

Información de retorno

Es importante realizar una retroinformación como estrategia didáctica que le permite al facilitador verificar el trabajo realizado, aclarar las dudas y recibir las observaciones de los participantes. A continuación se enumeran algunas pautas que se pueden usar:

- Socializar las metodologías de almacenamiento usadas por cada grupo.
- ¿Qué problemas se encontraron durante el proceso de secado y almacenamiento del polen?
- ¿Qué diferencias encontraron entre las muestras de polen recién colectado y el seco?
- ¿Que otros métodos de secado y almacenamiento se podrían usar para el manejo del polen?
- En el caso de una plantación comercial, ¿cómo se manejaría el polen desde su recolecta?

Preparación de la mezcla para polinización asistida



Figura 4.12. Mezcla de talco y polen. Foto: F. López, Hacienda La Cabaña, 2008.

Después de determinar la proporción de polen y talco se procede a preparar la mezcla. Para ello se requiere una tina con una capacidad proporcional a la cantidad requerida, una pala y elementos de protección para el operario. Esta labor normalmente se hace en forma manual hasta obtener una mezcla homogé-

nea. Sin embargo, se pueden desarrollar equipos para mecanizarla.

En zonas donde la humedad relativa es alta o en épocas de lluvia se debe asegurar que el talco permanezca seco antes de ser utilizado; para ello se recomienda almacenarlo bajo alguna fuente de calor y un sistema cerrado para evitar la formación de grumos que afecten la dispersión efectiva de la mezcla (Figura 4.13).

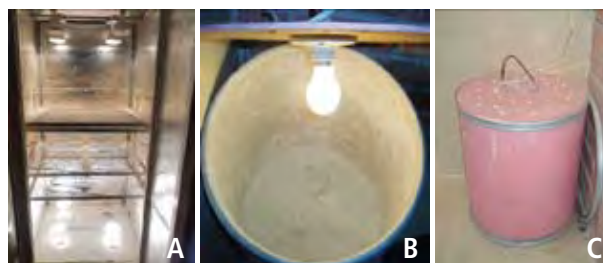


Figura 4.13. Sistemas de secado para el talco. A. Horno eléctrico para secar el talco. B-C. Balde con bombillo para secar el talco. Fotos: G. Rosero, Guaicaramo S.A y A. Sánchez, 2011.

La mezcla se prepara un día antes y se guarda en el refrigerador dosificándola en termos o recipientes para entregarla a cada operario a primera hora del día (Figura 4.14).



Figura 4.14. Termos con la mezcla lista para repartir a los operarios. Foto: F. Barreto, Guaicaramo S.A., 2011.

Por otra parte, para el transporte diario de polen en regiones donde la humedad y la temperatura generen pérdidas de viabilidad significativas, se recomienda transportar la mezcla en sistemas que conserven la baja temperatura (Ej.: termos, bolsos con gel refrigerante, etc. Figura 4.15).



Figura 4.15. Transporte de polen en el campo. A. Termo para almacenamiento de mezcla. B. Bolso con gel refrigerante. Fotos: A. Sánchez, 2011.

Al finalizar la jornada, la mezcla sobrante se puede utilizar para mejorar el talco del día siguiente, enriqueciéndolo con los granos de polen que aún permanezcan viables.

Bibliografía

- Alvarado, A.; Bulgarelli, J.; Moya, B. 2000. Germinación del polen en poblaciones derivadas de un híbrido entre *Elaeis guineensis* Jacq. y *E. oleifera* HBK, Cortes. *ASD papers* 20:35.36.
- Bermeio, M. V. 1999. Liofilización. Memorias Seminario Liofilización Baxter. Universidad de Valencia, España.
- Corley, R.V.H. y Tinker, P.B. 2009. *La palma de aceite*. Cuarta edición (versión en español). Colombia. Fedepalma. 604 p.
- Ekaratne, S. N. R. y Senathirajah, S., 1983. Viability and Storage of Pollen of the Oil Palm, *Elaeis guineensis* Jacq. *Annals of Botany* 51 (5): 661-668.
- Hardon, J.; Davies, M. 1969. Effects of vacuum drying on viability of oil palm pollen. *Experimental agriculture* 5:58-59.
- Martins, L.H.; Miranda, I. P.; Nunes, C. D., 2003. Morfología polínica de populações Amazônicas de *Elaeis oleifera*. *Acta Amazônica* 33(2): 159-166.
- Ruiz, Rodrigo. 2000. Efecto de las condiciones climáticas en la viabilidad del polen y en la composición del racimo. *Cenipalmas* (Colombia) 71, Boletín divulgativo. Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma).
- Sánchez, G.; Lopes, R.; Vieira da Cunha, R.; Carvalho, R. 2009. Germinação in vitro de pólen de híbridos interespecíficos entre o caiaué e o dendezeiro. *Ciencia Rural, Santa Maria* 39 (5): 1569-1571.
- Stanley, G.R.; H.F. Linskens. 1974. *Pollen biology, biochemistry, and management*. Berlín, Springer-Verlag. 307p.
- Tandon, R.; Manohara, T. N.; Nijalingappa, B.H.M.; Shivanna, R. 2001. Pollination and pollen-pistil interaction in Oil palm, *Elaeis guineensis*. *Annals of Botany* 87: 831-838.
- Tandon, R.; Chaudhury, R.; Shivanna, K. R. 2006. Cryopreservation of oil palm pollen. *Current Science* 92 (2): 182-183.
- Turner, P. D.; Gilbanks, R. A. 1974. *Oil palm cultivation and management*. The Incorporated Society of Planters. Kuala Lumpur.



Anexos

Anexo 1. Evaluación de la capacitación.....	131
Anexo 2. Observación del desempeño del facilitador	134
Anexo 3. Evaluación del material de capacitación	136
Anexo 4. Plan de acción poscapacitación	138
Anexo 5. Formación de facilitadores en tecnologías de producción de palma de aceite	144
Anexos técnicos	149
Anexo 1.....	149
Anexo 2.....	152
Anexo 3. Características de los estadios fenológicos de las inflorescencias femeninas en la especie <i>E. guineensis</i>	153
Anexo 4. Características de los estadios fenológicos de las inflorescencias masculinas en la especie <i>E. guineensis</i>	155
Anexo 5. Diferencias de los estadios fenológicos de inflorescencias femeninas del híbrido Interespecífico O×G comparado con la especie <i>E. guineensis</i>	157
Anexo 6. Formato para el reporte diario de polinización.....	158
Anexo 7. Formato para la evaluación diaria de la polinización	159
Anexo 8. Formato de registro y seguimiento de aislamiento de inflorescencias.....	160
Anexo 9. Procedimiento de aislamiento de inflorescencias masculinas para la obtención de polen legítimo.....	161
Anexo 10. Procedimiento de aislamiento y polinización asistida de inflorescencias femeninas	163
Anexo 11. Fotografía de la vista al microscopio de la prueba de viabilidad.....	165
Anexo 12. Glosario	166

Anexo 1. Evaluación de la capacitación

Capacitación sobre polinización asistida en 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 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 que firme este formulario; de la sinceridad de 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 le 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. Por favor, refiérase a los aspectos positivos y negativos.

Aspectos para evaluar					
Objetivos del evento	0	1	2	3	NA
Satisficieron las necesidades (institucionales y personales) que usted traía					
Se alcanzaron en esta capacitación					
Comentarios:					
Contenidos de la capacitación (temas tratados)	0	1	2	3	NA
Llenaron los vacíos de conocimiento que usted traía					
Comentarios:					
Estrategias metodológicas empleadas durante la capacitación	0	1	2	3	NA
Exposiciones de los facilitadores					
Trabajos en grupo					
Uso que le dio al material entregado					
Prácticas de campo realizadas					
Prácticas realizadas en el aula					
Prácticas realizadas en el laboratorio					
Ayudas didácticas usadas por los facilitadores (papelógrafo, proyector, videos, etc.)					
Herramientas, equipos e insumos disponibles para realizar las prácticas de campo, vivero o laboratorio					
Tiempo dedicado a la realización de las actividades de aprendizaje, de acuerdo con los objetivos propuestos					
Nivel de practicidad de las actividades realizadas (qué tan práctica fue la capacitación)					
Comentarios:					

Continúa

Aplicabilidad (utilidad) de lo aprendido para su trabajo actual o futuro	0	1	2	3	NA
Comentarios:					
Coordinación local del evento	0	1	2	3	NA
Información previa enviada a los participantes					
Cumplimiento de horarios					
Cumplimiento de programa					
Conducción del grupo					
Conducción de las actividades					
Apoyo logístico proporcionado (equipos, materiales, papelería, etc.)					
Comentarios:					
Otros aspectos o situaciones no académicas que influyeron en su nivel de satisfacción durante el evento					
Alojamiento					
Alimentación					
Sede del evento y sus condiciones logísticas					
Transporte a los sitios de práctica					
Comentarios:					
¿Cómo cree usted que se puede mejorar esta capacitación? Le agradecemos expresar sugerencias precisas.					
Comentarios:					

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

Anexo 2. Observación del desempeño del facilitador

Capacitación sobre polinización asistida en palma de aceite

(Lugar y fecha en que se realizó)

Observación del desempeño del facilitador

Nombre del facilitador¹:

Instrucciones

A continuación se describen 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 esté seguro de que ese comportamiento lo tuvo el facilitador. Marque una **X** en la columna **No** cuando esté seguro de que no lo tuvo.

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

	Sí	No
Organización y claridad		
El facilitador		
Presentó los objetivos de la actividad		
Explicó la metodología para realizar la (s) actividad (es)		
Tuvo listos los materiales, herramientas, ayudas y equipos		
Respetó el tiempo previsto		
Entregó la guía y explicó cómo usarla		
Siguió una secuencia clara en su exposición		
Resumió los aspectos claves de cada tema		
Habló con claridad y tono de voz adecuados		
Motivó a los participantes para iniciar la capacitación		
Manejo del contenido		
Se mostró seguro de conocer la información que presentaba		
Respondió las preguntas de los participantes con propiedad		

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.

	Sí	No
Relacionó los temas teóricos con su aplicación práctica		
Proporcionó ejemplos para ilustrar los temas expuestos		
Relacionó el tema con otros que lo complementan		
Destacó los aspectos más importantes de cada tema		
Habilidades de interacción		
El facilitador estableció permanentemente comunicación verbal y no verbal con los participantes		
El lenguaje empleado por el facilitador estuvo a la altura del nivel de formación de los participantes		
Inspiró confianza para preguntarle		
Demostró interés en el aprendizaje de los participantes		
Estableció contacto visual con los participantes		
Formuló preguntas a los participantes		
Invitó a los participantes para que formularan preguntas		
Proporcionó información de retorno inmediata a las respuestas de los participantes		
Se mostró interesado en el tema que exponía		
Mantuvo las intervenciones de la audiencia dentro del tema		
Dirección de la práctica (campo/laboratorio/taller/aula)		
El facilitador		
Aclaró los objetivos de la práctica		
Seleccionó y acondicionó el sitio adecuado para la práctica		
Organizó a los participantes de manera que todos pudieran participar		
Explicó y/o demostró la manera de realizar la práctica		
Tuvo a su disposición los materiales demostrativos y/o los equipos necesarios para realizar la práctica		
Entregó a los participantes un instructivo (guía) para realizar la práctica		
Entregó a los participantes materiales y/o equipos necesarios para practicar		
Supervisó atentamente la práctica		
Los participantes tuvieron la oportunidad de practicar		

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

Le recomiendo que...

Anexo 3. Evaluación del material de capacitación

Capacitación sobre polinización asistida en palma de aceite

(Lugar y fecha en que se realizó)

Evaluación del material de capacitación

Apreciado participante:

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

Esperamos que nos dé sus opiniones como usuario de la guía. Éstas 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 por evaluar no está presente, por ejemplo, si el material no está impreso en su versión final, utilice la columna **NA** = No aplica.

Aspectos para evaluar	Sí	No	NA
Calidad del contenido. Al revisar y usar la guía, usted percibe que:			
La información presentada en esta guía es técnicamente válida de acuerdo con lo que usted conoce de los temas que allí se presentan			
El contenido está dividido en segmentos que siguen una secuencia ordenada y clara			
El contenido se presenta de manera objetiva: respeta principios y métodos comúnmente aceptados en la práctica			
La lectura del contenido es de fácil comprensión			
El contenido está actualizado desde el punto de vista científico y técnico			
El contenido refleja lo que se presenta en los objetivos de aprendizaje de cada unidad			
Calidad de la presentación física de la guía			
El tamaño de la letra hace el texto fácil de leer			
La impresión litográfica del material es excelente			
Las imágenes (dibujos, gráficos y tablas) son fáciles de entender			
Las ilustraciones que se incluyen en la guía facilitan la lectura del texto escrito			
La distribución de los componentes de la guía hace fácil su empleo			
Existe correspondencia adecuada entre imágenes y texto			

Continúa

Calidad del material para ser usado por el facilitador	Sí	No	NA
La estructura didáctica del material lo hace bueno para capacitar			
Los objetivos de aprendizaje están claramente establecidos			
Las estructuras de aprendizaje ayudan a que el participante entienda cada componente de la guía			
Las preguntas al iniciar cada unidad orientan a los participantes acerca del tema			
Los ejercicios y las prácticas realmente ayudan a desarrollar las capacidades necesarias para usar la tecnología presentada			
Los anexos de la guía ayudan a complementar su contenido			

Si usted fuera a capacitar a técnicos y productores en el uso de la tecnología presentada en esta guía, 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 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.

¿Qué recomendación les haría 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 polinización asistida en 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 los términos “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 que usted tiene relación en la producción o en la posproducción de la palma de aceite.

Es importante insistir en que en la formulación del plan de acción no sólo se consideran los aspectos técnicos de la aplicación de las tecnologías, sino además las acciones de capacitación en 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 (entre dos y 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 posproducción. 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 como 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 julio de 2011. Revisado 1º 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 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 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 su aplicación y de sus impactos sobre la producción.

El plan debe ser llenado por el grupo de participantes que pertenecen al mismo núcleo palmero. Se entiende que los miembros que lo firman 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 tiene que ver con la aplicación de la tecnología presentada, en el contexto institucional o de trabajo de quienes han asistido a ella. 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 por los canales que Fedepalma y Cenipalma tienen por medio 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 esta zona	
Zona/municipio/región en la que se aplicará la tecnología	

3. Resultados esperados

¿Qué resultados concretos se espera 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 de X meses)
1	
2	
3	
4	

4. Objetivos y estrategias que se espera aplicar en este plan

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

Objetivos que persigue este plan de acción	Estrategias mediante las cuales se espera lograr los objetivos

5. Recursos necesarios para la aplicación del plan

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

Actividades que se realizarán para lograr cada resultado esperado descrito en el punto 3	Meses 2011-2012											
	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	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 a 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: 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 transferidores o extensionistas) pueden proceder para desarrollar la capacitación, siguiendo la estructura de la guía. Sólo presentamos una forma como se podría planificar la parte introductoria y la Unidad de aprendizaje 1, aclarando que cada facilitador puede establecer un derrotero que puede variar con respecto a la estructura formal de la guía, aunque se recomienda 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 desarrollarla toda 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 de 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	Visitas a los sitios donde se realizarán las prácticas, 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. Se asegura de recibir el número suficiente de guías de acuerdo con el número esperado de participantes (en promedio 20-25). 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.	Deben recibir información sobre la capacitación. El citatorio debe incluir los objetivos y contenidos que se tratarán, los horarios de trabajo, la hora de llegada al sitio de la capacitación y otras condiciones para su participación y poder recibir el certificado de asistencia.	Coordinación telefónica y por escrito. Envío de convocatoria, coordinación con las plantaciones. Apoyo de las unidades coordinadoras de Cenipalma y/o Fedepalma.	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.
Preparación final de la capacitación	Visitar el sitio en donde se realizará la capacitación (aulas, viveros, laboratorios, plantas, 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 las que prestan servicios a los participantes en las plantaciones en donde se van a realizar las prácticas y se va a brindar atención a los participantes.	Uno a dos días antes de iniciar la capacitación.

Continúa

Actividad	Qué hace el facilitador	Qué hacen los participantes invitados	Ayudas necesarias	Duración
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. 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 quizá jocoso.	Diapositiva de Bienvenida. Guía con los puntos que se incluirán en la presentación.	30 minutos
Exploración de expectativas	Se puede combinar con la presentación de los participantes. Recordar la pregunta clave: ¿Qué esperan lograr de 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 en el que se escriben las expectativas de los participantes.	10 minutos.
Presentación de la guía 5.1 Orientaciones sobre el uso de la guía	El facilitador presenta la guía como el documento que acompaña la capacitación. Recordar su utilidad para el facilitador y los 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 orientarlos sobre cómo emplearla en la capacitación actual y cuando ellos vayan a capacitar a otro personal.	Revisan la guía. Formulan preguntas sobre la guía y sobre la menara en que se utiliza.	Una copia de la guía por participante. Unas tres diapositivas que muestran los componentes esenciales de la guía.	30 minutos.
Exploración inicial de conocimientos o autoevaluación	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 o grupal, e incluso de viva voz en plenaria.	Responden al cuestionario según las orientaciones del facilitador. Colocan su nombre en la primera página para poder devolvérselo.	Impreso independiente de la guía donde se escribe la exploración inicial de conocimientos.	20 minutos.

Continúa

Actividad	Qué hace el facilitador	Qué hacen los participantes invitados	Ayudas necesarias	Duración
Retroinformación de la exploración inicial de conocimientos	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 (ppt) 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 (ppt), donde se encuentran las respuestas correctas a las preguntas.	Presentan sus respuestas, hacen preguntas sobre las respuestas correctas e incorrectas, interactúan.	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.	20-30 minutos.
Presentación de los objetivos de aprendizaje	Recordar que las expectativas que formularon en la exploración de las mismas, y por tanto los objetivos, pueden compartirse inmediatamente después las expectativas. La intención es que los participantes aclaren cuáles de sus expectativas van a ser satisfechas en la capacitación y cuáles no.	Formulan preguntas sobre los objetivos. Se busca aclarar los objetivos.	Diapositiva con los objetivos de la guía.	20-30 minutos.
Presentación de la estructura general de la guía	Se presenta la estructura de la guía y se explican sus componentes. Se hacen preguntas para chequear la comprensión. Se explica la razón de ser de la estructura de aprendizaje. La mayoría de los participantes en la capacitación no está acostumbrada a esto de 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 1				
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 sólo el contenido técnico, sino también los ejercicios y prácticas que son clave para el dominio de la tecnología.	Formulan preguntas aclaratorias sobre el contenido y quizá sobre los ejercicios y prácticas.	Diapositiva con la tabla de contenidos de la unidad de aprendizaje.	El facilitador calcula el tiempo.

Continúa

Actividad	Qué hace el facilitador	Qué hacen los participantes invitados	Ayudas necesarias	Duración
Introducción	Presentación de una síntesis de la unidad de aprendizaje. Esta introducción debe ser corta, así como las presentaciones de las unidades. De hecho, las retroinformaciones de los ejercicios y las 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 la Unidad de aprendizaje 1	En seguida se presenta la estructura para esta unidad de aprendizaje. El facilitador se asegura de la comprensión de lo que se va a abordar.	Preguntas de los participantes.	Una o más diapositivas con la estructura de aprendizaje.	
Preguntas introductorias	Se presentan las preguntas introductorias para animar una discusión general sobre el tema que se ha de 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.	
Actividad	Qué hace el facilitador.	Qué hacen los participantes invitados.	Ayudas necesarias.	Duración.
Presentación del contenido inicial de esta unidad de aprendizaje	El facilitador presenta el contenido inicial de esta unidad de aprendizaje. Atención: no más de 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 escribir en su fólder 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 la práctica que corresponda 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 las prácticas 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.	

Continúa

Actividad	Qué hace el facilitador	Qué hacen los participantes invitados	Ayudas necesarias	Duración
Acompañamiento durante la ejecución del ejercicio	El facilitador se asegura de que todos los participantes estén realizando las prácticas. Él no lo hace, sólo NO la realiza, 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 plenarios.	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 1	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.	
SE FINALIZAN LAS UNIDADES DE APRENDIZAJE CON TODAS LAS PRÁCTICAS Y LOS 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 al 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 de: (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 formularios.	
Formulación del plan de acción	Se presenta el formulario y se explica cada uno de sus componentes. Se organizan los grupos de trabajo por núcleos palmeros, (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 a la plantación y otro para entregar al facilitador.	Copias de los formularios.	La elaboración del plan de acción puede tomar entre 1 y 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 1.

Exploración de conocimientos

Participante: _____

Preguntas: selección múltiple con única respuesta

1. Las siguientes características de las inflorescencias femeninas del híbrido OxG difieren de las características del material *E. Guinensis*:
 - a. ____ Brácteas pedunculares durante todo el desarrollo de la inflorescencia y espinas florales largas y de color verde intenso.
 - b. ____ Brácteas pedunculares durante el inicio del desarrollo de la inflorescencia y espinas florales largas y de color verde claro.
 - c. ____ Brácteas pedunculares durante la mayor parte del desarrollo de la inflorescencia y espinas florales cortas de color crema o café.
 - d. ____ Brácteas pedunculares en el botón floral y espinas florales largas y de color café claro.

2. Las características más importantes para identificar el estado de desarrollo de las inflorescencias masculinas y femeninas en palma de aceite son:
 - a. ____ En las masculinas: grado de ruptura de la bráctea peduncular y apertura de las espiguillas digitiformes. En las femeninas: tamaño de la inflorescencia y tamaño de las raquillas.
 - b. ____ En las masculinas: grado de ruptura de la bráctea peduncular y presencia de insectos polinizadores. En las femeninas: el tamaño de las inflorescencias y las raquillas.
 - c. ____ En las masculinas: tamaño de la bráctea peduncular y ruptura de las espiguillas poliformes. En las femeninas: presencia del botón floral.
 - d. ____ En las masculinas: el grado de ruptura de la bráctea peduncular y la apertura de las espiguillas digitiformes. En las femeninas presencia y tamaño del botón floral.

3. Una de las causas de la baja eficacia de la polinización natural en el híbrido O_xG es:
 - a. Que a pesar de la alta viabilidad del polen la cantidad producida es limitada.
 - b. Que las brácteas pedunculares impiden el acceso a los insectos polinizadores.
 - c. Que en muchos casos las poblaciones de insectos son reducidas debido al control químico.
 - d. El volumen de polen producido es alto, pero su viabilidad es reducida.

4. En el campo comercial la polinización asistida persigue, entre otros fines:
 - a. Aprovechar el potencial productivo del material e incrementar la tasa de extracción de aceite.
 - b. Aumentar la eficacia de la polinización y mejorar la conformación de palmas y racimos.
 - c. Mejorar la conformación de la palma y controlar la polinización indiscriminada de inflorescencias masculinas.
 - d. Mejorar la conformación del racimo y aumentar la eficacia de la fertilización.

5. La principal diferencia entre la polinización asistida para producción de semilla y la que se maneja a nivel comercial es:
 - a. Para la polinización comercial se emplea una mayor cantidad de insumos, personal y equipos que los que se requieren para la producción de semillas.
 - b. Para la producción de semillas se utiliza polen proveniente de una fuente seleccionada, mientras que en la comercial se usan mezclas de diferentes fuentes.
 - c. Para la producción de semillas se utiliza una mayor cantidad de insumos, personal y equipos que los que se requieren para la polinización comercial.
 - d. Para la producción de semillas las fuentes de polen son muchas más que las que se emplean en la polinización comercial.

6. ¿Cuál de las siguientes sería una recomendación equivocada que un coordinador de plantación les haría a los trabajadores de campo con respecto a aislamientos para la producción de semillas?
 - a. “Realicen los aislamientos cuando las inflorescencias estén en estado de preantesis II”.
 - b. “No olviden sellar los aislamientos para evitar el ingreso de insectos polinizadores”.
 - c. “Corten todas las estructuras de la planta cercanas a las inflorescencias”.
 - d. “ Remuevan las brácteas pedunculares y el prófalo presentes en las inflorescencias”.

7. Para garantizar la viabilidad del polen, durante el almacenamiento, es necesario...
 - a. Mantener las muestras de polen congeladas y con un grado de humedad superior al 30%.
 - b. Realizar pruebas de viabilidad de acuerdo con el grado de humedad de las muestras.
 - c. Mantener las muestras de polen congeladas y con un nivel de humedad del 8 al 12%.
 - d. Mantener las muestras de polen con una temperatura inferior a 12 grados centígrados.

8. Hacemos pruebas de viabilidad del polen esencialmente para:
 - a. Calcular la proporción de polen/talco y verificar la calidad del aislamiento de la palma.
 - b. Detectar fallas en el almacenamiento y verificar la calidad del polen obtenido en campo.
 - c. Calcular el potencial de producción esperado y detectar problemas en la recolección del polen.
 - d. Calcular la cantidad de polen a aplicar en cada inflorescencia y detectar problemas en la formación de racimos.

Anexo 2.

Exploración de conocimientos.

Hoja de respuestas

Participante: _____

Encierre en un círculo la respuesta que usted cree correcta

Preguntas

- | | | | | |
|----|---|---|---|---|
| 1. | A | B | C | D |
| 2. | A | B | C | D |
| 3. | A | B | C | D |
| 4. | A | B | C | D |
| 5. | A | B | C | D |
| 6. | A | B | C | D |
| 7. | A | B | C | D |
| 8. | A | B | C | D |

Anexo 3. Características de los estadios fenológicos de las inflorescencias femeninas en la especie *E. guineensis*

Inflorescencia femenina <i>E. guineensis</i>					
Parte	Característica	Preantesis 1 (601)	Preantesis 2 (602)	Preantesis 3 (603)	Antesis (607)
Pedúnculo	Color				
	Apariencia				
	Tamaño	Entre 10 y 20 cm.	Entre 10 y 20 cm.	Entre 10 y 20 cm.	Entre 20 y 30 cm.
	Disposición	En la axila de la hoja.	En la axila de la hoja.	En la axila de la hoja.	En la axila de la hoja.
Prófilo	Color	Café.	Café a gris.	Café a gris.	Café a gris.
	Apariencia	Estructura fibrosa soldada a la inflorescencia.	Estructura fibrosa que inicia su desintegración.	Estructura fibrosa en proceso de desintegración.	Estructura fibrosa que finaliza su desintegración.
	Tamaño				
	Disposición	Cubre la mayoría de la inflorescencia.	Cubre aproximadamente la mitad de la inflorescencia.	Se encuentra hacia la base de la inflorescencia.	Quedan algunos vestigios de las fibras hacia la base de la inflorescencia.
Bráctea peduncular	Color	Café.	Café.	Café.	Café.
	Apariencia	Estructura fibrosa y leñosa que inicia su rasgamiento en la altura media de la inflorescencia.	Estructura fibrosa y leñosa en proceso de desintegración.	Estructura fibrosa y leñosa en proceso de desintegración.	Estructura fibrosa y leñosa en proceso de desintegración.
	Tamaño				
	Disposición	Inicia su rasgamiento en la altura media de la inflorescencia.	Se rasga en un 30% de su longitud total.	Se rasga entre 50 y 70% de su superficie.	Se ha desprendido casi totalmente de la inflorescencia.
Raquilla o espiguillas	Color	Verde claro.	Café a gris.	Café a gris.	Café a gris.
	Apariencia				
	Tamaño				
	Disposición	En forma de espiral y apretadas hacia el centro.	En forma de espiral y se abren un poco del raquis de la inflorescencia.	En forma de espiral y están más sueltas del raquis.	En forma de espiral y están totalmente abiertas del raquis.

Continúa

Parte	Característica	Preantesis 1 (601)	Preantesis 2 (602)	Preantesis 3 (603)	Antesis (607)
Espina floral	Color	Verde claro.	Verde claro.	Verde.	Verde.
	Apariencia	En forma de espina.	En forma de espina.	En forma de espina.	En forma de espina.
	Tamaño				
	Disposición	Apretadas hacia el centro de la inflorescencia.	Están un poco sueltas entre sí.	Se encuentran abiertas para dar paso a los botones florales.	Están totalmente separadas entre sí para dar paso a la apertura de la flor.
Botón floral	Color	No se observa.	Verde pálido a rojizo vino tinto.	Crema con vestigios verdes.	Crema.
	Apariencia				
	Tamaño	No se observa.	Menos de 2 mm de diámetro.	Alrededor de 5 mm de diámetro.	Supera los 5 mm de diámetro.
	Disposición				

Anexo 4. Características de los estadios fenológicos de las inflorescencias masculinas en la especie *E. guineensis*

Inflorescencia masculina <i>E. guineensis</i>					
Parte	Característica	Preantesis 1 (601)	Preantesis 2 (602)	Preantesis 3 (603)	Antesis (607)
Pedúnculo	Color				
	Apariencia				
	Tamaño	Entre 10 y 40 cm.	Entre 20 y 40 cm.	Entre 20 y 40 cm.	40 cm o más.
	Disposición	En la axila de la hoja.	En la axila de la hoja.	En la axila de la hoja.	En la axila de la hoja.
Prófilo	Color	Café.	Café a gris.	Café a gris.	Café a gris.
	Apariencia	Estructura fibrosa soldada a la inflorescencia.	Estructura fibrosa que inicia su desintegración.	Estructura fibrosa en proceso de desintegración.	Estructura fibrosa que finaliza su desintegración.
	Tamaño				
	Disposición	Cubre la mayoría de la inflorescencia.	Cubre menos de la mitad de la inflorescencia.	Se encuentra hacia la base de la inflorescencia.	Quedan algunos vestigios de las fibras hacia la base de la inflorescencia.
Bráctea peduncular	Color	Café	Café	Café	Café
	Apariencia	Estructura fibrosa y leñosa que inicia su rasgamiento en la altura media de la inflorescencia.	Estructura fibrosa y leñosa en proceso de desintegración.	Estructura fibrosa y leñosa en proceso de desintegración.	Estructura fibrosa y leñosa en proceso de desintegración.
	Tamaño				
	Disposición	Inicia su rasgamiento en la altura media de la inflorescencia.	Se rasga en un 30% de su longitud total.	Se rasga entre 50 y 70% de su superficie.	Se ha desprendido casi totalmente de la inflorescencia.
Raquilla o espiguillas	Color	Café oscuro con vestigios verdes.	Café oscuro.	Café.	Café.
	Apariencia				
	Tamaño				
	Disposición	De forma digitiforme y apretadas hacia el centro de la inflorescencia.	En forma de espiral y se abren un poco del raquis de la inflorescencia.	En forma de espiral y están más sueltas del raquis.	En forma de espiral y están totalmente abiertas del raquis.

Continúa

Parte	Característica	Preantesis 1 (601)	Preantesis 2 (602)	Preantesis 3 (603)	Antesis (607)
Espina floral	Color	Verde o crema.	Verde o crema.	Crema.	Crema.
	Apariencia	Pequeña espina.	Pequeña espina.	Pequeña espina.	Pequeña espina.
	Tamaño				
	Disposición	Apretada hacia la raquila o espiguilla.	Apretada hacia la raquila o espiguilla.	Apretada hacia la raquila o espiguilla.	Apretada hacia la raquila o espiguilla.
Botón floral	Color	No se observa.	No se observa.	No se observa.	Amarillo.
	Apariencia				
	Tamaño	No se observa.	No se observa.	No se observa.	Entre 1,5 y 2 mm de diámetro.
	Disposición				

Anexo 5. Diferencias de los estadios fenológicos de inflorescencias femeninas del híbrido interespecífico OxG comparado con la especie *E. guineensis*





Diferencias de la inflorescencia femenina híbrido OxG con la especie <i>E. guineensis</i>					
Parte	Diferencia	Preantesis 1 (601)	Preantesis 2 (602)	Preantesis 3 (603)	Antesis (607)
Pedúnculo	Sí	Es más corto, generalmente entre 10-18 cm.	Más corto.	Más corto.	Más corto.
Prófilo	Sí	Son fibras más gruesas y duras que recubren una mayor parte de la inflorescencia.	Son fibras más gruesas y duras, y aún se puede encontrar adherido a gran parte de la inflorescencia.	Son fibras más gruesas y duras, y aún se puede encontrar adherido a gran parte de la inflorescencia.	Son fibras más gruesas y duras, y aún se puede encontrar adherido en la parte baja de la inflorescencia.
Bráctea peduncular	Sí	Persiste por más tiempo en la inflorescencia y de consistencia un poco más leñosa y fibrosa.	De consistencia más leñosa y fibrosa. Recubre toda la inflorescencia.	Es de color más claro y permanece aún recubriendo completamente la inflorescencia.	Es más leñosa y de color más claro. Está endurecida, pero aún se encuentra adherida a la inflorescencia.
Raquila o espiguillas	Sí	Color café y tamaño más grande.	Color café y tamaño más grande.	Color café y tamaño más grande.	Color café y tamaño más grande.
Espina floral	Sí	Espinas más cortas su extremo no es puntiagudo y de color café medio.	Espinas más cortas, su extremo no es puntiagudo y es de color café medio.	Espinas más cortas, su extremo no es puntiagudo y es de color café medio.	Espinas más cortas, su extremo no es puntiagudo y es de color café medio.
Botón floral	Sí	Color café oscuro.	Color café oscuro.	Pasan de café oscuro a amarillo quemado.	Son de color amarillo claro o beige.

Anexo 7. Formato para la evaluación diaria de la polinización



Formato de evaluación diaria de la polinización													
Fecha	Lote	Líneas		P	NP	Ayudadas	Aplicación		Índice de confianza		Nombre	N° de cédula	Código
		Inicial	Final				Buena	Mala	Reportadas	Confirmadas			

- P:** N° de inflorescencias polinizadas.
- NP:** N° de inflorescencias no polinizadas.
- Ayudadas:** N° de inflorescencias ayudadas.
- Buena:** N° de inflorescencias con buena aplicación.
- Mala:** N° de inflorescencias con mala aplicación.




Anexo 9. Procedimiento de aislamiento de inflorescencias masculinas para la obtención de polen legítimo

Paso	Actividad	Descripción
1	Identificar el estado de desarrollo de la inflorescencia masculina (preantesis I, preantesis II, preantesis III, antesis).	
2	Aislar la inflorescencia en estado de preantesis II.	
3	Realizar la limpieza removiendo las espatas que cubren la inflorescencia, utilizando los cuchillos.	
4	Ubicar en la base del pedúnculo un tapón de algodón y aplicar un fungicida o insecticida granulado para evitar contaminación e insectos.	

Continúa

<p>5</p>	<p>Cubrir la inflorescencia con la bolsa de polinización y amarrar en la base del pedúnculo con la banda elástica.</p>											
<p>6</p>	<p>Registrar la fecha del aislamiento y el estado de preantesis en el que se encuentra la flor.</p>	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 60%;"></td> <td style="text-align: center;">Identificación de aislamiento</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Código genitor: _____</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Número de aislamiento: _____</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Fecha de embolsado: _____</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Operario responsable: _____</td> </tr> </table>		Identificación de aislamiento	Código genitor: _____		Número de aislamiento: _____		Fecha de embolsado: _____		Operario responsable: _____	
	Identificación de aislamiento											
Código genitor: _____												
Número de aislamiento: _____												
Fecha de embolsado: _____												
Operario responsable: _____												
<p>7</p>	<p>Al culminar el estado de antesis, se corta la inflorescencia y se traslada a un cuarto climatizado (22-25°C y 70% HR).</p>											

Anexo 10. Procedimiento de aislamiento y polinización asistida de inflorescencias femeninas

Paso	Actividad	Descripción
1	Identificar el estado de desarrollo de la inflorescencia femenina (preantesis I, preantesis II, preantesis III, antesis).	
2	Aislar la inflorescencia en estado de preantesis II.	
3	Realizar la limpieza removiendo las espatas que cubren la inflorescencia, utilizando los cuchillos.	

Continúa

<p>4</p>	<p>Ubicar en la base del pedúnculo un tapón de algodón y aplicar un fungicida o insecticida granulado para evitar contaminación e insectos.</p>															
<p>5</p>	<p>Cubrir la inflorescencia con la bolsa de polinización y amarrar en la base del pedúnculo con la banda elástica.</p>															
<p>7</p>	<p>Aspersión del polen en la inflorescencia seleccionada, a través de un pequeño orificio que se realiza en la ventana plástica de la bolsa.</p>															
<p>8</p>	<p>Identificar la fecha de la polinización, y código de la palma madre y de la fuente de polen.</p>	<table border="1" data-bbox="742 1342 1380 1853"> <tr> <td data-bbox="742 1342 981 1421"></td> <td data-bbox="981 1342 1380 1421"> <p>Identificación de cruzamientos</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="742 1421 981 1500"> <p>Genitores</p> </td> <td data-bbox="981 1421 1380 1500"> <p>Femenino: _____ Masculino: _____</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="742 1500 981 1557"> <p>Nº de cruzamiento:</p> </td> <td data-bbox="981 1500 1380 1557"> <p>_____</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="742 1557 981 1615"> <p>Fecha de aislamiento:</p> </td> <td data-bbox="981 1557 1380 1615"> <p>_____</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="742 1615 981 1672"> <p>Fecha de polinización:</p> </td> <td data-bbox="981 1615 1380 1672"> <p>_____</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="742 1672 981 1730"> <p>Fecha de recolección:</p> </td> <td data-bbox="981 1672 1380 1730"> <p>_____</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="742 1730 981 1853"> <p>Operario responsable:</p> </td> <td data-bbox="981 1730 1380 1853"> <p>_____</p> </td> </tr> </table>		<p>Identificación de cruzamientos</p>	<p>Genitores</p>	<p>Femenino: _____ Masculino: _____</p>	<p>Nº de cruzamiento:</p>	<p>_____</p>	<p>Fecha de aislamiento:</p>	<p>_____</p>	<p>Fecha de polinización:</p>	<p>_____</p>	<p>Fecha de recolección:</p>	<p>_____</p>	<p>Operario responsable:</p>	<p>_____</p>
	<p>Identificación de cruzamientos</p>															
<p>Genitores</p>	<p>Femenino: _____ Masculino: _____</p>															
<p>Nº de cruzamiento:</p>	<p>_____</p>															
<p>Fecha de aislamiento:</p>	<p>_____</p>															
<p>Fecha de polinización:</p>	<p>_____</p>															
<p>Fecha de recolección:</p>	<p>_____</p>															
<p>Operario responsable:</p>	<p>_____</p>															

Anexo 11. Fotografía de la vista al microscopio de la prueba de viabilidad

Vista al microscopio en el campo de 10x.



- N° de granos germinados.
- N° de granos no germinados.
- N° granos totales.
- % viabilidad.

Anexo 12. Glosario

Aislamiento de inflorescencias: colocación de un saco o bolsa que impide que el polen y los insectos entren en contacto con la inflorescencia.

Andrógina: organismos que poseen a la vez órganos reproductivos usualmente asociados con los dos sexos: masculinos y femeninos. Es decir, una estructura con un aparato mixto capaz de producir gametos masculinos y femeninos.

Anteras: parte del estambre de las flores masculinas que está encargada de guardar y producir el polen.

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

Asincronía floral: apertura irregular de los botones florales. Digitiforme: que tiene forma de un dedo.

Bráctea o espina floral: capa en forma de espina que rodea al botón floral para protegerlo y permitir su desarrollo a través de la misma.

Bráctea peduncular: estructura fibrosa y consistente que encierra la inflorescencia en sus etapas de desarrollo para protegerla de agentes externos.

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.

Estigma: cuerpo glanduloso, colocado en la parte superior del botón floral y que al llegar a antesis está receptivo para recibir el polen.

Fruit set: proporción o cantidad de frutos fértiles o fecundados respecto a la cantidad total de frutos presentes en el racimo.

Hermafrodita: organismo que posee a la vez órganos reproductivos usualmente asociados con los dos sexos: masculinos y femeninos. Es decir, una estructura con un aparato mixto capaz de producir gametos masculinos y femeninos.

Inflorescencia: conjunto de flores dispuestas sobre un eje central.

Lóbulo estigmático: parte redondeada y saliente de la flor que al llegar a antesis se separa de las demás por un pliegue o hendidura y queda receptiva para el polen.

Monoica: especie vegetal que posee estructuras reproductivas de ambos sexos en una misma planta (femenina y masculina).

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

Presión polínica: conjunto de condiciones adecuadas para la polinización natural (presencia de inflorescencias masculinas, polen viable y población de insectos polinizadores).

Prófilo: estructura fibrosa externa que protege la inflorescencia en sus primeros estados de desarrollo.

Raquila: eje central que sostiene los botones florales dentro de una inflorescencia.

Relación sexos: cantidad de inflorescencias masculinas con respecto a las femeninas por unidad de área.

Semillas legítimas: semillas producidas mediante un cruzamiento controlado entre plantas debidamente evaluadas y caracterizadas por su alto valor agronómico.

U de cosecha: recorrido en forma de “U” a través de cuatro líneas por las calles de cosecha.

Viabilidad de polen: relación porcentual entre los gametos masculinos que generan un tubo polínico y el total de gametos evaluados en la prueba de laboratorio.

La polinización de la palma de aceite es de suma importancia, considerando que del éxito que se tenga en el número de flores polinizadas dependerá la producción de aceite de los racimos, con el consecuente beneficio para la agroindustria. En el caso de híbrido interespecífico OxG (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*) a pesar de tener una alta producción de racimos de fruta fresca (RFF), la tasa de extracción de aceite es inferior a la de *E. guineensis* bajo condiciones de polinización natural, y ello se debe a la baja eficiencia de polinización (*fruit set*) que presenta el híbrido interespecífico. Sin embargo esto se puede contrarrestar con la implementación de la polinización asistida, que consiste en hacer una aplicación manual de polen, con lo que se logra mejorar la eficiencia del híbrido y aprovechar el potencial productivo de este material.

La guía abarca cuatro grandes temas: (a) reconocimiento de estructuras reproductivas en la especie *E. guineensis* y el híbrido interespecífico OxG, (b) polinización comercial, (c) cruzamientos y polinización dirigida para producción de semilla y (d) manejo y conservación de polen. Estos temas se desarrollan en secciones que presentan actividades lúdicas que le permiten al facilitador y a los participantes abordarlos en forma secuencial.

El presente material está dirigido a los núcleos palmeros, agrónomos, técnicos de plantación, personal de campo e instructores de formación tecnológica responsables de la coordinación y ejecución de la labor.

Centro de Investigación en Palma de Aceite

Calle 20A N° 43A - 50 Piso 4 Bogotá D.C.

PBX: 208 6300 Fax: 244 4711

www.cenipalma.org