

# *Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite*

## *Guía para facilitadores*



# Conformación de Unidades de Manejo Agronómico (UMA) en palma de aceite

Diego Luis Molina López  
José Álvaro Crisancho Rodríguez  
Pedro Nel Franco Bautista



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

Conformación de Unidades de Manejo  
Agronómico (UMA) en palma de aceite

Diego Luis Molina López  
José Álvaro Cristancho Rodríguez  
Pedro Nel Franco Bautista

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

---

## **Conformación de Unidades de Manejo Agronómico (UMA) 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° 00095/12 - SENA-SAC. Contrato N° 007G de 2012 SAC-Fedepalma.

### **Autores**

Diego Luis Molina López  
José Álvaro Cristancho Rodríguez  
Pedro Nel Franco Bautista

### **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

### **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 2012

## Otros títulos de la serie

2010

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

---

2011 – 2012

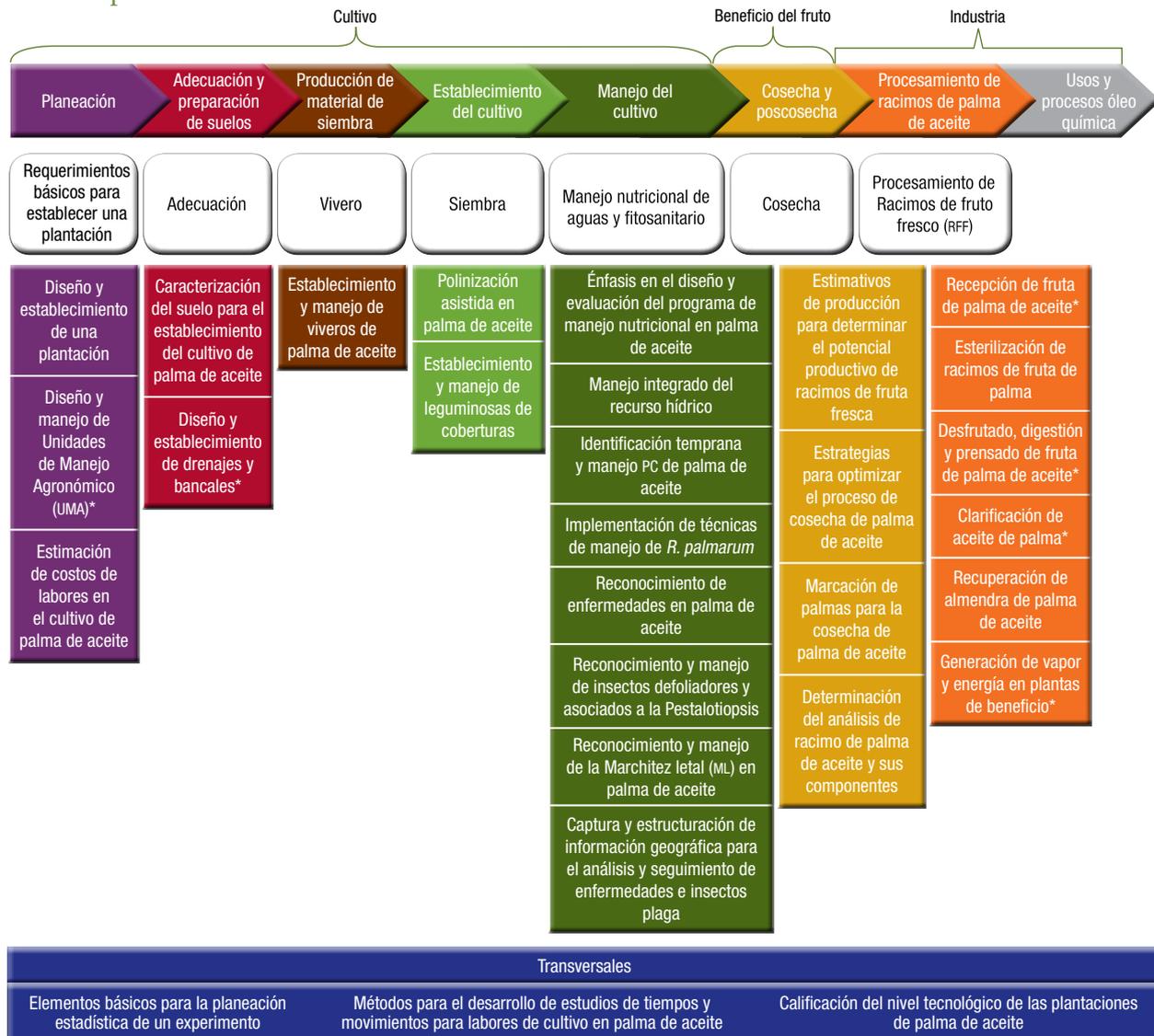
- **Diseño y establecimiento de una plantación de palma de aceite**  
Wílbert Castro Cadena, José Óscar Obando Bermúdez y Jorge Alonso Beltrán Giraldo.
- **Caracterización del suelo para el establecimiento del cultivo de palma de aceite**  
Diego Luis Molina López, José Álvaro Cristancho Rodríguez y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

2012

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

## Guías metodológicas sobre tecnologías de producción en palma de aceite

### Proceso productivo



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

---

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

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

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

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

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

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

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

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

## Agradecimientos

Los autores agradecen a Fedepalma, entidad administradora del Fondo de Fomento Palmero, por la financiación de las actividades de investigación que llevaron a la producción de este documento. Al convenio N° 00095/12 - SENA-SAC, contrato N° 007G de 2012 SAC-Fedepalma, por la financiación para la publicación de la guía; al señor Vicente Zapata, Coordinador Didáctico y a las plantaciones de las cuatro zonas palmeras, quienes contribuyen permanentemente en el enriquecimiento de la investigación, lugares donde se validaron las actividades de esta guía.



## Contenido



Presentación .....	11
Introducción .....	13
Modelo de aprendizaje .....	15
Exploración inicial de conocimientos .....	17
Objetivos y estructura de aprendizaje .....	19
<b>Unidad temática 1. Orientar al productor en la descripción de las características generales de los suelos.....</b>	<b>21</b>
Estructura de la unidad .....	23
Explicación de la estructura de la unidad.....	23
Preguntas orientadoras .....	23
Objetivos de esta unidad .....	24
Introducción .....	24
1.1 Composición del suelo .....	24
1.2 Propiedades físicas del suelo.....	24
1.3 Propiedades químicas del suelo.....	26
1.4. Muestreo del suelo.....	26
1.5 Ejercicio 1. Test de análisis sobre el suelo y sus propiedades físicas y químicas. ....	27
Práctica 1. Reconocimiento de los tipos de suelos presentes en la plantación .....	28
Información de retorno .....	32
Anexo técnico 1. Hoja de Trabajo para registrar variables durante la descripción de perfiles de suelo. ....	32
Práctica 2. Toma de muestras para determinaciones de química de suelo .....	33
Referencias .....	35

---

<b>Unidad temática 2. Materiales genéticos y desarrollo fisiológico.....</b>	<b>37</b>
Estructura de la Unidad.....	39
Explicación breve de la estructura de la unidad.....	39
Preguntas orientadoras .....	39
Objetivos .....	40
Introducción .....	40
2.1 Materiales genéticos.....	40
2.2 Principales nutrimentos y sus funciones en la palma de aceite .....	46
2.3 Los climas para la palma de aceite.....	48
2.4 Los suelos para la palma de aceite .....	48
2.5 El análisis de suelos.....	49
Ejercicio 2. Interpretación de resultados de análisis de suelos y cálculos secundarios.....	50
Hoja de trabajo .....	51
Retroinformación para el Ejercicio 2 .....	53
Referencias .....	53
Anexo 1. Algunos síntomas de deficiencia de nutrimentos en palma de aceite .....	54
<b>Unidad temática 3. Brechas entre rendimientos actuales y potenciales .....</b>	<b>57</b>
Factores de producción del cultivo de la palma de aceite .....	59
Establecimiento, mantenimiento, producción de cultivos .....	63
Establecimiento de nuevas plantaciones .....	66
<b>Unidad temática 4. Conformación de la UMA.....</b>	<b>81</b>
Estructura de la unidad .....	83
Preguntas orientadoras .....	83
Objetivos de la unidad.....	84
Introducción .....	84
4.1 Definición de una UMA .....	85
4.2 Insumos para la conformación de la UMA .....	85
4.3 Ejemplo de resultados de la aplicación de concepto de UMA – estudio de caso – .....	85
Referencias .....	90
<b>Anexo. Cierre de brechas tecnológicas (Documento de trabajo) .....</b>	<b>91</b>

## 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 del esfuerzo conjunto, para el mejoramiento de la producción de los aceites y derivados que surgen de este importante cultivo en el país.

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

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

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

---

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

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

**JOSÉ IGNACIO SANZ SCOVINO, *Ph.D.***

Director Ejecutivo

Cenipalma

## Introducción

La presente guía de aprendizaje busca que técnicos de plantación, instructores del SENA, capacitadores de Cenipalma y asistentes técnicos de las Unidades de Asistencia Técnica (UAT) adquieran competencias que les permitan implementar unidades de manejo agronómico (UMA) en las plantaciones de palma de aceite.

La presente guía está dividida en cuatro unidades de aprendizaje, cada una refleja una competencia que el usuario de la tecnología debe desarrollar. El usuario de la tecnología sobre manejo del suelo para el cultivo de la palma de aceite:

- Reconoce las propiedades físicas y químicas del suelo y utiliza metodologías para realizar estudios o levantamiento de suelos.
- Conoce la fisiología de la palma y la función de los principales nutrimentos en la planta.
- Conoce los factores que limitan la productividad del cultivo y que ocasionan brechas en los rendimientos actuales.
- Conformar Unidades de Manejo Agronómico (UMA) en plantaciones de palma de aceite.

Los temas que contienen las unidades de aprendizaje fueron priorizados por palmicultores, facilitadores, investigadores y técnicos de plantación, quienes manifestaron la existencia de vacíos de conocimiento que se deben llenar para alcanzar una mayor competitividad en el cultivo de la palma.

La guía incluye prácticas que facilitan el aprendizaje (por ejemplo: observación, analogías, discusiones, experimentación) y destaca la importancia de recuperar el conocimiento previo de los participantes en la capacitación para construir con ellos un conocimiento mejorado, fortaleciendo las competencias necesarias para implementar prácticas de manejo del suelo que respondan a las necesidades del cultivo de la palma y sean amigables con el ambiente.



## 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 adaptarse 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

### Orientaciones para el facilitador

Antes de comenzar con el proceso de capacitación, el facilitador, una vez hecha la presentación personal de cada uno de los asistentes al evento, les manifestará que formulará una serie de preguntas, enfatizando que el propósito de ellas no es medir el nivel de conocimiento de los participantes en la capacitación. Aclarará que las respuestas obtenidas constituyen una ayuda para que el facilitador conozca las experiencias que tienen los participantes sobre los temas que serán desarrollados y lo orientarán sobre aquellos que deberán ser tratados con mayor profundidad. Las preguntas pueden manejarse de diversas maneras: verbal, enunciándolas para que los participantes respondan en forma voluntaria, o trabajándolas en grupos de discusión con un integrante de cada grupo que presenta los aportes de su grupo, u otra forma creativa que el facilitador quiera emplear. Una vez discutidas las respuestas al interior del grupo, los participantes podrán conocer el grado de conocimiento que poseen sobre el manejo de suelos para establecer el cultivo.

### Preguntas

Se dará un tiempo prudencial para que los asistentes respondan las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles de las propiedades físicas del suelo considera que deben ser tenidas en cuenta para establecer el nuevo cultivo de la palma?
2. ¿Cuáles de las propiedades químicas de un suelo considera que deben ser tenidas en cuenta para establecer el nuevo cultivo de la palma?
3. ¿Qué factores cree usted que pueden afectar la calidad del muestreo de suelos?
4. ¿Qué aspectos cree que se deben observar al momento de hacer un recorrido de campo para agrupar suelos similares?
5. ¿Cuáles son para usted las principales limitantes químicas de los suelos dedicados al cultivo de la palma de aceite en Colombia?
6. ¿Qué entiende por adecuación de suelos?
7. Cuando obtiene resultados de laboratorio, ¿cuáles valores de referencia utiliza para su comparación?
8. ¿En qué pruebas se apoya usted para seleccionar las enmiendas? ¿Por qué?
9. ¿Cuáles conocimientos nuevos sobre aptitud de suelos para el cultivo de la palma ha adquirido cuando intercambia saberes con el personal de campo?

### Retroinformación para la exploración de conocimientos

#### Instrucciones para el facilitador:

El facilitador comparte con los participantes las respuestas que él propone para darles la oportunidad de compararlas con las que ellos han elaborado.

Una de las formas de hacer esta revisión es pedir a un voluntario la respuesta y preguntar al auditorio si alguien quiere complementarla o si alguien no está de acuerdo. De este modo, el facilitador genera confianza e invita a participar.

#### Respuestas

Pregunta 1: ¿Cuáles de las propiedades físicas de un suelo considera que deben ser tenidas en cuenta para establecer el nuevo cultivo de la palma?

---

Respuesta: Las que se relacionan con el movimiento del agua a través del perfil y con la profundidad para un buen desarrollo radicular como infiltración, estructura, densidad aparente, conductividad hidráulica.

Pregunta 2: ¿Cuáles de las propiedades químicas de un suelo considera que deben ser tenidas en cuenta para establecer el nuevo cultivo de la palma?

Respuesta: Las que se relacionan con la fertilidad del suelo como pH, CIC, M.O., N, P, K, entre otras, así como la relación entre los nutrientes.

Pregunta 3: ¿Qué factores cree que pueden afectar la calidad del muestreo de suelos?

Respuesta: Mezclar suelos de horizontes diferentes, seleccionar los sitios de muestreo sin un reconocimiento previo, así sea exploratorio, de las distintas clases de suelos existentes, fumar y comer durante el muestreo de química de suelos, excesos de humedad al momento del muestreo para física de suelos, muestreo en sitios no recomendados.

Pregunta 4: ¿Qué cree usted que se deba observar al momento de hacer un recorrido de campo para agrupar suelos similares?

Respuesta: Cambios del color, de la textura, de la profundidad de los horizontes, en vegetación, presencia de pedregosidad en la superficie del terreno o dentro del perfil, presencia de zonas bajas y cóncavas donde se acumula agua libre.

Pregunta 5: ¿Cuáles son para usted las principales limitantes químicas de los suelos dedicados al cultivo de la palma de aceite en Colombia?

Respuesta: La acidez de los suelos y los altos desbalances de Ca y Mg en suelos afectados por sales.

Pregunta 6: ¿Qué entiende por adecuación de suelos?

Respuesta: Las labores que implemento en el suelo para vencer limitaciones de tipo físico y/o químico. Esto debe ir unido a las necesidades del cultivo a establecer. Según las exigencias, se adecua de una u otra manera.

Pregunta 7: ¿Cuándo obtiene resultados de laboratorio, qué valores de referencia utiliza para su comparación?

Respuesta: Los recomendados por Cenipalma, entidad de investigación del sector palmero en Colombia, son los adecuados.

Pregunta 8: ¿En qué pruebas se apoya para seleccionar las enmiendas? ¿Por qué?

Respuesta: En las Pruebas de Reactividad de Enmiendas (PRE) que permiten identificar las enmiendas que presentan cambios en el suelo a corto plazo.

Pregunta 9: ¿Cuáles conocimientos nuevos sobre aptitud de suelos para el cultivo de la palma ha adquirido cuando intercambia saberes con el personal de campo?

Respuesta: Las respuestas pueden variar de unos a otros participantes. Sin embargo, algunas relacionadas con nuevos conocimientos sobre suelos para el cultivo de la palma pueden incluir: presencia de determinadas coberturas, comportamiento de los cultivos previos, frecuencia de inundaciones, etc.

## Exploración de expectativas

### Orientaciones para el facilitador

Antes de iniciar la capacitación, el facilitador invita a los participantes para que se presenten y aprovechen este primer contacto para compartir sus expectativas acerca de la capacitación. Esta identificación es muy importante para despejar expectativas que no se podrán satisfacer en la capacitación y, enseguida, presentar los objetivos. Algunas de las preguntas que ayudan a esclarecer las expectativas son las siguientes:

- ¿Para qué estamos reunidos en este día?
- ¿Qué esperan lograr de este evento?
- ¿Qué información previa han recibido acerca de esta capacitación?

Posteriormente, el facilitador plasmará las respuestas en papelógrafo y aprovechará para exponer los objetivos que él persigue con la capacitación.

## Objetivos y estructura de aprendizaje

### Objetivos de aprendizaje

Al final de la capacitación los usuarios de esta guía estarán capacitados para:

- Caracterizar las condiciones químicas y físicas del suelo donde está establecido el cultivo de palma.
- Interpretar de manera correcta los resultados sobre análisis de química y de física de suelos.
- Identificar a nivel de campo las principales deficiencias de nutrimentos en el cultivo.
- Implementar medidas de manejo del suelo y del cultivo que permitan incrementar los rendimientos.
- Conformar Unidades de Manejo Agronómico (UMA) en las plantaciones de palma de aceite.

### Explicación de la estructura

La presente estructura muestra las cuatro unidades de aprendizaje que permitirán a los técnicos y otro perso-

nal de campo, implementar las Unidades de Manejo Agronómico (UMA) en las plantaciones de palma de aceite. El proceso de capacitación inicia con la descripción de las características generales de los suelos; continúa con el conocimiento de los materiales genéticos de palma de aceite más utilizados en el país y su desarrollo fisiológico; analiza los factores de manejo del cultivo que ocasionan las brechas de rendimientos y finaliza con la conformación de las Unidades de Manejo Agronómico (UMA), como una estrategia para cerrar las brechas de producción entre los rendimientos actuales y los potenciales del cultivo. Se observa en el esquema cómo, para avanzar hacia la siguiente unidad de aprendizaje, es necesario tener el dominio de la temática de la unidad anterior.

Dentro de cada una de las unidades de aprendizaje se mencionan los temas generales que la integran, que se desarrollarán en la parte teórica y serán reforzados con prácticas de campo.





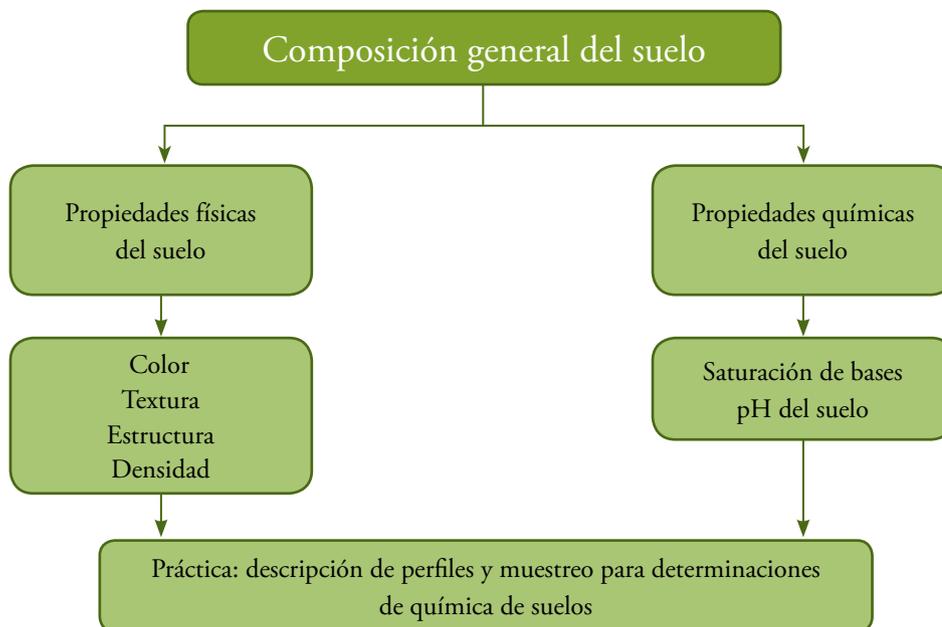


## Unidad Temática 1. Orientar al productor en la descripción de las características generales de los suelos

Estructura de la unidad .....	23
Explicación de la estructura de la unidad.....	23
Preguntas orientadoras .....	23
Objetivos de esta unidad .....	24
Introducción .....	24
1.1 Composición del suelo .....	24
1.2 Propiedades físicas del suelo.....	24
1.3 Propiedades químicas del suelo.....	26
1.4. Muestreo del suelo.....	26
1.5 Ejercicio 1. Test de análisis sobre el suelo y sus propiedades físicas y químicas. ....	27
Práctica 1. Reconocimiento de los tipos de suelos presentes en la plantación .....	28
Información de retorno .....	32
Anexo técnico 1. Hoja de Trabajo para registrar variables durante la descripción de perfiles de suelo. ....	32
Práctica 2. Toma de muestras para determinaciones de química de suelo .....	33
Referencias .....	35



## Estructura de la unidad



**Figura 1.** Estructura de la unidad temática 1.

### Explicación de la estructura de la unidad

La presente estructura muestra los dos temas generales que serán tratados en esta unidad de aprendizaje y que le permitirán a los técnicos y otro personal de campo caracterizar las condiciones químicas y físicas del suelo donde está establecido el cultivo de palma. Inicia describiendo algunas propiedades físicas y químicas del suelo, destacando cómo estas propiedades interactúan para darle características más o menos favorables para el desarrollo del cultivo y finaliza con una práctica de campo que permitirá, mediante la descripción de los perfiles y el conocimiento de las condiciones químicas del suelo, agrupar los suelos presentes en la plantación de acuerdo con su similitud, paso inicial para la conformación de las Unidades de Manejo Agronómico (UMA).

### Preguntas orientadoras

#### Orientaciones para el facilitador

Antes de comenzar con el desarrollo de la unidad, el facilitador formulará a los asistentes una serie de preguntas relacionadas con los temas que va a desarrollar, con el propósito de evaluar los conocimientos de los participantes sobre el tema.

Las respuestas a estas preguntas se encontrarán en el contenido del tema, a medida que se esté desarrollando, razón por la cual no es necesario que el facilitador las responda. Su intención es introducir el tema y animar a los asistentes a participar.

Las preguntas a formular pueden ser del siguiente tipo:

- ¿Qué es un suelo?
- ¿De qué está constituido un suelo?
- ¿Cuáles son algunas de las propiedades físicas del suelo?
- ¿Cuáles son algunas de las propiedades químicas del suelo?
- ¿Por qué es importante conocer las propiedades del suelo?
- ¿Para qué se muestrean los suelos?

Puede ser que los participantes desconozcan las respuestas a varias de estas preguntas. Por ello, el facilitador les advierte que las respuestas se encontrarán durante el estudio de esta unidad de aprendizaje. Posteriormente, el facilitador pasará a exponer los objetivos que él persigue con la capacitación sobre esta unidad de aprendizaje.

## Objetivos de esta unidad

Al final de la capacitación, los usuarios de esta guía estarán preparados para:

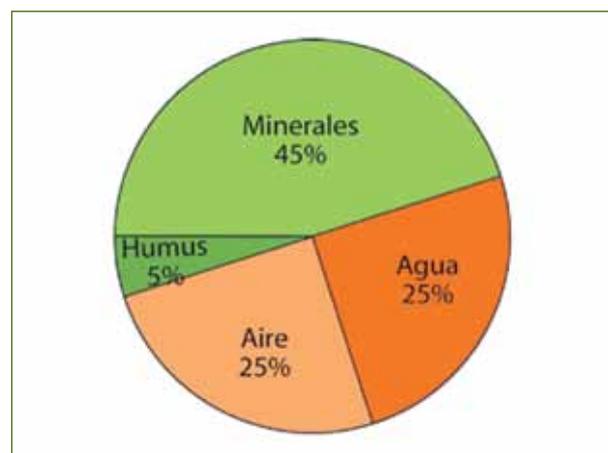
- Realizar mediciones de campo para física de suelos y recolectar muestras para física y química de suelos.
- Clasificar y separar en el campo las muestras tomadas por sitio y profundidad.
- Manipular adecuadamente los equipos para el muestreo de física de suelos.
- Desarrollar destreza visual y táctil para separar horizontes del suelo con base en algunas propiedades al momento de su descripción.
- Identificar con acierto los factores que afectan la calidad de las mediciones de física de suelo en el campo, al momento de realizarlas.
- Identificar de manera general las diversas clases de suelo presentes en los diferentes lotes de la plantación.

## Introducción

El suelo es el medio natural para el desarrollo de plantas terrestres. Su importancia radica en que sostiene a las plantas que nos proporcionan comida, fibra, drogas y otras necesidades humanas y porque filtra el agua y recicla desechos (USDA, 2006).

### 1.1 Composición del suelo

En una partícula de suelo se encuentran tres fases: sólida, líquida y gaseosa; y cuatro componentes: mineral, orgánico, agua y aire, en las proporciones ilustradas en la figura 2 (Hillel, 2004). La fase sólida tiene 45% de partículas minerales y 5% de materia orgánica (Hillel, 2004, Sullivan, 2007). La fase líquida está constituida por el agua del suelo, que satisface las necesidades de evapotranspiración de la planta y la fase gaseosa por el oxígeno en el aire del suelo, necesario para el desarrollo de los cultivos y de los microorganismos aeróbicos.



**Figura 2.** Composición del suelo.

### 1.2 Propiedades físicas del suelo

Las propiedades físicas de los suelos determinan la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad y la retención de nutrientes. (Rucks, *et al.*, 2004).

### 1.2.1 Color

Es una característica fácilmente observable que permite deducir rasgos importantes. Las coloraciones oscuras indican alto contenido de materia orgánica, los colores rojizos y pardos amarillentos están asociados con óxidos de hierro y con buena capacidad de infiltración, mientras que los colores grisáceos reflejan condiciones de oxidación y reducción y se asocian con encharcamientos frecuentes. Los colores blancuzcos se deben a la acumulación de sales (Dorrnsoro. 2011). Para una mejor caracterización se utiliza la tabla Munsell, Figura 3.



Figura 3. Tabla Munsell para determinar el color del suelo.

### 1.2.2 Textura

Se refiere a las proporciones de arena, limo y arcilla que se encuentran en una masa de suelo, Figura 4. Permite pronosticar algunas propiedades químicas, como la capacidad de intercambio de cationes CIC y físicas, como la retención de humedad, la consistencia y la infiltración (Forsythe, 1985).

A nivel de campo, corrientemente, se determina mediante el tacto. El análisis del laboratorio proporciona un dato numérico de ella. (Forsythe, 1985).

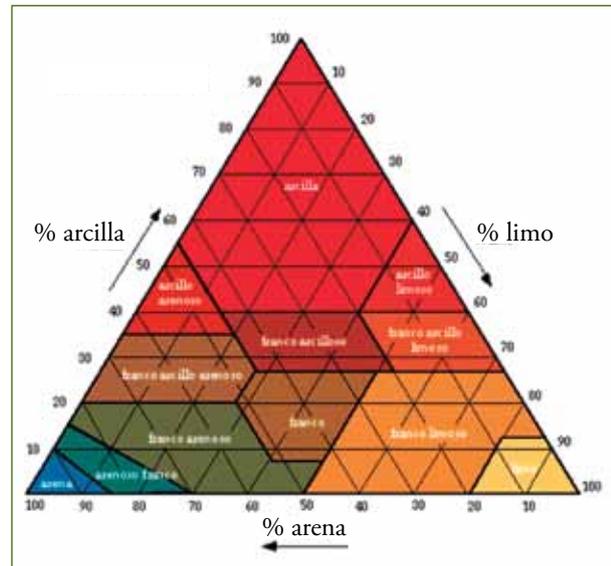


Figura 4. Triángulo textural. Fuente: Rucks, *et al.*, 2004.

### 1.2.3 Estructura

Es la forma como se organizan los agregados del suelo. Determina la porosidad, las concentraciones de oxígeno, el agua que se puede almacenar y su conducción en el suelo. Es afectada por los cambios de clima, actividad microbiana y las prácticas de manejo (Hillel, 2004). Los tipos de estructura más frecuentes se observan en la Figura 5.

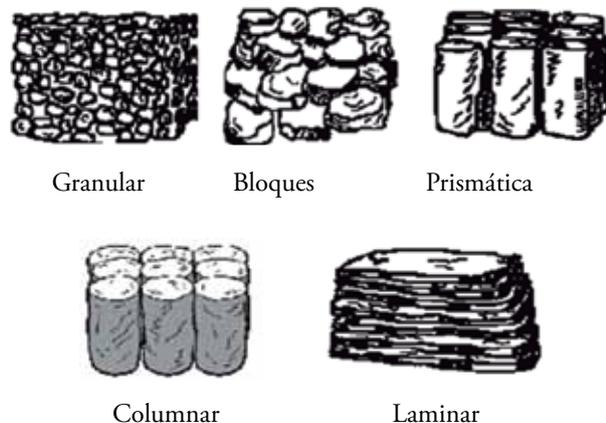


Figura 5. Tipos de estructura. Fuente Lora, 1998.

### 1.2.4 Densidad del suelo

La densidad es la relación de la masa seca de las partículas del suelo y su volumen. La densidad aparente ( $D_a$ ) incluye el espacio poroso (Forsythe, 1985); presenta valores típicos entre 1,0 y 1,7 g/cm<sup>3</sup> (Arshad *et al.*, 1996) y es un indicador de la compactación y de las restricciones al crecimiento de las raíces (USDA, 1999).

La densidad real ( $D_r$ ) no incluye el espacio poroso. El valor promedio en los suelos minerales está alrededor de 2,65 g/cm<sup>3</sup> (De Leenheer, 1967; De Boodt, 1965).

### 1.3 Propiedades químicas del suelo

Fassbender (1982) define la química de suelos como aquella parte de la ciencia del suelo que estudia la composición, las propiedades y las reacciones químicas de los suelos.

#### 1.3.1 La capacidad de intercambio catiónico (C.I.C)

Es la capacidad del suelo para retener e intercambiar cationes y depende del número de cargas negativas existentes en la superficie de la arcilla y de la materia orgánica (Zhang y Zhao, 1997).

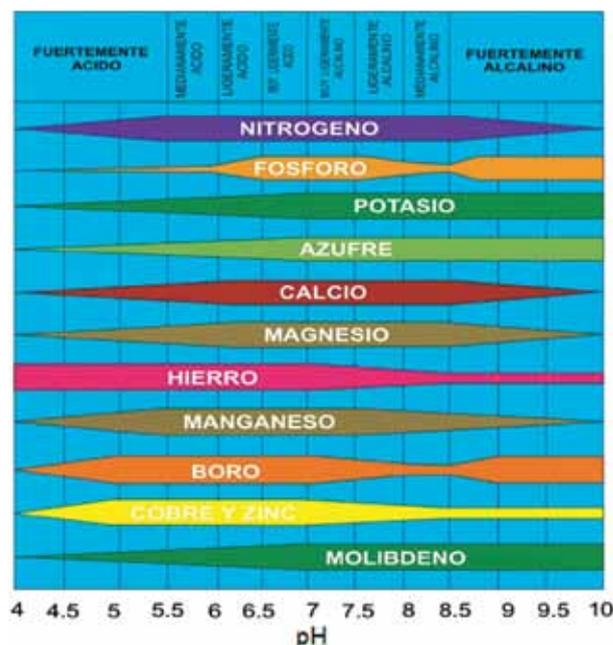
#### 1.3.2 Saturación de bases

Según Castro (1998), es el porcentaje del total de la capacidad de intercambio catiónico ocupado por los cationes calcio ( $Ca^{++}$ ), magnesio ( $Mg^{++}$ ), potasio ( $K^+$ ) y sodio ( $Na^+$ ).

$$\% \text{ saturación de bases} = \frac{Ca^{++} + Mg^{++} + K^+ + Na^+}{CICE} \times 100$$

#### 1.3.3 pH del suelo

Expresa la actividad de los iones hidrógeno en la solución del suelo. La importancia de conocer el pH del suelo radica en que éste afecta la estabilidad estructural, define la presencia y abundancia de los microorganismos y la disponibilidad de nutrientes minerales para las plantas, como se observa en la Figura 6.



**Figura 6.** Efecto del pH del suelo sobre la disponibilidad de los nutrientes. Fuente: af2.wikispaces.com

### 1.4 Muestreo del suelo

Munévar y Franco (2002) recomiendan tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Delimitar las áreas homogéneas de acuerdo con su topografía, drenaje, profundidad, color, manejo de la fertilización e historial del cultivo.
- Tamaño de la unidad de muestreo. Cada muestra de suelo debe representar entre 10 y 15 hectáreas. Si el suelo es bastante homogéneo, la muestra puede representar un área mayor; en caso contrario, representará menos hectáreas. Cada muestra debe representar a una UMA.
- Número de submuestras. Una muestra está compuesta por 15 a 20 submuestras.
- Profundidad de muestreo. Es aquella donde ocurre el máximo desarrollo radicular. Para el caso de la palma de aceite serán los primeros 30 cm de la superficie, tomando muestras en cada uno de los horizontes que se encuentren en la mencionada profundidad.

## 1.5 Ejercicio 1. Test de análisis sobre el suelo y sus propiedades físicas y químicas.

### Objetivos:

1. Los participantes reforzarán, con base en una serie de preguntas de respuesta abierta, los conceptos relacionados con el suelo, 2. con las propiedades físicas y químicas que tienen y 3. correlacionarán algunas de estas propiedades con indicadores de calidad del suelo.

### Orientaciones para el facilitador

1. El facilitador fotocopia las preguntas y ejercicios que aparecen en el cuestionario y las entrega a los participantes advirtiéndoles que pretenden reforzar sus conocimientos y no constituyen una evaluación.
2. Al finalizar sus respuestas, los participantes intercambian las hojas de la prueba.
3. El facilitador proyecta las respuestas correctas y concede 10 minutos para que cada uno corrija las respuestas dadas por su compañero.
4. El facilitador pide que aquellos que corrigieron respuestas erradas las compartan con el grupo y se discute acerca de ellas.

### Recursos necesarios

1. Copia del cuestionario para cada participante.
2. Hoja con el diagrama del triángulo textural.
3. Proyector multimedia con las respuestas correctas.

### Orientaciones para los participantes

1. Una vez reciban el formulario, trabajen para contestar las preguntas allí formuladas en un tiempo de 30 minutos.
2. Intercambie su hoja de respuesta con un compañero para hacer la corrección con base en las respuestas que presente el facilitador.

3. Corrija las respuestas de sus compañeros.
4. Comparta algunas de aquellas respuestas que han sido mal respondidas.
5. Participe activamente en la discusión.

### Test de análisis

1. Enumere al menos cinco características que considere que debe tener un suelo para ser considerado bueno para los cultivos.
2. ¿Cuál es la importancia de la materia orgánica del suelo?
3. ¿Qué entiende usted por capacidad de campo y punto de marchitez? ¿Por qué se presentan estas condiciones en el suelo?

Adaptado de: <http://www.fagro.edu.uy/dptos/suelos/Edafologia/index.html>

4. Utilizando el triángulo textural, determine la clase textural de cada uno de los horizontes del perfil de suelo cuyo análisis mecánico se da seguidamente:

Horizontes	Arena %	Limo %	Arcilla %	Clase textural
A	24,0	52,1	23,9	
Bt1	17,6	35,0	47,4	
Bt2	17,9	36,7	45,4	
BC	18,7	44,9	36,4	
C	20,6	48,3	31,1	

5. Algunas propiedades físicas y químicas del suelo se correlacionan con su textura. Indique cuáles de las siguientes propiedades son características de texturas arcillosas y cuáles de arenosas. (Colocar debajo de cada una de las dos texturas extremas que siguen los números de las propiedades que correspondan).

Nº	Propiedad	Textura arcillosa	Textura arenosa
1	Buena aireación		
2	Fácil laboreo		
3	Porosidad total mayor		
4	Mayor fertilidad potencial del suelo		
5	Alta capacidad de retención de agua		
6	Menor velocidad de infiltración del agua en el suelo		
7	Mayor conductividad hidráulica		
8	Alta capacidad de adsorción de iones		

- ¿Cuál es la diferencia entre densidad aparente y densidad real del suelo?, ¿cuál de ellas considera sea más útil para caracterizar los suelos? ¿Por qué?
- De los llamados macronutrientes y micronutrientes, ¿cuáles considera que sean más importantes para las plantas? ¿Por qué?
- ¿Por qué considera usted que es importante conocer el valor de la CIC?
- ¿Con qué atributos y/o limitaciones asocia un suelo de pH ácido?

## Práctica 1. Reconocimiento de los tipos de suelos presentes en la plantación

### Objetivos:

- Lograr que los capacitandos desarrollen destreza visual y táctil para separar horizontes del suelo con base en algunas de sus propiedades físicas.
- Lograr que los capacitandos apropien el conocimiento sobre la manera de realizar correctos muestreos de campo para determinaciones de química de suelos.

### Orientaciones para el facilitador

- Una vez estén ubicados en el sitio en el que se realizará la práctica, el facilitador motivará al grupo

para recordar, de forma participativa, las principales propiedades físicas y químicas de los suelos y la importancia de realizar una correcta caracterización de ellas en el campo.

- El facilitador explicará al grupo que la práctica está dividida en dos etapas, una que se realiza a nivel de campo y la otra, con lo hecho en campo, se realiza en el aula o salón.
- El facilitador indicará a los capacitandos que deben formar grupos (preferiblemente de cuatro o cinco personas, con el fin de que todos participen) y suministrará los materiales necesarios para el desarrollo de la práctica.
- El facilitador distribuirá los grupos al azar o les dará la opción de escoger su ubicación para la realización de la práctica, teniendo en cuenta que cada grupo se ubique en un paisaje diferente.
- El facilitador estará atento a las actividades realizadas de cada grupo, motivando a la participación de todos los integrantes.

### Recursos necesarios

Tiempo total de la práctica: 4 horas

- Cinta métrica
- Pala ancha

- Varilla metálica delgada, de unos 50 cm, preferiblemente con punta
- Agua potable para limpieza de herramientas
- Hoja de trabajo
- Anillo de diámetro y altura conocidos
- Mazo
- Bloque de madera
- Palita de jardinero
- Cuchillo de hoja ancha
- Bolsas sellables y marcador
- Tazón o pocillo refractario
- Balanza de precisión (precisión 0,1 g)
- Horno de microondas
- Calculadora

## Instrucciones para el participante

### A. Etapa de campo

Tiempo necesario: 4 horas

Una vez el grupo se ubique en el campo, los participantes procederán a leer detenidamente la guía de la práctica y a su desarrollo de la siguiente manera (USDA, 1999):

1. Haga una cajuela de 50x50x50 cm (largo, ancho y profundo) en el sitio seleccionado.
2. Usando la pala ancha corte una tajada de suelo de la pared de la cajuela y deposítela en el piso.  
*Nota: A partir de este punto, ingrese a la hoja de trabajo de datos de suelo la información obtenida. Hoja anexa*
3. Mida la profundidad de cada uno de los horizontes observados, separándolos por cambios en el color del suelo.
4. Observe la presencia de raíces de las plantas en la cajuela y en la muestra de suelo, destacando características como abundancia, abultamientos, raíces

que crecen hacia los costados a causa de la presencia de capas duras o compactadas.

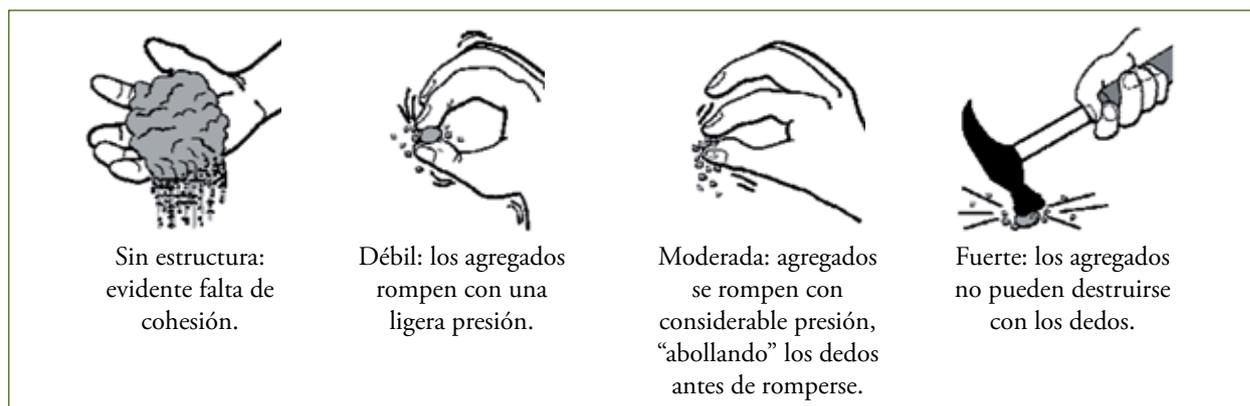
5. Determine la resistencia a la penetración, con la varilla metálica, a través del perfil como lo muestra la Figura 7. Defina donde ocurren cambios en la resistencia.
6. Observe la estructura para cada horizonte del suelo registrando el tipo, tamaño y consistencia de las unidades estructurales del suelo o agregados. Ayúdese para ello de las Figuras 7 y 8.



Figura 7. Determinación de la resistencia a la penetración.

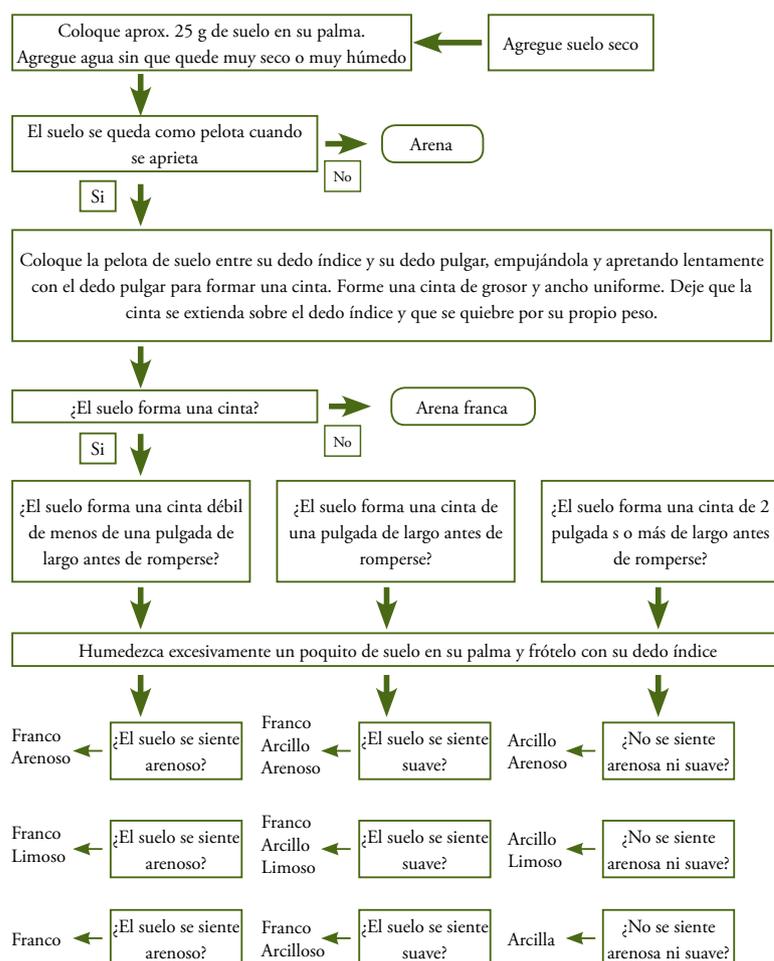


Figura 8. Tipos de estructura del suelo. Fuente Casanova et al., 2007.



**Figura 9.** Consistencia de los agregados *in situ*. Fuente Casanova *et al.*, 2007.

7. Determine la clase textural del suelo por el procedimiento del tacto, para los horizontes del suelo, con ayuda de los diagramas, como ejemplo el de la Figura 10.



**Figura 10.** Determinación de la textura del suelo en el campo.

8. Determine la densidad aparente.

En una de las caras laterales de la cajuela elaborada:

- Entierre el anillo con el borde biselado hacia abajo, hasta que quede a ras del piso.
- Remueva el anillo con ayuda de una palita de jardinero, previendo pérdidas de suelo.
- Remueva el exceso de suelo de la muestra con un cuchillo de hoja ancha, como lo ilustra la figura 11.
- Coloque la muestra en una bolsa y llene la etiqueta. Asegúrese que toda la muestra ha sido introducida en la bolsa.



**Figura 11.** Remoción de exceso de suelo.

Una vez ubicados en salón donde disponemos de balanza y horno microondas:

- Pese la muestra del suelo en la bolsa. Registre el peso.
- Pese una bolsa de plástico vacía para calcular el peso exacto de la muestra. Registre el peso.
- Tome una submuestra del suelo y colóquela en un pocillo refractario.
- Pese la submuestra con el pocillo y registre el peso.
- Pese el pocillo refractario vacío y registre el peso.

- Coloque el pocillo refractario que contiene la submuestra en un microondas y seque con dos o más ciclos de cuatro minutos a intensidad máxima.

*Nota: Para determinar si el suelo está seco, pese la muestra y registre su peso luego de cada ciclo de cuatro minutos. Cuando el peso no cambie luego de un ciclo de secado, el suelo está seco.*

- Calcule la densidad aparente y algunas medidas relacionadas mediante las siguientes fórmulas:

- Contenido de agua del suelo (g/g)

$$= \frac{\text{Peso del suelo húmedo} - \text{Peso del suelo secado en el horno}}{\text{Peso del suelo secado en el horno}}$$

- Densidad aparente del suelo  $\frac{\text{(g)}}{\text{cm}^3}$

$$= \frac{\text{peso del suelo secado en el horno}}{\text{volumen del suelo}}$$

## B. Etapa de aula o salón

Tiempo necesario: 2 horas

Materiales necesarios:

- Papelógrafo con suficientes hojas.
- Marcadores permanentes de diferentes colores y diámetros de punta.
- Tablero.
- Marcadores borrables de diferentes colores.

1. Una vez terminado el tiempo de la práctica en el campo, el facilitador invitará a los capacitandos al aula de clase o salón para analizar la información obtenida a nivel de campo.
2. El facilitador propondrá a los subgrupos que, en hojas de papelógrafo, realicen un mapa de campo y un agrupamiento de los perfiles encontrados por su similitud, para conformar UMA y para que proyecten las ventajas o desventajas que podría tener para el cultivo de palma las condiciones físicas encontradas en el suelo.
3. El facilitador propondrá a cada subgrupo nombrar un vocero que presentará en una plenaria el resul-

tado del trabajo realizado, explicando las razones para agrupar los diferentes perfiles de suelo.

### Información de retorno

1. Al final de la intervención de todos los subgrupos, el facilitador promoverá una discusión para unificar los criterios de agrupamiento de los perfiles.
2. El facilitador preguntará al grupo sobre los inconvenientes encontrados para el desarrollo de la práctica y motivará a encontrar otras alternativas de muestreo que se podrían emplear.
3. El facilitador invitará a los capacitandos a que expresen sus opiniones sobre la práctica realizada.

### Anexo técnico 1. Hoja de Trabajo para registrar variables durante la descripción de perfiles de suelo.

cenipalma		CORPORACION CENTRO DE INVESTIGACION EN PALMA DE ACEITE CARACTERIZACION DE SUELOS POR TIPO DE PAISAJE EN LA ZONA OCCIDENTAL										
Dia : _____ Mes: _____ Año: _____ N° de Observacion: _____		Características Edáficas:										
Tipo de Observacion: _____		Regimen de Humedad: _____			Regimen de Temperatura: _____							
Finca: _____		Inchacamiento			Frecuencia: _____ Duracion: _____							
Vereda o sector: _____		Inundacion			Profundidad: _____							
		Presencia e Nivel freatico: _____										
		Profundidad efectiva: _____										
Características ambientales		Limitante en profundidad: _____										
Paisaje: _____		Drenaje: _____										
Relieve: _____		Interno: _____										
Altitud: _____		Externo: _____										
Clima ambiental: _____		Natural: _____										
Pendiente: _____												
Vegetacion natural predominante: _____												
Uso Actual del suelo: _____												
Horizonte (Nomenclatura y profundidad)	Color	Moteados (Forma y tamaño)	Estructura	Consistencia			Textura	Poros (Forma y Tamaño)	Presencia de raíces	Presencia de organismos	Limite	Ilustracion del perfil
				seco	humedo	Mojado						
												0
												5
												10
												15
												20
												25
												30
												35
												40
												45
												50
												55
												60
												65
												70
												75
												80
												85
												90
												95
												100
												105
												110
												115
												120
Observaciones: _____												
_____												
_____												

## Práctica 2. Toma de muestras para determinaciones de química de suelo

### Objetivo:

Lograr que los capacitandos apropien el conocimiento sobre la manera de realizar muestreos de campo correctos para determinaciones de química de suelos.

### Recursos necesarios

Tiempo: 4 horas

Materiales necesarios

- Palín y barreno
- Machete
- Cuchillo
- Balde plástico
- Bolsas plásticas
- Marcadores
- Hojas para identificar las muestras
- Plano de campo con las UMA identificadas en la Práctica 1
- Hoja de campo para anotar detalles u observaciones
- Formato de solicitud de servicio al LAFS de Cenipalma
- Formato para remisión de muestras

Los baldes de metal pueden contaminar la muestra, especialmente para análisis de micronutrientes

### Instrucciones para el participante

Una vez tenga en su poder el mapa con las UMA conformadas en la Práctica 1 y los materiales necesarios, proceda a realizar el muestreo siguiendo los pasos enumerados a continuación:

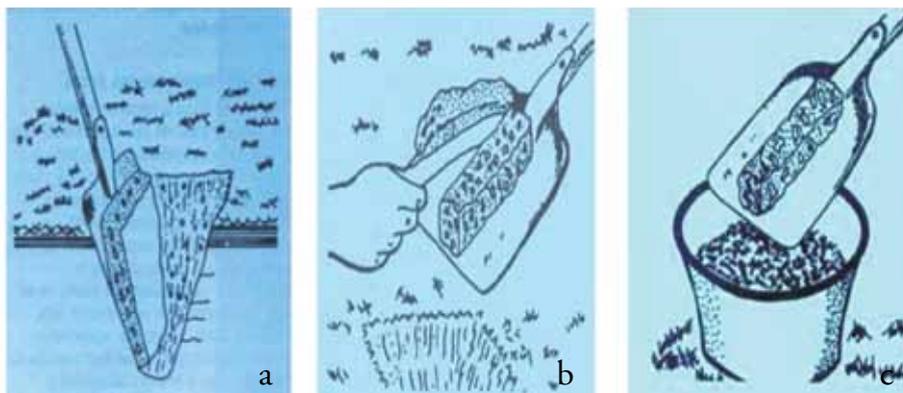
#### Paso 1.

- En cada una de las UMA definidas, tome las submuestras de suelo cada 10 líneas y cada 10 palmas (identifique la palma para posteriores muestreos).
- En cada sitio de muestreo limpie la superficie removiendo la cobertura viva que haya sobre el suelo (Munévar y Franco, 2002).

#### Paso 2.

Si usa pala, según Coraspe y tejera (1996):

- Haga un hueco en forma de V, del ancho de la pala utilizada, a la profundidad deseada para el muestreo.
- Corte una tajada de suelo, de 2 a 3 centímetros de espesor, en una de las paredes inclinadas del hueco. Figura 12(a)
- Elimine los bordes laterales de la tajada de suelo y deje una faja central de 3 a 5 centímetros de ancho, Figura 12(b) e introdúzcala en un balde limpio, Figura 12(c).



**Figura 12.** Corte de tajada de suelo (a), eliminación de bordes (b) y depósito de la submuestra de suelo en un balde.

- Repita el procedimiento en cada uno de los sitios de muestreo hasta recorrer toda la UMA.

Si usa barreno:

- Haga una perforación a la profundidad deseada, Figura 13, en cada una de los sitios de muestreo y coloque la muestra extraída en un balde limpio.
- Repita el procedimiento en cada uno de los sitios de muestreo hasta recorrer toda la UMA.



**Figura 13.** Toma muestra con barreno.

*¡Precaución!*: Inpofos (1998) y Munévar y Franco (2002) sugieren no tomar muestras de suelos en sitios específicos como:

- La proximidad de cercas, caminos, vías y canales
- Áreas de antiguos canales
- Parches de mal drenaje
- Sitios con deposiciones de animales
- Sitios donde hayan sido colocados residuos de cosechas
- Sitios donde se hayan realizado quemas
- Sitios de acumulación de fertilizantes por deficiencias en su distribución
- En inmediaciones de árboles

- Sitios donde se tenga un cambio de pendiente entre dos UMA

*La toma de muestras en estos sitios pueden alterar los resultados del análisis.*

### Paso 3

- Mezcle manual y uniformemente las submuestras dentro del balde. Extraiga las raíces, los residuos vegetales o animales y, mientras mezcla el suelo, rompa los terrones con los dedos (Inpofos, 1998; Munévar y Franco, 2002).

### Paso 4.

- Extraiga alrededor de 1.500 gramos del suelo mezclado y divídalo en dos porciones. Coloque cada muestra en bolsas plásticas, destinando una para enviar al laboratorio y guarde la otra como contramuestra.
- Identifique las muestras en su parte exterior con una etiqueta. Introdúzcala entre la bolsa original y otra que la recubra (Inpofos, 1998; Munévar y Franco, 2002).

**Secado de las muestras:** Cuando las muestras están muy húmedas, Munévar y Franco (2002) recomiendan extenderlas por varios días a la sombra, sobre una superficie limpia, evitando que se contaminen con polvo u otros elementos.

### Paso 5.

Remita las muestras obtenidas al laboratorio, máximo una semana después de haberlas tomado, diligenciando el formato de análisis del LAFS.

### Información de retorno

1. Una vez terminado el tiempo de la práctica, el facilitador invitará a cada grupo de trabajo a nombrar un vocero que cuente a los demás grupos las observaciones elaboradas durante la práctica con las herramientas específicas.
2. El facilitador preguntará al grupo sobre los inconvenientes encontrados para el desarrollo de la

- práctica y motivará a encontrar otras alternativas de muestreo que se podrían emplear.
3. Al final de estas intervenciones, se sacarán conclusiones sobre cuáles herramientas son las más adecuadas para tomar las muestras en ese determinado tipo de suelo.
4. El facilitador invitará a los capacitandos a que expresen sus opiniones sobre la práctica realizada.

## Referencias

- Arshad, M.A., B. Lowery, and B. Grossman. 1996. Physical tests for monitoring soil quality. P. 123-142. In: J. W. Doran and A. J. Jones (eds.) *Methods for assessing soil quality*. Soil Sci. Soc. Am. Spec. Publ. 49. SSSA, Madison, WI.
- Casanova P. Manuel; Vera E. Wilfredo; Lucio L. Walter y Seguel S. Oscar. 2007. Edafología. [agronomia.uchile.cl/web/manuel\\_casanova/edafologia\\_2007.htm](http://agronomia.uchile.cl/web/manuel_casanova/edafologia_2007.htm)
- Castro F, Hugo. 1998. *Fundamentos para el conocimiento y manejo de suelos agrícolas*. Produmedios. Colombia. ISBN: 9589340563 v. 360 p
- Coraspe, Hector M.; Tejera Sergio. 1996. Procedimiento para la toma de muestras de suelos. *Revista Fonaiap Divulga* No 54.
- De Leenheer L. 1967. Considerations critiques sur la valeur des resultats de la determination de la porosité totale et de la distribution des pore du sol. *Pedologie* No 17:2.
- De Boodt M. 1965. *Soil physics*. Gante, Bélgica, International Training Centre for Post-Graduate Soil Scientists
- Dorronsoro, C. 2011. *Introducción a la Edafología*. Departamento de Edafología y Química Agrícola. Universidad de Granada. España. Unidad docente e investigadora de la Facultad de Ciencias. Información acerca del suelo. Libros electrónicos y monografías. <http://www.edafologia.net>
- Fassbender, H. W. 1982. *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. IICA. San José. Costa Rica. 398p.
- Forsythe, Warren. 1985. *Física de Suelos: manual de laboratorio*. 1ª. Ed. 2ª reimpresión. San José, Costa Rica. IICA, 1985, c1975. ISBN 92-9039-052-2. Serie de Libros y Materiales Educativos No 25. 212 p.
- Hillel, D. 2004. *Introduction to environmental soil physics*. Elsevier Academic Press. San Diego, California. USA. International Standard Book Number: 0-12-348655-6
- Lora, Rodrigo. 1998. En: *Encuentro nacional de Labranza de Conservación. Memorias*. Gabriel Romero, Diego Aristizabal, Cesar Jaramillo, Edits.
- Munévar M. Fernando; Franco B. Pedro N. 2002. *Guía general para el muestreo foliar y de suelos en el cultivo de la palma de aceite*. Cenipalma. Libro boletín técnico N° 12. ISBN: 958-96494-9-1. Segunda ed. 24 p.
- Rucks L, L.; García, F. Kaplan, A.; Ponce de León, J. y Hill, M. 2004. *Propiedades físicas del suelo*. Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Departamento Suelos y Aguas. Montevideo, Uruguay.
- Soil Survey Staff, (SSS). 1999. *Guía para la evaluación de la calidad y Salud del Suelo*. Departamento de Agricultura de los estados Unidos USDA. Servicio de Investigación Agrícola. Servicio de Conservación de Recursos Naturales. Instituto de Calidad de Suelos. 82 p.
- Sullivan, P. 2007. *El Manejo Sostenible de Suelos*. ATTRA- El Servicio Nacional de Información de la Agricultura Sostenible. [www.attra.ncat.org](http://www.attra.ncat.org)
- Zhang, X. N. and Zhao, A. Z. 1997. Surface charge. In: *Chemistry of Variable Charge Soils*. Yu T. R. editor. Oxford University Press Inc. New York. pp: 17-63.



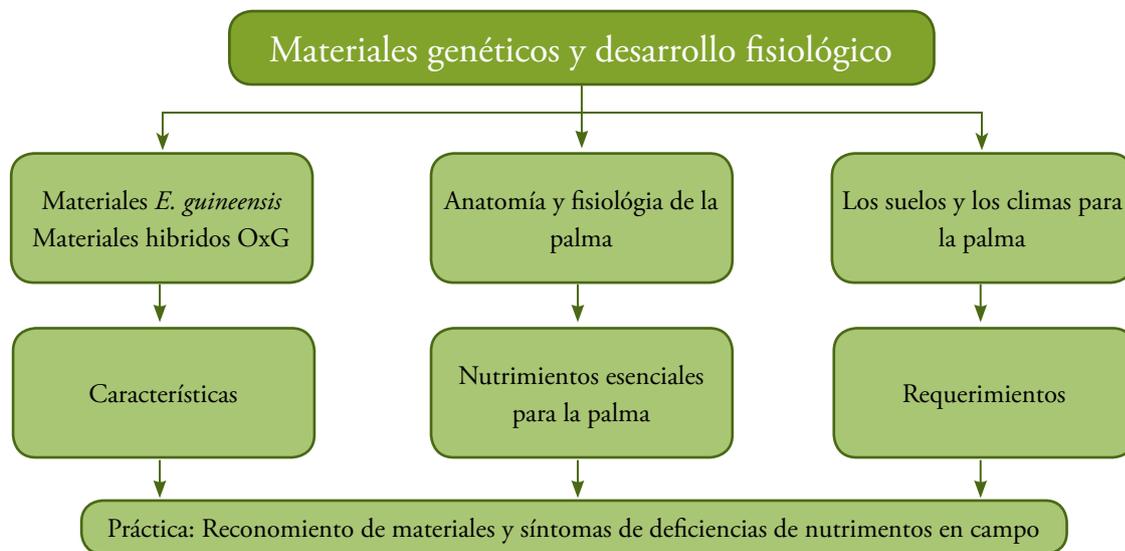


## Unidad Temática 2. Materiales genéticos y desarrollo fisiológico

Estructura de la Unidad.....	39
Explicación breve de la estructura de la unidad.....	39
Preguntas orientadoras .....	39
Objetivos .....	40
Introducción .....	40
2.1 Materiales genéticos.....	40
2.2 Principales nutrimentos y sus funciones en la palma de aceite .....	46
2.3 Los climas para la palma de aceite.....	48
2.4 Los suelos para la palma de aceite .....	48
2.5 El análisis de suelos.....	49
Ejercicio 2. Interpretación de resultados de análisis de suelos y cálculos secundarios.....	50
Hoja de trabajo .....	51
Retroinformación para el Ejercicio 2 .....	53
Referencias .....	53
Anexo 1. Algunos síntomas de deficiencia de nutrimentos en palma de aceite . .....	54



## Estructura de la Unidad



**Figura 14.** Estructura de la unidad temática 2.

### Explicación breve de la estructura de la unidad

La presente estructura muestra los tres temas generales que serán tratados en esta unidad de aprendizaje y que le permitirán a los técnicos y otro personal de campo conocer los diferentes materiales genéticos y la fisiología de la palma de aceite. Comienza definiendo las características de los materiales *E. guineensis* y de los híbridos interespecíficos OxG; continúa con el conocimiento de la anatomía y la fisiología de la palma de aceite y el efecto de los nutrimentos en la planta y termina con las condiciones de clima y suelos (químicas y físicas), consideradas como adecuadas para el cultivo. El conocimiento teórico se complementa con una práctica de campo donde se reconocen los diferentes

materiales y los síntomas visuales de deficiencias de nutrimentos en el cultivo.

### Preguntas orientadoras

Antes de comenzar con el desarrollo de la unidad, el facilitador formulará a los asistentes una serie de preguntas relacionadas con los temas que va a desarrollar, con el propósito de explorar qué tanto conocen sobre el tema.

El facilitador pide a los participantes responder en forma breve las preguntas, sin profundizar en las respuestas ya que estas se encontrarán en el contenido del tema, a medida que se desarrolle. Un breve comentario del docente acerca de cada respuesta, será suficiente.

Las preguntas a formular pueden ser del siguiente tipo:

- ¿Qué características anatómicas y fisiológicas le permiten diferenciar los materiales *E. guineensis* y los híbridos OxG?
- ¿Cuáles son los nutrientes más importantes para la producción de palma de aceite?
- ¿Cuáles son algunos de los requerimientos de clima y suelo del cultivo de la palma?
- ¿Cuáles y cómo son las deficiencias foliares comúnmente observadas en palma de aceite?

Posteriormente, el facilitador pasará a exponer los objetivos que él persigue con la capacitación sobre esta unidad de aprendizaje.

## Objetivos

Al final de la capacitación los usuarios de esta guía estarán preparados para:

1. Describir las principales características anatómicas y fisiológicas de los diferentes materiales genéticos de palma de aceite.
2. Entender la importancia que tienen para el cultivo de palma los diferentes nutrimentos.
3. Describir las condiciones del suelo (físicas y químicas) que requiere el cultivo de la palma para garantizar su sostenibilidad productiva en el tiempo.
4. Reconocer a nivel de campo las deficiencias foliares de nutrimentos.

## Introducción

El conocimiento de las características anatómicas y fisiológicas de los diferentes materiales de palma de aceite así como los requerimientos de clima y suelo permitirán brindar al cultivo las condiciones favorables para expresar su máximo potencial de producción de racimos y aceite.

## 2.1 Materiales genéticos

### Origen y expansión

La palma de aceite es originaria de África Occidental, lo cual se ha comprobado por evidencias históricas, lingüísticas y fósiles. Más concretamente, su origen se ha ubicado en las costas del Golfo de Guinea.

Se ha identificado una estrecha relación entre los usos alimenticios de grupos de origen africano y la palma de aceite, debido a que el aceite del mesocarpio (o pulpa) de su fruto ha sido un ingrediente esencial en la culinaria indígena del occidente africano. Por tanto, se presume que durante los tres siglos que duró la esclavitud en el Nuevo Mundo, los esclavos traídos de África trajeron consigo –entre sus pertenencias– numerosos frutos de palma y mantuvieron el aceite obtenido de ellos como parte de su dieta alimenticia, en razón de su gran riqueza nutritiva y su alto contenido de carotenos.

Las primeras palmas que crecieron en América fueron producto de las semillas que arrojaban los esclavos al suelo, después de utilizar la pulpa del fruto en sus alimentos, y con el tiempo, esas palmas se propagaron espontáneamente. Brasil parece ser el primer centro de adaptación y propagación espontánea de la palma en este continente. Con mayor exactitud, se dice que fue San Salvador, capital de Bahía, donde la palma africana se adaptó al consolidarse esta localidad como el centro más importante de trata de esclavos de la América portuguesa.

La especie fue traída a Colombia por el doctor Florentino Claes en 1932, y las primeras palmas fueron sembradas como plantas ornamentales en las plazas centrales de Florencia, Mocoa, Puerto Asís, Palmira y posteriormente en otras localidades (ver Figura 15). La Estación Experimental de Palmira fue el primer lugar en donde se brindó atención sistemática y se estudió la palma. Allí, en octubre de 1933, fueron sembradas 206 palmitas, a partir de las cuales se realizaron numerosas observaciones de tipo agronómico y fisiológico.



**Figura 15.** Palma africana como ornamental en Villa Garzón (Putumayo).

La explotación comercial fue iniciada por la United Fruit Company, en 1945, en la zona bananera del Magdalena, con la siembra de unas 100 hectáreas.

### Clasificación de la palma de aceite

Según la clasificación de las plantas, la palma de aceite pertenece a la familia Arecaceae y al género *Elaeis*. En 1763, N. J. Jacquin hizo la descripción botánica de la palma de aceite y su clasificación definitiva, y le otorgó el nombre de *Elaeis guineensis*, por la palabra griega *elaion*, que significa aceite, y la palabra latina *guineensis*, relativa al origen de esta palma, que Jacquin atribuyó a las costas de Guinea, en África.

En América existe una especie del mismo género: la palma de aceite americana o palma Nolí, que Gaertner denominó *Elaeis melanococca*, en 1788. Esta especie es nativa de Colombia, Panamá, Costa Rica, Ecuador, Brasil y Perú, entre otros países. Crece en forma espontánea en los valles interandinos y en la Amazonia. Actualmente es de gran utilidad, por ser la base para la producción de híbridos, a partir de cruzamientos con la palma africana, ya que la palma americana tiene excelente calidad de aceite y tolerancia natural a las

principales enfermedades de la palma africana. Ver las figuras 16 y 17, en las que aparecen la palma americana y la africana, respectivamente.



**Figura 16.** Palma americana.



**Figura 17.** Palma africana.

## Morfología de la palma de aceite

### Semillas

La semilla de la palma de aceite está conformada por el cuesco o nuez (cuyo grosor varía de acuerdo con la variedad de la palma) y por la almendra. El cuesco puede contener tres almendras, pero por lo general se encuentra una sola.

Las semillas poseen fibras que las atraviesan longitudinalmente, algunas de las cuales se adhieren fuertemente a la pared del cuesco y se pliegan en forma de mechón hacia la base. Cada cuesco posee tres poros germinales y en cada uno se forma un tapón fibroso que se adhiere fuertemente a la base, similar al que se presenta en el fruto del coco. La almendra tiene una piel delgada externa de color amarillo o pardo oscuro; a continuación presenta un tejido duro, de color blanco y aceitoso, en cuyo centro se observa una larga hendidura. El embrión se encuentra frente a uno de los poros germinales. La Figura 18 muestra las partes de una semilla.



**Figura 18.** Partes de una semilla de palma (Adapta de Ospitia Producciones).

### Hojas

En el primer estadio de desarrollo, al interior de la semilla, se forma la plúmula o estructura que poste-

riormente dará origen a las hojas de las plántulas. Un mes después de la germinación de la semilla, empieza a emerger una hoja verde cada mes, hasta el sexto.

Durante los dos primeros meses de edad, las hojas de las plántulas son de tipo lanceolado, de color verde y de bordes continuos. Después del tercer mes, aparece una hendidura en la parte apical, y la hoja se bifurca. Las hojas que aparecen después de los seis o siete meses presentan hendiduras que separan las láminas entre las venas y forman los foliolos o pinnas.

El número de hojas en una palma está condicionado genéticamente. Sin embargo, las condiciones ambientales pueden modificar la apariencia y uniformidad de la emisión de las hojas en el tiempo. Una palma madura está en capacidad de mantener 60 o más hojas, si no se la poda regularmente, como se requiere; pero en condiciones de cultivo, una palma suele tener entre 40 y 56. Si es joven, produce alrededor de cuatro por mes, mientras que en su edad adulta produce de dos a tres por mes. Una hoja madura está compuesta por el raquis, los foliolos o pinnas, y las espinas, y puede alcanzar una longitud total de nueve metros.

El raquis es el eje central de la hoja, y se une al estípote o tronco de la palma a través del peciolo, que es la parte más ancha de dicho eje. El peciolo mide aproximadamente 1,5 metros de longitud y va desde el estípote hasta el raquis propiamente dicho. En la unión del peciolo y el raquis se presentan foliolos rudimentarios como espinas; a continuación y hasta el ápice de la hoja se encuentran de 100 a 160 pares de foliolos en las caras laterales del raquis. En la Figura 19 se aprecian una hoja madura y sus partes.

Los foliolos o pinnas, con su lámina foliar y nervadura central, se insertan irregularmente en el raquis central y están dispuestos en dos planos diferentes. Ello no ocurre con la palma americana o Nolí, cuyos foliolos aparecen en un solo plano. Los foliolos más largos se localizan en la parte media de la hoja y pueden medir 1,2 metros de largo y de tres a seis centímetros de ancho.

Las hojas son los órganos de la planta cuya función principal es la fotosíntesis. El área que ocupan todas las hojas se conoce como área foliar y ésta se incrementa progresivamente hasta los diez años. Las hojas de la palma pueden permanecer activas fotosintéticamente hasta por 21 meses, aunque esta actividad empieza a declinar desde los 11 meses.



**Figura 19.** Hoja de palma madura.

Las hojas tienen una numeración característica, de acuerdo con la forma como se organizan y emergen secuencialmente. Tal numeración es determinante en labores especializadas de campo, como los censos para la detección de plagas y los procedimientos de toma de muestras foliares.

### Tronco

Durante la etapa de crecimiento de las plántulas no se observa el tronco o estípote, ya que desde el vivero y hasta que la palma cumple unos tres años va acumulando hojas, y sólo hasta el momento de la primera poda, cuando se eliminan las hojas no funcionales, se hace evidente el tallo cilíndrico y característico de la especie. Éste se transforma en tronco y crece anualmente de 25 a 30 centímetros hasta 100 a 120 centímetros por año, según el material genético y las condiciones ambientales de la región.

El tronco tiene tres funciones:

- Dar soporte a las hojas, a las inflorescencias y a los racimos de fruto.
- Mantener el sistema vascular para el transporte de nutrientes y agua (desde la raíz hacia los órganos de la palma) y para el transporte de fotosintetizados (desde las hojas hacia el resto de la palma).
- También funciona como órgano de almacenamiento de carbohidratos y minerales, como el potasio.

En el extremo del tallo o tronco, opuesto a la raíz, se encuentra el meristemo. Es el único punto de crecimiento de la palma, a partir del cual se producen sus hojas e inflorescencias. La producción de hojas es continua.

Ellas se disponen de manera ordenada a partir de la parte superior del tronco y en forma de espiral, desde arriba hacia abajo. Este tipo de distribución de las hojas se conoce como filotaxia. Las palmas cuyo espiral se organiza de izquierda a derecha se llaman de filotaxia izquierda (ver Figura 20) y cuando se organiza en sentido contrario se llaman de filotaxia derecha (ver Figura 21).



**Figura 20.** Palma de filotaxia izquierda.

## Raíces

La palma de aceite, por ser una planta monocotiledónea, tiene un sistema de raíces fasciculadas. Éstas se desarrollan a partir del bulbo o base del estípote y se concentran principalmente entre los primeros cinco y cincuenta centímetros del horizonte del suelo, donde se clasifican como raíces primarias, secundarias, terciarias y cuaternarias.

Las raíces primarias inician su formación solo tres o cuatro meses después de la germinación.



**Figura 21.** Palma de filotaxia derecha.

Alcanzan un diámetro de 6 a 10 milímetros. Una palma puede tener entre 8.000 y 10.000 raíces primarias. La mayoría se extiende casi horizontalmente hasta alcanzar de 15 a 20 metros de longitud. Algunas crecen hacia abajo, hasta cerca de un metro de profundidad. Las raíces primarias no se ramifican ni pueden absorber nutrientes o agua: su función es anclar la palma al suelo y brindar soporte a las raíces secundarias.

Las raíces secundarias pueden ser ascendentes o descendentes. Las primeras pueden llegar a la superficie del terreno, particularmente en sitios donde hay acumulación de materia orgánica; en cambio, las descendentes pueden alcanzar grandes profundidades, según el tipo de terreno. Estas raíces pueden ser ab-

sorbentes en sus primeros 5 ó 6 centímetros, pero su función más importante consiste en soportar las raíces terciarias, cuya longitud no supera los 15 centímetros y cuyo diámetro oscila entre 0,7 y 1,2 milímetros.

Las raíces terciarias y las cuaternarias son las que absorben el agua y los nutrientes del suelo.

Las raíces se renuevan permanentemente. Su crecimiento está condicionado por los factores físicos y químicos del suelo, así como por las prácticas agronómicas del cultivo, por ejemplo, la aplicación de herbicidas. Cuando estos factores son adversos, es decir, cuando hay compactación del suelo, presencia de elementos tóxicos o aplicaciones sucesivas de herbicidas, el crecimiento disminuye significativamente.

## Inflorescencias

La palma de aceite es una planta monoica. Esto significa que produce flores femeninas y masculinas en órganos separados de la misma palma; pero nunca dos inflorescencias con sexo diferente en forma simultánea.

Las inflorescencias se originan en las axilas de cada hoja, aunque no todas llegan a desarrollarse. Según las condiciones ambientales y el origen del material genético, pueden presentarse periodos con mayor o menor número de flores masculinas o femeninas. Además, esta situación puede ser particular para cada palma, incluso para las de la misma variedad. En palmas jóvenes, puede haber por lo general tres inflorescencias femeninas por cada dos masculinas, pero en palmas adultas esta proporción puede ser inferior.

La inflorescencia femenina (ver Figura 22) está conformada por un eje cubierto por dos estructuras llamadas espatas. En este eje, se forman unas espiguillas gruesas y carnosas en forma de espiral, cuyo número varía de 100 a 283.

Cada espiguilla lleva de 6 a 12 flores en los extremos y de 12 a 30 en su parte central; ya desarrolladas, las flores son de color blanco cremoso antes de la fecundación, y después de la misma, cambian de color lila, a violeta, hasta llegar al negro, momento en el cual ya se está formando el fruto.

La inflorescencia masculina (ver Figura 23) se forma a lo largo de un eje central y grueso llamado pedúnculo, del cual se desprenden espiguillas en forma de dedos cilíndricos, con un tamaño entre 10 y 20 centímetros de largo. En cada una se insertan entre 700 y 1.200 flores masculinas, de tres a cinco milímetros de longitud.



**Figura 22.** Inflorescencia femenina.

Las anteras de las flores masculinas se abren longitudinalmente y producen polen en forma abundante y con un olor fuerte a anís. El olor dura unos cuatro días después de abrir las flores. Este periodo se conoce como antesis y corresponde a la madurez sexual del polen.



**Figura 23.** Inflorescencia masculina.

Una inflorescencia puede producir entre 25 y 50 gramos de polen. En el caso de la inflorescencia femenina, cuando las flores abren y tienen el color blanco cremoso, también se dice que están en antesis y emiten el mismo olor, con el cual también atraen a los insectos polinizadores.



**Figura 24.** Racimo tipo Nigrescens.



**Figura 25.** Racimo tipo Virescens.

Es posible encontrar inflorescencias hermafroditas, o sea, con los dos sexos, pero esto sucede durante los primeros meses de edad de las palmas, y luego comienza la producción normal de femeninas y masculinas únicamente.

## El fruto y el racimo

El fruto de la palma es una drupa sécil de 2 a 5 cm de largo, que pesa entre 3 y 20 gramos.

Al cortar en forma transversal un fruto, es posible distinguir las siguientes estructuras:

- **Pericarpio.** Es un tejido vegetal de gran importancia económica. Está constituido por una piel exterior llamada exocarpio y por otra interior, constituida por una pulpa y tejido fibroso llamada mesocarpio, de la cual se extrae el aceite de palma.
- **Endocarpio o cuesco,** de 0.5 a 8 mm de espesor.
- **Endospermo o almendra** que junto con el cuesco, constituye la nuez o semilla.

Hay dos tipos de frutos, según la coloración externa:

- *El Nigrescens* (Figura 24), que es el más común. Antes de su maduración, es de color violeta oscuro a negro en la punta e incoloro en la base; y cuando madura, toma una coloración rojiza y una aureola negra o parda en la punta, con un color rojo en la base.
- *El Virescens* (Figura 25) es verde antes de la maduración, y cuando madura, adquiere un color anaranjado rojizo.

El racimo de fruto de la palma de aceite es ovoide, puede medir hasta 50 cm de largo y 35 cm de ancho; su peso puede oscilar entre unos pocos kilos y hasta más de 50 kg y cada racimo puede contener de 800 a 4.000 frutos.

## Formación del aceite

Tras la fecundación de las flores femeninas y a partir de ellas comienza la formación de los frutos. Inicialmente, el endospermo o almendra es líquido y así permanece hasta los 60 ó 70 días después de la formación

del fruto; posteriormente, se vuelve gelatinoso conservando dicha condición hasta los 100 días; y a partir de los 120 días de haberse formado el fruto, empieza a producirse el aceite, proceso que termina cuando el fruto se desprende del racimo. Esto sucede entre 150 y 155 días después de la fecundación de la flor femenina.

## 2.2 Principales nutrimentos y sus funciones en la palma de aceite

Los elementos esenciales para el desarrollo de todas las plantas son 16 (PPI. 1997) y, cuando son insuficientes en la planta, pueden producir graves alteraciones y reducir su crecimiento (Navarro 2003).

Los nutrimentos carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O) se consideran no minerales al ser suministrados por el agua y la atmósfera. Según PPI. 1997 y Navarro 2003, los nutrimentos minerales se clasifican de acuerdo con las cantidades requeridas por las plantas en:

- **Macronutrimentos o nutrimentos primarios.** Requeridos por las plantas en cantidades relativamente grandes: nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K).
- **Nutrimentos secundarios.** Requeridos por las plantas en cantidades un poco menores a los primarios: calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S).
- **Micronutrimentos.** Requeridos por las plantas en cantidades relativamente pequeñas: boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo) y zinc (Zn).

Las funciones de los nutrimentos en las plantas de palma y los síntomas de su deficiencia, según Arias, 2010; AAR, 2009 y Fairhurst, *et al.* 2005, son:

### 2.2.1 Carbono, hidrógeno y oxígeno

Son esenciales en la formación de azúcares y almidón por la fotosíntesis y de otros compuestos orgánicos que se producen dentro de la planta.

### 2.2.2 Nitrógeno

El N es esencial para casi todos los procesos fisiológicos pues forma parte de compuestos orgánicos (aminoácidos

dos, proteínas, ácidos nucleicos, clorofila, alcaloides, hormonas y vitaminas), varios de los cuales actúan como enzimas que catalizan reacciones bioquímicas en las plantas. El N incrementa el área foliar, mejora la producción de hojas y la asimilación neta de la planta. El N es considerado el motor del crecimiento.

Las deficiencias de N en palma se manifiestan en amarillamiento de las hojas inferiores y luego de toda la planta; palmas de lento crecimiento, pequeñas; las puntas de los folíolos afectados se pueden tomar color café púrpura y los folíolos de las hojas recién emergidas son angostos.

### 2.2.3 Fósforo

El P es componente de los ácidos nucleicos (ADN, ARN), de fosfolípidos (estructuras de la membrana) y del ATP celular. Está asociado con los procesos de nutrición y respiración de la planta, afecta la floración, la maduración de las frutas y el desarrollo de raíces (especialmente durante los primeros años de crecimiento de la palma de aceite). En suelos deficientes de P, su aplicación mejora la utilización de N y aumentan los rendimientos de los cultivos.

En su ausencia, las palmas detienen su crecimiento y el estípite se vuelve piramidal. No existen síntomas reconocibles de deficiencia en las hojas por lo cual, algunas plantas de cobertura, son indicadoras de la deficiencia.

### 2.2.4 Potasio

El K está implicado en las actividades fisiológicas de las hojas y puntos de crecimiento: activador de las reacciones bioquímicas importantes (síntesis de almidones, proteínas y grasas) o como un regulador general de los procesos biológicos, como la apertura de los estomas. Afecta la transformación de la luz en energía bioquímica durante la fotosíntesis (requerido para la fijación de  $\text{CO}_2$ ); la transpiración de la palma de aceite (osmoregulación) y otras funciones relacionadas con la adaptación al estrés por agua. Afecta el tamaño y el número de racimos de fruta de palma e incrementa la resistencia de la planta a las enfermedades.

Las deficiencias de K en palma se manifiestan en manchas anaranjadas en las hojas viejas, lesiones que posteriormente se secan para formar parches de tejido foliar muerto; presencia de fajas blancas en los folíolos, como consecuencia de desbalances con N y en la reducción del peso de los racimos de fruta.

### 2.2.5 Magnesio

Es el constituyente central de la molécula de clorofila y es necesario en todos los procesos que requieren energía: síntesis de carbohidratos y proteínas y transporte de asimilados desde las hojas a los racimos y las raíces. Está además relacionado con la síntesis de aceite en los racimos de palma.

Las deficiencias de Mg en palma se manifiestan en amarillamiento de las hojas bajas, iniciando con los folíolos expuestos a la luz y, posteriormente, todos los de la hoja. En deficiencias severas los folíolos inicialmente se tornan de color naranja para, posteriormente, pasar a marrón y necróticos. La deficiencia de Mg reduce el contenido de aceite en los racimos.

### 2.2.6 Calcio

Su función en la mayor parte de la planta es estructural: componente de las paredes celulares y de las enzimas más importantes (ejemplo, amilasa). Es requerido para el crecimiento meristemático e influye en la economía del agua de la planta y el metabolismo de las grasas.

Los síntomas de deficiencia en palma de aceite son muy difíciles de observar.

### 2.2.7 Boro

Es esencial para la elongación de las raíces, la síntesis de ácidos nucleicos, la formación de la pared celular y la diferenciación de los tejidos. Además, es importante para la formación de carbohidratos y proteínas, para la germinación del polen, el crecimiento del tubo polínico y la formación de flores y de frutos.

Por encontrarse en los puntos de crecimiento, su deficiencia en la planta se manifiesta en malformación de los folíolos (hoja arrugada, hoja de gancho, hoja

espinas de pescado), hojas pequeñas, reducción de la longitud de los folíolos (aparición plana de la parte superior de la planta).

### 2.2.8 Azufre

Es un componente de aminoácidos (cisteína y metionina), de proteínas y de otros compuestos orgánicos (coenzimas para la formación de ácidos grasos y síntesis de aceite). Se asocia con la formación de la clorofila y con el metabolismo de los hidratos de carbono, aunque no es un componente de la clorofila.

Las deficiencias en palma de aceite se asocian con un color amarillo claro en todas las hojas de la parte superior de las palmas.

### 2.2.9 Cobre

Es un constituyente esencial de proteínas y enzimas (polifenol oxidasa, lignina) e interviene en la formación de la clorofila. Participa en el metabolismo de carbohidratos, lípidos y del N. En palma de aceite, además, mantiene la viabilidad del polen.

Las deficiencias de Cu en palma se manifiestan en fajas amarillo anaranjado (cobrizo) a lo largo de los folíolos, en pequeñas fajas cloróticas en la punta de los folíolos más jóvenes. Estas fajas son confluentes y paralelas con las nervaduras que permanecen verdes.

### 2.2.10 Zinc

Nutrimiento necesario para la formación de la clorofila y de proteínas. Importante además para la regulación de la auxina de las plantas (hormona) y por lo tanto del nivel de crecimiento. Es un componente de varios sistemas enzimáticos.

Su deficiencia en palma de aceite es similar a la deficiencia de Cu pero en hojas inferiores.

## 2.3 Los climas para la palma de aceite

El clima y el suelo son los recursos básicos para el adecuado crecimiento de los cultivos. Los nutrientes y las condiciones del suelo, además de ser importantes para el crecimiento y desarrollo de las plantas y los mi-

croorganismos, son factores importantes en el control de enfermedades (Agrios, 2005).

Las condiciones climáticas ideales para el cultivo de la palma de aceite, según Hartley (1988) y Goh (2000), son:

- Precipitación anual: 2000 - 2500 mm
- Precipitación mensual: mínimo 100 mm en todos los meses del año
- Déficit de agua anual: <200 mm
- Brillo solar: > 2000 horas/año (>5,5 horas/día)
- Radiación solar: > 16 MJ/m<sup>2</sup>
- Temperatura media: 22-32°C (altitud < 500 msnm)
- Humedad relativa 75 – 85 %

## 2.4 Los suelos para la palma de aceite

Solo pueden clasificarse como suelos óptimos para la palma los que presentan texturas y estructuras que favorezcan la capacidad de retención de humedad y un apropiado drenaje, con profundidad efectiva superior a 50 cm, aceptable grado de fertilidad y ausencia de sustancias tóxicas e inhibitorias (Bernal, 2001, Paramanathan, 2003). Suelos mal drenados, lateríticos, pesados, de turba profunda, salinos y con pendientes superiores a 10%, tienen algún grado de limitación para el cultivo (Bernal, 2001).

Condiciones adversas de suelo y clima favorecen el desarrollo de enfermedades para la palma como es el caso de la Pudrición del cogollo: zonas con mayores precipitaciones están asociadas a mayor incidencia de la PC, encontrando disminución de la enfermedad en verano e incremento en invierno (Swinburne, 1996).

En plantaciones de las zonas Oriental y Suroccidental se encontraron asociaciones de la incidencia de la PC con el contenido de humedad, densidad aparente, textura, y tipo de arcillas. En focos de la enfermedad se encontró mayor densidad aparente del suelo y menor conductividad hidráulica lo que ocasiona que los suelos permanezcan por mayor tiempo con altos contenidos de humedad, menor disponibilidad de oxígeno

y aumento de metabolitos tóxicos. Los investigadores lo relacionaron con la textura arcillosa de los suelos (Acosta *et al.*, 1996; Gómez *et al.*, 1995).

Labores culturales que permitan mejorar la infiltración del agua en el suelo y mejorar sus propiedades físicas ayudan en gran medida con la disminución de la tasa de crecimiento de una enfermedad como la PC. En la plantación Unipalma, al incrementar la densidad de los canales de drenaje y disminuir los riegos en verano, se logró una notable disminución en incidencia y severidad de la enfermedad (Swinburne, 1996).

## 2.5 El análisis de suelos

Es la herramienta para determinar el nivel de nutrientes que se encuentran en el suelo donde se planea estable-

cer el cultivo. El análisis de suelo, utilizado en conjunto con otra información, permite diseñar recomendaciones de fertilización y encalado, predecir la probabilidad de obtener respuesta rentable a la aplicación de fertilizantes y monitorear los cambios nutricionales en el suelo (Baker, Shane y Flynn, 1997; PPI, 1997).

Los datos obtenidos por el análisis se deben contrastar con un conjunto de escalas de referencia que permitan definir los niveles críticos de referencia para el cultivo de palma de aceite. Para Colombia, el Laboratorio de Análisis Foliare y de Suelos (LAFS), de Cenipalma, elaboró la tabla de niveles críticos de nutrientes en el suelo, Tabla 10, basada en los resultados de innumerables muestras de suelos provenientes de las diferentes zonas palmeras del país.

**Tabla 1.** Niveles críticos de nutrientes en el suelo para el establecimiento del cultivo de la palma en Colombia. Fuente Cenipalma.

Parámetro	Unidades	Bajo	Medio	Adecuado
pH		<4,5	4,5-5,0	>5,0
Materia orgánica	%	<2,0	2,0-4,0	>4,0
N Total	%	<0,1	0,1 - 0,2	0,2
C.E.	ds/m	<2,0	2,0 - 4,0	>4,0
C.I.C.	meq/ 100 gm	<10	10,0 - 20,0	>20
P (Bray II)	ppm	<10	10 - 15	>15
K	meq/100 g	<0,2	0,2-0,4	>0,4
Sat. K	%	<3	3 - 6	>6
Ca	meq/100 g	-	-	-
Sat. Ca	%	<20	20-40	>40
Mg	meq/100 g	-	-	-
Sat. Mg	%	<10	10-20	>20
Sat. Al	%			<30
Sat. Na	%	<10	10,0 - 15	>15
S	ppm	<10	10-15	>15

Continúa

B	ppm	<0.25	0,25-0,50	>0,50
Mn	ppm	<5	5 - 10	>10
Zn	ppm	<1	1 - 2	> 2,0
Cu	ppm	<0,5	0,5 – 1,5	> 1,5
Fe	ppm	<15	15 - 30	>30
Ca:Mg:K		2:1:0.3	Adecuado	

## Ejercicio 2. Interpretación de resultados de análisis de suelos y cálculos secundarios.

### Objetivo:

Los participantes desarrollarán la capacidad para:

1. Interpretar con facilidad resultados de análisis de suelo.
2. Agrupar lotes de la plantación con características similares de texturas y fertilidad del suelo, como un insumo más que permitirá definir las UMA al interior de la plantación y optimizar el manejo de la fertilización del cultivo.

### Orientaciones para el facilitador:

Los ejemplos y problemas que se plantean en la hoja de trabajo pueden ser cambiados por el facilitador, según su criterio.

1. Divida al grupo en subgrupos de tres a cinco capacitados para que interpreten las muestras de análisis de suelos planteadas y realicen los cálculos secundarios. Posteriormente, deberán agrupar los suelos por su similitud textural y química.
2. Conceda 30 minutos para que cada grupo realice lo solicitado.

3. Pida a cada grupo que presente las respuestas al respectivo análisis y agrupamiento.
4. Solicite a los demás indicar si la respuesta alcanzada por cada grupo que presenta es la correcta y revise los cálculos en caso de error.

### Recursos necesarios

1. Hoja de trabajo para cada uno de los participantes, con los resultados de los análisis de suelos a interpretar.
2. Tiempo: 30 minutos para interpretar los análisis y agrupar los suelos y 30 para la revisión.

### Instrucciones para los participantes

1. Formen equipos de tres a cinco miembros.
2. En la hoja de trabajo encuentren los resultados de los análisis de suelos a interpretar.
3. Realicen los cálculos secundarios.
4. Agrupen los suelos por su similitud textural y contenido de nutrimentos.
5. Comparta el resultado con los demás participantes.
6. Revisen y corrijan los errores de cálculo, en caso necesario.

## Hoja de trabajo

### A. Interpretación de resultados de análisis de suelos a diferentes muestras

RESULTADOS ANÁLISIS DE SUELOS									
Parámetro	Unidades	Muestra 1	Calif.	Muestra 2	Calif.	Muestra 3	Calif.	Muestra 4	Calif.
Profundidad	Cm	0 - 15		0 - 20		0 - 20		0 - 20	
D. a.	g/cm <sup>3</sup>	1,3		1,3		1,3		1,3	
Textura		F		F		F - L		F	
Arena	%	44,0		45,3		22,6		46,3	
Arcilla	%	27,4		20,7		23,4		12,5	
Limo	%	28,7		34,0		54,0		41,2	
pH	Unidades	4,63		4,82		6,89		4,01	
C.E.	dS/m	N.D.		N.D.		0,21		N.D.	
Acidez Inter	cmol(+)/kg	1,79		0,37		N.D.		0,97	
C.I.C.	cmol(+)/kg	8,35		8,27		11,6		11,4	
C. Orgánico	%	2,02		1,81		0,61		2,99	
M. Orgánica	%	3,48		3,12		1,05		5,15	
Potasio	cmol(+)/kg	0,45		0,44		0,28		0,49	
Calcio	cmol(+)/kg	0,92		2,72		10,1		2,27	
Magnesio	cmol(+)/kg	0,25		1,02		2,27		1,22	
Sodio	cmol(+)/kg	0,03		0,03		0,07		0,10	
Aluminio	cmol(+)/kg	1,59		0,23		N.D.		0,71	
Silicio	mg/kg	N.D.		N,D,		N.D.		N.D.	
Fósforo	mg/kg	24,0		49,2		91,1		5,11	
Azufre	mg/kg	11,2		14,6		10,8		13,3	
Boro	mg/kg	0,45		0,69		0,20		0,35	
Hierro	mg/kg	138		171		44,8		109	
Cobre	mg/kg	0,85		0,45		2,41		1,26	
Manganeso	mg/kg	9,51		19,8		83,7		114	
Zinc	mg/kg	14,3		0,70		2,35		2,07	

B. Cálculos secundarios

Cálculo	Unidades	Muestra 1	Calif.	Muestra 2	Calif.	Muestra 3	Calif.	Muestra 4	Calif.
CICE	cmol(+)/kg								
Suma bases	cmol(+)/kg								
Sat. bases	%								
Sat. K	%								
Sat. Ca	%								
Sat. Mg	%								
Sat. Na	%								
Sat. Al	%								
Ca : Mg	Unidades								
(Ca + Mg)/K	Unidades								

C. Cálculo de diferencias de valores de laboratorio y recomendado

Diferencia con el nivel crítico					
Nutrimiento	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Potasio	cmol(+)/kg				
Calcio	cmol(+)/kg				
Magnesio	cmol(+)/kg				
Sodio	cmol(+)/kg				
Fósforo	mg/kg				
Azufre	mg/kg				
Boro	mg/kg				
Hierro	mg/kg				
Cobre	mg/kg				
Manganeso	mg/kg				
Zinc	mg/kg				

## Retroinformación para el Ejercicio 2

El facilitador puede conducir una discusión acerca de los cálculos realizados y los resultados obtenidos.

En segundo término, los dirigirá hacia la guía “Diseño y evaluación del programa de manejo nutricional en palma de aceite” de los autores Arias y Beltrán, (2010), como un complemento a los temas tratados.

## Referencias

- Acosta G. A; Gómez C. P; Vargas J. (1996) Factores físicos de los suelos y su influencia en la predisposición a la Pudrición de cogollo de la palma de aceite en Colombia. *Palmas*, 17(1), 71-79.
- Applied Agricultural Resources Sdn. Bhd. AAR. 2009. Oil Palm nutrient requirements and deficiency symptoms. Lecture presented to the TPSB - Trainee Assistants on 18 Nov 2009.
- Arias N. y Beltrán J.A. 2010. Diseño y evaluación del programa de manejo nutricional en palma de aceite.
- Baker, R D; Shane T, Ball and Flynn, R. 1997. Soil Analysis: A key to soil nutrient management. New Mexico State University. Electronic Distribution. [aces.nmsu.edu/pubs/\\_a/a-137.html](http://aces.nmsu.edu/pubs/_a/a-137.html)
- Bernal N. Fernando. 2001. El cultivo de la palma de aceite y su beneficio. Guía general para el nuevo palmicultor. Fedepalma. ISBN 958-96494-3-2 páginas 186.
- Corley, R.H.V and Tinker P.B. 2003. *The Oil Palm*. Blackwell Science Ltd. Fourth edition. Oxford. Reino Unido. ISBN 0-632-05212-0. 608p.
- Fairhurst T.; Caliman JP.; Hardter R and Witt Ch. 2005. Oil Palm: Nutrient disorders and nutrient management. Potash & Phosphate Institute and International Potash Institute. ISBN 981-05-2452-8.
- Goh KJ. 2000. Climatic requirements of the oil palm for high yields. In: *Managing oil palm for high yields: agronomic principles* (Ed. by Goh J.K.), pp. 1-17, Malaysian Soc. Soil Sci. and Param Agric. Surveys, Kuala Lumpur.
- Gómez C. P; Acosta G. A; Guevara L; Nieto P. L. (1995) Pudrición del cogollo en Colombia: importancia, investigación y posibilidades de manejo. *Palmas*, 16, 198-206.
- Hartley C.W.S. 1988. *The Oil Palm*. 3rd edn, Longman, London.
- Paramanathan S. 2003. Land Selection for Oil Palm. In: *Oil Palm: management for Large and Sustainable Yields*. Fairhurst T. and Hardter R. edits. Potash and Phosphate Institute.
- Potash and Phosphate Institute, PPI. 1997. Manual internacional de fertilidad de suelos. Versión en español.
- Swinburne T; Victoria J; Ollagnier M; Lozano J. (1996) Informe de la revisión externa de la investigación de la Pudrición deL cogollo de la palma de aceite que ha venido realizando Cenipalma. *Palmas*, 17(1), 81-86.

## Anexo 1. Algunos síntomas de deficiencia de nutrimentos en palma de aceite.



Deficiencia de N en folíolos



Deficiencia de N en la planta



Deficiencia de P



Deficiencia de P en la cobertura acompañante



Deficiencia de K en el folíolo (izquierda) y a nivel de la planta (derecha)



Deficiencia de Mg en palma joven



Deficiencia de Mg en palma adulta



Deficiencia de B



Deficiencia de B: espina de "pescado"





### Unidad Temática 3. Brechas entre rendimientos actuales y potenciales

Factores de producción del cultivo de la palma de aceite .....	59
Establecimiento, mantenimiento, producción de cultivos .....	63
Establecimiento de nuevas plantaciones .....	66



## Factores de producción del cultivo de la palma de aceite

Consideraciones generales a tener en cuenta para el establecimiento de plantaciones y plantas de beneficio. Se hace énfasis en las exigencias de tipo social, ambiental, edáfico y climático:

- Las de tipo social están relacionadas con las necesidades de mano de obra para realizar las diferentes labores propias del cultivo y la disponibilidad de esa mano de obra en la región objeto de un nuevo proyecto.
- Las exigencias de tipo ambiental se relacionan con la normatividad nacional e internacional que procuran una producción limpia y sostenible.
- Las exigencias de tipo edáfico y climático se refieren a los requerimientos básicos de suelos y meteorológicos para que la palma de aceite alcance niveles óptimos de producción.

Para establecer nuevos cultivos de palma de aceite o nuevas plantas de beneficio, debe cumplirse una serie de exigencias de tipo social, ambiental, climático, edáfico y tecnológico. En caso contrario, no serán satisfactorias las expectativas de productividad y rentabilidad del cultivo o de la planta de beneficio.

### Exigencias de tipo social

El crecimiento empresarial debe ir de la mano con el impulso integral a las comunidades. En el caso particular del sector rural, el desarrollo social es el resultado de una combinación de varias situaciones, entre las cuales se deben destacar, por una parte, la existencia de actividades de tipo agrícola e industrial que demanden mano de obra con diversos niveles de capacitación, y por otra, la existencia de sistemas de capacitación, salud, educación y recreación adecuados.

La palma de aceite es un cultivo ideal para el cumplimiento de tales propósitos: primero, porque es una actividad agrícola permanente que demanda trabajo a lo largo del año; segundo, porque los frutos que produce deben ser procesados de manera casi inmediata a su cosecha y por ello se necesita disponer de un complejo industrial *in situ* (en el sitio), que –igual que el cultivo– genera empleo para la mano de obra local.

Es relevante el apoyo que brindan las empresas palmeras a la recreación, la salud y la educación de las comunidades vecinas. En algunos casos, ellas financian escuelas o colegios en su totalidad.

El desarrollo social alrededor de la agroindustria de la palma de aceite no sólo es consecuencia del empleo directo, estable y bien remunerado; también resulta de proyectos productivos generados en el seno mismo de las comunidades, que convierten a sus miembros en actores de primer orden, es decir, en pequeños y medianos empresarios. En Colombia se ha desarrollado este tipo de esquemas participativos por dos rutas diferentes: los proyectos asociativos de pequeños productores de palma y las cooperativas de trabajo asociado.

Los programas asociativos se han emprendido tomando como referencia los modelos desarrollados en países como Malasia, Costa Rica y Honduras, donde los campesinos se organizan a través de cooperativas u otro tipo de asociaciones para realizar los procesos de producción, comercialización de fruta y extracción, así como la comercialización de aceite.

En Colombia, este modelo tomó importancia desde 1983, pero se hizo más notorio a partir de la segunda mitad de los años 90. Según el censo palmero de 1997, en el territorio nacional existían 138.000 hectáreas de palma de aceite cultivadas por 2.100 productores, entre los cuales 1.500 eran propietarios de predios con menos de 25 hectáreas, y su área de

cultivo representaba alrededor de 3% del área sembrada en el país.

Para 2008, los pequeños productores han conformado esquemas asociativos, la mayoría de ellos, en alianzas estratégicas con empresarios del sector palmero; producto de tales experiencias se han consolidado más de 100 alianzas estratégicas que poseen unas 60.000 hectáreas de cultivos.

Las cooperativas de trabajo asociado son organizaciones de trabajadores que prestan sus servicios a las empresas; algunas de ellas, además de ofrecer mano de obra, tienen proyectos productivos. Entre ellos, se destacan la confección de dotaciones para trabajadores, la cría de peces, los cultivos semestrales, el transporte de fruto y el transporte de personal.

### Mano de obra para las plantaciones

La agroindustria de la palma de aceite demanda abundante mano de obra. En forma aproximada, un cultivo genera un empleo permanente por cada diez hectáreas, y una planta de beneficio, un empleo permanente por cada tonelada de capacidad de proceso. Tanto en las actividades agrícolas como en las de extracción del aceite, se necesita mano de obra calificada y no calificada.

En Colombia se proyectan nuevas siembras de palma a un ritmo de 30.000 hectáreas anuales. Como se requiere de un trabajador por cada diez hectáreas, en diez años se tendrían 3.000 operarios. Por tanto, es fácil concluir que para el establecimiento de nuevos cultivos o plantas de beneficio es indispensable la identificación o localización de áreas con núcleos de población ya establecidos, o en su defecto, que los nuevos proyectos brinden facilidades para crear asentamientos humanos.

En este sentido, debe tenerse en cuenta que cualquier desarrollo empresarial está ligado al desarrollo integral de las comunidades circundantes y que no es viable si no toma en cuenta necesidades vitales y bienestar de dichos grupos humanos.

### Exigencias de tipo ambiental

La agroindustria de la palma de aceite en Colombia se rige por los principios del desarrollo sostenible aprobados por la Organización de Naciones Unidas, ONU, en la Cumbre Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro en 1992, por los lineamientos establecidos en la Constitución Política de 1991, la Ley 99 de 1993 y demás normas reglamentarias llamadas a orientar y regular la gestión ambiental en todo el territorio nacional.

En 1997, el Consejo Nacional Ambiental aprobó la Política Nacional de Producción Limpia, con el objeto de prevenir y minimizar los impactos y riesgos que las actividades productivas generan en los seres humanos y el medio ambiente. Y al introducir la dimensión ambiental en tales actividades y plantearla como un desafío de mediano y largo plazo, se buscaba garantizar la protección ambiental, el crecimiento económico, el bienestar social y la competitividad empresarial.

Con tal perspectiva, en diciembre de 1997, el Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Territorial, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, las corporaciones autónomas regionales, las empresas palmeras con plantas de beneficio y Fedepalma firmaron un convenio para promover y apoyar acciones concretas de producción limpia.

Como parte de los compromisos adquiridos por el sector palmero se elaboró la Guía ambiental de la palma de aceite, como instrumento de referencia indispensable para la planeación de la gestión ambiental en todas las labores del cultivo y del proceso de extracción del aceite.

### Exigencias de tipo climático

Gracias a las experiencias acumuladas durante años, tanto en la investigación como en la producción de aceite de palma, se han podido establecer unas condiciones mínimas para garantizar el crecimiento y pro-

ducción de la palma de aceite como cultivo comercial. Tales requisitos se describen a continuación.

### Temperatura

Generalmente, se acepta que el crecimiento y producción de la palma de aceite se desempeña mejor cuando la temperatura promedio mensual es de 29 a 32°C, con un rango mínimo de 22 a 24°C. Debido a que ésta es una especie tropical, sólo se la puede cultivar en los países que se encuentran en la franja comprendida entre 15° de latitud Norte y 15° de latitud Sur.

En los países tropicales, la temperatura varía de acuerdo con la altitud sobre el nivel del mar. Por ende, los rangos de temperatura óptimos para el desarrollo de la palma se dan principalmente en altitudes entre 0 y 500 metros sobre el nivel del mar, que es el rango de altitud en el cual se han establecido los cultivos en Colombia.

La máxima altura en la que se siembra palma en Colombia es de 500 metros sobre el nivel del mar y corresponde a plantaciones establecidas en el pie de monte llanero, particularmente, en el departamento de Meta.

### Precipitación

El cultivo requiere de un suministro de agua adecuado. De no ser así, la productividad se reduce, ya sea por exceso o déficit. En general, una precipitación apropiada para el cultivo está entre los 2.000 y 4.000 mm anuales, bien distribuidos a lo largo del año y sin épocas de verano prolongadas. Cuando éstas se presentan, por ejemplo, en la Zona Norte y en algunas localidades de la Zona Oriental, y las precipitaciones disminuyen, registrando entre 1.000 y 2.000 mm, se debe aplicar riego al cultivo para evitar que la producción se reduzca significativamente. Por el contrario, en épocas muy lluviosas, como sucede en la Zona Occidental y en algunas localidades de la Zona Central, donde la precipitación anual alcanza los 4.000 mm o más, es necesario eliminar rápidamente los excesos de agua mediante redes adecuadas de drenajes, tal como muestra la Figura 26.



**Figura 26.** Canal de drenaje en un cultivo de palma de aceite.

Cuando hay una precipitación uniforme, sin épocas marcadas de verano, y bajo condiciones de buen manejo agronómico, es normal una producción de fruta uniforme a lo largo del año. Si las lluvias son estacionales y se presentan épocas de verano prolongadas (por más de tres meses), es normal que haya ciclos de alta y baja producción: en el primer caso, en un solo mes se cosecha hasta 12% de la producción anual; y en el caso de la baja producción, en un solo mes se cosecha 5% o menos de la producción anual.

### Humedad relativa

La humedad relativa es el resultado de una interacción entre otros factores de clima, como son la precipitación, los vientos y la radiación solar. En general, una humedad relativa de 80% es adecuada para el cultivo. Una humedad relativa baja o un déficit de humedad induce al aborto de las inflorescencias, tanto las masculinas como las femeninas, y el resultado posterior es la baja en la producción de racimos. Otro efecto del déficit de humedad es el aumento desproporcionado de las inflorescencias masculinas respecto de las femeninas.

### Brillo y radiación solar

Además de las buenas condiciones de humedad, lluvia, temperatura y –como se explicará adelante– suelo, el

cultivo demanda una determinada cantidad y calidad de radiación solar para garantizar su potencial productivo. Algunos estudios han demostrado una estrecha relación entre el número de horas de brillo solar y el potencial de productividad, como muestra la Tabla 2.

En la Tabla 2 se observa que en la medida en que se incrementa el número de horas de brillo solar, también aumenta el potencial de producción. Este porcentaje significa que si una variedad de palma cuyo potencial de producción es de 30 t/ha se siembra en una región donde el brillo solar anual equivale a 2.250 horas, su productividad puede llegar a ser de 100%, o sea, de 30 t/ha; pero si el brillo solar es de 1.000 horas, la productividad se expresará en 60%, con lo cual sólo llegaría a producir 18 t/ha.

**Tabla 2.** Efecto del número de horas de brillo solar sobre el potencial de productividad de la palma de aceite

Total horas/año	Promedio horas/día	% potencial de producción
1.000	2,7	60
1.250	3,4	65
1.500	4,1	75
1.750	4,8	85
2.000	5,5	95
2.250	6,2	100

Tomado de Turner, P.D., y Gillbanks, R.A. (2003). *Oil Palm Cultivation and Management*, p. 72.

### Vientos

Aunque este factor no es de gran importancia en Colombia, en algunos cultivos establecidos en Papúa Nueva Guinea (Oceanía), el efecto de fuertes vientos con velocidad ciclónica se manifiesta en la fragmentación de los foliolos y llega a afectar entre 60 y 70% del follaje total de la palma, lo cual repercute drásticamente en la producción del cultivo. Para el caso de Colombia, tal situación podría llegar a ser significativa, sobre todo, para los cultivos establecidos cerca de las costas y en la altillanura en la Zona Oriental.

### Exigencias de tipo edáfico

La palma de aceite se desarrolla en un rango amplio de tipos de suelo y de topografía, variaciones que se traducen también en un vasto rango de productividad del cultivo. Las mejores condiciones de producción se dan en suelos fértiles, profundos, planos o ligeramente ondulados y bien drenados. A continuación se describen algunos factores relacionados con la aptitud de los suelos para el cultivo de palma.

### Profundidad efectiva

La profundidad efectiva de un suelo es la hondura a la que pueden penetrar las raíces de la palma sin encontrar obstáculos de tipo físico, químico o hídrico.

Los obstáculos de tipo físico se refieren a la presencia de capas endurecidas localizadas a cierta profundidad en el perfil del suelo, usualmente causadas por su compactación, como resultado del pastoreo excesivo y continuo de ganado, o de la preparación continua y mecanizada de un terreno a una misma profundidad, como ocurre con los suelos cultivados por muchos años con cultivos semestrales.

También pueden existir barreras de tipo químico, debido a la acumulación de algún elemento químico, o barreras hídricas, por la presencia de agua muy cerca de la superficie del suelo.



**Figura 27.** Perfil de un suelo profundo.

Una profundidad efectiva de 75 o más cm se considera óptima; una profundidad de 75 a 50 cm es moderada; y una menor de 50 cm es adversa, ya que afecta el óptimo desarrollo de las raíces. La Figura 27 muestra un perfil de suelo profundo.

### Pendiente

La pendiente es la inclinación del suelo respecto a la horizontal y se expresa en términos de porcentaje: por ejemplo, decir que un terreno cuya pendiente es de 20% significa que por cada 100 metros de longitud del plano, el terreno se eleva 20 metros. Una pendiente se considera óptima para el cultivo cuando es menor de 7%; se considera moderada cuando está entre 7 y 12%; y severa, cuando está entre 12 y 25%.

No obstante, es frecuente observar cultivos con pendientes superiores a 20%. La mejor forma de aprovechar este tipo de terrenos es el acondicionamiento de terrazas individuales o continuas, como puede verse en la Figura 28.



**Figura 28.** Terraza individual.

### Condiciones químicas y físicas

En el país existe un rango amplio en lo que se refiere a las condiciones físicas y químicas del suelo:

- En cuanto al componente físico, existen cultivos de palma de aceite en suelos arcillosos, francos y en suelos bastante livianos o arenosos.

- En cuanto al componente químico, la palma de aceite crece en suelos que son desde ligeramente neutros hasta moderadamente ácidos.

Bajo estas condiciones tan variables, el cultivo también muestra un comportamiento variable.

Debido a que las condiciones físicas y químicas son determinantes en la productividad del cultivo, es necesario modificar algunas de tales condiciones, para que favorezcan el desarrollo del cultivo. Este tema será tratado con mayor detalle en la siguiente sección.

### Establecimiento, mantenimiento, producción de cultivos

Se hace énfasis en los estudios previos al establecimiento de plantaciones, que son garantía para el éxito de todo nuevo proyecto. Entre tales estudios, los más importantes son los referidos a la aptitud de tierras para el cultivo, los estudios topográficos, los de caracterización de suelos, los de diseño de plantaciones y los financieros.

### Estudios previos al establecimiento de nuevos cultivos

La palma de aceite es un cultivo perenne y de tardío rendimiento. Ello significa que tiene un largo ciclo de vida y que su producción comienza de dos a tres años después de la siembra. Por tanto, es un cultivo que demanda inversión y gastos durante dos o tres años consecutivos antes de que el cultivador perciba algún ingreso. Un negocio de esta naturaleza exige de un análisis previo antes de tomar la decisión de participar en él, ya sea mediante una sociedad comercial o como productor directo.

Actualmente, el costo de establecimiento de un cultivo de palma oscila entre US \$3.500 y US \$4.000 por cada hectárea, hasta cuando la palma comienza su producción, es decir, hasta el tercer año de edad. Estos costos no incluyen el valor de la tierra. Los ingresos por concepto de venta de fruto sólo comienzan a fluir a partir del tercer año, lo cual reitera la necesidad de hacer un análisis muy completo del presupuesto de in-

versión, y de fundamentarlo sobre una serie de estudios de preinversión.

Los principales estudios de preinversión son los siguientes:

1. De aptitud de tierras para el cultivo de palma de aceite
2. Topográficos
3. De caracterización de suelos
4. Para el diseño de plantación
5. De factibilidad financiera del proyecto

En los siguientes apartados se describen tales estudios, su objetivo y las buenas prácticas agronómicas y ambientales a considerar.

### Estudios de aptitud de tierras para el cultivo de palma de aceite

Consisten en la evaluación de los diferentes tipos de suelo y de las condiciones climáticas de una región representados en forma cartográfica. Su objetivo es facilitar la definición de políticas de expansión sostenible de un cultivo y asegurar el máximo aprovechamiento de los recursos naturales disponibles.

Durante 1999, el Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma, y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, realizaron un estudio titulado “Evaluación edafoclimática de las tierras del trópico bajo colombiano para el cultivo de palma de aceite”. En el cual se ofrece información confiable sobre las áreas potenciales para la siembra de palma de aceite en Colombia, que no incluyen las áreas de bosques naturales del Pacífico colombiano y la Amazonia.

Según los requerimientos del cultivo, en cuanto a suelo y clima, el estudio identifica 3’531.844 de hectáreas del trópico bajo colombiano con aptitud para el cultivo de palma de aceite, sin restricciones, y 6’133.381 de hectáreas de tierras aptas para el cultivo con restricciones moderadas.

Una buena práctica agronómica para el nuevo productor de palma de aceite consiste en consultar

los estudios de aptitud de tierras, con el propósito de verificar si los terrenos que tiene o que desea comprar realmente son aptos para satisfacer los requerimientos de este cultivo.

Para quienes ya tienen cultivos establecidos fuera de las áreas identificadas como aptas, los estudios de aptitud de tierras les permiten conocer sus limitaciones, y con tal información, les resulta más sencillo solucionar tales limitantes y alcanzar altos niveles de producción.

Es importante que quienes dirijan los nuevos proyectos consulten otro tipo de documentos que los conduzcan a identificar las zonas con restricciones para la agricultura, por ejemplo, las señaladas por los planes de ordenamiento territorial del respectivo municipio. Esta consulta evita que por desconocimiento se compren tierras o se establezcan cultivos en área restringidas, como las reservas naturales o los humedales, protegidos por el Estado y cuyo uso es prohibido para la actividad agrícola.

### Estudios topográficos

Los realizan especialistas en topografía o ingeniería agrícola, quienes determinan la planimetría y altimetría de un terreno. La planimetría consiste en la delimitación e ilustración gráfica de los linderos, las áreas con restricción de tipo ambiental para la siembra, los accidentes geográficos –ríos, quebradas, nacederos–, las vías, las viviendas, las redes eléctricas y oleoductos, entre otros. La altimetría identifica e ilustra las variaciones en el relieve del terreno delimitando los sectores bajos y altos.

El objetivo de un estudio topográfico es conocer con exactitud el área y forma del terreno, la presencia de zonas de protección natural o con restricciones para la siembra y la identificación de sus partes altas y bajas, todo lo cual se plasma en un plano, que es de bastante utilidad en el diseño de las plantaciones. Las figuras 29 y 30 muestran mapas de planimetría y altimetría de un terreno destinado a la siembra de palma de aceite.

La buena práctica consiste en ordenar los estudios topográficos después de haber verificado que las tierras destinadas para el nuevo proyecto de palma de

aceite cumplen los requisitos básicos para el cultivo y no afectan reservas naturales o humedales. Preferiblemente, los estudios topográficos se realizan antes de los trabajos de adecuación de terrenos.

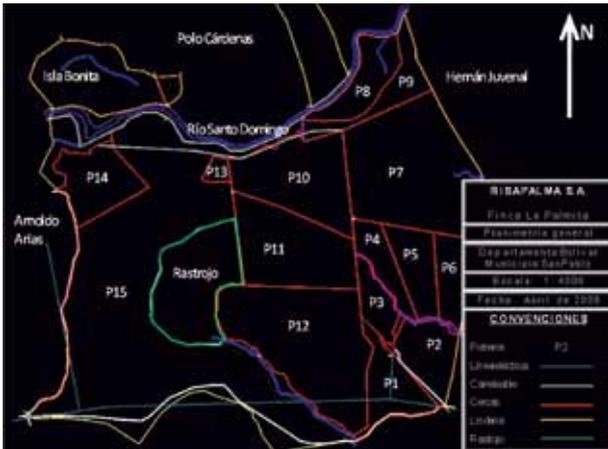


Figura 29. Planimetría de una finca.

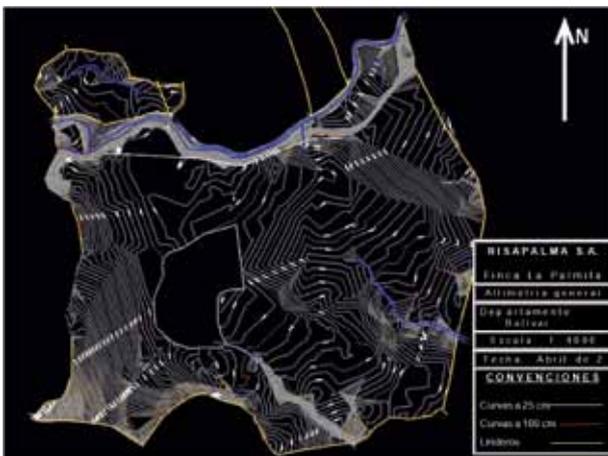


Figura 30. Altimetría de una finca.

En los cultivos ya establecidos que no disponen de este tipo de estudio, es conveniente realizarlo, ya que permite mejorar el manejo de aguas, ya sea para el riego, el drenaje o la conservación de la humedad de la plantación.

Los estudios topográficos deben ser estrictos en cuanto a la delimitación y cuantificación de las áreas con bosque, ríos, quebradas o nacideros, bocatomas y humedales, ya sea para cultivos establecidos o para

nuevos proyectos. De esta manera, es posible planificar estrategias de protección según exige la reglamentación ambiental nacional.

### Estudios de caracterización de suelos

Éstos son realizados por profesionales de la edafología o la agronomía con amplia experiencia en el área de suelos. Tienen el propósito de identificar y delimitar espacialmente las áreas del terreno que son homogéneas, según su tipo de suelo. Como producto de este tipo de estudios se obtiene un mapa detallado en el cual se delimitan los diferentes tipos de suelo de un terreno.

Cada tipo de suelo delimitado se identifica de acuerdo con sus propiedades físicas y químicas, para que —una vez establecido el cultivo— reciba un manejo agronómico diferente al de los otros tipos de suelo con el mismo cultivo.

El objetivo principal es brindar un manejo nutricional acorde con las características específicas de cada tipo de suelo. Un área con el mismo tipo de suelo, material de siembra y edad del cultivo se denomina Unidad de Manejo Agronómico, UMA.

El diseño o trazo del mapa de la UMA es el primer paso hacia la agricultura de precisión. Entre otros beneficios, permite el uso eficiente de los recursos —suelo, planta y ambiente—, con el propósito de alcanzar el máximo de potencial de producción de la palma.

La mejor práctica consiste en ordenar los estudios de caracterización de suelos por lo menos seis meses antes de la siembra del nuevo cultivo. En cultivos establecidos también es posible realizar la caracterización de suelos. El resultado es la delimitación de los diferentes tipos de suelo, para luego agrupar los cultivos de la misma edad y material genético que existen sobre un mismo tipo de suelo, con lo cual también se obtiene el mapa de las UMA. Cada UMA puede ser sólo una parte de un lote, un lote completo o un grupo de lotes.

Los resultados de estos estudios brindan herramientas útiles para la prescripción de los planes de fertilización o para la corrección de los limitantes de tipo

físico y químico del suelo que interfieren con el buen desarrollo y producción de la palma de aceite.

### Estudio para el diseño de plantación

Consiste en el estudio preliminar de un proyecto de siembra de palma de aceite. De la misma manera como un arquitecto diseña un edificio mediante planos de tipo estructural y arquitectónico, profesionales especializados en el diseño de plantaciones diagraman la mejor forma y distribución de los cultivos. Para el diseño de plantaciones, se debe disponer de dos herramientas básicas: los estudios de topografía y los de caracterización de suelos, ya mencionados.

El objetivo del estudio de diseño de plantación es optimizar el uso de los recursos naturales, financieros y técnicos disponibles para la ejecución de los nuevos proyectos de establecimiento de plantaciones.

Cuando se establece un cultivo sin diseño previo de la plantación, hay bastante incertidumbre en cuanto a la inversión requerida. Por ello, una buena práctica agronómica consiste en desarrollar los nuevos proyectos soportándolos en un diseño técnico, cuyo resultado permite al inversionista o al nuevo productor conocer los siguientes aspectos:

- Lotes de cultivo (tamaño, forma y distribución de cada uno de ellos)
- Vías (número, especificaciones técnicas y distribución)
- Canales de riego o drenaje (número, especificaciones técnicas y distribución)
- Localización de redes eléctricas, linderos, áreas de reserva natural o franjas de protección de fuentes de agua.

El conocimiento de estos aspectos permite estimar los costos del proyecto y hacer un uso racional de recursos naturales, financieros y técnicos a disposición del mismo.

En el diseño de nuevas plantaciones, se hace necesario atender las regulaciones o restricciones de tipo ambiental, como la normatividad existente para la

protección de fuentes de agua, la cual obliga a dejar una franja de vegetación natural de por lo menos 30 metros de ancho a cada lado de una quebrada.

### Estudio de factibilidad financiera del proyecto

La palma de aceite es un cultivo que demanda una alta inversión. Por consiguiente, el nuevo cultivo no se debe fundamentar en las expectativas creadas en torno de las temporadas de buenos precios internacionales del aceite o de sus derivados. Entonces, antes de tomar de decisión para ser productor de palma de aceite, es aconsejable realizar un estudio de factibilidad económica del proyecto.

Finalmente, dicho estudio permite al inversionista –sea grande, mediano o pequeño productor– tomar su decisión de participar en el establecimiento del cultivo. Conocidos los resultados del estudio de factibilidad, si ellos muestran la viabilidad del proyecto, se procede a ejecutarlo en tres fases principales, que se denominan de establecimiento, mantenimiento y producción.

### Establecimiento de nuevas plantaciones

Se describe en forma general el proceso de establecimiento de una nueva plantación. Se trata la importancia de la selección del material de siembra, y el manejo de las semillas y plántulas en los viveros, los requerimientos básicos para la preparación de tierras para la siembra de palma, el trazado de las áreas de siembra, las diferentes labores culturales para realizar el mantenimiento del cultivo, la cosecha, transporte de fruta y la capacidad de producción de la palma de aceite.

Una vez desarrollados los estudios preliminares o de preinversión, el productor puede acometer su proyecto de establecimiento del nuevo cultivo de palma. A continuación, se describirán en forma general las etapas de este proceso.

### Selección de material genético

Consiste en la escogencia del material a sembrar en el nuevo cultivo, de acuerdo con criterios de tipo técnico y económico. El objetivo es adquirir un material gené-

tico que pueda expresar todo su potencial productivo según las características de suelo y clima de la zona donde habrá de desarrollarse el proyecto.

El cultivo de la palma puede durar fácilmente de 20 a 25 años. Esto significa que si la siembra se realiza a partir de semilla no certificada o no apta para las condiciones de suelo y clima predominantes en la zona del proyecto, el productor convivirá por muchos años con problemas de baja producción, susceptibilidad a enfermedades, alta tasa de crecimiento en altura, y por ende, de baja rentabilidad del negocio.

En el país predominan las prácticas de comprar semillas germinadas, listas para establecer viveros, y comprar plántulas en vivero, listas para ser sembradas

en sitio definitivo. La Tabla 3 presenta los proveedores de semillas certificadas de palma de aceite e híbridos en Colombia.

Quien compra semillas germinadas debe atender las siguientes recomendaciones:

- Sólo comprar semilla procedente de un centro de producción reconocido nacional o internacionalmente, que sea una materia tipo Ténera certificado o híbrido.
- Exigir del proveedor información sobre (a) el potencial de rendimiento del material, (b) su comportamiento frente a enfermedades o plagas, y (c) su tasa de crecimiento en altura.

**Tabla 3.** Semillas de palma de aceite comercializadas en Colombia y nombre de los proveedores autorizados

Productor de semilla	Origen o sitio de producción	Tipo de semilla ofrecida	Dirección electrónica
Unipalma	Colombia y Tailandia	Ténera e híbridos	www.unipalma.com servicios@unipalma.com
Corpoica	Colombia	Ténera	www.corpoica.org
Hacienda Las Flores	Colombia	Ténera	damilasflores@haciendalASFlores.com
Indupalma	Colombia	Híbridos	www.indupalma.com
ASD de Costa Rica	Costa Rica	Ténera	sales@asd-cr.com
Cirad	Colombia	Ténera e híbridos	www.lacabana.com.co oilpalmseeds@cirad.fr
Gene Palma Honduras	Honduras	Ténera	semillasgph@jaremar.com www.jaremar.com

- Exigir que la semilla llegue germinada 100% y libre de problemas sanitarios.
- Exigir la devolución de pérdidas de semillas, si su número es superior a la cantidad que envía el proveedor por concepto de reposición, siempre y cuando las pérdidas obedezcan a la calidad de las semillas recibidas y no al mal manejo agronómico.
- Asegurarse de que los productores de semillas, nacionales o internacionales, estén registrados en la División de Semillas del ICA.

La Figura 31 muestra una caja de semilla y su empaque, tal como llega al productor; la Figura 32 muestra las bolsas con semillas entre cobertura de icopor; en la Figura 33 aparece una semilla germinada y lista para

la siembra. Quien compra plántulas de vivero ha de estar atento a las siguientes recomendaciones:



Figura 31. Caja de semilla.



Figura 32. Bolsas con semilla germinada.



Figura 33. Semilla germinada.

- Sembrar únicamente plantas normales, para garantizar la mejor expresión del potencial productivo de la variedad.
- Eliminar el material anormal, evitando así que lleguen al campo palmas defectuosas e improductivas.
- Exigir que sólo le vendan palmas normales, pues el descarte de plántulas anormales corresponde al productor del vivero.
- Nunca olvidar que una buena selección del material de siembra va de la mano con una buena producción.

Al establecer el vivero, el productor debe solicitar la semilla de uno y medio a dos años antes de la fecha estimada para la siembra del nuevo cultivo. Esto, porque el proveedor necesita por lo menos seis meses para garantizar la entrega del pedido y porque una vez recibidas las semillas éstas permanecerán en el vivero durante un año, aproximadamente, antes de convertirse en plántulas listas para la siembra en campo.

Normalmente, se siembran 143 palmas por hectárea de terreno, aunque es posible sembrar más o menos que ese número, según las características del material genético, del suelo y del clima de la región. Para la densidad de siembra de 143 palmas por hectárea, será necesario disponer de por lo menos 160 semillas por hectárea, en el vivero, pues hay que descartar las palmas que se desarrollan anormalmente.

## Viveros

Los viveros son los sitios donde se realiza la producción del material vegetal o de las plántulas para la siembra. El objetivo del vivero es obtener plántulas sanas y vigorosas para ser sembradas en las áreas del nuevo proyecto.

Las semillas son sembradas en bolsas pequeñas que se organizan en eras o camas, donde permanecen de dos a tres meses; luego –ya en su condición de plántulas– se trasladan a un área más amplia y son trasplantadas a bolsas más grandes, hasta cuando alcanzan el tamaño apto para ser sembradas en sitio definitivo. Esto ocurre de 10 a 12 meses después de la siembra de

la semilla. A esta modalidad se la conoce como vivero de dos fases, ya que hay un previvero de bolsas pequeñas y un vivero principal de bolsas grandes. La Figura 34 muestra una plántula de dos meses, lista para trasplantar, y la Figura 35, una palma de 12 meses, lista para la siembra en sitio definitivo.



**Figura 34.** Palmas de previvero aptas para trasplantar.



**Figura 35.** Palma lista para la siembra.

Otra modalidad es la del vivero de una sola fase. En este caso, las semillas son sembradas directamente en las bolsas grandes, que se organizan en camas o eras distanciadas entre sí, y se mantienen allí hasta su traslado al campo, para la siembra.

El productor debe cumplir con los siguientes requisitos en la construcción de un vivero:

- Localizarlo cerca de fuentes confiables de agua, tanto en cantidad como en calidad.
- Asegurar su localización central respecto del área de siembra, para minimizar el costo de transporte.
- Despejar de todo tipo de vegetación el área donde será ubicado, más un área adicional: una franja de al menos 20 metros de ancho que rodee al vivero.
- Brindar seguridad a las plántulas mediante cercas, mallas y portones, para impedir su robo o el ingreso de animales que pueden afectar su desarrollo (ver Figura 36).
- Evitar depresiones o elevaciones dentro del área, para facilitar las labores agronómicas, el drenaje y la aplicación del riego.
- Asegurar que el punto más bajo del área del vivero coincida o esté encima del nivel máximo histórico de inundación o desborde de la fuente de agua más cercana.
- Garantizar la existencia de vías en buen estado para facilitar el acceso y salida del vivero.
- Instalar una cubierta de sombra para proteger la semilla de la radiación solar. Ésta es una condición opcional, pues es posible el desarrollo de las plántulas sin sombrío.



**Figura 36.** Cerramiento para proteger un vivero de palma de Aceite.

Una buena práctica consiste en destinar una sección adicional del vivero para mantener plántulas con

destino a la resiembra de áreas en las que –después de la siembra– unas palmas mueren, por diversas causas, y otras manifiestan anomalías de tipo genético durante los primeros meses de desarrollo.

En los viveros es necesario destinar una fosa para el manejo de basuras y residuos de pesticidas, establecer un plan de manejo de empaques de agroquímicos y brindar las condiciones mínimas de manejo amigable de la fuente que los provee de agua.

### Preparación de tierras para la siembra de palma

La preparación de tierras tiene como objetivo principal facilitar las labores previas a la siembra, a saber: el trazado, el estaquillado y el ahoyado. Por tanto, la preparación debe estar terminada por lo menos un mes antes de iniciar la siembra de palma.

La preparación de tierras se realiza con maquinaria agrícola. El tipo de labores de preparación al suelo no puede copiarse de los procedimientos empleados por otro cultivador, ya que tales labores son producto de los resultados y recomendaciones de los estudios de topografía, caracterización de suelos y diseño de plantación descritos en las páginas anteriores.

A manera de referencia, para establecer cultivos de palma en terrenos que provienen principalmente de ganadería, de cultivos semestrales o de áreas abandonadas por la agricultura, las labores más convencionales son las siguientes:

- Reducción del porte de los arbustos y otro tipo de vegetación superficial.
- Rastrillada para romper la superficie del suelo y facilitar la penetración de otros implementos, como el cincel o subsolador. Ver Figura 37.
- Cincelado o subsolado, necesarios cuando se trata de romper capas endurecidas presentes en el perfil del suelo y fomentar el desarrollo de raíces del nuevo cultivo. Ver Figura 38.

- Aplicación de enmiendas para corregir posibles problemas de acidez del suelo o reducir la saturación de aluminio. También se aplican fuentes de fósforo de lenta liberación cuando el suelo tiene contenidos muy bajos del elemento. Ver Figura 39.
- Incorporación mecánica de las enmiendas y otros correctivos utilizados.
- Construcción de bancales cuando se trata de áreas bajas y susceptibles a la inundación o zonas de altas precipitaciones. Ver Figura 40.



Figura 37. Rastrillada del suelo.



Figura 38. Cincelado de un suelo.



**Figura 39.** Aplicación mecánica de enmiendas.



**Figura 40.** Construcción de bancales.

Estas labores pueden ser necesarias total o parcialmente, según las características del suelo y del clima. Por tanto, la acción definitiva es la que sugiera el asistente técnico.

Durante el proceso de preparación de tierras deben delimitarse las áreas de protección aledañas a las fuentes de agua y a los humedales, y evitar su incorporación como área de cultivo.

### Trazado, estaquillado y ahoyado

El trazado, el estaquillado y el ahoyado son las labores posteriores a la preparación del suelo y previas a la siembra de las palmas en sitio definitivo.

Para el trazado, debe disponerse del plano del proyecto, en el cual han de estar debidamente delimitadas tanto el área de siembra como los accidentes geográficos (colinas, quebradas, ríos), los reductos naturales (bosques, humedales) y la infraestructura existente (caminos, carreteras, canales, puentes, redes eléctricas, construcciones, alcantarillas y mojonos), que aparecen identificados en el plano mediante convenciones.

El trazado de los lotes de siembra, los canales y las vías en el campo se denomina replanteo.

La localización de los sitios de siembra de cada palma se llama estaquillado. También consiste en un replanteo, que obedece a unas especificaciones técnicas muy precisas, a saber:

- Las palmas se siembran en el sistema de tres bolillos o en triángulo equilátero.
- Las palmas están dispuestas en líneas paralelas alineadas en dirección Norte-Sur.
- La distancia entre las palmas es más o menos de nueve metros, según lo sugiera el asistente técnico.

La Figura 41 muestra un esquema de marcación de sitios para la siembra de palma y la distribución en forma de triángulos equiláteros alineados en forma simétrica.

El estaquillado consiste en colocar estacas en los sitios donde serán sembradas las palmas, de acuerdo con la distancia elegida para la siembra y las especificaciones de orientación y alineación. Las estacas son retiradas cuando el operario siembra la palma.

El ahoyado –como su nombre indica– consiste en abrir un hueco, cuyo tamaño es ligeramente mayor al de las bolsas que contienen las plántulas por sembrar en sitio definitivo. Esta labor se realiza manual o mecánicamente. La Figura 42 muestra el ahoyado para la siembra de palma de aceite.

Las buenas prácticas consisten en evitar la siembra de palmas en áreas protegidas. Para ello, han de eliminarse las estacas que hayan sido colocadas en tales sectores.



**Figura 41.** Esquema de marcación de sitios para siembra de palma.



**Figura 42.** Ahoyado para la siembra.

### Siembra de palmas

Cuando las palmas han cumplido su etapa de crecimiento en el vivero (entre los 10 y 12 meses de edad), se trasladan al campo para la siembra en el sitio definitivo. Antes de programar este traslado, deben haberse terminado las labores de alistamiento, como son el trazado, el estaquillado y el ahoyado.



**Figura 43.** Transporte de palmas a un lote.

Las palmas se trasladan en tractores, carretas o camiones hasta los bordes de los lotes de siembra, y desde allí son llevadas en hombros o en carretas más pequeñas hacia el interior de los lotes, con el objeto de minimizar la compactación del suelo. Una vez ubicadas cerca del hoyo, según la recomendación dada por el asistente técnico, el operario aplica fertilizantes al hoyo antes de introducir en él cada palma. La Figura 43 muestra el traslado de palmas dentro del lote, y la 44, la siembra en sitio definitivo.



**Figura 44.** Siembra de palmas en sitio definitivo.



**Figura 45.** Cobertura de Kudzú.

Las buenas prácticas son las siguientes:

- Manipular con cuidado las plántulas evitando la rasgadura de las bolsas o la fractura del cuello de las palmas, por maltrato, en el momento de embarcarlas en los medios de transporte.

- Transportar las plántulas humedecidas para evitar que sufran déficit hídrico durante el trasplante.
- Recoger manualmente las bolsas después de la siembra y conducir las a la fosa destinada para tal fin.

La siembra de plantas leguminosas como coberturas del suelo es una práctica habitual en los cultivos de palma, pues aquéllas reducen la presencia de malezas dentro del cultivo y por consiguiente reducen los costos por concepto del control de malezas. Las leguminosas más utilizadas en Colombia son el Kudzú tropical y el *Desmodium*. Las figuras 45 y 46 muestran los dos tipos de coberturas establecidas en los cultivos de palma.



**Figura 46.** Cobertura de *Desmodium*.

## Mantenimiento de cultivos de palma de aceite

### Control de malezas

El control de malezas comprende varias labores de campo; estas son de tipo manual, mecánico o químico. Su objetivo es reducir la competencia que las malezas imponen a la palma, por nutrientes, luz, agua y espacio. Tales labores son de tres tipos.

1. El control de malezas alrededor de la palma, conocida como plateo. Consiste en mantener limpia la base del tronco o estípote, en un radio de 2 a 2,2 metros. Esta labor aumenta la eficacia en la aplica-

ción y aprovechamiento de los fertilizantes durante los primeros años de edad de la palma; y cuando ésta inicia su etapa productiva, hace más fácil la recolección de los racimos y frutos sueltos que caen al suelo durante la cosecha.

2. El control de malezas en los espacios existentes entre las palmas, conocido como control en interlíneas o calles. Su objetivo es restringir el libre crecimiento de arbustos y gramíneas dentro del cultivo, que podrían obstaculizar el desplazamiento de equipos y mano de obra durante las labores agronómicas del cultivo.
3. El control de malezas en los viveros de palma, que – por lo general– se realiza manualmente, ya que durante esta etapa de desarrollo la planta es bastante susceptible a los herbicidas. Una forma de minimizar la frecuencia de los controles de malezas en las bolsas del vivero consiste en cubrir la superficie de la tierra contenida en ellas con un material orgánico o inerte que reduce drásticamente el crecimiento de malezas. Las figuras 47 y 48 muestran el control de malezas en el campo y en los viveros, respectivamente.

La frecuencia con que se realizan estas labores está muy relacionada con las condiciones del clima y la edad de la palma. Entre más húmeda sea la región, o más joven el cultivo, se requerirá una mayor frecuencia de los controles de malezas durante el año.



**Figura 47.** Plateo en palma en el campo.



**Figura 48.** Control manual de malezas en el vivero.

Para obtener éxito en el control de malezas, el agricultor se puede apoyar en la siembra de plantas leguminosas como cobertura vegetal del suelo, particularmente, las que son perennes y de crecimiento rastrero, ya que brindan los siguientes beneficios al cultivo:

- Compiten con las malezas reduciendo el crecimiento de las gramíneas.
- Aportan cantidades importantes de nitrógeno al suelo y evitan la total dependencia de la aplicación de fertilizantes nitrogenados.
- Incrementan la capacidad de almacenamiento de humedad del suelo.
- Incrementan el contenido de materia orgánica en el suelo.
- Reducen la erosión hídrica del suelo.

### Poda de la palma

La poda consiste en eliminar las hojas que no son funcionales en una palma. Durante sus dos a tres primeros años de vida, el número de hojas se incrementa y acumula en la corona, ya que de esa manera se forma el estípote o tronco. Cuando comienza la fase productiva, el número excesivo de hojas dificulta la cosecha, al obstruir o impedir la maniobrabilidad de las herramientas utilizadas para el corte de los racimos maduros.

Existen dos tipos de poda: la poda de formación y la poda de mantenimiento.



**Figura 49.** Poda de formación.



**Figura 50.** Poda de mantenimiento (Foto de Rigoberto Roa).

La poda de formación recibe este nombre por ser la primera que se realiza a la palma cuando los racimos están a una altura de 80 centímetros o más del suelo. En ese momento se eliminan todas las hojas inferiores, hasta dejar sólo una hoja debajo de cada racimo maduro y dos debajo de los racimos verdes. Al eliminarlas, se puede observar la forma cilíndrica del estípote, tal como se aprecia en las figuras 49 y 50.

La poda de mantenimiento se realiza periódicamente después de haber hecho la poda de formación.

Su objetivo es facilitar la visualización de los racimos durante la labor de cosecha y la maniobrabilidad de las herramientas de corte de fruto en la corona de la palma. Esta labor se puede realizar cada año, cada semestre, o cada vez que se cosecha.

Es usual acumular las hojas eliminadas durante la poda en líneas, a lo largo de los lotes, o distribuir las alrededor de las palmas. Sin embargo, su aprovechamiento puede mejorarse si su disposición en el lote se realiza de acuerdo con la topografía.

En un cultivo con pendientes superiores a 5%, es bastante útil colocar las hojas en forma perpendicular a la dirección de la pendiente. Con ello se reduce la erosión hídrica y la pérdida de fertilizantes arrastrados por el agua de escorrentía, al tiempo que aumenta la capacidad de retención de humedad del suelo.

En cultivos de topografía plana, lo mejor es la distribución uniforme de las hojas alrededor de las palmas, separando su base espinosa, la cual se amontona en sitios que no obstaculicen el tránsito de personas o equipos dentro del lote.

### Aplicación de fertilizantes

Es una labor de tipo mecánico o manual que puede realizarse con la ayuda de maquinaria especializada, carretas tiradas por semovientes u operarios que cargan los sacos al hombro. La aplicación de fertilizantes consiste en repartir nutrientes a cada palma, de acuerdo con las necesidades detectadas y las cantidades previamente establecidas.

La fertilización forma parte de las prácticas agronómicas llamadas a satisfacer las necesidades de nutrición del cultivo. Por ello, es necesario conocer la relación entre la disponibilidad de nutrientes en el suelo y en la planta, así como los requerimientos de nutrientes por parte de la palma para garantizar un nivel determinado de producción. Tales necesidades se establecen mediante análisis de suelos y foliares, con base en los cuales Cenipalma ha diseñado procedimientos que guían al técnico que prescribe los planes de fertilización del cultivo.

Los programas de fertilización se ejecutan generalmente dos veces al año: la primera vez, al inicio de las lluvias del primer semestre, y la segunda, antes de terminar el periodo de lluvias del segundo semestre. La cantidad de fertilizante por aplicar a una palma depende de los resultados de los análisis foliares y de suelos, y de la interpretación que de ellos haga el técnico.

El programa de fertilización es exclusivo para cada unidad de producción; varía inclusive entre los lotes de una misma finca, según indiquen los resultados del estudio de caracterización de suelos y de diseño de unidades de manejo agronómico, UMA. Por lo general, se emplean fertilizantes simples, y muy ocasionalmente, fertilizantes compuestos. También es frecuente la aplicación de materia orgánica al cultivo como fertilizante.

En este caso, las principales fuentes son las tusas vacías de los racimos esterilizados, la boñiga del ganado vacuno y la gallinaza. Las figuras 51, 52 y 53 muestran la aplicación de fertilizantes a plántulas de vivero y a palmas en el campo.

El costo de los fertilizantes, su transporte y aplicación, demandan cerca de 30% del total de los costos de producción del fruto en la fase agrícola.



**Figura 51.** Aplicación manual de fertilizantes en vivero.



**Figura 52.** Aplicación mecánica de fertilizantes en campo.



**Figura 53.** Aplicación manual de fertilizantes en campo.

La investigación ha de proveer mecanismos para hacer más eficiente la aplicación de fertilizantes y fomentar la búsqueda de fuentes alternativas. La mejor forma de ser eficientes consiste en aplicar los fertilizantes de acuerdo con los requerimientos del cultivo, las condiciones de suelo y de clima propios de la localidad donde se encuentra el cultivo. Esto se logra cuando el agricultor conoce las características físicas y químicas del suelo, lo cual sólo es posible tras realizar el estudio de caracterización de suelos.

### Control sanitario al cultivo

Consiste en el manejo de las plagas y enfermedades que afectan al cultivo. Las bases para dicho control

son el conocimiento de los insectos-plaga y de los síntomas de las enfermedades propias del cultivo en cada región del país y de acuerdo con la edad de las palmas.

La experiencia de las plantaciones y los resultados de la investigación de Cenipalma han permitido conocer gradualmente los insectos y enfermedades perjudiciales para el cultivo, sus niveles de daño y las estrategias para manejarlos, formuladas dentro de la óptica de manejo integrado el cultivo.

Según la zona geográfica donde se encuentre el cultivo, predominan unos problemas sanitarios u otros. Por ejemplo, el Añublo foliar o *Pestalotiopsis* es una enfermedad endémica en las zonas Norte y Central; la Pudrición de Cogollo, de las zonas Oriental, Occidental y Central; la Marchitez Letal, de la Zona Oriental. Los insectos defoliadores son más comunes en la Zona Central, y la Mancha Anular, en la Occidental.

Cenipalma dedica la mayor parte de su esfuerzo económico y científico a estos casos, con miras a diseñar estrategias para su manejo, racionales desde la perspectiva del costo y orientadas a asegurar la sostenibilidad del cultivo. Las figuras 54, 55, 56 y 57 muestran algunas de las enfermedades y plagas que atacan a la palma de aceite.

Las estrategias para el control sanitario comienzan a partir del manejo integrado del cultivo, cuyo principal componente es la nutrición.



**Figura 54.** Palma con el Anillo Rojo.



Figura 55. Palma con la Marchitez Sorpresiva.



Figura 56. Langosta atacando palma.



Figura 57. Larvas de Sibine fusca.

La prescripción del programa de fertilización, fundamentado en las unidades de manejo agronómico,

es la base de un buen balance nutricional y desarrolla en la palma capacidad de tolerancia a los ataques de las plagas o enfermedades del cultivo; además, garantiza la adecuada expresión de su potencial productivo.

### Renovación de cultivos

Consiste en la erradicación de un cultivo viejo y el establecimiento de uno nuevo. Por lo general, se realiza cuando la palma alcanza una altura superior a los 12 metros, lo cual hace más difícil y costosa la labor de cosecha. Sin embargo, el momento más adecuado para emprender la renovación es cuando –además de la altura excesiva de las palmas– se presenta una baja sensible en la producción, lo cual hace más rentable establecer un nuevo cultivo que tenga mayor potencial de producción.



Figura 58. Erradicación mecánica de palma.

La erradicación de las palmas viejas puede hacerse en forma mecánica, química o manual. La mecánica se realiza con buldózer, retroexcavadora o motosierra; la química, se realiza mediante la aplicación de herbicidas sistémicos al tronco de la palma; y la manual se realiza con hacha. En la erradicación pueden contemplarse diversas estrategias: la remoción total de las palmas del campo, su remoción parcial, o su permanencia en el lote a la espera de su descomposición total. Las figuras 58 y 59 muestran tipos de erradicación de palmas en un programa de renovación.



**Figura 59.** Erradicación química de palma.

Las palmas erradicadas son una fuente valiosa de nutrientes y materia orgánica acumulados durante muchos años en el estípite de la palma. Por tanto, debe buscarse el mejor aprovechamiento de esas fuentes nutricionales con prácticas como las siguientes:

- La trituración mecánica de los estípites y su distribución uniforme sobre el suelo antes de la siembra del nuevo cultivo.
- La segmentación de los estípites en cortes transversales (de menos de 10 centímetros) y su distribución en franjas sobre el terreno.

Este tratamiento a los estípites trae varios beneficios directos:

- La incorporación rápida de nutrientes y materia orgánica al suelo.
- La reducción del ataque de plagas como el *Strategus aloeus* y el *Rinchochorus palmarum*.
- La prevención del daño de palmas jóvenes por la caída de las coronas de las palmas viejas, cuando éstas permanecen muertas en pie después de la erradicación por envenenamiento químico.

## Cosecha

Consiste en el corte y recolección de los racimos de fruta fresca que produce el cultivo de palma de aceite. La fase productiva de la palma, en condiciones de cultivo comercial, comienza entre los 18 y 24 meses de edad y se extiende hasta los 20 a 25 años.

El corte de los racimos de fruta se realiza cuando estos han alcanzado su madurez. Un racimo está listo para la cosecha desde el momento en que se le desprende en forma espontánea el primer fruto, ya que sólo hasta entonces se ha formado la máxima cantidad de aceite en su interior. Ante la imposibilidad de cosechar todos los racimos en igualdad de condiciones, pues no todos maduran el mismo día, se han establecido frecuencias de corte, mediante las cuales se busca que al llegar a cada lote para realizar la cosecha haya un alto número de racimos maduros.

Dadas las características del fruto de la palma de aceite, es necesario realizar rondas o ciclos de cosecha cada siete a diez días, que han de ser más frecuentes en época lluviosa, mientras que en época de verano pueden planearse cada diez días. Si el cultivo recién ha comenzado su fase productiva, las rondas pueden llevarse a cabo cada 15 o más días.

La labor de corte se ejecuta con herramientas especialmente adaptadas: en la palma menor de cinco años, se emplea una pieza cortante angosta (cinco a diez centímetros) acoplada al extremo de una vara o extensión de 1,2 a 1,8 metros; en la palma mayor de cinco años, en el extremo de la extensión se acopla una pieza cortante más ancha (de 10 a 15 centímetros) denominada palín; en palmas mayores de diez años, a la extensión se le acopla una pieza cortante en forma de hoz, denominada cuchillo malayo. Las extensiones pueden ser en madera, bambú malayo, aluminio, hierro o materiales sintéticos.

En los racimos maduros, tras la cosecha, comienza de inmediato un proceso de naturaleza bioquímica. Éste consiste en la formación e incremento del contenido de ácidos grasos libres, AGL, que perjudican significativamente la calidad del aceite dentro de los

frutos. Por tanto, el racimo cosechado debe ser conducido rápidamente a la planta de beneficio e iniciar el procesamiento de sus frutos.



**Figura 60.** Recolección con carretas.



**Figura 61.** Recolección con angarillas.



**Figura 62.** Recolección mecánica.

La recolección de racimos y de frutos desgranados es manual, aun cuando ya existen equipos mecanizados para recogerlos. Para esta labor, se utilizan equipos de carga, usualmente de tracción animal, aunque recientemente se ha incursionado con sistemas mecánicos como el cablevía y los minitractores. Con estos equipos, la fruta cosechada se traslada hasta el exterior de los lotes, desde donde posteriormente se conduce hasta la planta de beneficio. Las figuras 60, 61 y 62 muestran los equipos más utilizados para la recolección de fruto.

Los racimos y frutos desgranados son los de mayor contenido de aceite. Por ello, su recolección eficiente hace que los porcentajes de extracción sean más satisfactorios. En cambio, los frutos sueltos abandonados en el campo dan origen a palmas espontáneas dentro del cultivo, se convierten en una fuente de infestación de plagas e incrementan los costos por concepto de control de malezas.

La marcación de racimos maduros es una práctica rentable, ya que evita recorridos largos para buscarlos, y hace más eficiente el tiempo en la labor de corte. También ofrece la ventaja de asegurar la uniformidad en la calidad de la fruta cosechada.

Durante la recolección se debe minimizar el número de golpes dados a frutos y racimos, ya que ello incrementa el contenido de AGL y eleva la acidez del aceite. También debe evitarse la mezcla del fruto con impurezas, sean éstas de origen mineral u orgánico.

### Transporte del fruto

Por las características del fruto de la palma y la velocidad a la que se deteriora la calidad del aceite dentro del mismo, el transporte a la planta de beneficio debe realizarse en forma casi inmediata, preferiblemente dentro de las ocho horas siguientes a la terminación de la labor de corte.

El transporte de fruto es una actividad permanente para los cultivos en producción y se realiza en vehículos de diferentes características: volquetas adaptadas, camiones, camionetas, tractores con carreta, cablevía y ocasionalmente en tractomulas (ver las figuras 63 y 64).



**Figura 63.** Transporte por cablevía.



**Figura 64.** Transporte en volquetas.

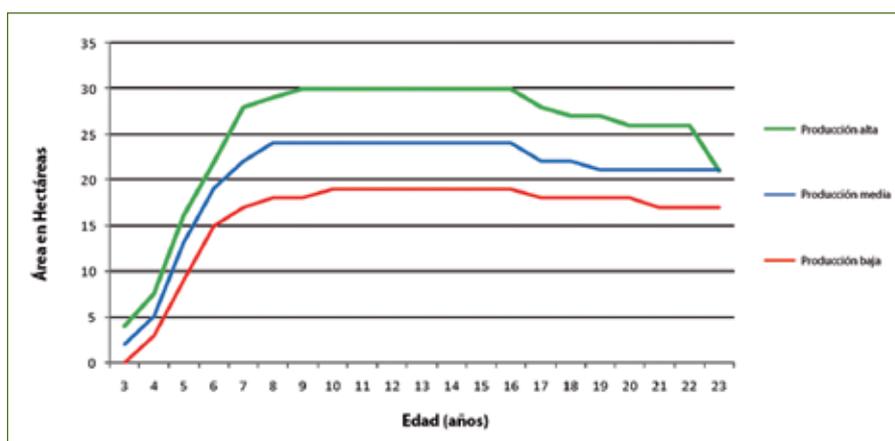
Durante el transporte del fruto, es recomendable cubrirlo con mallas, para evitar pérdidas durante el recorrido del lote a la planta y evitar el pisoteo del que está desgranado durante el cargue al equipo de transporte, así como su mezcla con impurezas (del suelo) que pueden deteriorar la calidad de su aceite.

### Producción de cultivos de palma de aceite

La producción de racimos de fruta fresca en el cultivo de palma puede comenzar tempranamente. Antes de los años 90, la producción se iniciaba a los cuatro o cinco años de edad; en la actualidad, gracias a los ade-

lantos tecnológicos, comienza desde los 24 meses y a veces a partir de los 18 meses de edad.

La Figura 65 muestra el comportamiento promedio de la producción en tres escenarios diferentes. La curva de producción alta es usual para aquellos cultivos en los que se aplica un alto nivel tecnológico, que también disponen de tierras y clima aptos para el cultivo; la productividad media es válida para cultivos en zonas aptas, con un nivel medio de tecnología; la productividad baja es para aquellos cultivos con bajo nivel tecnológico y con factores de suelo y clima adversos.



**Figura 65.** Comportamiento de la producción de racimos de fruta fresca, RFF, según la edad de la palma.

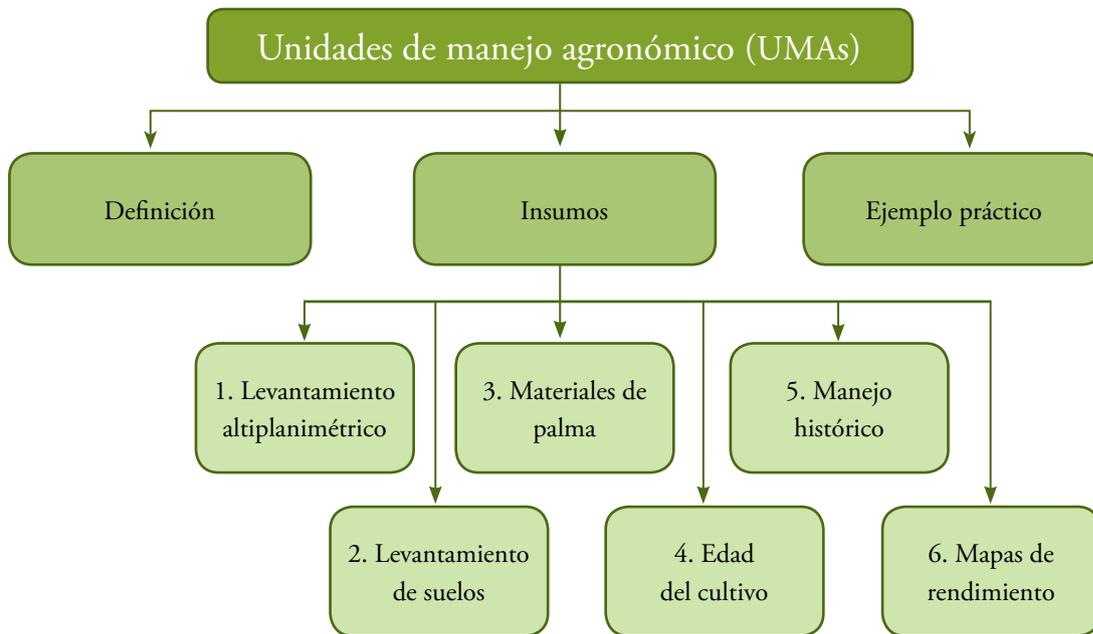


## Unidad Temática 4. Conformación de la UMA

Estructura de la unidad .....	83
Preguntas orientadoras .....	83
Objetivos de la unidad.....	84
Introducción .....	84
4.1 Definición de una UMA .....	85
4.2 Insumos para la conformación de la UMA .....	85
4.3 Ejemplo de resultados de la aplicación de concepto de UMA – estudio de caso – .....	85
Referencias .....	90



## Estructura de la Unidad



### Preguntas orientadoras

1. ¿Cuál es el objetivo de un levantamiento altiplanimétrico?

Permite identificar las diferencias en altura de las diversas partes del terreno y elaborar las curvas de nivel. Adicionalmente, genera información para el diseño de riegos y drenajes.

2. ¿Cuáles características utilizaría para agrupar los diferentes tipos de suelo?

Textura, topografía, pH del suelo, nivel de acidez, desbalance de bases, rendimientos, progenies de palma, color del suelo, etc.

3. ¿Considera que el drenaje y la topografía influyen en el desarrollo del cultivo?

Los dos factores tienen una alta influencia y deben ser tenidos en cuenta para el manejo diferencial de cada UMA.

4. ¿Cuáles son las principales diferencias entre materiales de palma de aceite cultivados?

Existen grandes diferencias en el área foliar, en la toma de nutrientes, en la producción de biomasa y respuestas al estrés.

5. ¿Cuál es el principal uso del levantamiento de suelos?

Los levantamientos de suelos son utilizados para el apoyo en la conformación de las UMA.

6. ¿Cuál es la importancia de la elaboración de mapas de rendimiento de la palma?

Es importante para identificar las unidades con bajas producciones y tomar decisiones de mejoramiento.

7. ¿Cómo estimaría usted los rendimientos potenciales del cultivo en una determinada zona?

Se estima teniendo en cuenta la oferta climática, las características de los suelos, del drenaje, de la topografía y los materiales plantados.

## Objetivos de la unidad

1. Desarrollar habilidades para la integración de los resultados de levantamientos topográficos, levantamiento de los suelos, características de los materiales y rendimientos para la conformación de las unidades de manejo agronómico (UMA).
2. Elaborar propuestas de manejo integrado acordes con las características de cada UMA.

## Introducción

La clave para un óptimo manejo de los recursos de la plantación es el entendimiento de la variabilidad espacial y temporal de los factores que influyen la producción. Es necesario cuantificar y analizar en tiempo y en espacio la contribución de factores de productividad para identificar la variabilidad que afecta la producción de racimos y que puede manejarse. El marco de trabajo para una intensificación ecológica de la producción debe guiar a los gerentes y técnicos que toman decisiones a encontrar las principales limitantes de la producción, a través de la cuantificación de todos los parámetros relevantes y, posteriormente, el análisis de la información recolectada. Se pueden utilizar diversas herramientas basadas en Sistemas de Información Geográficos (SIG), que sirven para desarrollar estrategias de manejo que pueden evolucionar a medida que los factores que limiten la producción se van eliminando. Estos sistemas se basan en la recolección de datos que finalmente llevan a la construcción de una adecuada base de datos y procedimientos de análisis integrados que facilitan el análisis de los datos en el tiempo y espacio (Witt, 2005).

El primer paso en el desarrollo de las unidades de manejo es un adecuado estudio de la topografía y del suelo que provee información sobre el potencial de rendimiento por sitio específico y los limitantes de suelo caracterizado por la incidencia y gravedad de los problemas de suelo y probable costo de medidas correctivas. Un detallado resumen de los sistemas de evaluación de tierras para palma aceitera fue desarrollado por Paramanathan (2003) y presenta los criterios y límites necesarios para identificar las clases de suelo. Se necesita definir los límites de las UMA para el manejo de fertilizantes y de otras prácticas culturales basándose en un juego mínimo de datos de las características biofísicas que determinan la uniformidad del potencial de rendimiento, estabilidad del rendimiento, suplemento de nutrientes nativos del suelo, limitaciones físicas y químicas del suelo, contenido de nutrientes en las hojas, síntomas de deficiencia y la respuesta esperada a la aplicación de fertilizantes dentro de la UMA. Se propone el uso de mapas como el de textura, topografía, límites de los lotes, estadísticas del rendimiento (a largo plazo), edad de la palma, drenaje y cualquier otra información disponible, como punto de partida para la delimitación de las UMA (Witt, 2005). Se deben seleccionar UMA en donde se pongan en práctica las mejores prácticas de manejo, estas se deben ubicar estratégicamente dentro de la plantación, las cuales son una herramienta útil para: i) determinar rendimiento obtenible por sitio específico bajo condiciones óptimas de manejo, ii) determinar el pico aproximado de la producción del cultivo (porcentaje del rendimiento anual en cada mes) para planificar la capacidad de la extractora, iii) demostrar los efectos de las prácticas de manejo en el rendimiento del cultivo y mejoramiento del suelo, iv) entrenar el personal en la implementación de las nuevas prácticas de manejo y v) probar nuevas tecnologías. En estos lotes bajo adecuadas prácticas de manejo, el rendimiento solamente es limitado por el clima, material de siembra y las condiciones del sitio específico como la textura del suelo, profundidad radicular o agua. Para instalar estos lotes se necesita identificar las prioridades basándose en un

adecuado inventario de las condiciones de la plantación y las prácticas de manejo a utilizar calificándolas de acuerdo con el impacto esperado. El cambio de un número limitado de prácticas de manejo en UMA permite el análisis cuantitativo de la interacción entre los diferentes factores de manejo en el rendimiento. La brecha del rendimiento existente entre los lotes vecinos se puede relacionar directamente con las diferencias en recuperación de nutrientes por el cultivo, manejo de nutrientes, poda, cosecha, malezas, drenaje y otras prácticas adecuadas de manejo. Estas UMA sirven para demostración y para entrenamiento y requieren mantener los estándares establecidos para el cultivo de palma aceitera.

#### 4.1 Definición de una UMA

Es una unidad espacial de cultivo de palma de aceite dentro de la cual hay una relativa homogeneidad en las variables que afectan la productividad: clima, suelo, agua, material de siembra, edad e historial de manejo (Munévar *et al.*, 2011).

#### 4.2 Insumos para la conformación de la UMA

Los principales insumos incluyen:

**Levantamiento altiplanimétrico:** se realiza con estación total y GPS geodésico, tomando puntos en una cuadrícula de muestreo de 30x30 cm. Adicionalmente a esta malla, se toman puntos en zonas bajas y de cauces naturales. Con la anterior metodología se generan mapas que muestran los linderos, áreas de bosque, espejos de agua, lagunas, canales de drenaje e infraestructura existente y vías (Silva, 2011). Una vez se tienen los resultados del levantamiento altimétrico, se realiza el dibujo de la información levantada utilizando el *software* AutoCAD Land, y se generan curvas de nivel cada 25 cm utilizando métodos estadísticos (Silva, 2011).

**Levantamiento de suelos:** es un procedimiento orientado a conocer los tipos de suelos en el área de

estudio, sus características más importantes, clasificarlos, delimitarlos, representarlos en un mapa temático e interpretar su aptitud de uso. Adicionalmente, esta es una herramienta importante para zonificar los tipos de cultivos, el cálculo de correctivos de suelos y la selección de los mejores fertilizantes ha aplicar (Garzón, 2011).

**Materiales de palma:** Es muy importante separar las unidades de manejo de acuerdo con los diferentes materiales sembrados. Está reportado que las progenies de palma tienen diferente arquitectura y velocidad de crecimiento. Existen respuestas marcadas al grado de susceptibilidad a enfermedades, estrés hídrico y abióticos. Se deben tener registros del área foliar y peso seco del dosel para cada material. Los niveles óptimos foliares son diferentes para cada progenie.

**Edad del cultivo:** se aconseja tener UMA de acuerdo con las edades del cultivo, ya que los requerimientos de nutrimentos por crecimiento y producción son diferentes dependiendo de la edad fisiológica del cultivo.

**Manejo histórico:** Es primordial efectuar la separación de las UMA con base en los registros históricos de manejo de drenajes, riegos, nutrición y de plagas y enfermedades.

**Mapas de rendimiento:** Es de vital importancia para plantaciones establecidas ver la variabilidad espacial y temporal de los rendimientos en las plantaciones.

#### 4.3 Ejemplo de resultados de la aplicación de concepto de UMA – estudio de caso –

A continuación se muestra un ejemplo a escala comercial de la adopción del concepto de UMA.

La Figura 66 muestra la diversidad de los suelos en el Campo Experimental Palmar de La Vizcaína (CEPV), los cuales fueron ser agrupados y se han estado manejando de manera diferencial.

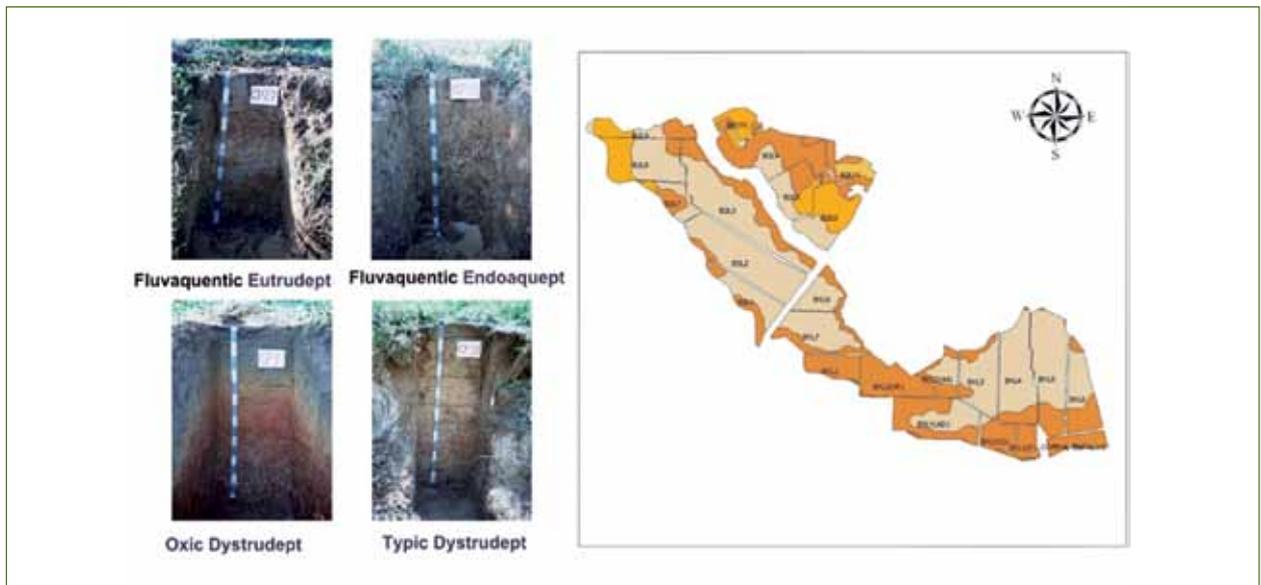


Figura 66. Ejemplos de suelos encontrados en el CEPV y su variabilidad espacial.

La Figura 67 ilustra un mapa de la variabilidad espacial de la profundidad del nivel freático, la cual fue diagnosticada y manejada de forma diferencial.

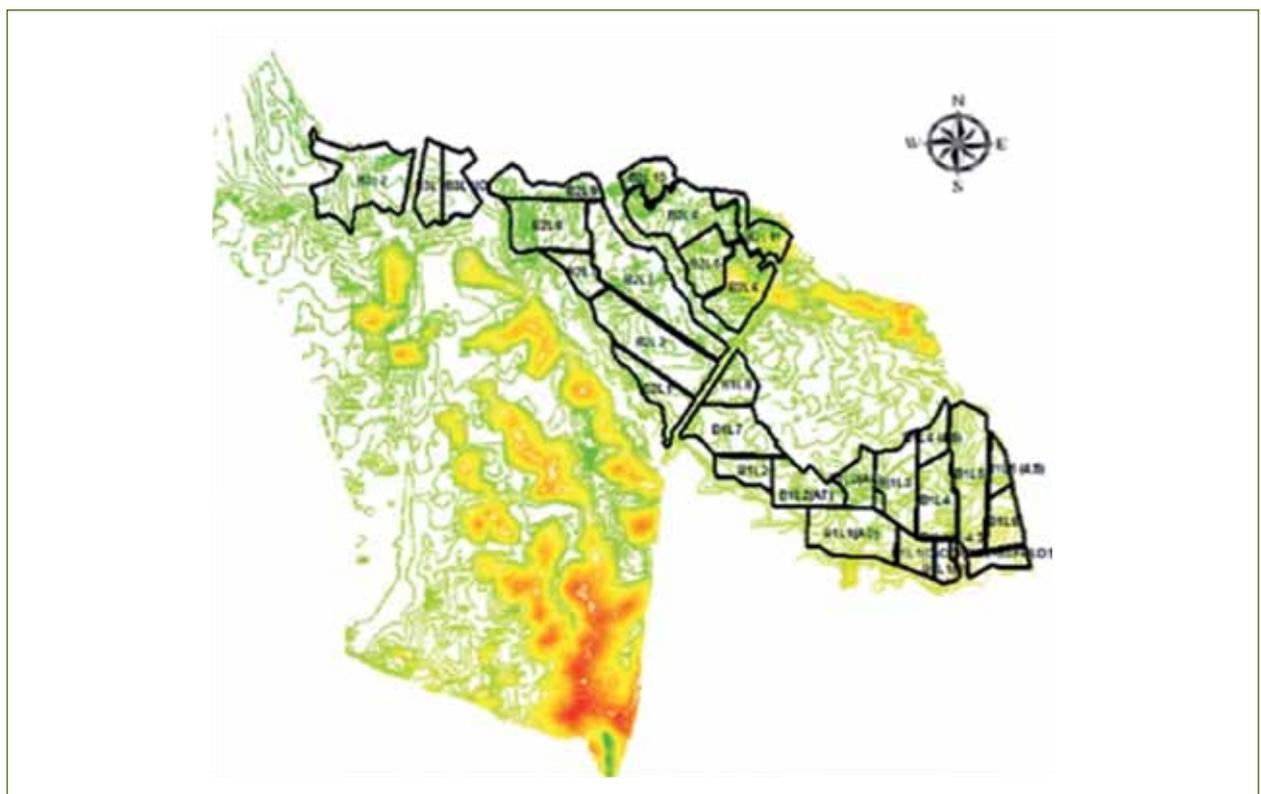


Figura 67. Variabilidad espacial de los niveles freáticos en el CEPV.

La conformación de las UMA involucró la diversidad en el tipo de suelos, la profundidad del nivel freático, las características topográficas, los materiales de siembra y la edad del cultivo (Figura 68).

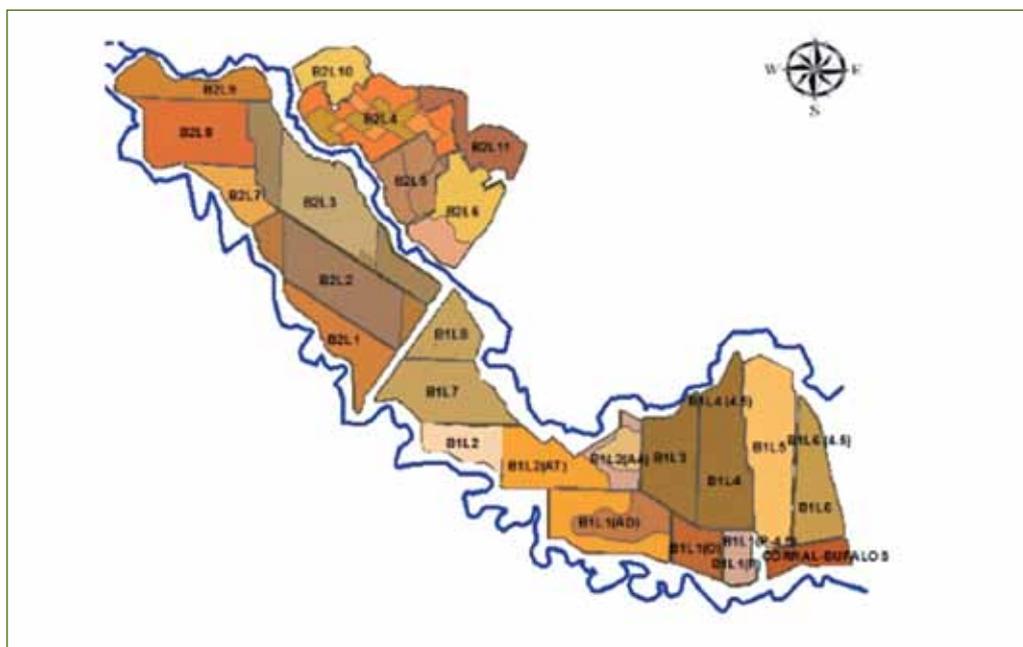


Figura 68. Conformación de las UMA en el CEPV.

Tabla 4. Variabilidad de las características de algunas UMA del CEPV

UMA	Ac	L %	MO	pH	CIC	K Cmol(+)/kg	Ca	Mg	S Al %	P mg/kg	B
15	45	38	1,6	4,9	15,6	0,25	7,3	3,4	9,8	6,0	0,6
13	38	40	2,1	4,6	14,2	0,40	5,5	2,8	18,4	9,1	0,6
5	44	38	1,1	4,8	14,6	0,16	6,0	3,6	18,9	8,1	1,0
16	56	29	1,7	4,5	17,0	0,21	6,8	3,3	24,9	6,4	0,6
28	40	40	1,7	3,9	11,6	0,14	0,1	0,7	85,6	9,9	0,8
36	28	48	1,7	4,0	9,1	0,30	0,5	0,5	74,1	21,7	0,8
22	74	13	2,0	4,3	21,7	0,54	6,3	4,9	25,0	16,8	1,4
23	42	28	3,3	3,9	13,2	0,25	0,6	0,8	76,0	31,1	1,5
33	51	21	1,8	4,1	16,3	0,34	2,8	1,6	50,6	6,0	4,1
24	36	45	2,2	3,8	11,4	0,61	0,6	0,9	63,7	27,0	1,4

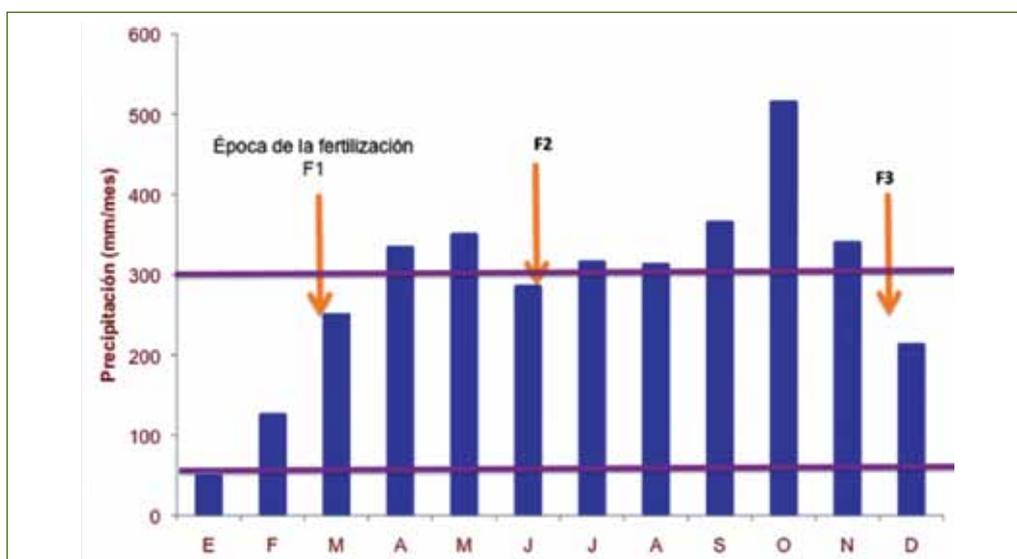
+ Ac = arcilla, L = limo, MO = materia orgánica, CIC = capacidad de intercambio catiónico.

Los análisis de las propiedades físicas y químicas resaltan la variabilidad de las diferentes UMA. Los resultados de los análisis foliares permiten ver el grado de variabilidad entre materiales, respuestas a nutrientes aplicados, al igual que la condición de drenaje (Mn) (Tabla 5).

**Tabla 5.** Variabilidad de los niveles foliares por material de siembra

Lote y bloque	Material	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Mn
L1B1 (AD)	Dura	2,43	0,170	0,92	0,63	0,28	0,15	13,6	540
L1B1 (O)	Oleifera	2,14	0,146	0,88	0,65	0,24	0,13	16,9	83,4
L2B1	AAR	2,28	0,158	0,85	0,61	0,30	0,14	12,9	605
L2B1	FELDA Y GUTRHIE	2,57	0,172	0,90	0,68	0,23	0,14	13,6	483
L2B1	M-IRHO 1001	2,64	0,163	0,86	0,61	0,27	0,16	14,8	616
L2B1	M-OxG 2783	2,31	0,154	0,82	0,74	0,28	0,16	16,3	509
L2B1	M-UNIPALMA Y2268	2,42	0,164	0,85	0,56	0,27	0,14	11,1	565
L1B2	Golden Hope	2,49	0,169	0,94	0,56	0,30	0,15	14,7	585
L4B2	Dami	2,61	0,169	0,91	0,45	0,35	0,15	17,7	1183
L4B2	UP	2,49	0,166	0,97	0,51	0,29	0,15	13,8	1454
L5B2	Umbrales	2,40	0,157	0,90	0,47	0,34	0,15	19,5	1112

Las recomendaciones de las dosis y fuentes de fertilizantes fueron acompañadas con la identificación de las mejores épocas de aplicación y su fraccionamiento (Figura 69).



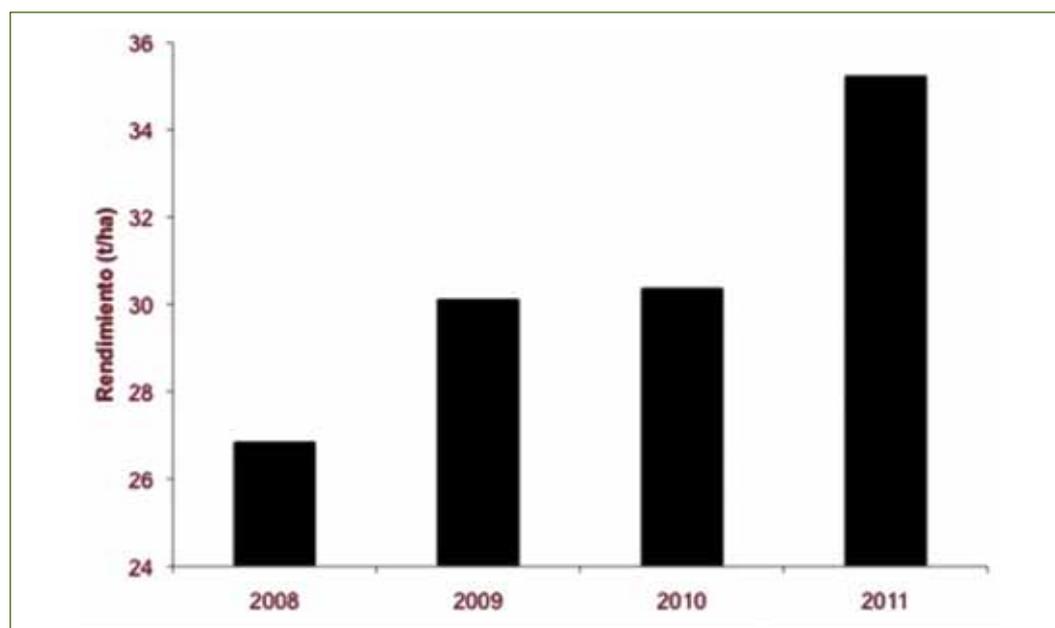
**Figura 69.** Valores medios de precipitación mensual (2003 – 2011).

## Impacto del manejo a través de las UMA

En los últimos cuatro años con la implementación de los conceptos de las UMA, se lograron cambios significativos en los rendimientos del cultivo (Tabla 6 y Figura 70). En algunos lotes, los incrementos del rendimiento fueron de 3 a 73%.

**Tabla 6.** Evolución histórica de los rendimientos en diferentes lotes del CEPV (t/ha)

Lote	2008	2009	2010	2011	Incremento (%)
1B2	31,4	31,50	32,9	34,5	9
2B2	28,9	32,67	32,6	35,1	18
4B2	29,8	34,40	32,5	34,3	13
5B2	29,5	29,71	28,7	38,0	22
6B2	27,3	31,26	28,5	31,4	13
7B2	28,3	31,04	34,2	34,3	18
8B2	28,2	33,89	33,7	34,0	17
9B2	28,1	31,44	29,8	31,9	12
10B2	28,9	28,46	26,0	30,2	4
11B2	29,4	31,84	30,4	30,3	3
8B1	29,6	34,19	34,6	39,4	25
7B1	30,4	33,48	33,5	36,3	16
2B1	34,2	35,61	36,2	37,3	8
2B1 AT	19,8	27,65	26,1	28,8	31
2B1 A4	7,1	17,43	21,4	26,0	73
1B1 AD	24,7	28,73	30,0	30,5	19
1B1 O	14,7	17,47	17,3	28,6	49



**Figura 70.** Impactos en los rendimientos con la adopción de las UMA, lote 3B2.

La implementación del manejo integrado de la nutrición bajo el criterio de las UMA ha brindado resultados positivos en el mejoramiento de la productividad y sostenibilidad del cultivo.

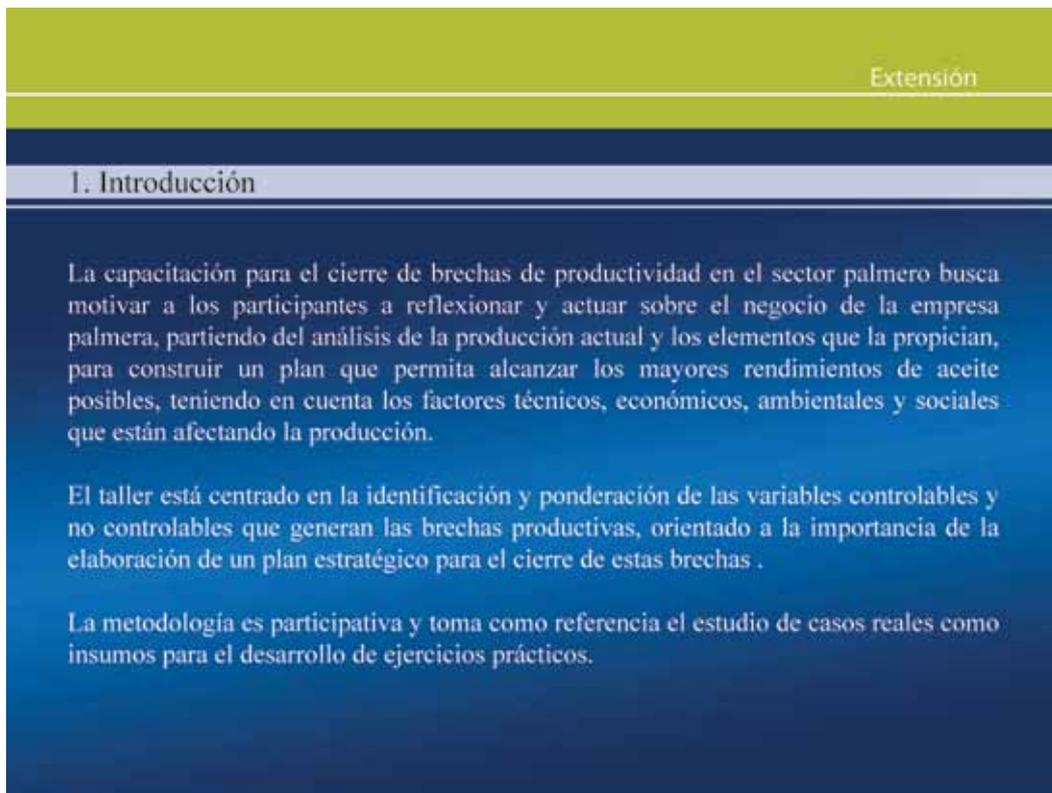
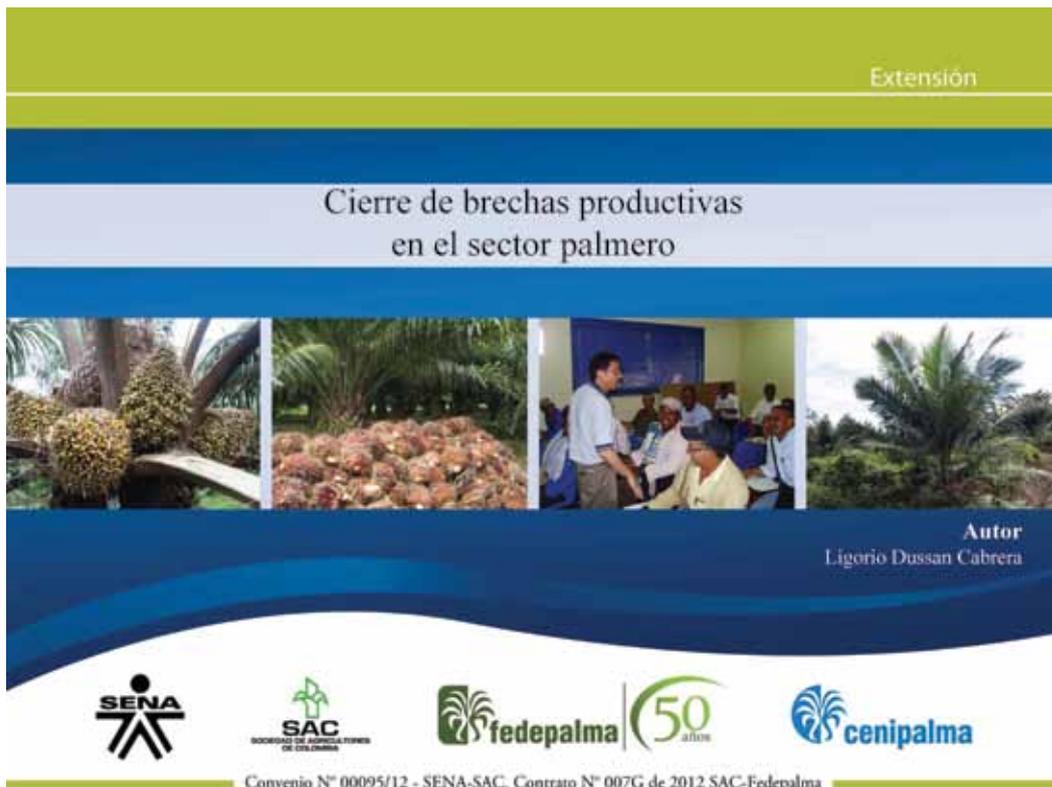
## Referencias

- Munévar, M.F., A.A. López, B.B. Rochels, J. Villamizar, and R. A. R. (2011). Impacto del manejo agronómico integral en la productividad de la palma de aceite en Palmas Montecarmelo. *Palmas*, 32, 42–51.
- Witt, C., Fairhurst, T., & Griffiths, W. (2005). Key principles of crop and nutrient management in oil palm. *Better Crops With Plant Food*, 89 (3), 27–31.
- Paramanathan, S. (2012). Selección de tierras para la palma de aceite. *Palma de Aceite: Manejo para rendimientos altos y sostenidos* (pp. 42–78).
- Silva, C. J. . (2011). *Diseño de plantación de palma de aceite en el predio San Felipe, subdivisión Guafitas* (p. 52).
- Garzón, G. E. M. (2011). *Levantamiento detallado de suelos y su aplicación en el manejo agronómico de cultivos de palma de aceite en tierras del Campo Experimental Palmar de las Corocoras* (p. 127).



Anexo  
Cierre de brechas tecnológicas  
(Documento de trabajo)





## 2. Contenido

**Unidad temática 1. Diagnóstico sobre el desarrollo empresarial participativo**

- ✓ Diagnóstico del medio externo palmero (zonal y regional).
  - Reseña de la palma en el mundo.
  - Volúmenes de consumo en los países de la Comunidad Andina de Naciones (CAN).
  - Áreas y zonas productoras de palma en Colombia.
- ✓ Diagnóstico empresarial (interno).
  - Estructuras organizativas.
  - Las UAATAS como sistema orientado al cierre de las brechas productivas.
  - Análisis de las brechas. Matriz DOFA.

**Unidad temática 2. Factores que determinan la producción del cultivo de la palma de aceite**

- ✓ Factores determinantes o situación de producción potencial (CO<sub>2</sub>, radiación, temperatura, fotoperiodo y características del cultivo).
- ✓ Factores limitantes o situación de producción obtenible (agua, nutrimentos, manejo del suelo, compactación del suelo, salinidad, acidez e infiltración).
- ✓ Factores reductores (control de malezas, manejo y control de enfermedades e insectos plaga).

**Unidad temática 3. Herramientas estadísticas para la cuantificación de factores que inciden en el cierre de brechas productivas**

- ✓ Planificación de actividades.
  - Identificación de las labores prioritarias en el cultivo según edades.
  - Planillas de control de actividades.
- ✓ Estadística descriptiva, control y análisis de procesos.
  - Aplicación de Excel en estadística descriptivas. Ejemplos.
- ✓ Diagramas de flujo, histogramas y hojas de seguimiento.
  - Elaboración de gráficas de barras e histogramas con información de campo.

**Unidad temática 4. Indicadores de eficiencia y eficacia de producción del cultivo de la palma de aceite**

- ✓ Construcción de indicadores.
  - Tipo de indicadores: de proceso y de control.
- ✓ Definición de estándares. Cómo estandarizar un proceso
- ✓ Descripción de actividades.
- ✓ Responsables y periodos de ejecución.

Extensión

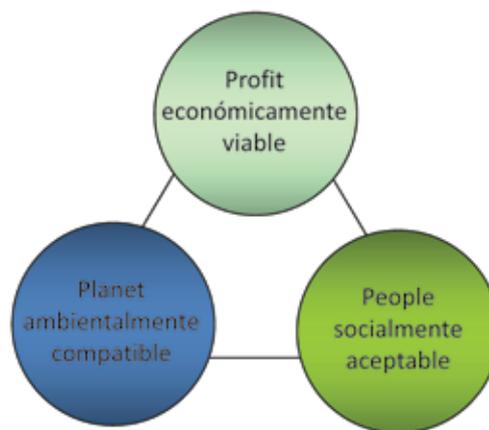
Unidad temática 1

# Diagnóstico sobre el desarrollo empresarial participativo

Contenido

Extensión

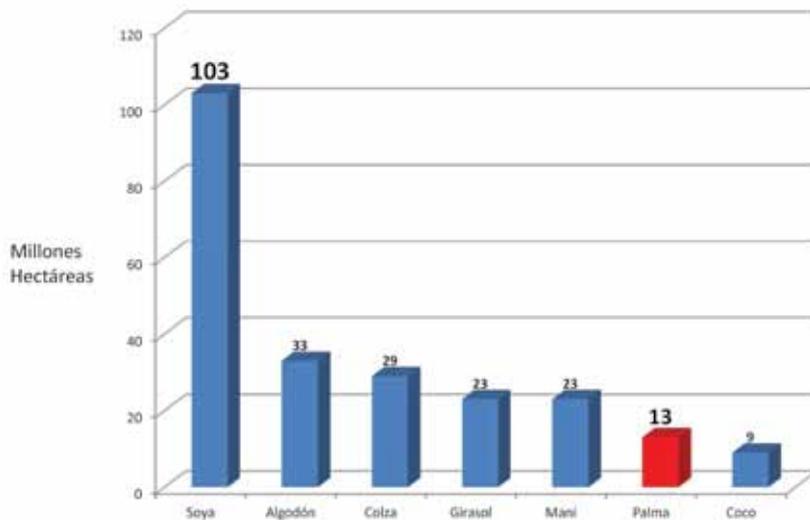
## Palma de aceite y desarrollo sostenible



**Sostenibilidad:**  
un compromiso de la agroindustria de la palma de aceite

Extensión

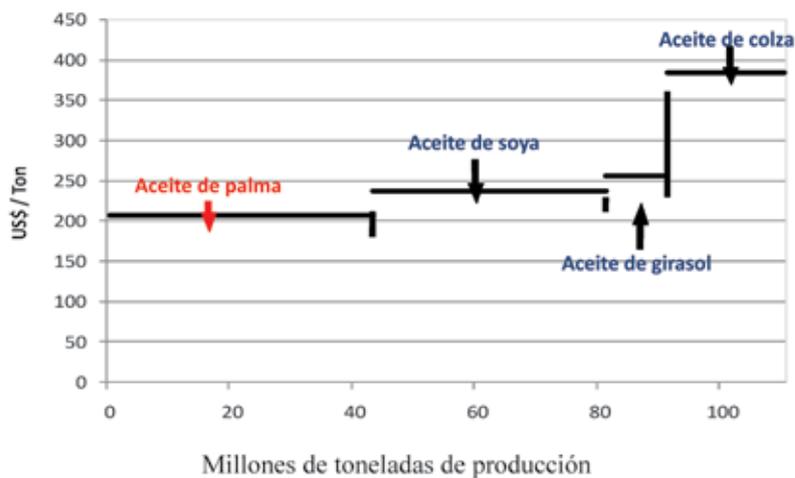
Mundo. Área cultivada en oleaginosas /2011



Extensión

Extensión

Costos de producción promedio de cultivo y de molienda de algunos aceites en el mundo 2011



**El aceite de palma es el de menor costo en el mundo**

Extensión

Extensión

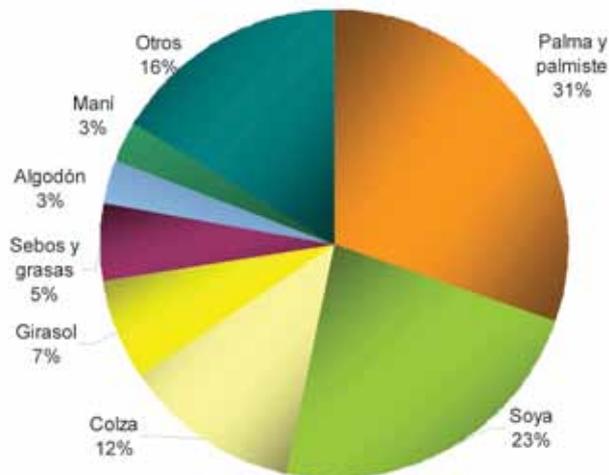


## El aceite de palma en el mundo:

- ✓ El de mayor producción
- ✓ El más comercializado internacionalmente
- ✓ El más competitivo

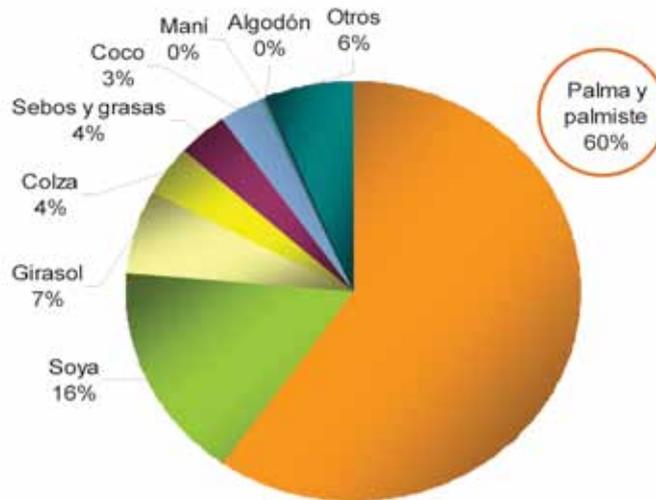
Extensión

## Mundo. Producción de aceites y grasas 2011



Extensión

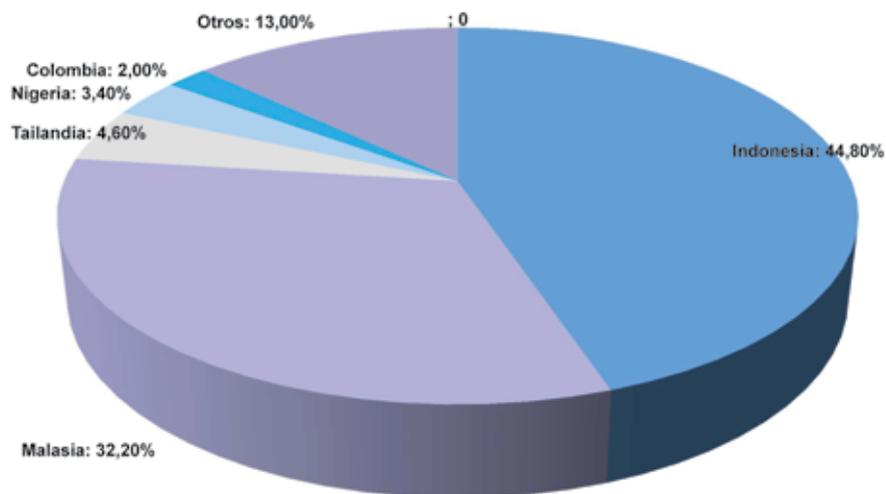
### Mundo. Exportaciones de aceites y grasas 2011



66 millones de toneladas

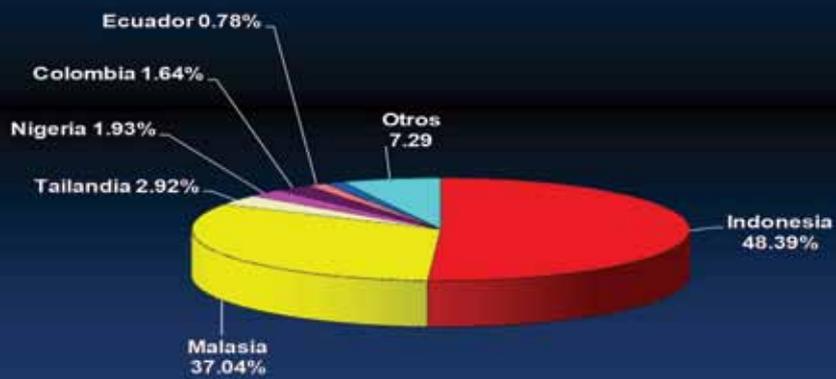
Extensión

### Área en producción de palma de aceite en el mundo 2011



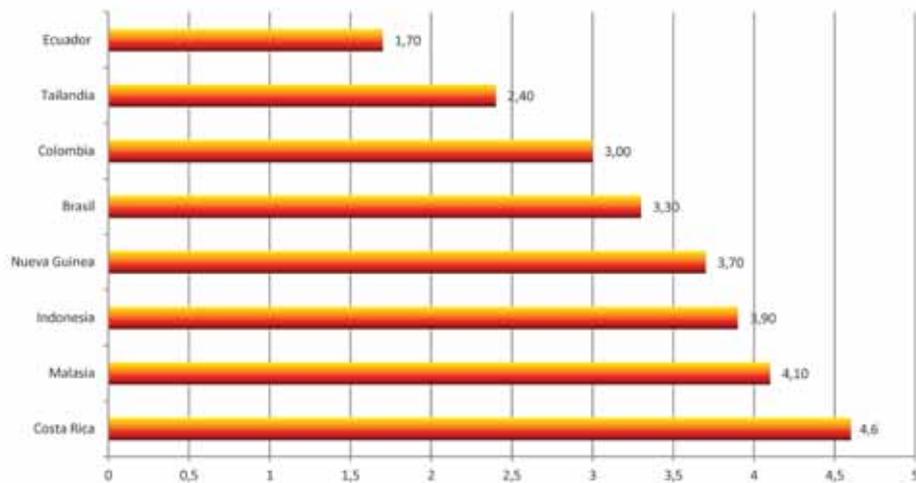
Extensión

### Producción de aceite de palma 2011 (Oil World) (Total 45'873.000 ton)



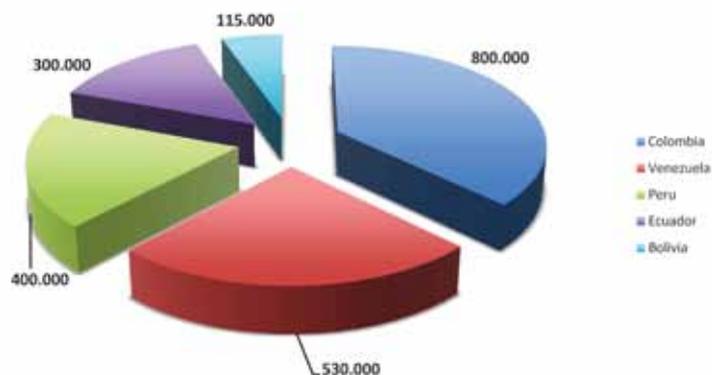
Extensión

### Países con mayor rendimiento de aceite de palma en 10/11 (t / ha)

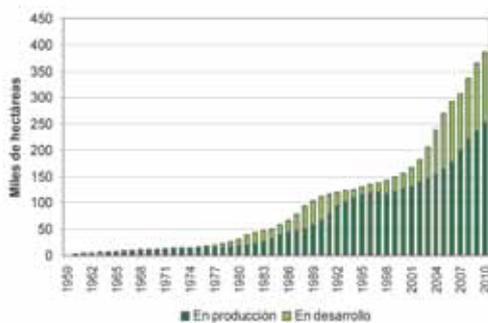




### Consumo de aceite en los países de la CAN (Toneladas)



### Colombia: Área sembrada en palma de aceite



**La palma de aceite en Colombia se cultiva desde hace más de 50 años – Aprox. 427.367 ha (2011)**

**62% : Productiva - 38% : Desarrollo**



Extensión

### Colombia. Zonas productoras de palma



En 109 municipios  
de 18 departamentos

- Municipios con cultivo de palma
- Zona excluida
- Central
- Norte
- Oriental
- Sur-Occidental

Extensión

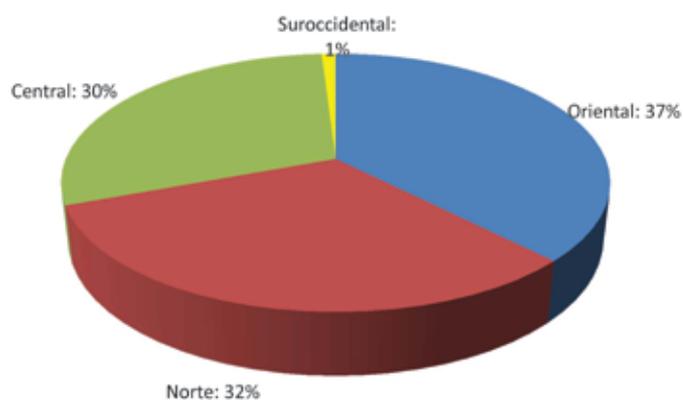
### Colombia. Zonas productoras de palma - 2011



Total : 427.367 Ha.

Extensión

### Colombia. Distribución del área sembrada 2012



Extensión

### Colombia. Volumen producido en 2011:



4' 575. 278 t RFF  
940.838 t de aceite crudo de palma  
212.704 t de almendra  
75.427 t de aceite de palmiste  
123.845 t de torta de palmiste



Extensión

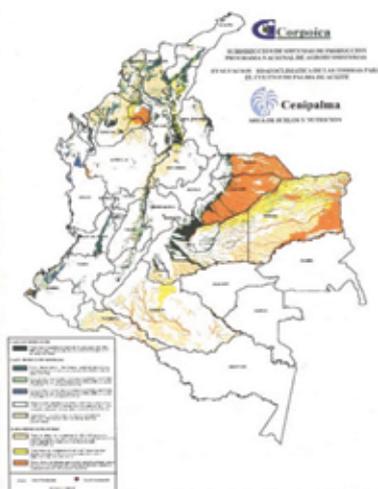
### Plantas de beneficio en Colombia - 2011



52 plantas de beneficio de fruto de palma de aceite – En operación  
 Capacidad instalada : 1.250 t/ RFF / Hora  
 26 plantas que procesan almendra (palmistería)

Extensión

### Área potencial para el cultivo de palma de aceite en Colombia



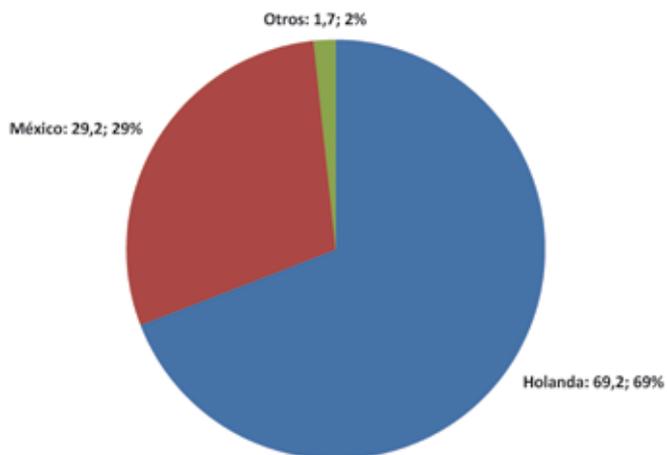
(Romero, Moreno y Munévar, 1999)

Evaluación edafoclimática de las tierras del trópico bajo colombiano para palma de aceite

Tierras	Hectáreas (miles)
Sin restricciones	3.531
Restricciones moderadas	6.300
Restricciones severas	23.032

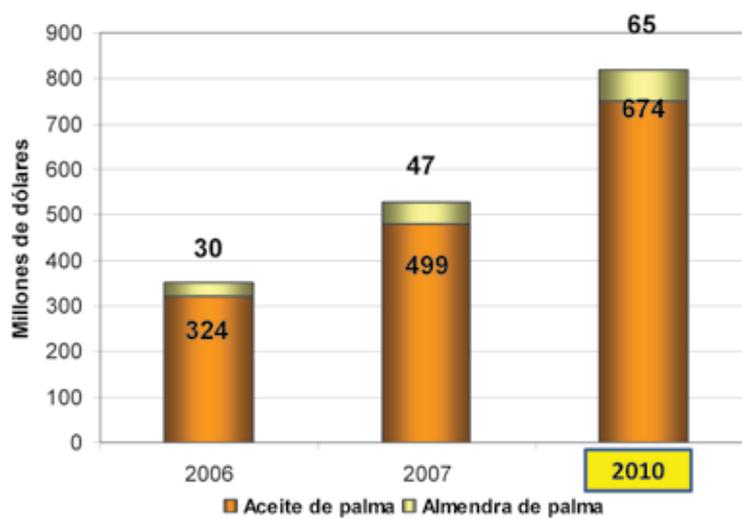
Extensión

**Colombia. Exportaciones de aceite de palma crudo por países  
Primer trimestre 2012**



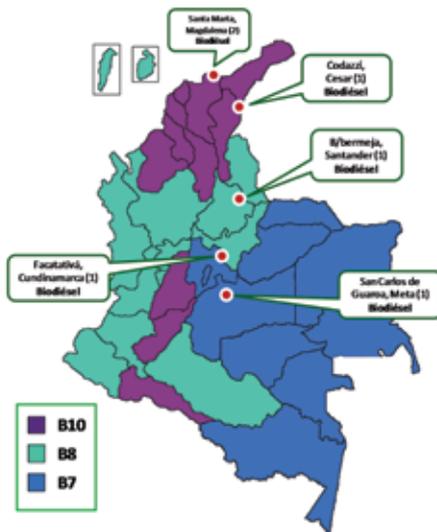
Extensión

**Colombia. Valor de la producción agrícola en palma 2006 - 2010**



Extensión

## Biodiésel en Colombia



### El biodiésel optimiza el ingreso palmero

#### Promoción y fortalecimiento del Programa Nacional de Biodiésel

En 2010 se utilizó en promedio una mezcla B7.

El nuevo mercado de biodiésel impulsó las compras locales de aceite de palma en 279.000 t.

Extensión

## Alianzas Productivas Estratégicas, APE

La palma de aceite en Colombia es un negocio inclusivo:

- Una de cada cuatro hectáreas sembradas en palma de aceite en la última década, corresponden a alianzas productivas
- 109 alianzas establecidas hasta 2011
- 5.391 pequeños productores



Extensión

### Estructuras organizativas empresariales

Las dos grandes áreas de responsabilidades del talento humano en las organizaciones:

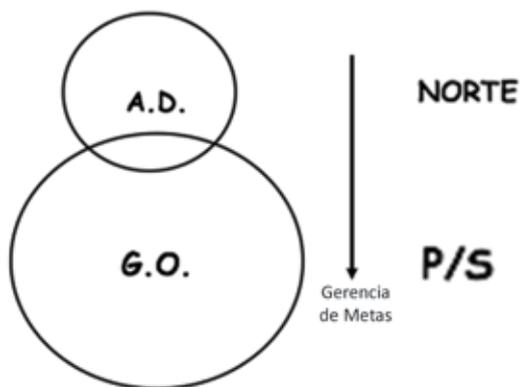
- La alta dirección
- La gerencia operativa

Las Unidades de Asistencia y Auditoría Técnica, Ambiental y Social (UAATAS) como sistema operativo orientado al cierre de las brechas productivas.

Análisis de las brechas (DOFA)

Extensión

### Áreas de responsabilidades del talento humano en una organización



Extensión

## Matriz DOFA

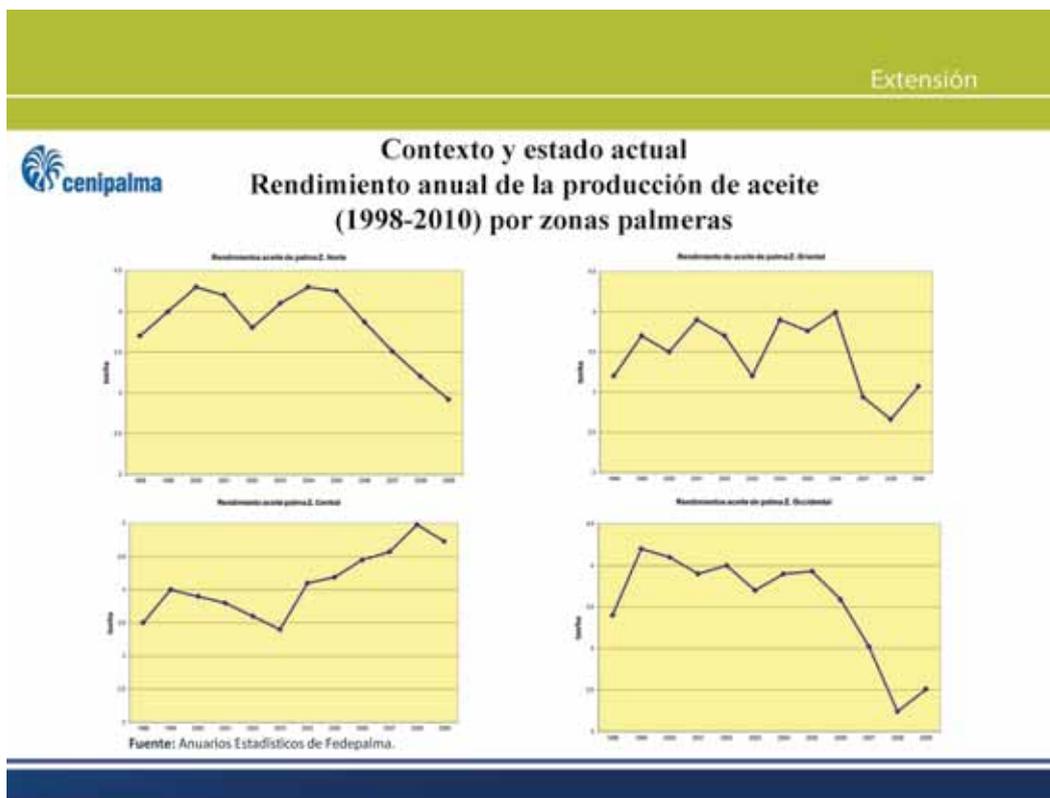
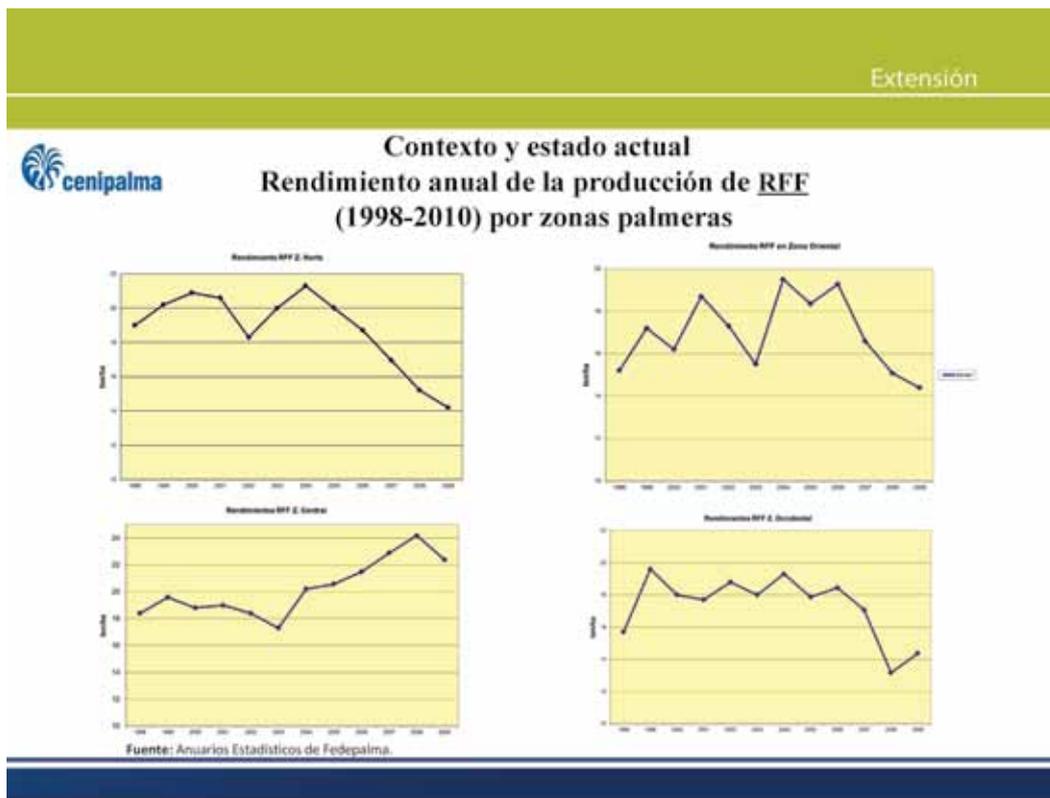
La matriz DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas, Amenazas) es un instrumento metodológico que sirve para identificar acciones viables mediante el cruce de variables, en el supuesto de que las acciones estratégicas deben ser ante todo acciones posibles y que la factibilidad se debe encontrar en la realidad misma del sistema. En otras palabras, por ejemplo la posibilidad de superar una debilidad que impide el logro del propósito, solo se la dará la existencia de fortalezas y oportunidades que lo permitan. El instrumento también permite la identificación de acciones que potencien entre sí a los factores positivos.

([www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2008868/lecciones/capitulo\\_2/cap2lecc2\\_3.htm](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2008868/lecciones/capitulo_2/cap2lecc2_3.htm))

Extensión

## Ejemplo de una Matriz DOFA

DEBILIDADES	OPORTUNIDADES
No se encuentra conformado el equipo integral de asistencia técnica (temas ambientales y sociales).	Generación de empleo para personal técnico y profesional (agrícola, social, ambiental).
Falta de capacitación en metodologías de extensión y transferencia tecnológica.	Captación de recursos e incentivos de organizaciones nacionales e internacionales.
Desconocimiento de los POTS de los municipios que atienden (para identificar restricciones).	Creación de nuevos negocios. Crecimiento en más organizaciones.
Falta de capacitación en manejo contable y de asociaciones en las Juntas Directivas.	Creación de nuevos productos y servicios que aumenten la competitividad del negocio.
	Contar con el apoyo institucional de Fedepalma para el asesoramiento técnico y crecimiento organizacional.
FORTALEZAS	AMENAZAS
Personal idóneo que labora en la UAT.	Problemas fitosanitarios.
Versatilidad para responder a la demanda de servicio de siembra.	Competencia profesional de otras unidades.
Dotación de infraestructura técnica para el desarrollo de labores (logística).	Desmotivación de la gente por la siembra (por plagas, condiciones ambientales).
Apoyo gerencial al proceso.	Difícil consecución de mano de obra para labores de la unidad.
Poder de convocatoria (credibilidad, buena imagen).	Orden público.
Disponibilidad al aprendizaje permanente.	
Buena actitud del personal hacia el desarrollo de actividades y preparación.	
Ubicación geográfica de la planta extractora que facilita el incremento de áreas.	

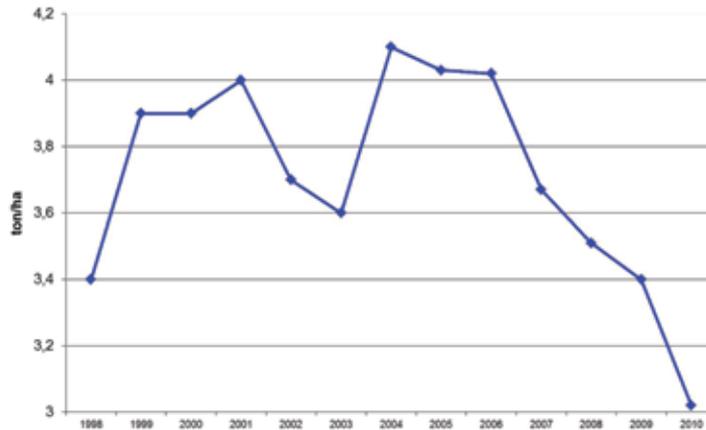


Extensión



### Contexto y estado actual Colombia. Rendimiento anual de la producción de aceite (1998-2010)

Rendimientos del aceite de palma (total nacional)

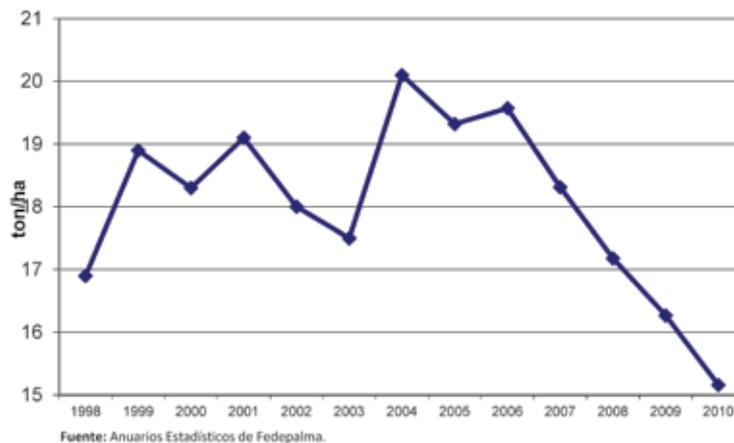


Extensión



### Contexto y estado actual Colombia. Rendimiento anual de la producción de RFF (1998-2010)

Rendimiento anual de la producción de RFF (total nacional)



Fuente: Anuarios Estadísticos de Fedepalma.



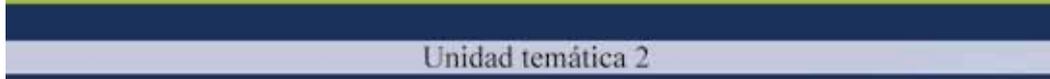
### Contexto y estado actual

#### Negocio proyectado en la visión 2020

- Producción /ha = **22 a 25** t/ha
- Rendimiento industrial **4,6 a 5,5** t de CPO/ha
- Autosuficiente
- Paga créditos y genera caja y riqueza
- Genera estabilidad regional

#### Realidad promedio del país 2010

- Producción/ha = 15,16 t/ha
- Rendimiento industrial 3,02 t de CPO/ha
- Dependiente
- Área esperada según Conpes
- Requiere apoyos permanentes
- Genera incertidumbre

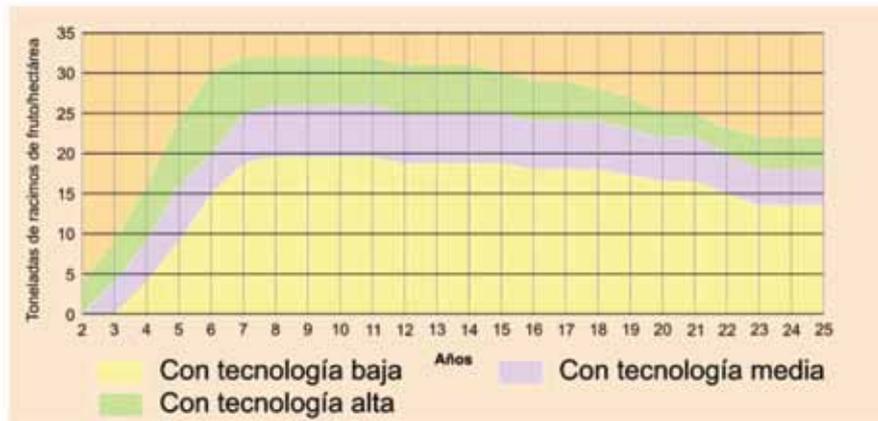


## Factores que determinan la producción del cultivo de la palma de aceite

◀ Contenido

Extensión

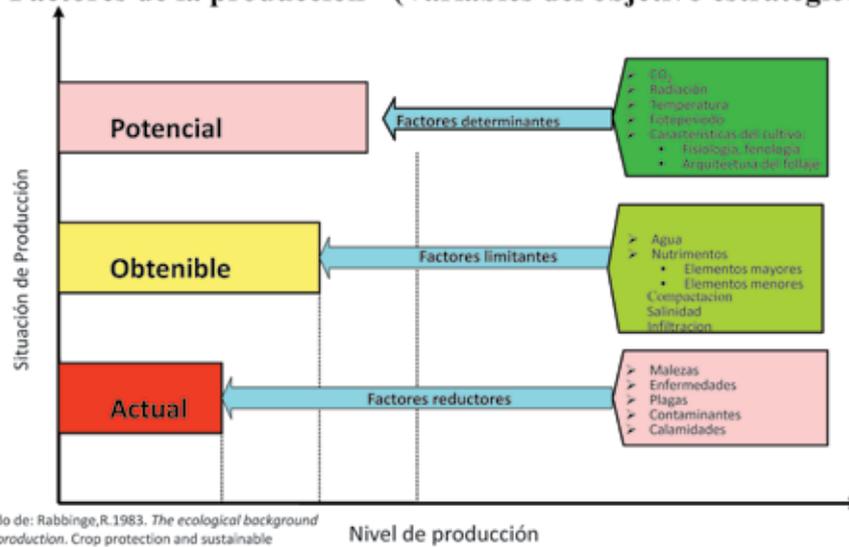
### Productividad estimada de la palma de aceite según tecnología aplicada en Colombia



Fuente: Proyecto del Magdalena Medio, elaborado por Incorbank para Propalma, S.A., en 2000. Proyecto comunitario de siembra de palma de aceite, elaborado por Manuelita, S. A., División Grasas y Aceites, en 1999.

Extensión

### Factores de la producción - (Variables del objetivo estratégico)



Adaptado de: Rabbinge, R. 1983. *The ecological background in food production. Crop protection and sustainable agriculture*. CIBA. Foundation Symposium 177, Chichester, John Wiley and sons.

Extensión

### Factores de la producción - (Variables del objetivo estratégico)

Factores limitantes
Disponibilidad de agua: lluvia (cantidad, distribución, intensidad), riego.
Profundidad del nivel freático, drenaje superficial, drenaje interno.
Disponibilidad de nutrimentos: mayores (N, P, K), menores, tipos, cantidad, época de aplicación, forma de aplicación.
Tipo de suelo (clasificación, pH, profundidad y espesor de los horizontes, aireación, compactación, materia orgánica, formación de costras, acidez, salinidad, sodicidad, tasa de infiltración, presencia de piedras)
Floración, polinización

Extensión

### Factores de la producción - (Variables del objetivo estratégico)

Factores reductores
Manejo (épocas de siembra y cosecha, oportunidad y calidad en la realización de las labores culturales)
Nivelación de tierras (afloramiento de suelos con problemas, baja uniformidad del riego)
Compactación del suelo (problemas de drenaje, realización de labores en condiciones no óptimas de humedad)
Variedad (adaptabilidad, volcamiento, resistencia a plagas y enfermedades, baja longevidad del palmar, tasa de disminución de la producción por corte, floración, características del procesamiento)
Localización del sitio (restricciones a las prácticas de cultivo: manejo de tusas, incorporación de residuos)
Siembra, calidad de semilla, manejo inadecuado de las plántulas en vivero y vivero, fertilización y de aplicación del riego
Prácticas de cultivo (subsolación, escarificación y aporque, descompactación del suelo, siembra en bancales)
Erosión física, química y mecánica del suelo
Presencia de contaminantes en el suelo
Calamidades por inundaciones
Edad de cosecha óptima y número elevado de ciclos de producción
Pérdidas de frutos durante la cosecha
Calidad de los frutos cosechados
Daños por quemas de cosecha y eliminación de residuos
Época de cosecha
Modalidad de cosecha (altura de las palmas)
Sistema de cosecha (manejo y transporte postcosecha)
Control de malezas
Plagas
Enfermedades

Extensión

## Factores de la producción - (Variables del objetivo estratégico)

Factores determinantes	
<b>Clima</b>	
	• Radiación solar (cantidad y distribución temporal)
	• Temperatura (distribución temporal)
	• Fotoperiodo (variación temporal)
<b>Cultivo</b>	
	• Variedad
	• Estructura y arquitectura del estipe, hojas y racimos
	• Área foliar
	• Población y distribución de tallos
	• Capacidad de acumulación de aceite
	• Fenología (floración y maduración)
	Concentración de CO <sub>2</sub> en la atmósfera

Extensión



### Factores determinantes de la producción



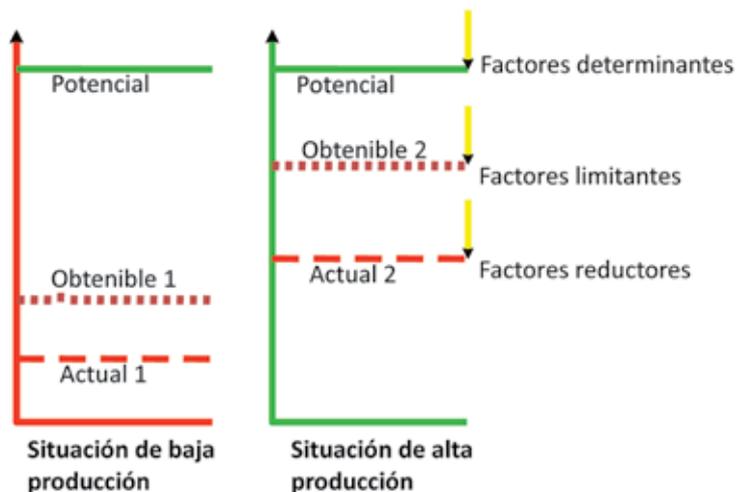
#### CALIFICACIÓN DE LOS FACTORES EN CADA ZONA

Factores determinantes	Z. Norte	Z. Central	Z. Oriental	Z. Suroccidental	Valores referencia
Radiación solar	17 a 20	15 a 17	12 a 17	7 a 12	15 MJ/m <sup>2</sup> /día
Brillo solar	5 a 7	6 a 7.5	5 a 7.5	2 a 3.5	5 a 7 horas/día
Temperatura	26 a 30	24 a 28	22 a 26	24 a 26	Máxima (29 a 33 C) Mínima (22 a 24 C)
Humedad Relativa %	75 a 85	80 a 85	80 a 90	85 a 90	> 85%





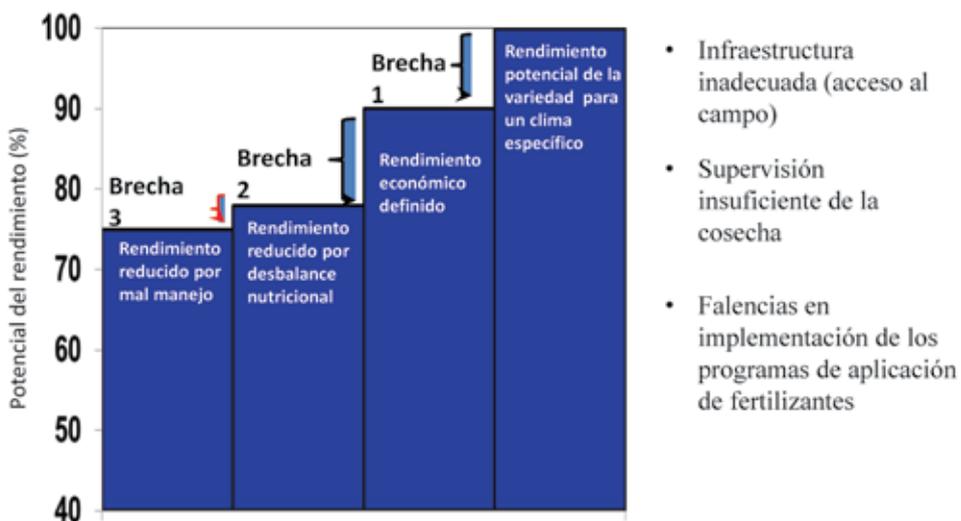
### Nivel de producción: brechas de producción



Factores de la producción - (Variables del objetivo estratégico)



### Brecha 3: rendimiento reducido por mal manejo



Extensión

## Definición de mejores prácticas de manejo

Conjunto de técnicas y métodos agronómicos que han demostrado ser los medios más rentables y viables para reducir la diferencia entre el rendimiento económico efectivo y su máximo, y minimizar el impacto del sistema de producción sobre el entorno, mediante la utilización eficaz de los insumos externos y los medios de producción.

Fuente: Fairhurst, Witt, Griffiths y Donough, 2009

Extensión

## Estructura costos de producción 2010 (%)

Rubro	Zona Central		Zona Norte		Zona Oriental	
	Promedio	Pequeño	Promedio	Pequeño	Promedio	Pequeño
Maquinaria	0,9%	0,7%	1,9%	0,4%	1,5%	3,5%
Infraestructura	0,9%	0,4%	0,9%	1,3%	0,6%	0,4%
Tierra	20,3%	30,4%	20,2%	35,7%	23,8%	34,5%
Periodo 0 y 1	3,1%	2,7%	2,5%	3,1%	2,4%	3,0%
<b>Total Fijo</b>	<b>25,1%</b>	<b>34,2%</b>	<b>25,4%</b>	<b>40,4%</b>	<b>28,3%</b>	<b>41,5%</b>
Mantenimiento	30,1%	34,5%	26,7%	28,2%	33,4%	40,2%
Cosecha	21,9%	17,0%	16,2%	20,1%	16,8%	10,6%
Transporte	9,1%	9,5%	3,6%	0,0%	4,9%	1,8%
Otros	5,7%	2,9%	10,9%	9,9%	6,6%	4,8%
<b>Total Variable</b>	<b>66,9%</b>	<b>63,8%</b>	<b>57,4%</b>	<b>58,2%</b>	<b>61,7%</b>	<b>57,5%</b>
Subtotal	92,1%	98,0%	82,8%	98,6%	90,0%	99,0%
Administrativo	7,9%	2,0%	17,2%	1,4%	10,0%	1,0%
<b>Gran Total</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>

Estructura similar aún cuando los niveles difieren. A nivel agregado, el costo variable es el más significativo. A nivel más desagregado, sobresale el costo de mantenimiento de palma.

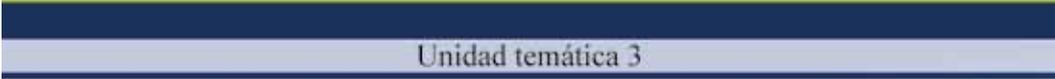




### Factores de riesgo en cualquier actividad

PROBABILIDAD	SEVERIDAD				
	1	2	3	4	5
	INSIGNIFICANTE	MENOR	MODERADA	MAYOR	GRAVE
5. CERTEZA	A	A	E	E	E
4. ALTA	M	M	A	E	E
3. MEDIA	B	B	M	A	E
2. BAJA	I	I	B	M	A
1. RARA	I	I	B	M	A

**E:** Riesgo extremo. Requiere acción inmediata. (Alta frecuencia alto impacto)  
**A:** Riesgo alto. Requiere atención de la alta gerencia. (De baja a alta frecuencia y de bajo a alto impacto)  
**M:** Riesgo medio. Requiere especificación de responsabilidad gerencial  
**B:** Riesgo bajo. Requiere procedimientos de rutina  
**I:** Riesgo inusual. (Baja frecuencia, bajo impacto)



# Herramientas estadísticas

Contenido

Extensión

## Estadística

Es la ciencia destinada al estudio de los fenómenos aleatorios. Está ligada con los métodos científicos en la toma, recopilación, organización, presentación y análisis de datos; tanto para la toma de decisiones razonables como para la deducción de conclusiones de acuerdo con tales análisis.

Extensión

## Clasificación

**Estadística descriptiva:** cuando se describe, analiza y representa un grupo de datos utilizando métodos numéricos y gráficos que resumen y presentan la información contenida en ellos.

**Estadística inferencial:** cuando apoyándose en el cálculo de probabilidades y a partir de datos muestrales, efectúa estimaciones, decisiones, predicciones y otras generalizaciones sobre un conjunto mayor de datos.

## Extensión

CLASIFICACIÓN DE LAS VARIABLES								
TIPO	CATEGÓRICAS (Pruebas No paramétricas)				NUMÉRICAS (Pruebas paramétricas)			
NATURALEZA	CUALITATIVAS				CUANTITATIVAS			
ESCALA	NOMINAL		ORDINAL		INTERVALO		RAZÓN	
DESCRIPCIÓN	Son palabras que describen categorías o nombres sin que exista un orden explícito en ellas		Posee las categorías ordenadas pero no permite cuantificar la distancia entre una categoría y otra		Tiene intervalos iguales y medibles. La diferencia entre las mediciones tiene significado. La variable puede asumir valores negativos		Tiene intervalos constantes entre valores, además de un origen. El 0 significa ausencia de individuos	
EJEMPLOS	Género	Estado civil	Instrucción	Intensidad	Temperatura	Hora del día	Peso	Hijos
VALOR	Masculino	Soltero	Primaria	Leve	Menos 10° C	5:00 a.m	12 kg	2
	Femenino	Casado	Secundaria	moderado	0° C	12 m	20 kg	3
		Unión libre	Universitaria	Severo	25° C	4 p.m	35 kg	5
			Posgrado		38° C			
OBSERVACIONES	<b>Dicotómicas:</b> Tienen dos categorías. Ejemplo: vivo, muerto. Arriba, abajo. Sano, enfermo. <b>Poltómica:</b> tienen más de dos valores.				<b>Continuas:</b> Se pueden medir. Ejemplo: temperatura, peso, talla, distancia, altura. <b>Discretas.</b> Se pueden contar. Solamente admiten números enteros			

## Extensión

## Definiciones

**Variable:** característica de la población que se analiza en el estudio estadístico.

**Datos:** son los hechos, medidas o números que han sido recopilados como resultados de observaciones; se deben reunir, analizar y resumir para su presentación e interpretación. Pueden ser cuantitativos o cualitativos.

**Individuos o elementos:** seres u objetos que contienen la información que se desea estudiar.

Extensión

## Medidas de dispersión

**Varianza:** es la media de los desvíos al cuadrado.  
Desviación estándar

Extensión

## Distribuciones de frecuencia

Es un resumen tabular de un conjunto de datos que muestra la cantidad de elementos en cada una de las diferentes clases que la conforman. Distribución de frecuencias con datos continuos y con datos categóricos.

### Frecuencias:

Absoluta  
Relativa  
Absoluta acumulada  
Relativa acumulada

Extensión

## Gráficas para variables categóricas

- Gráficas de barras
- y
- Gráfica de segmentos

Extensión

## Gráficas para describir variables numéricas

- Histogramas
- Ojivas
- Diagrama de tallo



Extensión

**Histograma:** es un gráfico formado por barras verticales sobre una línea recta horizontal delimitada por los intervalos de la variable mostrada. Los intervalos corresponden a los de una tabla de distribución de frecuencias. La altura de cada barra es proporcional al número de observaciones que hay en ese intervalo.

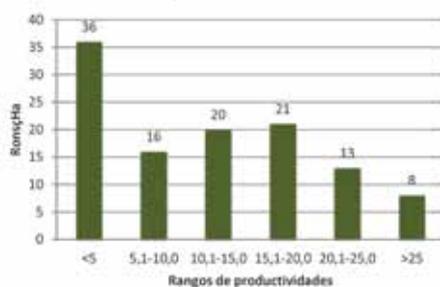


Extensión

**Ojiva:** llamada también gráfico de frecuencias acumuladas, es una línea que conecta puntos que son el porcentaje acumulado de observaciones situadas por debajo del límite superior de cada intervalo en una distribución de frecuencias acumuladas.

Extensión

Distribución de los predios por rangos de productividad

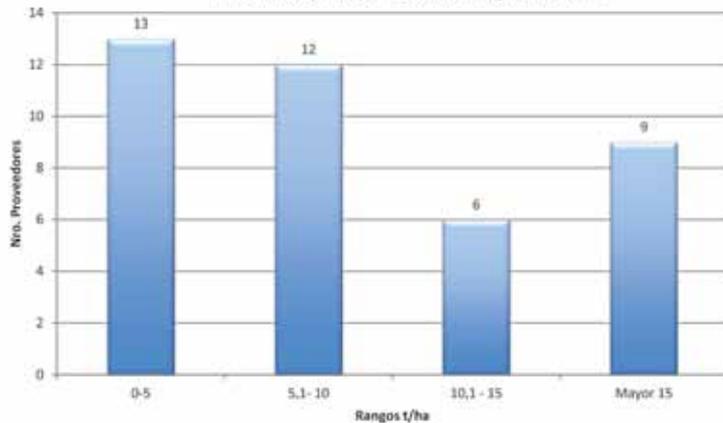


Calidad de la fruta recibida en planta. Febrero 2012



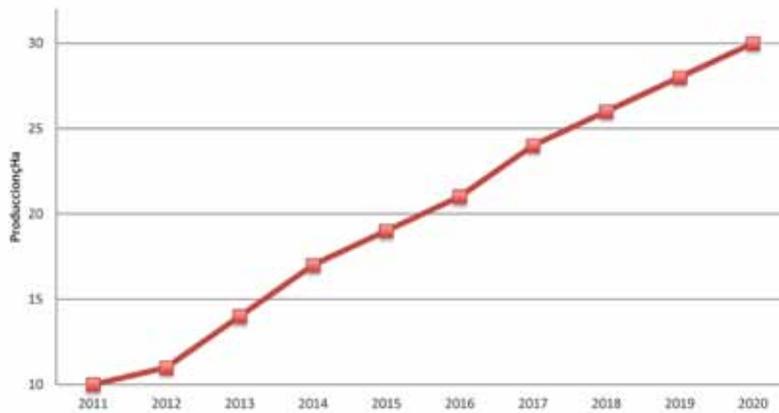
Extensión

Distribución Proveedores Grupo A. 2011



Extensión

Ejemplo de una ojiva. Incremento en la productividad de RFF en toneladas

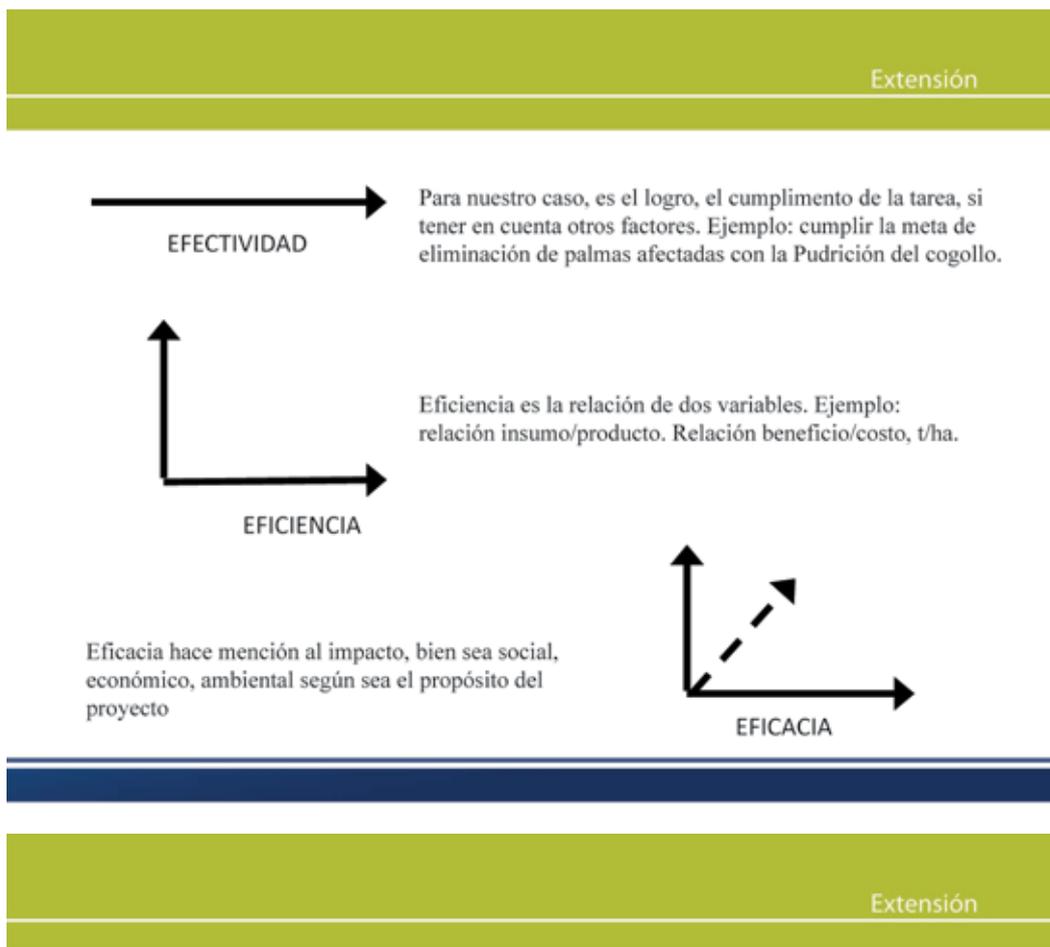


Extensión

#### Unidad temática 4

## Indicadores de eficiencia y eficacia en la producción del cultivo de la palma de aceite

◀ Contenido



### ¿Qué es un estándar?

En calidad se define como la mejor manera de obtener un resultado, producto o servicio. Esto implica un PROCESO

Ejemplos de procesos y de estándares

Extensión

## Indicadores de gestión

### ¿Indicadores sobre qué?

Lo fundamental no es lograr los resultados esperados, sino lograrlos con el mejor método y el más económico, *haciendo las cosas correctas, correctamente*.  
Por lo tanto, deben existir indicadores en *los factores críticos de éxito*.

Extensión

*El valor agregado de un indicador está relacionado directamente con la calidad y oportunidad de las decisiones que se puedan tomar a partir de la información que este brinda.*

Extensión

*“Si un indicador no es útil  
para tomar decisiones...  
No se debe tener”.*

Extensión

Características de un buen indicador

- ✓ Especificidad
- ✓ Confiabilidad
- ✓ Precisión
- ✓ Sensibilidad

Extensión

## Indicadores y los planes de acción en la gerencia de metas

### 1. Definir muy bien la meta

- 1.1 QUÉ (Objetivo) (R)
- 1.2 CUÁNTO (Cantidad) (Q)
- 1.3 PLAZO (T)

### 2. Elaborar un indicador gráfico

- 2.1 Lineal
- 2.2 Una sola idea
- 2.3 Visible

### 3. El plan de acción de las actividades

- 3.1 En una matriz
- 3.2 Consensuado por el equipo
- 3.3 Verificable

Taller. Elaboración de un cronograma en Excel.

Extensión

### Programa de actividades de abril a diciembre



## Bibliografía

1. Agüero J, y otro. Gestión de recursos para la producción de la finca palmera. Módulo de administración y gestión. Fedepalma, 2012.
2. José Ignacio Sanz Scovino, *Ph. D.* Borrador para el taller sobre el Objetivo Estratégico: Incrementar la productividad de la palmicultura colombiana. Reunión Comité Directivo, Diapositivas. Cenipalma, 2011.
3. Domínguez V. A. Manejo de la estadística en la empresa palmera. Módulo básico, Fedepalma, 2012.
4. Franco Bautista Pedro Nel. Contexto y sostenibilidad de la agroindustria de la palma de aceite. Módulo de cultivo. Fedepalma, 2012.
5. Fondo de Estabilización de Precios para el Palmiste, el Aceite de Palma y sus Fracciones. Bogotá. Disponible en: <http://www.fedepalma.org/documen2007/CartillaFedepalmaFondos2007.pdf>. Fedepalma, 2006.
6. Monitoreo de áreas de cultivo. Módulo de cultivo, Fedepalma, 2012.
7. Newbold y otros. Estadística para administración y economía. Pearson. Prentice Hall, 2010
8. Rubiano Calderón Gustavo. Manejo de información útil para la gestión de la finca palmera. Fedepalma, 2012.

**Centro de Investigación en Palma de Aceite - Cenipalma**

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

PBX: 208 6300 Fax: 244 4711

[www.cenipalma.org](http://www.cenipalma.org)