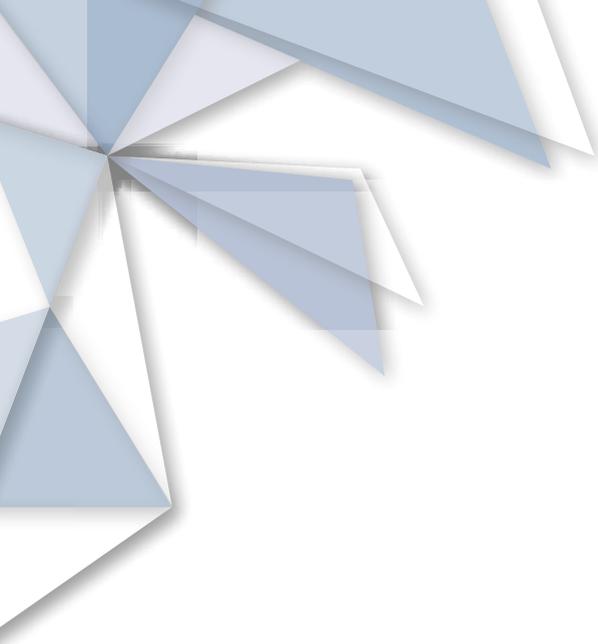




Mejores  
prácticas  
agroindustriales  
del cultivo de  
**la palma  
de aceite**  
en Colombia

Segunda edición





# Mejores prácticas agroindustriales del cultivo de **la palma de aceite** en Colombia

Segunda **edición**



## Mejores prácticas agroindustriales del cultivo de la palma de aceite en Colombia. Segunda edición

Publicación de la Corporación Centro de Investigación de Palma de aceite, Cenipalma, con el apoyo de Fedepalma-Fondo de Fomento Palmero y financiado con recursos del Convenio Especial de Cooperación N° 118 de 2017 suscrito entre el Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA, y la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, Fedepalma.

### **Fedepalma**

#### **Presidente Ejecutivo**

Jens Mesa Dishington

### **Cenipalma**

#### **Director General**

Alexandre Patrick Cooman

#### **Director Adjunto**

Fabio Zuluaga Álvarez

#### **Secretaria General**

Elzbieta Bochno Hernández

#### **Director Unidad de Extensión**

Jorge Alonso Beltrán Giraldo

#### **Compilador de la primera edición**

Pedro Alexander Pérez Rojas

#### **Coordinación Editorial**

Yolanda Moreno Muñoz

Esteban Mantilla

#### **Fotografía Portada**

Francisco Javier Toro Uribe

#### **Diseño y diagramación**

Fredy Johan Espitia Ballesteros

#### **Impresión**

Multi-impresos

**ISBN:** 978-958-8360-67-6

Octubre de 2017

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

Calle 98 # 70-91, Pisos 14 y 15

Centro Empresarial Pontevedra

PBX: (1) 3138600

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

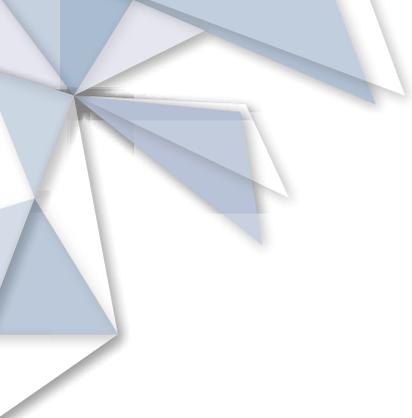
Bogotá, D.C. - Colombia

## Colaboradores

Jorge Alonso Beltrán Giraldo  
Hernán Mauricio Romero Angulo  
Álex Enrique Bustillo Pardey  
Jorge Stember Torres Aguas  
Jesús Alberto García Núñez  
Gabriel Andrés Torres Londoño  
Mauricio Mosquera Montoya  
Nolver Atanacio Arias Arias  
Iván Mauricio Ayala Díaz  
Eloina Mesa Fuquen  
Greicy Andrea Sarria Villa  
Carlos Mauricio Arango Uribe  
Nubia Rairán Cortés  
Álvaro Hernán Rincón Numpaque  
Jorge Andrés Jurado Agudelo  
Rosa Cecilia Aldana de la Torre  
Víctor Rincón Romero  
Angie Molina Villarreal  
Cristhian Peña Mejía  
Yurany Dayanna Rivera Méndez

Jorge Luis Torres León  
Rodrigo Ruiz Romero  
Carlos Andrés Fontanilla Díaz  
Gabriel Esteban Enríquez Castillo  
Juan Manuel Guerrero Moreno  
Édgar Ignacio Barrera González  
José Julián Monroy Rairán  
Diego Luis Molina López  
Tulia Esperanza Delgado Revelo  
Nidia Elizabeth Ramírez Contreras  
Carmenza Montoya Jaramillo  
Silvia Liliana Cala Amaya  
José Luis Quintero Rangel  
César Augusto Díaz Rangel  
Andrea López Zuluaga  
Elizabeth Ruiz Álvarez  
Mabyr Valderrama Villabona  
Edison Steven Daza  
Anderson Guerrero Sánchez





# Reconocimientos

La primera edición de este manual fue publicada en 2016 con ocasión de la celebración de los 25 años de la Corporación Centro de Investigaciones en Palma de Aceite, Cenipalma. José Ignacio Sanz Scovino<sup>1</sup> y Jorge Alonso Beltrán Giraldo<sup>2</sup> basados en los resultados de los diferentes proyectos de investigación y extensión que adelanta la corporación, socializados en la Reunión Anual de Investigadores, Validadores y Extensionistas llevada a cabo del 1 al 4 de diciembre de 2015 en Bogotá D.C. De esta manera se reconoce el esfuerzo de los coordinadores de programa, líderes, investigadores, extensionistas, validadores, auxiliares de campo y estudiantes pasantes, por su dedicación, esfuerzo y disciplina, al permitir esclarecer las condiciones y factores que otorgan al cultivo y beneficio de la palma de aceite las características que la diferencian y la hacen un negocio rentable, competitivo y sostenible. No menos importante son las contribuciones del personal técnico de los núcleos palmeros de todo el país, quienes con sus aprendizajes, fruto del ejercicio de sus cargos, investigaciones propias, alto nivel de discusión, creatividad y compromiso, acercan de manera efectiva los productos de Cenipalma a sus realidades y los convierten en herramientas para la productividad.

De otro lado, es justo presentar un agradecimiento especial a Pedro Alexander Pérez Rojas, por su comprometida labor de compilador y coordinador general de la primera edición.

---

1 Director General de Cenipalma hasta mayo de 2017.

2 Jefe de Validación de Resultados de Investigación, Transferencia de Tecnología y Capacitación hasta julio de 2017; actualmente es Director de Extensión de Cenipalma.





# Prólogo

El Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma, lleva 25 años cumpliendo con la misión de generar, adaptar, validar y transferir tecnología en el cultivo de la palma de aceite, su procesamiento y consumo.

Por la evolución misma del sector palmicultor y de sus necesidades, en estos 25 años Cenipalma ha cambiado de manera importante tanto su infraestructura como su forma de trabajar en los distintos programas y áreas, pero siempre con este encargo misional, desarrollando las actividades de investigación y extensión de manera transversal en temáticas y problemáticas de interés y prioritarias para el sector palmicultor colombiano.

Para obtener buenos resultados, la actividad palmera debe utilizar las mejores tecnologías disponibles desde la planeación del negocio, haciendo un adecuado manejo del cultivo en todas sus etapas y en las posteriores de cosecha, poscosecha y procesamiento. Solo el manejo integral y adecuado basado en el estudio preliminar y diseño de plantación, selección de materiales, supervisión del previvero y vivero, siembra en campo, manejo del cultivo con prácticas como establecimiento y uso de leguminosas, regulación nutricional y del recurso hídrico, control de malezas, polinización, manejo fitosanitario, cosecha, recolección y transporte del fruto, agricultura de precisión y mejores prácticas en la planta de beneficio, se puede pensar en aumentar la sanidad y la productividad del cultivo, así como la reducción de los costos de producción.

Nos es muy grato poner a disposición de los palmicultores este libro de aporte interdisciplinario a las Mejores Prácticas Agroindustriales, término que cubre todo el proceso desde la planeación del cultivo, su implementación y desarrollo, hasta el procesamiento.

Esperamos que esta publicación se convierta en una fuente de consulta permanente de los palmicultores para seguir aprovechando las tecnologías y las herramientas que la investigación y extensión de Cenipalma ponen a su disposición, lo que permitirá alcanzar la sostenibilidad de la palmicultura colombiana.

José Ignacio Sanz Scovino, PhD.  
Director General de Cenipalma<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Hasta mayo de 2017.





# Contenido

<b>Introducción.....</b>	<b>19</b>
<b>Generalidades de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia ....</b>	<b>21</b>
<b>Capítulo 1. Productividad .....</b>	<b>23</b>
1.1. Factores que afectan la productividad en el cultivo de la palma de aceite .....	25
1.2. Clasificación de factores que afectan la producción en el cultivo de la palma de aceite....	26
1.3. Factores climatológicos que inciden en la producción en el cultivo de la palma de aceite ...	26
1.4. Aspectos críticos que afectan negativamente la producción del cultivo de la palma de aceite en Colombia .....	27
1.5. Brechas tecnológicas que inciden en el rendimiento del cultivo de la palma de aceite...	28
1.6. Producción anual de racimos de fruta fresca (toneladas/hectárea) del cultivo de la palma de aceite.....	29
1.7. Comparación de la productividad anual de racimos de fruta fresca (toneladas/hectárea) del cultivo de la palma de aceite por zonas palmeras en Colombia de 2013 a 2015 .....	30
1.8. Rendimiento anual de la productividad de aceite de palma crudo (toneladas/hectárea)....	30
1.9. Comparación del rendimiento anual de la productividad de aceite de palma crudo (t/ha/año) por zonas palmeras en Colombia de 2013 a 2015 .....	31
1.10. Comparación de tasas de extracción anual de aceite de palma crudo (porcentaje de extracción) por zonas palmeras en Colombia de 2013 a 2015 .....	32
1.11. Comparación del rendimiento de aceite de palma crudo (toneladas/hectárea) de Indonesia, Malasia y Colombia de 2000 a 2014.....	32
<b>Capítulo 2. Nivel de adopción de tecnología.....</b>	<b>35</b>
2.1. Fases agronómicas de un cultivo de palma de aceite en producción y la escala de valores sugerida para calificar su nivel de adopción de tecnología .....	38
2.2. Calificación del nivel tecnológico para un área específica sembrada en palma de aceite...	39
2.3. Simulación de calificación del nivel tecnológico para tres zonas en producción de un núcleo palmero en un cultivo de palma de aceite .....	40
2.4. Resultados de calificación del nivel tecnológico del cultivo de la palma de aceite realizado en tres zonas palmeras de Colombia en el marco del proyecto “Cerrando brechas de productividad” durante el 2014 .....	41
2.5. Resultado del incremento en la producción de dos parcelas participantes en el proyecto “Cerrando brechas de productividad” durante el 2014, aplicando el paquete tecnológico de mejores prácticas agrícolas con énfasis en el manejo del recurso hídrico .....	42
2.6. Parcelas de mejores prácticas .....	44

<b>Capítulo 3. Mejores prácticas agrícolas en el cultivo de la palma de aceite .....</b>	<b>47</b>
3.1. Materiales genéticos en el cultivo de la palma de aceite.....	50
3.1.1. Importancia de la selección de materiales genéticos para ambientes geográficos específicos.....	51
3.1.2. Variables morfológicas a tener en cuenta para la selección de cultivares genéticos en el cultivo de la palma de aceite.....	52
3.1.3. Variables adicionales a tener en cuenta para la selección de cultivares genéticos en el cultivo de la palma.....	53
3.1.4. Formato de valoración de factores y aspectos críticos del suelo y del clima para determinar la situación potencial de producción en un ambiente geográfico específico para el establecimiento del cultivo de la palma de aceite.....	54
3.1.5. Los factores climáticos y el crecimiento de la palma de aceite .....	55
3.1.6. Efecto del ambiente en la producción del cultivo de la palma de aceite en dos zonas con diferentes comportamientos de sus factores climáticos.....	56
3.1.7. Cálculo matemático del rendimiento potencial agronómico del cultivo de la palma de aceite.....	56
3.1.8. Distribución de asimilados en el cultivo de la palma de aceite .....	57
3.1.9. Comportamiento de la relación de la fotosíntesis y producción de racimos en el cultivo de la palma de aceite.....	58
3.1.10. Tasas de fotosíntesis de diferentes materiales genéticos del cultivo de la palma de aceite sembrados en las cuatro zonas palmeras de Colombia .....	58
3.1.11. El potencial hídrico y la tasa fotosintética.....	59
3.1.12. Estrés hídrico .....	60
3.1.13. Respuesta fotosintética de tres líneas embriogénicas sometidas durante 32 y 66 días a diferentes condiciones hídricas del suelo.....	61
3.1.14. Relaciones hídricas y respiración foliar de tres líneas embriogénicas sometidas durante 32 y 66 días a diferentes condiciones hídricas del suelo .....	63
3.1.15. Déficit hídrico o sequía.....	63
3.1.16. Productividad y déficit hídrico anual (material: IRHO) .....	64
3.1.17. Comportamiento de la producción de un mismo material genético (LM2T x DA10D) en tres zonas diferentes bajo distintos factores climáticos en el cultivo de la palma de aceite de 6 a 10 años.....	64
3.1.18. Comportamiento de seis genotipos en dos ambientes específicos y situaciones hídricas diferentes medidos entre 2007 y 2012 en Colombia.....	65
3.1.19. Comportamiento de la productividad de racimos de fruta fresca (RFF/ha/año) en seis genotipos y dos ambientes específicos y situaciones hídricas diferentes, medidos entre 2007 y 2012 en Colombia.....	66
3.1.20. Comportamiento del potencial de aceite (kg/palma/año) en seis genotipos y dos ambientes específicos y situaciones hídricas diferentes medidos entre 2007 y 2012 en Colombia .....	67
3.1.21. Comportamiento de la productividad anual de racimos de fruta fresca por hectárea para 16 materiales genéticos de palma de aceite de seis a nueve años de edad en el Campo Experimental Palmar de La Vizcaína, Zona Central ....	68
3.1.22. Comportamiento de la productividad (t RFF/ha/año) para 16 materiales genéticos de palma de aceite de seis a nueve años de edad en el Campo Experimental Palmar de La Vizcaína, Zona Central .....	68
3.1.23. Comportamiento de la incidencia acumulada de la Pudrición del cogollo (PC) en 16 genotipos de palma de aceite de seis a nueve años de edad en el Campo Experimental Palmar de La Vizcaína, Zona Central .....	69

3.1.24. Prueba regional de materiales malosios – reacción a la PC .....	69
3.2. Diseño de una plantación de palma de aceite y siembra en campo .....	71
3.2.1. Estudios preliminares y su aplicabilidad para el diseño y establecimiento de un cultivo de palma de aceite.....	72
3.2.1.1. Estudios preliminares: requerimientos de suelo y clima altamente adecuados para el cultivo de la palma de aceite .....	72
3.2.1.2. Aplicabilidad del estudio preliminar sobre requerimientos de suelo y clima altamente adecuados para el establecimiento de un cultivo de la palma de aceite.....	73
3.2.1.3. Estudios preliminares: topográficos.....	74
3.2.1.4. Aplicabilidad del estudio preliminar topográfico para el establecimiento del cultivo de la palma de aceite .....	75
3.2.1.5. Estudios preliminares: caracterización del suelo .....	76
3.2.1.6. Aplicabilidad del estudio preliminar de caracterización del suelo para el diseño y establecimiento de un cultivo de palma de aceite .....	77
3.2.1.7. Estudios preliminares: aspectos legales y ambientales .....	78
3.2.1.8. Aplicabilidad de los estudios preliminares sobre aspectos legales y ambientales para el diseño y establecimiento de un cultivo de palma de aceite en Colombia .....	79
3.2.2. Diseño de una plantación para el cultivo de la palma de aceite.....	80
3.2.2.1. Análisis del movimiento superficial del agua .....	81
3.2.2.2. Diseño de drenajes .....	82
3.2.2.3. Diseño del sistema de riego .....	83
3.2.2.4. Diseño de vías .....	84
3.2.2.5. Diseño de lotes .....	85
3.2.2.6. Orientación del cultivo de la palma de aceite.....	86
3.2.2.7. Diseño de unidades de manejo agronómico (UMA) .....	87
3.2.3. Siembra en campo del cultivo de la palma de aceite .....	88
3.2.3.1. Planeación de la siembra .....	88
3.2.3.2. Preparación del suelo para la siembra.....	89
3.2.3.3. Implementos agrícolas que se utilizan en la preparación del suelo.....	90
3.2.3.4. Siembra de coberturas.....	91
3.2.3.5. Trazado y demarcación de los puntos para siembra.....	92
3.2.3.6. Cálculo de número de palmas a sembrar con diferentes densidades de siembra en una hectárea.....	93
3.2.3.7. Ahoyado y preparación del sitio definitivo de siembra.....	93
3.2.3.8. Alistamiento de las plantas en el vivero para su transporte .....	94
3.2.3.9. Transporte de las plántulas al sitio definitivo para la siembra.....	95
3.2.3.10. Características de una palma óptima para la siembra.....	96
3.2.3.11. Siembra de la palma en el sitio definitivo .....	97
3.3. Diseño, implementación y manejo del previvero y vivero del cultivo de la palma de aceite.....	98
3.3.1. Tipos de vivero en el cultivo de la palma de aceite.....	99
3.3.2. Planeación del proceso de establecimiento y manejo de previvero y vivero .....	100
3.3.3. Establecimiento de un vivero de dos fases (previvero y vivero) .....	101
3.3.3.1. Selección de la semilla para su siembra .....	102

3.3.3.2. Cálculo del número de semillas necesarias para implementar un vivero.....	103
3.3.3.3. Ejercicio: cálculo del número de semillas necesarias para implementar un vivero .....	104
3.3.3.4. Selección del sitio para el vivero.....	104
3.3.3.5. Diseño y estimación del área del previvero para el cultivo de la palma de aceite.....	105
3.3.3.6. Diseño y estimación del área del vivero para el cultivo de la palma de aceite..	107
<b>3.3.4. Manejo del previvero y vivero del cultivo de la palma de aceite.....</b>	<b>108</b>
3.3.4.1. Preparación del sustrato para el llenado de bolsas en vivero.....	109
3.3.4.2. Efecto de la aplicación de enmiendas para reducir la saturación de aluminio intercambiable en el sustrato de palmas de vivero.....	110
3.3.4.3. Efecto de la aplicación de micorrizas en el desarrollo vegetativo de la palma de aceite en vivero .....	110
3.3.4.4. Efecto de la aplicación de boro (B) en el desarrollo vegetativo de la palma de aceite en vivero .....	111
3.3.4.5. Efecto de la incorporación de nutrimentos previo al trasplante en vivero de dos fases .....	112
3.3.4.6. Uso de fertilizantes de liberación lenta en palmas de vivero.....	113
3.3.4.7. Efecto del uso de diferentes fertilizantes de liberación lenta y porcentaje de dosis de nitrógeno (N) en el crecimiento del bulbo en palmas de vivero.....	113
3.3.4.8. Selección de bolsas para el cultivo de la palma de aceite en las fases de previvero y vivero .....	114
3.3.4.9. Llenado de la bolsa o encapachado.....	115
3.3.4.10. Siembra de la semilla en la bolsa de previvero .....	116
3.3.4.11. Distanciado de bolsas en vivero.....	117
3.3.4.12. Recomendaciones para la aplicación de fertilizantes en vivero .....	118
3.3.4.13. Programa general de fertilización en la fase de vivero para palma de aceite ( <i>Elaeis guineensis</i> ) .....	119
3.3.4.14. Programa de fertilización en la fase de vivero para palma de aceite en híbridos OxG .....	120
3.3.4.15. Requerimiento hídrico en vivero de la palma de aceite en Colombia.....	120
3.3.4.16. Requerimientos hídricos para <i>Elaeis guineensis</i> e híbridos OxG en vivero....	122
3.3.4.17. Sistemas de riego del cultivo de la palma de aceite en la fase de vivero.....	123
3.3.4.18. Manejo fitosanitario de plántulas de palma de aceite en la fase de vivero.....	124
3.3.4.19. Identificación y manejo de enfermedades que afectan las plántulas de palma de aceite en la fase de vivero .....	125
3.3.4.20. Control de malezas en la fase de vivero.....	129
3.3.5. Descarte de palmas anormales en la fase de vivero .....	130
3.3.6. Identificación y características de palmas anormales en las fases de previvero y vivero .....	131
3.3.7. Producción de racimos de palmas con anomalías (kg/palma).....	135
3.3.8. Preparación para el despacho de las palmas de vivero al sitio de siembra.....	136
<b>3.4. Establecimiento y manejo de leguminosas como cobertura en el cultivo de la palma de aceite .....</b>	<b>137</b>
3.4.1. Beneficios de las leguminosas como cobertura en el cultivo de la palma de aceite.....	138

3.4.2. Coberturas de leguminosas más utilizadas en el cultivo de palma de aceite en Colombia.....	140
3.4.3. Establecimiento de coberturas leguminosas en el cultivo de la palma de aceite .....	144
3.4.3.1. Preparación adecuada del suelo para la siembra de coberturas leguminosas.....	144
3.4.3.2. Selección y acondicionamiento de semillas de leguminosas.....	147
3.4.3.3. Siembra de coberturas leguminosas en el cultivo de la palma de aceite .....	150
3.4.4. Evaluación del porcentaje de cobertura de leguminosas en siembras nuevas del cultivo de la palma de aceite en Colombia.....	154
3.4.5. Evaluación de la cantidad de materia seca producida de cobertura de leguminosas en siembras nuevas del cultivo de la palma de aceite en Colombia....	155
3.4.6. Cobertura de <i>Mucuna bracteata</i> , <i>Desmodium maquenque</i> y <i>Mucuna pruriens</i> establecidas en palma de aceite adulta en el departamento del Meta, Colombia ...	156
3.4.7. Producción de materia seca para <i>Mucuna bracteata</i> , <i>Desmodium maquenque</i> y <i>Mucuna pruriens</i> a los dos años de su establecimiento en el departamento del Meta, Colombia.....	157
3.4.8. Coberturas promisorias para siembras nuevas de palma de aceite y para cultivos con edades de cinco años en las diferentes zonas palmeras de Colombia .....	158
3.5. Suelos para el cultivo de la palma de aceite .....	159
3.5.1. Representatividad del área establecida del cultivo de la palma de aceite en Colombia.....	160
3.5.2. Distribución porcentual de los tipos de suelos donde se encuentra establecido el cultivo de la palma de aceite en Colombia .....	160
3.5.3. Requerimiento de los suelos para el cultivo de la palma de aceite.....	161
3.5.4. El problema de los suelos ácidos .....	162
3.5.5. Manejo de la acidez del suelo.....	163
3.5.6. Pruebas de reactividad de enmiendas .....	164
3.5.7. Enmiendas comúnmente utilizadas en el cultivo de la palma de aceite en Colombia.....	165
3.5.8. Evaluación del efecto de la neutralización de la acidez del suelo, causado por alta saturación de aluminio (Al), aplicando enmiendas en San Pablo, sur de Bolívar, Colombia.....	166
3.5.9. Evaluación del comportamiento del porcentaje de saturación de calcio (Ca) en el suelo, como resultado de la aplicación de enmiendas en San Pablo, sur de Bolívar, Colombia.....	166
3.5.10. Corrección del desbalance de bases en el suelo .....	167
3.6. Manejo nutricional del cultivo de la palma de aceite .....	168
3.6.1. Principales nutrimentos y sus funciones en el cultivo de la palma de aceite .....	169
3.6.2. Niveles de nutrientes en el suelo aplicables al cultivo de la palma de aceite.....	171
3.6.3. Niveles críticos en el tejido foliar (hoja 17) aplicables al cultivo de la palma de aceite.....	172
3.6.4. Síntomas asociados con deficiencias nutricionales en el cultivo de la palma de aceite .....	173
3.6.4.1. Deficiencia de nitrógeno (N).....	174
3.6.4.2. Deficiencia de fósforo (P) .....	174
3.6.4.3. Deficiencia de potasio (K) .....	175
3.6.4.4. Deficiencia de magnesio (Mg).....	175
3.6.4.5. Deficiencia de boro (B) .....	176

3.6.5. Uso y aplicabilidad de la biomasa como cubierta protectora ( <i>mulch</i> ) alrededor del plato en el cultivo de la palma de aceite .....	176
3.6.5.1. Beneficios de la aplicación de la biomasa alrededor del plato en el cultivo de la palma de aceite.....	177
3.6.5.2. Diferentes tipos de biomasa (materia orgánica) .....	178
3.6.5.3. Diferentes cantidades de racimos desfrutados (tusas), aplicados al cultivo de la palma de aceite.....	179
3.6.5.4. Incremento en la producción de racimos en el cultivo de la palma de aceite por efecto de la aplicación de racimos desfrutados (tusas) en el municipio de Sabana de Torres, Santander, en la Zona Central de Colombia .....	180
3.7. Requerimiento y manejo del recurso hídrico.....	182
3.7.1. Relación suelo-agua .....	183
3.7.2. Clases y estados del agua en el suelo.....	184
3.7.3. Relación planta-agua .....	185
3.7.4. Requerimiento hídrico en el cultivo de la palma de aceite .....	186
3.7.5. Requerimiento hídrico para <i>Elaeis guineensis</i> en etapa productiva en palmas de 10 a 15 años de edad de siembra en la Zona Norte de Colombia.....	187
3.7.6. Balance hídrico (BH).....	188
3.7.6.1. Balance hídrico climático.....	189
3.7.6.2. Balance hídrico agrícola .....	189
3.7.6.3. Balance hídrico diario .....	190
3.7.7. Sistemas de riego .....	191
3.7.7.1. Riego por superficie .....	192
3.7.7.2. Riego por aspersión .....	196
3.7.7.3. Riego por goteo .....	197
3.7.8. Sistemas de drenajes.....	198
3.7.8.1. Sistemas de drenaje superficial .....	199
3.7.8.2. Drenaje subterráneo.....	201
3.7.9. Piezómetros y su aplicabilidad .....	203
3.8. Labores culturales .....	204
3.8.1. Control de malezas .....	205
3.8.1.1. Plateo manual.....	206
3.8.1.2. Plateo químico.....	207
3.8.1.3. Recomendaciones para minimizar el riesgo químico en el operario.....	208
3.8.1.4. Plateo mecánico.....	209
3.8.2. Control de malezas en las calles de cosecha y palera del cultivo de la palma de aceite.....	210
3.8.2.1. Control manual de malezas .....	211
3.8.2.2. Control mecánico de malezas .....	212
3.8.2.3. Control químico de malezas .....	213
3.8.3. Mantenimiento de drenajes.....	213
3.8.3.1. Limpieza de drenajes.....	214
3.8.3.2. Rocería de drenajes .....	215
3.8.4. Poda.....	216
3.8.4.1. Poda sanitaria .....	217



3.8.4.2. Poda general.....	218
3.8.4.3. Corte y ubicación de las hojas podadas .....	219
<b>3.8.5. Polinización asistida.....</b>	<b>220</b>
3.8.5.1. Estados fenológicos de antesis y fin de la floración en <i>Elaeis guineensis</i> .....	221
3.8.5.2. Estados fenológicos de antesis y fin de la floración en híbrido interespecífico OxG.....	222
3.8.5.3. Recomendaciones para un proceso exitoso de polinización asistida .....	223
<b>3.9. Manejo fitosanitario .....</b>	<b>224</b>
<b>3.9.1. Manejo fitopatológico .....</b>	<b>225</b>
3.9.1.1. Concepto y tipos de enfermedad .....	226
3.9.1.2. Enfermedades más comunes del cultivo de la palma de aceite en Colombia .....	227
3.9.1.3. Mejores prácticas agrícolas que previenen la presencia de enfermedades en el cultivo de la palma de aceite.....	258
<b>3.9.2. Manejo entomológico del cultivo de la palma de aceite.....</b>	<b>261</b>
3.9.2.1. Principales insectos-plaga en el cultivo de la palma de aceite en Colombia ...	262
3.9.2.2. Las mejores prácticas agrícolas son fundamentales para mitigar el ataque de insectos-plaga en los ecosistemas palmeros .....	316
<b>3.10. Mejores prácticas en el proceso de cosecha, recolección y transporte de fruto de palma de aceite .....</b>	<b>329</b>
3.10.1. Importancia del proceso de cosecha en el cultivo de la palma de aceite .....	329
3.10.2. Relación de la formación de aceite y el desprendimiento natural de frutos.....	330
3.10.3. Comportamiento del desprendimiento de frutos después de la maduración del racimo para <i>Elaeis guineensis</i> .....	331
3.10.4. Criterios de cosecha .....	332
3.10.5. Ciclos de cosecha .....	333
3.10.6. Efecto de un ciclo de cosecha largo en el rendimiento de la mano de obra para el caso <i>E. guineensis</i> .....	334
3.10.7. Estimativos de producción de racimos de fruta fresca (RFF) en el cultivo de la palma de aceite .....	335
3.10.7.1. Cuantificación, recorrido y porcentaje de palmas a observar .....	335
3.10.7.2. Identificación y registro de estructuras productivas.....	336
3.10.7.3. Cálculo de estimativo de producción para determinar el potencial productivo de racimos de fruta fresca (RFF).....	336
<b>3.10.8. Metodología para el proceso de la cosecha.....</b>	<b>337</b>
3.10.8.1. Alistamiento del equipo de cosecha .....	338
3.10.8.2. Preparación física y utilización de los elementos de seguridad industrial....	338
3.10.8.3. Recorrido del equipo de cosecha dentro de la parcela .....	339
3.10.8.4. Momento del corte del racimo.....	339
3.10.8.5. Alce del racimo y recolección de frutos sueltos .....	340
3.10.8.6. Transporte y descargue de racimos y frutos sueltos a los centros de acopio de la parcela .....	341
3.10.8.7. Tipos de transporte para evacuar los racimos y frutos dentro de la parcela al centro de acopio.....	342
3.10.8.8. Comparación de rendimiento de mano de obra en el proceso de cosecha, recolección y transporte de fruto dentro de la parcela .....	343

3.10.8.9. Alce y transporte de racimos para la planta de beneficio .....	344
3.10.8.10. Conformación de equipos de trabajo para cosecha mecánica con tractor y remolque hidráulico .....	345
3.11. Mejores prácticas agronómicas asociadas a una agricultura de precisión .....	346
3.11.1. Selección del sitio apto y realización del inventario cartográfico .....	347
3.11.2. Importancia de la historia del lugar a cultivar .....	350
3.11.3. Implementación del sistema de trazabilidad del cultivo .....	352
3.11.4. Estado de los nutrimentos en el cultivo .....	355
3.11.5. Detección oportuna de disturbios en el cultivo .....	357
<b>Capítulo 4. Mejores prácticas en plantas de beneficio .....</b>	<b>361</b>
4.1. Materia prima .....	363
4.1.1. Descripción del fruto.....	363
4.1.2. Crecimiento del fruto y formación del aceite .....	364
4.1.3. Criterios de calidad de los racimos en tolva.....	365
4.1.4. Parámetros de calidad de los racimos en tolva para <i>Elaeis guineensis</i> .....	366
4.1.5. Acumulación de pérdidas de aceite en campo (Aceite/RFF): caso plantaciones Zona Central, Colombia.....	371
4.1.6. Potencial de aceite calculado por calidad de fruto: caso Zona Central, Colombia .....	372
4.1.7. Comportamiento del potencial de aceite en el fruto y la tasa de extracción en planta de beneficio: caso Zona Central, Colombia.....	372
4.1.8. Comportamiento del porcentaje de extracción de aceite con relación al estado fitosanitario del cultivo de la palma de aceite.....	373
4.1.9. Comportamiento del porcentaje de Ácidos Grasos Libres (AGL) en palmas con problemas fitosanitarios.....	373
4.1.10. Impurezas que afectan el proceso de beneficio del fruto.....	374
4.1.11. Impacto negativo de impurezas provenientes de proveedores de fruto sobre el desempeño de una planta de beneficio en la Zona Central durante 2015 .....	375
4.1.12. Consolidado de pérdidas que afectan el potencial de aceite de palma crudo ....	376
4.2. Mejores prácticas de laboratorio.....	377
4.2.1. Calidad del aceite.....	377
4.2.2. Calidad de almendra .....	378
4.2.3. Calidad de torta de palmiste .....	378
4.2.4. Balance de pérdidas del aceite y almendra de palma .....	379
4.2.5. Producción de fruto frente al cálculo anual de pérdidas de aceite a nivel nacional .....	380
4.3. Descripción y mejoramiento de procesos en la extracción de aceite de palma.....	381
4.3.1. Recepción de racimos de fruta fresca (RFF).....	382
4.3.2. Esterilización .....	383
4.3.2.1. Tipos de tecnología en el proceso de esterilización .....	384
4.3.2.2. Automatización en el proceso de esterilización.....	387
4.3.2.3. Expansión de vapor por la tubería de condensados de esterilización.....	388
4.3.3. Desfrutado.....	389
4.3.3.1. Dosificación de racimos al tambor desfrutador.....	390

4.3.4. Digestión y prensado .....	391
4.3.4.1. Mejoras en la digestión y prensado .....	393
4.3.4.2. Automatización del prensado .....	394
4.3.4.3. Prensado de tusa.....	395
4.3.5. Clarificación .....	396
4.3.5.1. Mejoramiento en la dilución de licor de prensas.....	397
4.3.5.2. Preclarificadores.....	397
4.3.5.3. Clarificación estática .....	398
4.3.5.4. Clarificación dinámica.....	399
4.3.5.5. Esquema y ventajas del proceso de clarificación dinámica .....	400
4.3.6. Secado del aceite de palma crudo .....	401
4.3.7. Almacenamiento de aceite de palma crudo.....	401
4.3.8. Desfibración .....	402
4.3.9. Palmistería.....	403
4.3.10. Mejoras en el proceso de palmistería .....	404
4.3.11. Evaluación preliminar de nuevas tecnologías en planta de beneficio .....	405
4.3.12. Optimización de la medición del Potencial Industrial de Aceite .....	410
4.4. Mejores prácticas de gerencia integral en plantas de beneficio.....	413
4.4.1. Plan de excelencia industrial: programa de mejoramiento continuo .....	414
4.4.2. Estrategias de alta dirección en plantas de beneficio .....	416
4.5. Mejores prácticas de gerencia integral en plantas de beneficio.....	417
4.5.1. Plan de excelencia industrial: programa de mejoramiento continuo .....	418
4.5.2. Diagnóstico e identificación de potenciales de mejora .....	419
4.5.3. Identificación del consumo de energía eléctrica en planta de beneficio .....	420
4.5.4. Estrategias de uso eficiente de energía eléctrica .....	421
4.5.5. Estrategias de reducción de consumo de agua .....	423
4.5.6. Estrategias de aumento de eficiencia en generación de vapor .....	424
4.5.7. Estrategias de alta dirección en plantas de beneficio .....	425
<b>Capítulo 5. Costos de producción para el cultivo de la palma de aceite en Colombia .....</b>	<b>427</b>
5.1. Contexto Mundial.....	429
5.2. Metodología para estimación de costos de producción.....	430
5.3. Productividad en plantaciones de palma colombianas .....	430
5.4. Participación de los rubros en el costo de producción por material .....	432
5.5. Costo de producción de RFF por subzona en el 2015 .....	434
5.6. Costos de producción de aceite de palma crudo.....	435
<b>Bibliografía.....</b>	<b>437</b>





# Introducción

Las mejores prácticas agroindustriales del cultivo de la palma de aceite se refieren a todas las actividades agrícolas, industriales, económicas, sociales, legales y ambientales que se deben realizar de manera armoniosa, pertinente y oportuna, con el fin de ser competitivos y sostenibles.

Para lograr tal competitividad a nivel mundial, los cultivadores de palma de aceite y beneficiadores de fruto deben adoptar y adaptar dichas prácticas para mejorar la productividad, bajar costos de producción y aprovechar la versatilidad de los productos que se generan a partir del proceso de beneficio de fruto.

En los últimos tres años, el promedio nacional de producción de racimos de fruta fresca ha oscilado entre 14,9 y 16,6 t/ha y entre 3,1 y 3,4 t/ha de producción de aceite de palma crudo. Sin embargo, durante el 2016 la productividad en el país cayó en 10,3 % y se estimó que a nivel nacional el costo de una tonelada de racimos de fruto fresco (RFF) pasó de \$ 245.000 en 2015 a \$ 275.000 en 2016. En términos de aceite de palma crudo (APC), también se consideró la tasa de extracción de aceite (TEA), la que, según los reportes oficiales del Sistema de Información Estadística del Sector Palmero (Sispa), refleja una caída generalizada en 2016. Esto dejó a Colombia en una situación desfavorable frente al mercado internacional, por lo que es fundamental implementar y generar una cultura empresarial integral de competitividad, cerrando brechas en capital humano y productividad.

A partir de los registros de las parcelas de mejores prácticas agrícolas con productores líderes que se encuentran a lo largo y ancho del país palmero y que cuentan con una trayectoria de cuatro años, se estableció un incremento del 1 % de la productividad, en contraste con la disminución en un 10,3 % para todo el país. En síntesis, los resultados obtenidos en dichas parcelas permiten afirmar que la implementación de la tecnología disponible mitiga el impacto de aquellos factores climáticos que atentan contra la productividad.

Hasta aquí nos hemos referido a las mejores prácticas para el manejo de cultivo y del procesamiento de aceite. Sin embargo, el entorno actual exige al productor que quiera acceder a mercados como el europeo y el estadounidense, cumplir con los requisitos de la RSPO. Es decir, que produzca Aceite de Palma Certificado Sostenible (CSPO, por sus siglas en inglés). Hemos de enfatizar que con el área sembrada en Colombia, cada tonelada extra de aceite que se produzca se orientará a atender el mercado internacional, luego, es condición para el acceso a este que se cuente con la certificación mencionada.

Así, el primer paso para pensar en ingresar al mercado internacional es tener un aceite competitivo y para conseguirlo se deben adoptar las mejores prácticas disponibles. A renglón seguido las empresas de esta agroindustria requieren incorporar en su agenda las temáticas sociales y de respeto por el medioambiente, que entran a jugar un rol fundamental para ofertar el producto a nivel mundial. El principal mercado de destino para el APC colombiano es la Unión Europea en donde el comprador prefiere el consumo de aceites sostenibles.

Este libro consta de cinco capítulos, desarrolla temas de productividad, adopción de tecnología, mejores prácticas agrícolas y en plantas de beneficio, y menores costos de producción. Para la debida comprensión de los temas se emplea un lenguaje sencillo acompañado de material gráfico.

# Generalidades de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia



■ Panorámica de una plantación de palma de aceite. Foto: Toro, F. (2012).

El cultivo de la palma de aceite se introdujo en Colombia a comienzos del siglo XX, pero comercialmente se inició en la década de los años 50. Hoy esta agroindustria sobresale como un sector estratégico de talla mundial, según el Programa de Transformación Productiva del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo del Gobierno Nacional. En 2016 se contaba con cerca de 512.000 hectáreas sembradas en 152 municipios de 21 departamentos, logrando una producción de 1.146.000 toneladas de aceite de palma crudo, generando más de 160.000 empleos, y cuya formalidad supera el 60 %. Los trabajadores ganan en promedio un 7,3 % del salario mínimo mensual vigente por jornal colombiano, lo que les permite tener mejores condiciones de vida. Además, durante la última década una de cada cuatro hectáreas sembradas se ha hecho bajo el modelo de negocios inclusivos.



## Autores

*Pedro Alexander Pérez Rojas*

*Jorge Alonso Beltrán Giraldo*

*Jorge Stember Torres Aguas*

*Jesús Alberto García Núñez*



# Capítulo

# 1

Productividad





■ Frutos de *E. guineensis* en palma joven. Foto: Ospitia, R. (2004).

Es la capacidad o el nivel de producción por unidad de superficie de tierras cultivadas, de trabajo o equipos industriales, y está asociada con la eficiencia y el tiempo.

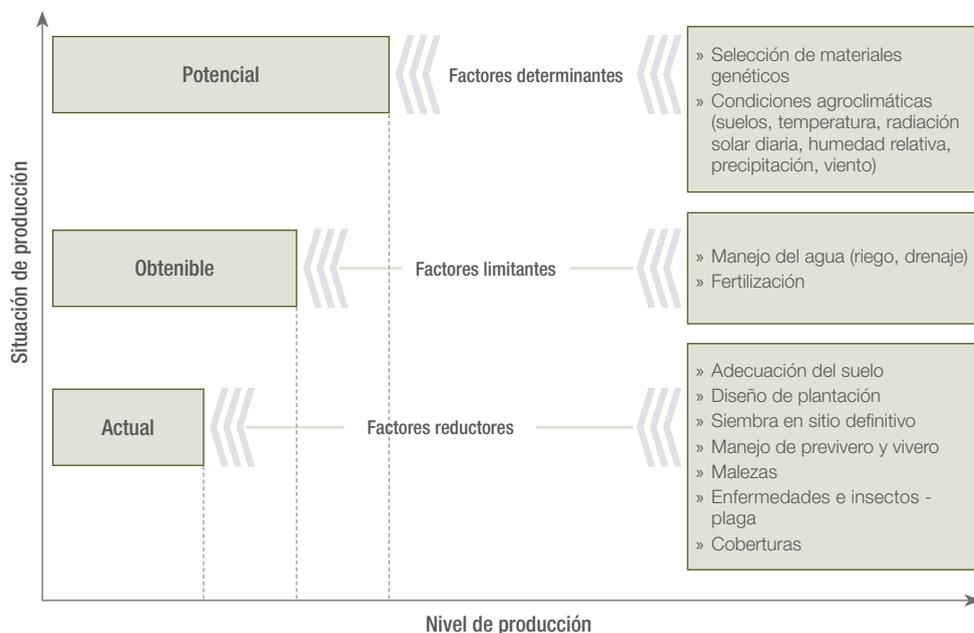
### 1.1. Factores que afectan la productividad en el cultivo de la palma de aceite

Para mejorar la productividad en el cultivo de la palma de aceite es fundamental lograr la adecuada combinación de factores como: tierra, mano de obra, capital y tecnología (mejores prácticas agrícolas e industriales en las plantas de beneficio).



■ Palmas *E. guineensis*. Foto: Toro, F. (2012).

## 1.2. Clasificación de factores que afectan la producción en el cultivo de la palma de aceite



■ Fuente: Rabbinge (1993).

## 1.3. Factores climatológicos que inciden en la producción en el cultivo de la palma de aceite

Elemento climático	Altamente adecuado	Adecuado	Moderadamente adecuado	Inadecuado
Precipitación (mm/año)	2.000 - 2.500	2.500 - 3.000 1.700 - 2.000	3.000 - 4.000 1.400 - 1.700	> 5.000 < 1.100
Temperatura (°C)	26 - 29	29 - 32 23 - 26	32 - 34 20 - 23	> 36 < 20
Época seca (meses)	0	1	2 - 4	> 6
Radiación solar diaria (MJ/m <sup>2</sup> /día)	16 - 17	17 - 19 14 - 16	19 - 21 11 - 14	> 23 < 8
Viento (m/s)	< 10	10 - 15	15 - 25	> 40

■ Fuente: Goh (2000).

## 1.4. Aspectos críticos que afectan negativamente la producción del cultivo de la palma de aceite en Colombia

Problemas críticos	Zonas palmeras en Colombia			
	Norte	Central	Oriental	Suroccidental
Toxicidad por aluminio (Al)		x	x	x
Déficit hídrico	x	x	x	x
Exceso hídrico (inundaciones temporales)		x		x
Altas temperaturas	x			x
Ataque de insectos-plaga	x	x	x	x
Presencia de enfermedades	x	x	x	x

El cultivo de la palma de aceite en Colombia tiene diferentes aspectos limitantes para potencializar su producción, tales como: toxicidad por aluminio, problemas hídricos, temperatura y problemas fitosanitarios. Como lo muestra la tabla anterior, estos se acentúan en unas zonas geográficas más que en otras.



■ Canales limpios y en buenas condiciones. Fotos: Fedepalma

## 1.5. Brechas tecnológicas que inciden en el rendimiento del cultivo de la palma de aceite



■ Parcela con adopción de tecnología.



■ Parcela sin adopción de tecnología. Fotos: Pérez, P.

La fotografía superior muestra una parcela con adopción de mejores prácticas agrícolas: siembra de coberturas de leguminosas, buen estado de mantenimiento, manejo nutricional y fitosanitario; mientras que en la inferior, se observa un lote con presencia de gramíneas, desbalance nutricional y problemas fitosanitarios.

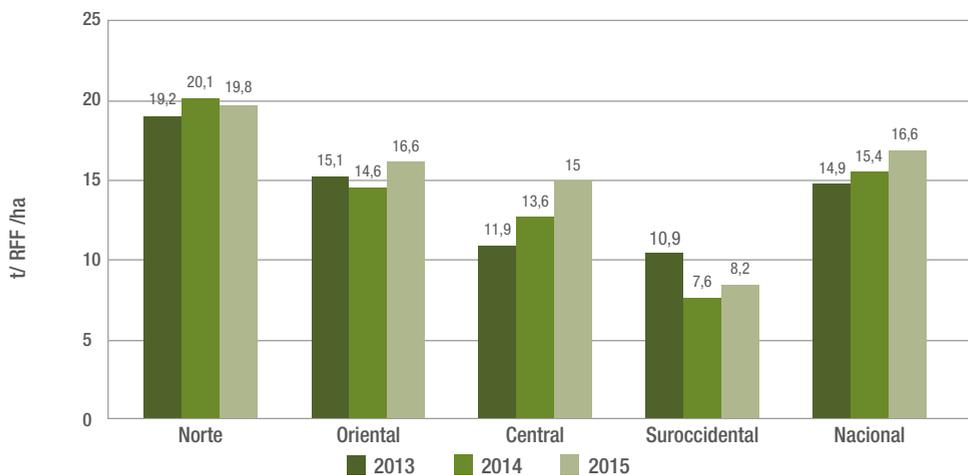
## 1.6. Producción anual de racimos de fruta fresca (toneladas/hectárea) del cultivo de la palma de aceite



■ Racimos de palma de aceite en el centro de acopio. Foto: Toro, F. (2012).

El rendimiento anual de la producción de racimos de fruta fresca es un indicador que se calcula dividiendo el número de toneladas obtenidas en un año entre el número de hectáreas en producción. Es un indicador que varía dependiendo de factores determinantes (germoplasma y condiciones climáticas), limitantes (manejo del agua, fertilización y aplicación de biomasa) y reductores (adecuación del suelo, manejo de previvero y vivero, control de malezas, manejo fitosanitario, establecimiento de coberturas, cosecha y transporte).

### 1.7. Comparación de la productividad anual de racimos de fruta fresca (toneladas/hectárea) del cultivo de la palma de aceite por zonas palmeras en Colombia de 2013 a 2015



■ Fuente: Fedepalma-Sispa (2016).

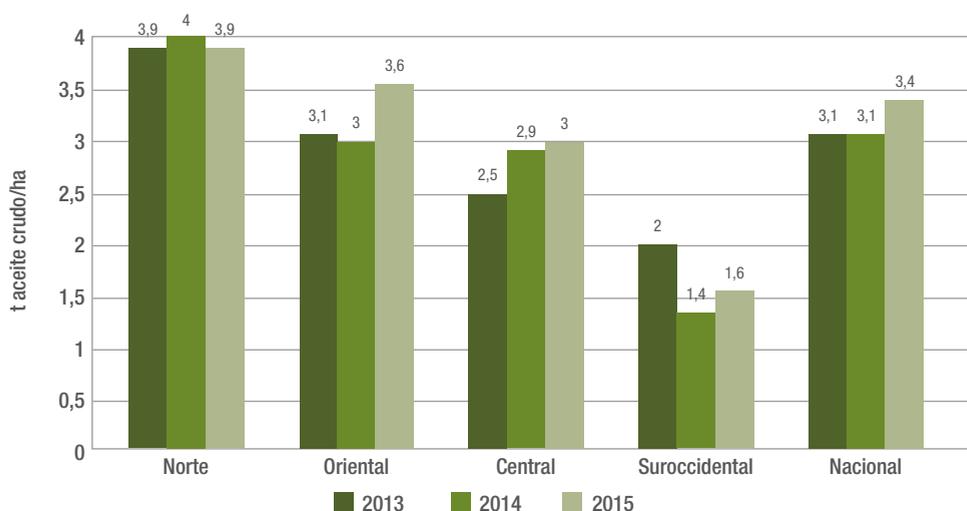
### 1.8. Rendimiento anual de la productividad de aceite de palma crudo (toneladas/hectárea)



■ Aceite de palma crudo. Fotos: (izq.) Fedepalma y (der.) Toro, F. (2012).

El aceite de palma crudo se extrae de la pulpa (mesocarpio) del fruto. Su tasa de extracción se calcula dividiendo la cantidad de toneladas de aceite producido entre las toneladas de fruto procesado. Este indicador varía dependiendo de la relación y aplicabilidad de mejores prácticas agrícolas y de procesamiento agroindustrial, con metodologías adecuadas y equipos modernos que cumplan requerimientos técnicos, ambientales, económicos y sostenibles.

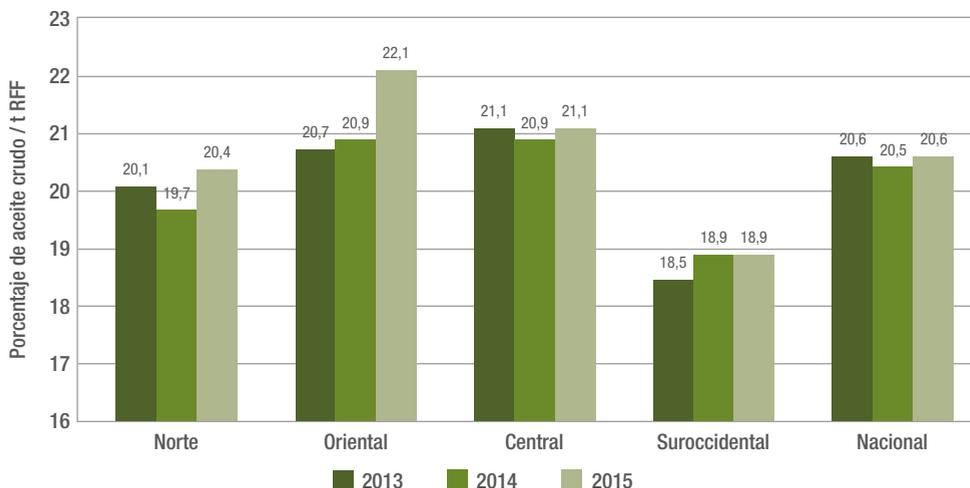
## 1.9. Comparación del rendimiento anual de la productividad de aceite de palma crudo (t/ha/año) por zonas palmeras en Colombia de 2013 a 2015



■ Fuente: Fedepalma-Sispa (2016).

El rendimiento anual de productividad de aceite de palma crudo por hectárea ha tenido un crecimiento paulatino en los últimos tres años pasando de 3,1 a 3,4 t/aceite/ha/año, cifras que se deben mejorar para ser competitivos en el mercado mundial. Para este caso, los valores bajos de productividad presentados para la Zona Suroccidental obedecen a que las siembras son jóvenes. La adopción de mejores prácticas agrícolas e industriales optimiza el rendimiento de producción de aceite crudo por hectárea.

## 1.10. Comparación de tasas de extracción anual de aceite de palma crudo (porcentaje de extracción) por zonas palmeras en Colombia de 2013 a 2015

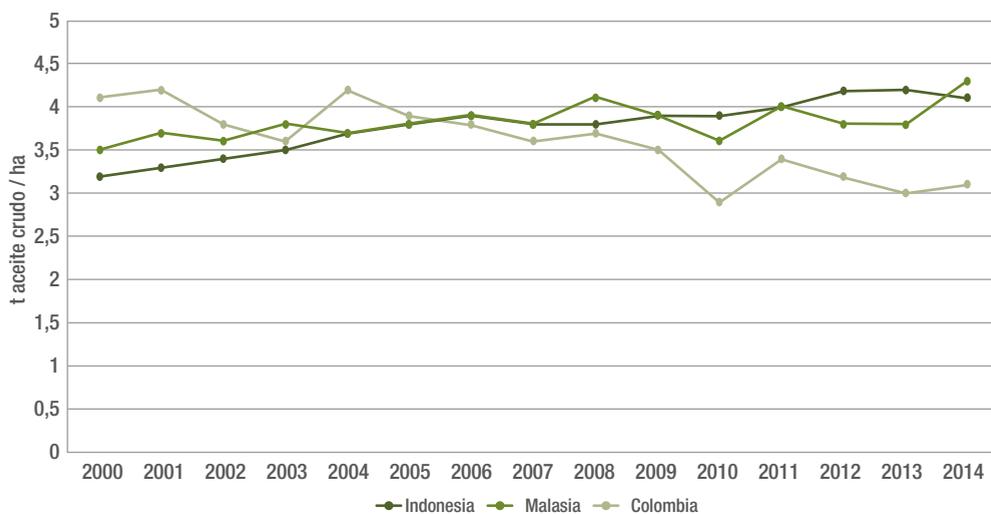


■ Fuente: Fedepalma-Sispa (2016).

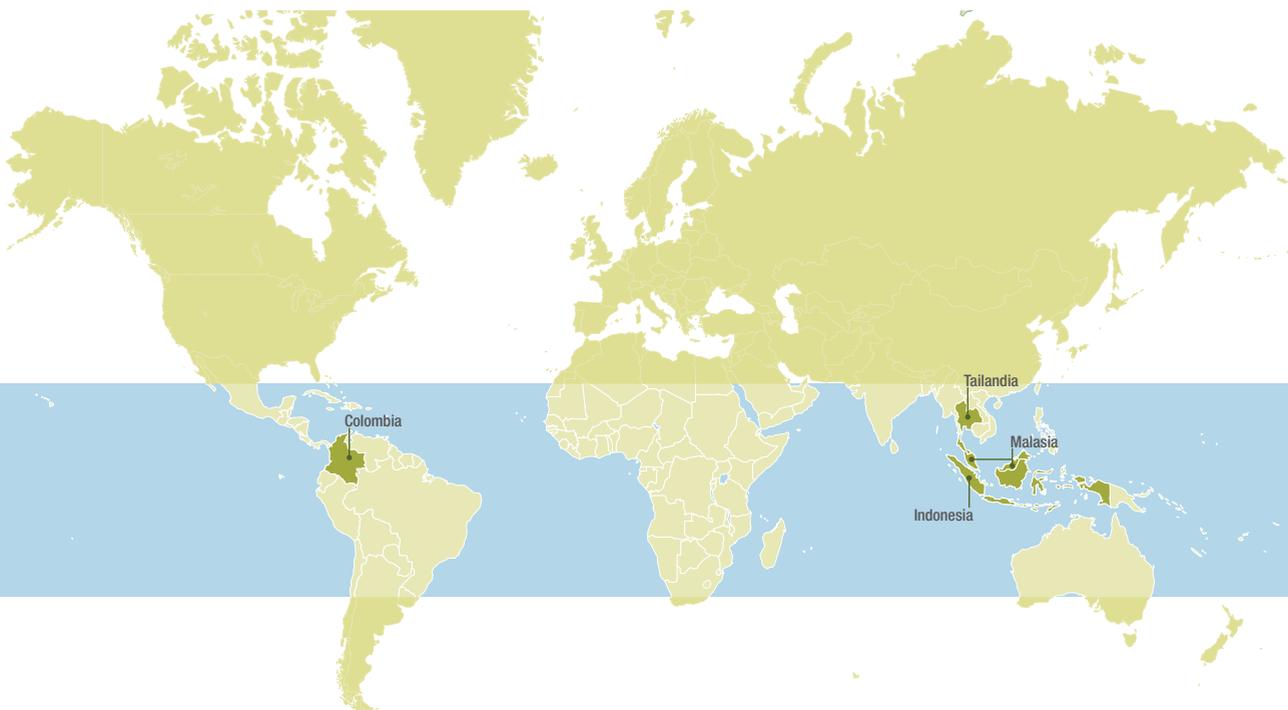
Los mayores rendimientos de producción de t/RFF/ha se dan en la Zona Norte. Sin embargo, los mejores comportamientos de tasa de extracción de aceite de palma crudo se presentan en las zonas Central y Oriental, con niveles superiores a 21 % debido a la combinación de mejores prácticas agrícolas e industriales en las plantas de beneficio.

## 1.11. Comparación del rendimiento de aceite de palma crudo (toneladas/hectárea) de Indonesia, Malasia y Colombia de 2000 a 2014

Actualmente Colombia es el cuarto productor mundial de aceite de palma crudo después de Indonesia, Malasia y Tailandia, con una producción en 2015 de 1.270.000 toneladas, lo que representa una participación a nivel mundial de 1,87 %. Sin embargo, el rendimiento de producción por hectárea no es el deseado, debido a que en el periodo 2004-2012 gran porcentaje del área sembrada correspondía a cultivos inmaduros, con la particularidad de pertenecer especialmente a productores de pequeña escala que demandan implementación de mejores prácticas agroindustriales en el cultivo de la palma de aceite y en sus plantas de beneficio.



■ Fuente: Oil World Annual (2014) - Fedepalma – Sispa (2014).



■ Grandes productores. Fuente: Oil World Annual (2014).



## **Autores**

*Jorge Alonso Beltrán Giraldo*

*Alcibádes Hlnestroza Córdoba*

*Juan Manuel Guerrero*

*Gabriel Esteban Enriquez Castillo*

*José Luis Quintero Rangel*

*Blanca Yasmín Penagos Ulloa*

*Ruth Eunice Salazar Ramírez*

# Capítulo

# 2

Nivel de adopción  
de tecnología







■ Transporte de racimos por cablevía. Foto: Fedepalma

Es la medida de adopción y adaptación de mejores prácticas agroindustriales aplicadas en el cultivo de la palma de aceite que permite realizar una evaluación integral de su manejo técnico, ambiental y económico, y de sus diferentes fases agronómicas, con el fin de proponer planes de mejoramiento para incrementar su productividad, competitividad y sostenibilidad.

## Capítulo 2

### 2.1. Fases agronómicas de un cultivo de palma de aceite en producción y la escala de valores sugerida para calificar su nivel de adopción de tecnología



■ A. Lectura de insectos-plaga. B. Control fitosanitario. C. Aplicación de enmiendas. D. Acopio de racimos. Fotos: Toro, F.

Fases agronómicas de un cultivo de palma de aceite en producción	Valor máximo (**)
Establecimiento del cultivo	20
Labores culturales	10
Manejo nutricional (**)	30
Manejo fitosanitario (**)	25
Cosecha y producción	15
Total de puntos y/o calificación del nivel tecnológico	100

(\*) Los valores máximos de cada fase agronómica dependen de las condiciones más limitantes de cada zona

(\*\*) Los manejos nutricional y fitosanitario son considerados los de mayor impacto en el proceso productivo del cultivo de la palma de aceite, por ende su mayor valor asignado y sugerido.

■ Fuente: P. Franco, N. Arias, J. Beltrán (2012).

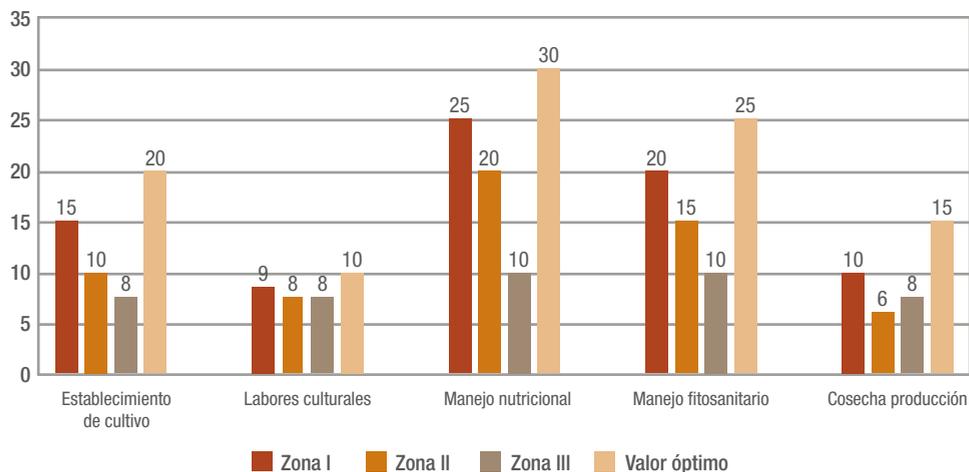
## 2.2. Calificación del nivel tecnológico para un área específica sembrada en palma de aceite



■ Calificación del nivel tecnológico en una plantación de palma de aceite. Foto: Ospitia, R.

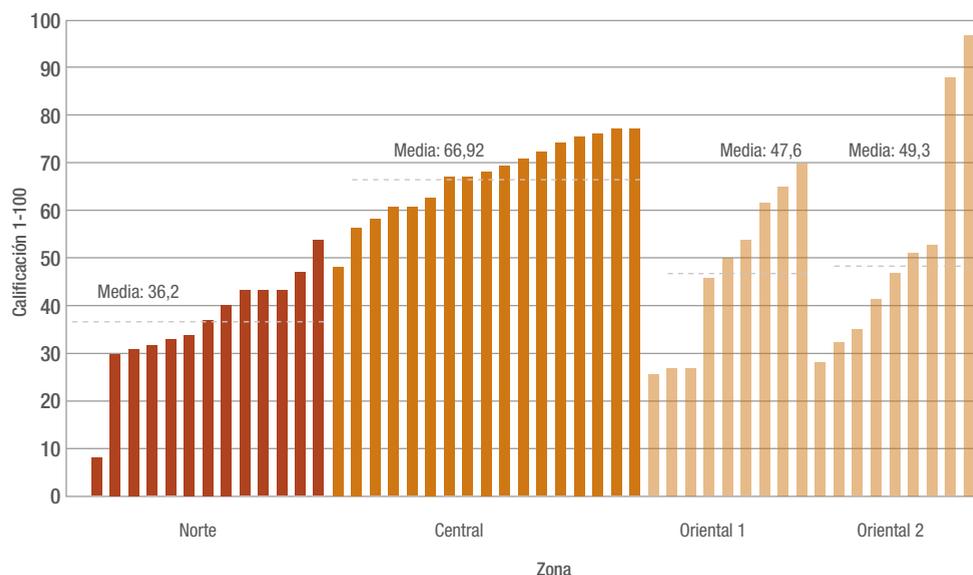
La calificación del nivel tecnológico se realiza mediante la asignación de un puntaje a un lote, grupo de lotes, finca o plantación y/o una zona con cultivos de palma de aceite en producción. Puede alcanzar hasta un máximo de 100 puntos, que indican que el paquete tecnológico de mejores prácticas agrícolas se está adoptando y aplicando de manera adecuada. Es de anotar que a los componentes o fases agronómicas se les puede asignar un mayor puntaje sin exceder el máximo óptimo de acuerdo con su importancia o impacto en la productividad.

## 2.3. Simulación de calificación del nivel tecnológico para tres zonas en producción de un núcleo palmero en un cultivo de palma de aceite



Fases agronómicas	Valor máximo asignado	Zona I		Zona II		Zona III	
		No. Plantaciones	No. Hectáreas	No. Plantaciones	No. Hectáreas	No. Plantaciones	No. Hectáreas
		30	578	72	697	38	570
Establecimiento del cultivo	20	15	15	8			
Labores culturales	10	9	9	8			
Manejo nutricional	30	25	25	10			
Manejo fitosanitario	25	20	20	10			
Cosecha y producción	15	10	10	8			
<b>Total (Calificación del nivel tecnológico)</b>	<b>100</b>	<b>79</b>	<b>79</b>	<b>44</b>			

## 2.4. Resultados de calificación del nivel tecnológico del cultivo de la palma de aceite realizado en tres zonas palmeras de Colombia en el marco del proyecto “Cerrando brechas de productividad” durante el 2014



■ Fuente: Ruiz, E. (2014).

El resultado de la evaluación inicial del nivel tecnológico para las tres zonas palmeras que participaron en el proyecto “Cerrando brechas de productividad”, estima una calificación media y baja sobre la adopción de mejores prácticas agrícolas. Estos resultados son útiles para proponer planes de mejoramiento de las fases agronómicas de manera individual y/o regional, con el fin de incrementar la productividad y sostenibilidad del cultivo de la palma de aceite.

## 2.5. Resultado del incremento en la producción de dos parcelas participantes en el proyecto “Cerrando brechas de productividad” durante el 2014, aplicando el paquete tecnológico de mejores prácticas agrícolas con énfasis en el manejo del recurso hídrico



Parcela con riego. Foto: Mercado, A.



Parcela sin riego. Foto: Pérez, P.

Variables	Producción anual t RFF / ha	
	Con riego	Sin riego
Con adopción tecnológica integral (máximo observado)	40	25
Con adopción tecnológica integral	30	20
Con adopción tecnológica limitada	24	14

RFF: racimos de fruta fresca.

■ Fuente: Cenipalma

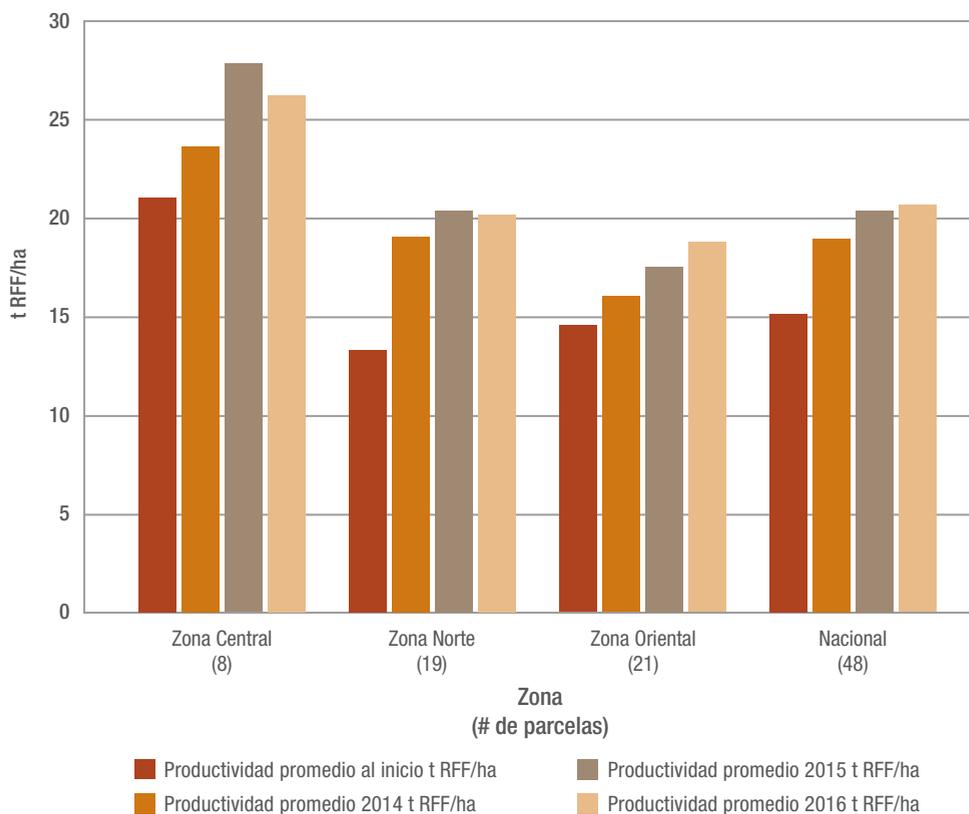
La tabla anterior indica que el mejor resultado de producción de racimos de fruta fresca por hectárea se presentó al aplicar el paquete tecnológico de mejores prácticas agrícolas de manera integral y con énfasis en el manejo del recurso hídrico, obteniendo una producción anual de 40 t/RFF/ha; mientras que la menor producción se evidenció en la parcela con adopción tecnológica limitada y sin manejo del recurso hídrico, produciendo anualmente tan solo 14 t/RFF/ha.

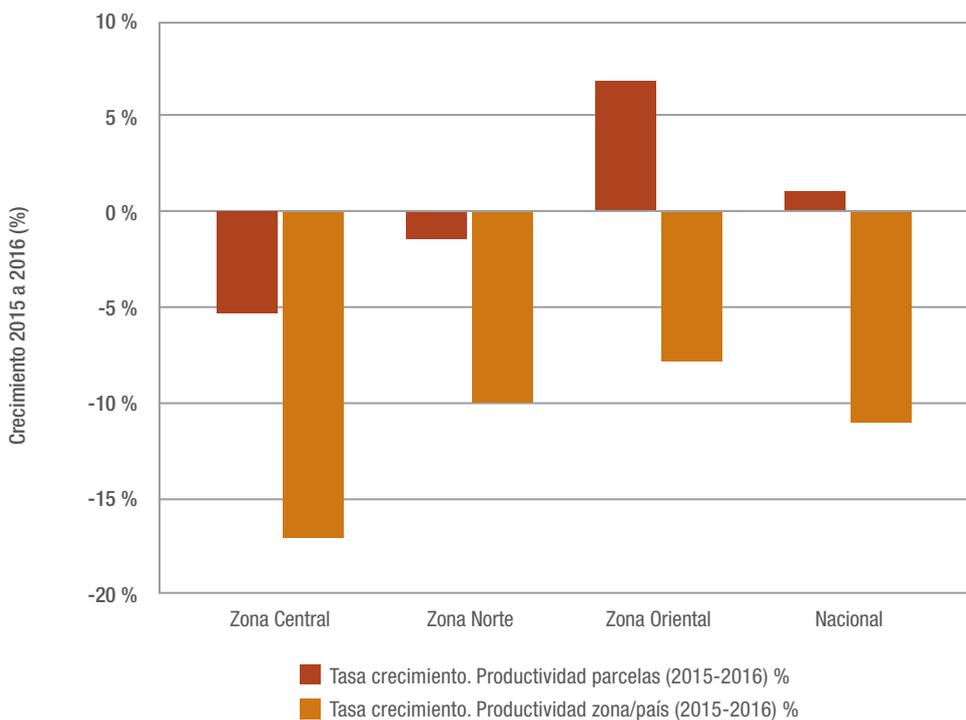


■ Corona de palma de aceite híbrida con mejor productividad. Foto: Toro, F.

## 2.6. Parcelas de mejores prácticas

En 2016 Cenipalma lideró con los núcleos palmeros 109 parcelas de mejores prácticas con productores líderes, en las que se sumaban los elementos de nutrición balanceada, humedad adecuada del suelo, biomasa alrededor del plato y atención oportuna de plagas y enfermedades. En 48 de esas parcelas se realizó un trabajo con una trayectoria superior a los cuatro años. Es de destacar que estas se encuentran a lo largo y ancho del país palmero, y que se han establecido en productores de todas las escalas. La principal conclusión en 2016 es que mientras la productividad en Colombia cayó en 10,3 %, en esas parcelas hubo un incremento del 1 %. En síntesis, los resultados obtenidos en las parcelas de mejores prácticas permiten afirmar que la implementación de la tecnología disponible mitiga el impacto de aquellos factores climáticos que atentan contra la productividad.





## Autores

- 3.1. Materiales genéticos en el cultivo de la palma  
*Hernán Mauricio Romero, Rodrigo Ruiz Romero, Iván Mauricio Ayala Díaz, Edison Steve Daza y Yurany Dayanna Rivera Méndez*
- 3.2. Diseño de una plantación de palma de aceite y siembra en campo  
*Édgar Ignacio Barrera González, Nubia de los Ángeles Rairán Cortés, José Jullán Monroy Rairán y José Luis Quintero Rangel*
- 3.3. Diseño, implementación y manejo del previvero y vivero del cultivo de la palma de aceite  
*Nolver Atanacio Arias Arias*
- 3.4. Establecimiento y manejo de leguminosas como cobertura en el cultivo de la palma de aceite  
*Álvaro Hernán Rincón Numpaqué, Diego Luis Molina López y Tullia Esperanza Delgado Revelo*
- 3.5. Suelos para el cultivo de la palma de aceite en Colombia  
*Diego Luis Molina López, Jorge Stember Torres Aguas y Nolver Atanacio Arias Arias*
- 3.6. Manejo nutricional del cultivo de la palma de aceite  
*Nolver Atanacio Arias Arias, Diego Luis Molina López y Juan Manuel Guerrero*
- 3.7. Requerimiento y manejo del recurso hídrico  
*Jorge Stember Torres Aguas y Tullia Esperanza Delgado Revelo*
- 3.8. Labores culturales  
*Nubia de los Ángeles Rairán Cortés, Diego Luis Molina López, Juan Manuel Guerrero, Edison Steve Daza, Rodrigo Ruiz Romero y Iván Mauricio Ayala Díaz*
- 3.9. Manejo fitosanitario
  - 3.9.1. Materiales genéticos en el cultivo de la palma  
*Greicy Andrea Sarría Villa y Carlos Mauricio Arango Uribe*
  - 3.9.2. Materiales genéticos en el cultivo de la palma  
*Rosa Cecilia Aldana de la Torre y Álex Enrique Bustillo Pardey*
- 3.10. Mejores prácticas en el proceso de cosecha, recolección y transporte de la palma de aceite  
*Hernán Mauricio Romero, Rodrigo Ruiz Romero, Iván Mauricio Ayala Díaz, Mauricio Mosquera Montoya y Carlos Andrés Fontanilla Díaz*
- 3.11. Mejores prácticas agronómicas asociadas a una agricultura de precisión  
*Jorge Luis Torres León, Víctor Orlando Rincón Romero, Osmar Barrera Agudelo, Andrea Zabala Quimbayo y Angie Molina Villarreal*

A person wearing a wide-brimmed hat and a light-colored long-sleeved shirt is watering young palm plants in a nursery. The person is holding a silver bucket and pouring water onto the plants. The background shows a gravel path and several green support poles. The scene is brightly lit, suggesting a sunny day.

# Capítulo

# 3

Mejores prácticas  
agrícolas en el cultivo  
de la palma de aceite





- Parcelas con aplicación de biomasa alrededor de la palma y establecimiento de coberturas leguminosas. Foto: Pérez, P.

Es el conjunto de actividades o labores agronómicas que, aplicadas de manera adecuada y oportuna, conducen a mejorar el estado y productividad del cultivo de la palma de aceite haciéndolo más competitivo y sostenible. Algunas de las mejores prácticas agrícolas que mayor impacto generan son: selección de materiales genéticos para ambientes específicos, diseño de la plantación; el establecimiento de previveros y viveros, uso de leguminosas como coberturas, diseño y aplicación del programa nutricional, aplicación de biomasa alrededor de la palma, manejo integrado del recurso hídrico, manejo fitosanitario, aplicabilidad de la geomática hacia una agricultura de precisión y optimización de los procesos de cosecha, así como la recolección y transporte de fruto.

## Capítulo 3

### 3.1. Materiales genéticos en el cultivo de la palma de aceite



■ Producción de racimos en materiales híbridos OxG en Tumaco, Nariño. Foto: Toro, F.



■ Producción de racimos en material *Elaeis guineensis* en San Martín, Cesar. Foto: Pérez, P.

### 3.1.1. Importancia de la selección de materiales genéticos para ambientes geográficos específicos



■ Palma de aceite híbrido interespecífico OxG. Foto: Toro, F.

Resulta clave identificar los cultivares genéticos de palma de aceite para un ambiente geográfico específico (genotipo x ambiente) cuando se quieren alcanzar los potenciales productivos. Adicionalmente, se deben conocer la morfología y los estados fenológicos de los cultivares debido a que cada uno de ellos tiene características diferentes en el crecimiento y desarrollo, que se ven afectadas por las condiciones agroclimáticas y el estado fitosanitario en cada zona geográfica.

## Capítulo 3

### 3.1.2. Variables morfológicas a tener en cuenta para la selección de cultivares genéticos en el cultivo de la palma de aceite



■ A. Número de racimos. B. Peso del racimo. C. Longitud del raquis. D. Altura de la palma.  
Fotos: Ospitia, R. y Pérez, P.

Las variables morfológicas que más inciden en la selección de cultivares genéticos son: número de racimos, peso del racimo, longitud de las hojas y crecimiento vertical de la palma.

### 3.1.3. Variables adicionales a tener en cuenta para la selección de cultivares genéticos en el cultivo de la palma



- A. Relación peso mesocarpio/fruto. B. Contenido aceite/fruto. C. Relación frutos/racimo. D. Tolerancia a problemas fitosanitarios. E. Tolerancia al déficit y/o exceso hídrico. Fotos: Pérez, P., Fedepalma y Ospitia, R.

Se deben tener en cuenta otras características en la selección de cultivares genéticos como son: alta relación de mesocarpio/fruto, alta relación de contenido de aceite/fruto, perfil de ácidos grasos, alta relación de frutos/racimo, resistencia a enfermedades y tolerancia al déficit y/o exceso hídrico, entre otras.

### Capítulo 3

#### 3.1.4. Formato de valoración de factores y aspectos críticos del suelo y del clima para determinar la situación potencial de producción en un ambiente geográfico específico para el establecimiento del cultivo de la palma de aceite

Factor y/o aspecto	Altamente adecuado	Adecuado	Moderadamente adecuado	Inadecuado
Cultivar genético				
Calidad del suelo (prop. físicas)				
Calidad del suelo (prop. químicas)				
Toxicidad con elementos menores (Al)				
Compactación del suelo				
Salinidad				
Infiltración				
Temperatura				
Radiación solar diaria				
Precipitación				
Disponibilidad de agua				
Déficit hídrico				
Exceso hídrico				
Velocidad del viento				
Malezas				
Enfermedades				
Insectos-plaga				
Contaminantes				

■ Tabla guía o modelo de valoración de aspectos críticos. Fuente: Cenipalma

Antes de seleccionar el cultivar a sembrar en un sitio específico es fundamental realizar un diagnóstico inicial de los factores que inciden directamente en la productividad del cultivo de la palma de aceite, con el fin de tomar decisiones técnicas acertadas para su establecimiento.

### 3.1.5. Los factores climáticos y el crecimiento de la palma de aceite

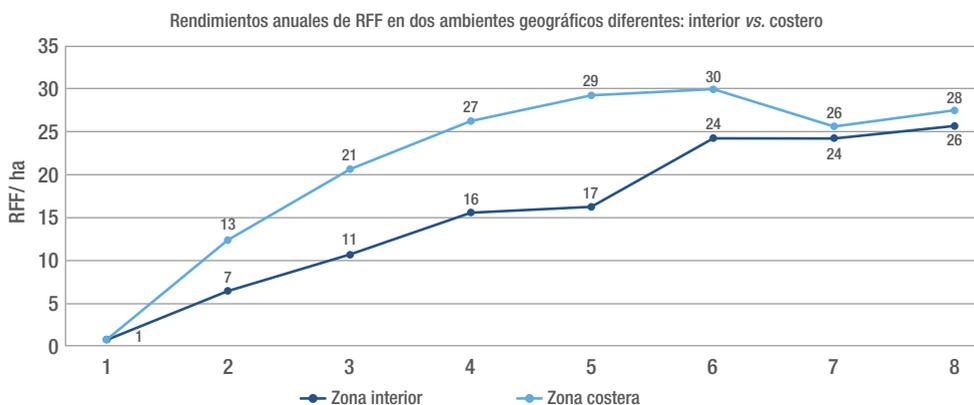


■ Vista aérea de una zona específica, seleccionada para sembrar palma de aceite. Foto: Fedepalma

Según Hartley (1988) y Goh (2000), los factores climáticos que inciden con mayor impacto en la producción de racimos de fruta fresca son: precipitación anual y su distribución, temperatura media diaria, horas mínimas de brillo solar por día, radiación solar por día, humedad relativa y velocidad moderada del viento. La variabilidad de cada factor influye en los rendimientos de racimos de fruta fresca de un ambiente geográfico específico y, por lo tanto, no se puede generalizar acerca de los requerimientos climáticos.

### Capítulo 3

#### 3.1.6. Efecto del ambiente en la producción del cultivo de la palma de aceite en dos zonas con diferentes comportamientos de sus factores climáticos



■ Fuente: Henson I. E. (1997).

La gráfica muestra que las diferencias en producción para un mismo material genético se presenta cuando las condiciones geográficas y los factores climáticos difieren.

#### 3.1.7. Cálculo matemático del rendimiento potencial agronómico del cultivo de la palma de aceite

$$C = (R_0 \times R_I \times E \times IC) \times (T \times P)$$

Donde:

C: Rendimiento agronómico de la especie cultivada

R<sub>0</sub>: Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA) que incide en el dosel

R<sub>I</sub>: Fracción de RFA interceptada por el dosel

E: Eficiencia fotosintética del cultivo, normalmente expresada como unidad de materia seca producida por unidad de RFA. También conocida como Uso Eficiente de la Radiación Solar (UERS)

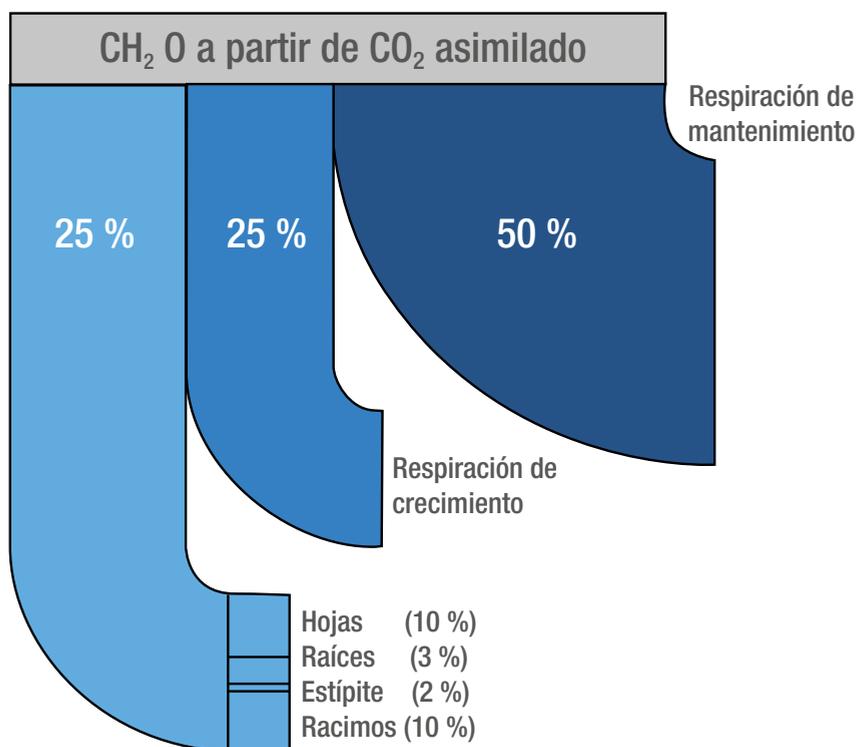
IC: Índice de cosecha, expresado como la relación entre el rendimiento agronómico y el rendimiento biológico de un cultivo

T: Temperatura media del aire durante el periodo de crecimiento

P: Precipitación, o en su defecto, cantidad de agua disponible para aplicar en forma de riego

■ Fuente: Corley y Tinker (2003).

### 3.1.8. Distribución de asimilados en el cultivo de la palma de aceite

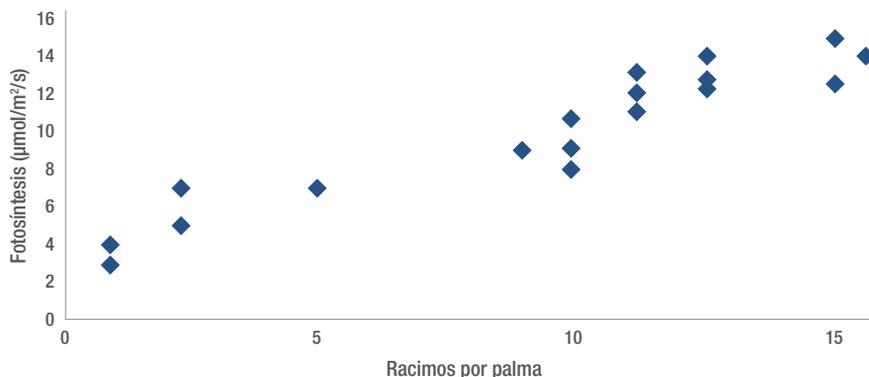


■ Fuente: Kraalingen (1989).

Según Corley y Tinker (2009), el crecimiento de todas las plantas verdes comprende la fijación del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por medio de la fotosíntesis. Para formar la materia seca de los tejidos vegetales, los productos asimilados en la fotosíntesis se distribuyen así: 25 % en la formación de órganos vegetales (hojas, raíces, estípites y racimos), 25 % para el proceso de respiración de crecimiento y el 50 % restante para el proceso biológico de respiración de mantenimiento. Por lo anterior, los factores claves para el crecimiento vegetativo son: luz solar, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), agua y nutrientes.

### Capítulo 3

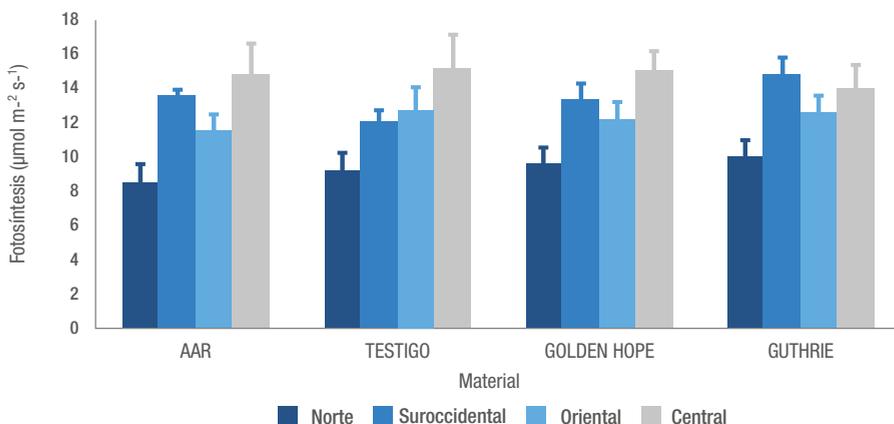
#### 3.1.9. Comportamiento de la relación de la fotosíntesis y producción de racimos en el cultivo de la palma de aceite



■ Fuente: Henson (1990).

Según Henson (1990), las palmas con tasas de fotosíntesis superiores tienen la capacidad de producir una mayor cantidad de racimos por palma.

#### 3.1.10. Tasas de fotosíntesis de diferentes materiales genéticos del cultivo de la palma de aceite sembrados en las cuatro zonas palmeras de Colombia



■ Fuente: Cenipalma

La tasa de fotosíntesis en los materiales genéticos varía de acuerdo con los factores climáticos presentes en cada zona geográfica, la disponibilidad o regulación del agua en las plantas, el estado del área foliar y la producción de materia seca.

### 3.1.11. El potencial hídrico y la tasa fotosintética



■ Vista aérea del cultivo de la palma de aceite. Foto: Fedepalma

De acuerdo con Corley y Tinker (2003), los tejidos vegetales están compuestos por más del 80 % de agua. Mediante la fotosíntesis, el agua se combina con dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) para formar carbohidratos, liberando oxígeno ( $\text{O}_2$ ). Sin embargo, menos del 5 % del agua absorbida es retenida por la planta. Esta cierra los estomas cuando hay escasez de agua, evitando el secamiento de los tejidos vegetales así como también la absorción de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) para el proceso de fotosíntesis.

### 3.1.12. Estrés hídrico



■ Palma con déficit hídrico (sequía). Foto: Pérez, P.



■ Palma con exceso hídrico (inundación). Foto: Mercado, A.

El estrés hídrico es una condición que se puede presentar en la palma de aceite por el déficit o exceso de agua en el suelo y/o sustrato. La falta de agua en el suelo provoca reducciones en la transpiración y afecta el potencial hídrico de la palma. Entre tanto, el exceso de agua reduce la capacidad en la toma de oxígeno, limita la absorción de nitrógeno (N) y la producción de materia seca, afectando el crecimiento y el desarrollo normal de la palma de aceite.

### 3.1.13. Respuesta fotosintética de tres líneas embriogénicas sometidas durante 32 y 66 días a diferentes condiciones hídricas del suelo

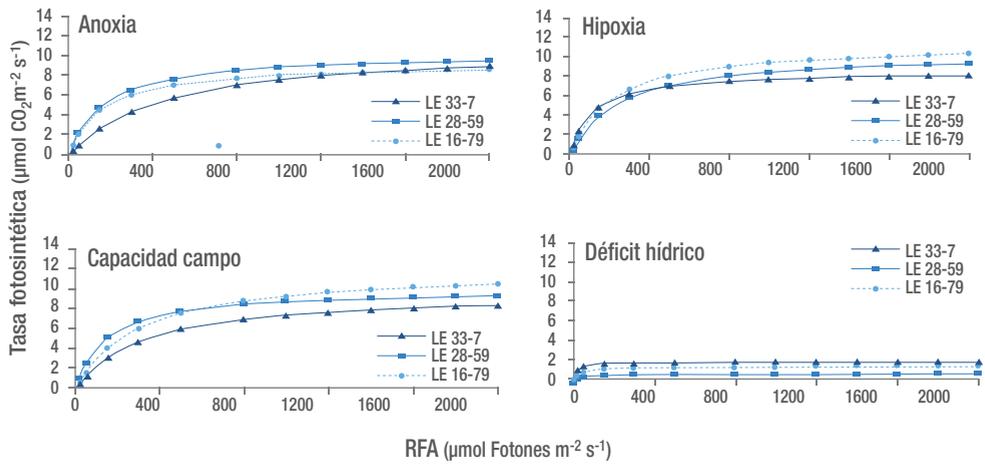
Factor	Nivel	Fotosíntesis máxima diaria ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )		Fotosíntesis máxima potencial ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	Eficiencia fotosintética ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol foton}^{-1}$ )
		32 ddt	66 ddt	66 ddt	66 ddt
Condición hídrica	Anoxia	8,97 a	8,40 a	10,48 a	0,0192 a
	Hipoxia	7,88 a	8,60 a	10,74 a	0,0198 a
	Capacidad campo	8,96 a	9,69 a	10,45 a	0,0185 a
	Déficit hídrico	4,35 b	2,80 b	1,40 b	0,0033 b
Línea embriogénica	LE 33-7	8,05 a	6,94 a	7,96 a	0,0143 a
	LE 28-59	7,82 a	7,45 a	8,15 a	0,0152 a
	LE 16-79	6,75 a	7,72 a	8,70 a	0,0162 a

Promedios con letras distintas son significativamente diferentes, según Turkey ( $P < 0,05$ ).

■ Fuente: Rivera *et al.*, 2016.

Aunque el déficit hídrico es el principal factor limitante del crecimiento, desarrollo y productividad de la palma de aceite, el anegamiento es un estrés abiótico que condiciona la producción debido a la reducción (hipoxia) o ausencia total (anoxia) del oxígeno en el suelo. Esto se evidenció con clones de *Elaeis guineensis* en etapa de vivero que fueron sometidos durante 32 y 66 días a diferentes condiciones hídricas del suelo (déficit, hipoxia y anoxia). Al cabo de este periodo, el déficit redujo significativamente la fotosíntesis, la transpiración y el crecimiento, mientras que las condiciones de anegamiento no afectaron el intercambio gaseoso ni los procesos de reducción y asimilación de micronutrientes, pero sí el crecimiento, y la absorción y el transporte de nitrógeno, fósforo y calcio, especialmente bajo condiciones de anoxia. Adicionalmente, las plantas anegadas evidenciaron mayores tasas de respiración foliar y de mantenimiento de los neumatóforos (raíces aéreas que favorecen la oxigenación de los tejidos sumergidos bajo el agua) que presentaron como mecanismo de tolerancia.

### Capítulo 3



■ Fuente: Rivera *et al.*, 2016.

Las gráficas anteriores muestran la respuesta de la fotosíntesis de tres líneas embriogénicas a la Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA) sometidas durante 66 días a diferentes condiciones hídricas del suelo (Rivera *et al.*, 2016).

### 3.1.14. Relaciones hídricas y respiración foliar de tres líneas embriogénicas sometidas durante 32 y 66 días a diferentes condiciones hídricas del suelo

Factor	Nivel	Transpiración (mmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )		UEA (mmol CO <sub>2</sub> mmol <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O)	Respiración del foliolo (μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	
		32 ddt	66 ddt	32 ddt	66 ddt	66 ddt
Condición hídrica	Anoxia	2,28 a	2,48 a	0,00391 b	0,00340b	0,088 ab
	Hipoxia	2,12 a	2,80 a	0,00372 b	0,00305 b	0,080 b
	Capacidad campo	2,40 a	2,96 a	0,00373 b	0,00331 b	0,067 b
	Déficit hídrico	0,88 b	0,72 b	0,00496 a	0,00396 a	0,125 a
Línea embriogénica	LE 33-7	1,99 a	2,08 a	0,00424 a	0,00379 a	0,092 a
	LE 28-59	2,03 a	2,33 a	0,00402 a	0,00349 a	0,098 a
	LE 16-79	1,75 a	2,38 a	0,00397 a	0,00366 a	0,080 a

Promedios con letras distintas son significativamente diferentes, según Turkey (P<0,05).

■ Fuente: Rivera *et al.*, 2016.

### 3.1.15. Déficit hídrico o sequía

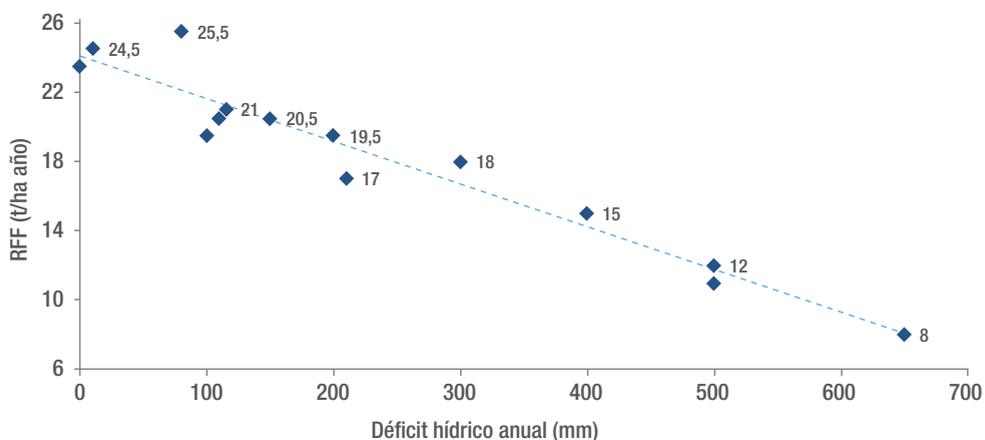


■ Parcela con déficit hídrico o sequía. Foto: Pérez, P.

La sequía o déficit hídrico es uno de los factores limitantes del rendimiento del cultivo de la palma de aceite. La disminución del potencial hídrico de la planta se refleja en una reducción en la fotosíntesis y en la generación de materia seca y, por lo tanto, la caída en la producción de racimos.

## Capítulo 3

### 3.1.16. Productividad y déficit hídrico anual (material: IRHO)



■ Fuente: Caliman y Southworth (1998).

El déficit hídrico no incide significativamente sobre el desarrollo del área foliar, pero sí en el rendimiento de racimos de fruta fresca (RFF). Por ello, la aplicación del riego durante la época de sequía aumenta los rendimientos del cultivo de la palma de aceite.

### 3.1.17. Comportamiento de la producción de un mismo material genético (LM2T x DA10D) en tres zonas diferentes bajo distintos factores climáticos en el cultivo de la palma de aceite de seis a diez años

Parámetro	Aek Kwasan, Indonesia	La Mé, Costa de Marfil	Akpadanou, Benín
Déficit hídrico anual (mm)	50	350	550
RFF (kg/palma año)	205	110	50
No. racimos año	16,6	10,4	6,0
Peso de racimos (kg)	12,4	10,0	8,2
% TEA	22,5	20,4	21,8

■ Fuente: Henson (1998).

Según Henson (1998), un mismo material genético sembrado en distintas zonas geográficas presenta diferentes comportamientos morfológicos y fenológicos. La tabla anterior muestra que para el caso de Akpadanou en Benín (África) existe un mayor déficit hídrico (550 mm) y por lo tanto, se presentan menos rendimientos en

la producción de racimos por palma y peso por racimo. Por otra parte, en la zona con menor déficit hídrico (50 mm), la tasa de extracción de aceite y la producción de RFF fue 2,8 y cuatro veces mayor, respectivamente, a la de la zona con más déficit.

### 3.1.18. Comportamiento de seis genotipos en dos ambientes específicos y situaciones hídricas diferentes medidos entre 2007 y 2012 en Colombia

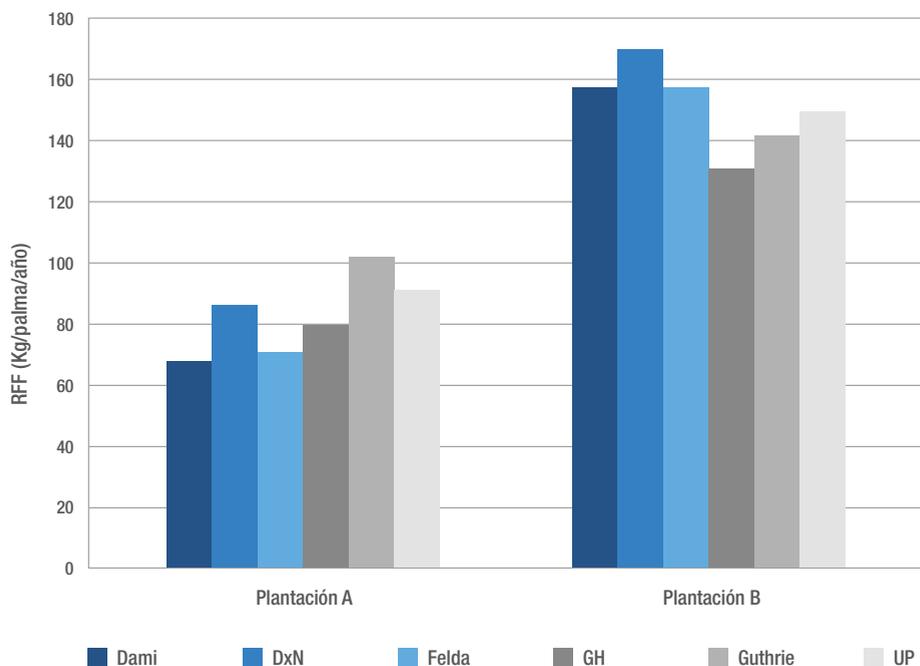
Ambiente	Genotipos	Años (2007-2012)			Años (2011-2012)					
		RFF	NR	PMR	AR	AMF	AF	MF	FR	PMF
Plantación A	Dami	68,3	10,6	6,3	32,1	56,4	9,6	82,5	69,0	11,8
	DxN	86,0	11,7	7,0	29,5	56,1	9,7	79,9	65,7	7,9
	Felda	71,4	11,8	5,7	31,8	56,5	10,0	80,8	69,7	9,7
	GH	80,2	10,6	7,3	33,4	59,2	8,4	84,1	67,1	10,4
	Guthrie	102,1	11,9	8,2	31,0	55,8	8,8	83,6	66,4	8,9
	UP	91,4	11,7	7,5	32,5	56,9	7,8	84,1	67,9	11,0
	Media	83,2	11,4	7,0	31,7	56,8	9,1	82,5	67,6	10,0
Plantación B	Dami	157,9	20,1	8,0	32,1	57,7	9,2	83,9	66,3	13,0
	DxN	170,2	20,2	8,2	29,8	58,2	9,6	79,3	64,5	9,5
	Felda	157,8	22,2	7,1	31,9	57,8	9,4	81,0	68,0	10,5
	GH	130,7	17,0	7,4	30,8	58,1	9,3	82,1	64,7	11,5
	Guthrie	141,6	18,3	7,4	31,9	58,7	8,3	84,0	64,7	12,1
	UP	150,4	18,4	8,1	32,5	58,2	7,8	85,5	65,1	12,5
	Media	151,4	19,4	7,7	31,5	58,1	8,9	82,6	65,6	11,5

■ Fuente: Cenipalma

La tabla muestra que los genotipos con riego tienen un mejor comportamiento en la producción de racimos de fruta fresca (RFF), siendo el número de los racimos el responsable del mayor rendimiento, ya que el peso de estos no fue diferente entre la condición con riego y sin riego. Respecto al porcentaje de aceite en el racimo, aunque no se hayan encontrado diferencias entre las condiciones, se debe considerar la producción de aceite por hectárea, que es 1,8 veces mayor en la condición con riego.

### Capítulo 3

#### 3.1.19. Comportamiento de la productividad de racimos de fruta fresca (RFF/ha/año) en seis genotipos y dos ambientes específicos y situaciones hídricas diferentes, medidos entre 2007 y 2012 en Colombia



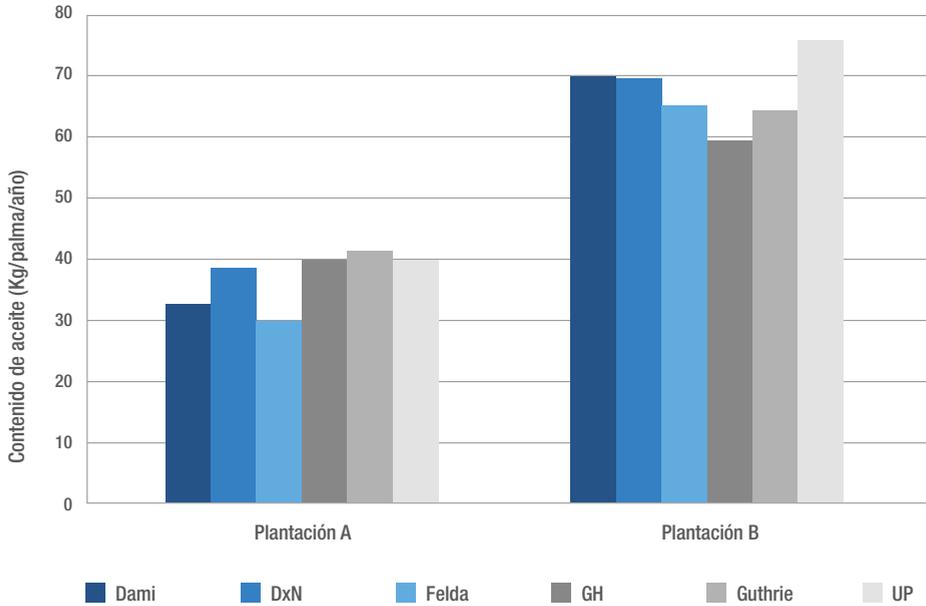
#### Plantaciones



Genotipos	Color	Plantación A	Plantación B
		RFF (kg/palma/año)	RFF (kg/palma/año)
Dami	<span style="color: darkblue;">■</span>	68	158
DxN	<span style="color: blue;">■</span>	86	170
Felda	<span style="color: lightblue;">■</span>	71	158
GH	<span style="color: darkgrey;">■</span>	80	131
Guthrie	<span style="color: grey;">■</span>	102	142
UP	<span style="color: lightgrey;">■</span>	91	150

■ Foto: Pérez, P. Fuente: Romero, H. (2015).

### 3.1.20. Comportamiento del potencial de aceite (kg/palma/año) en seis genotipos y dos ambientes específicos y situaciones hídricas diferentes medidos entre 2007 y 2012 en Colombia



#### Plantaciones

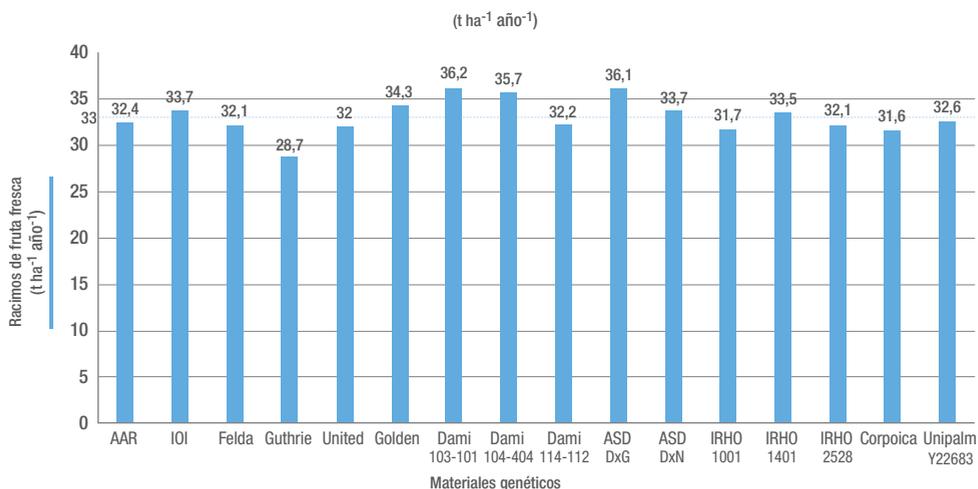


Genotipos	Color	Plantación A	Plantación B
		Potencial Aceite (kg/palma/año)	Potencial Aceite (kg/palma/año)
Dami	<span style="color: #003366;">■</span>	32,6	70,2
DxN	<span style="color: #0066b3;">■</span>	38,6	70
Felda	<span style="color: #66b3ff;">■</span>	30,3	65,5
GH	<span style="color: #666666;">■</span>	39,7	59,6
Guthrie	<span style="color: #999999;">■</span>	41,3	64,5
UP	<span style="color: #cccccc;">■</span>	40,1	76

■ Foto: Toro, F. Fuente: Romero, H. 2015.

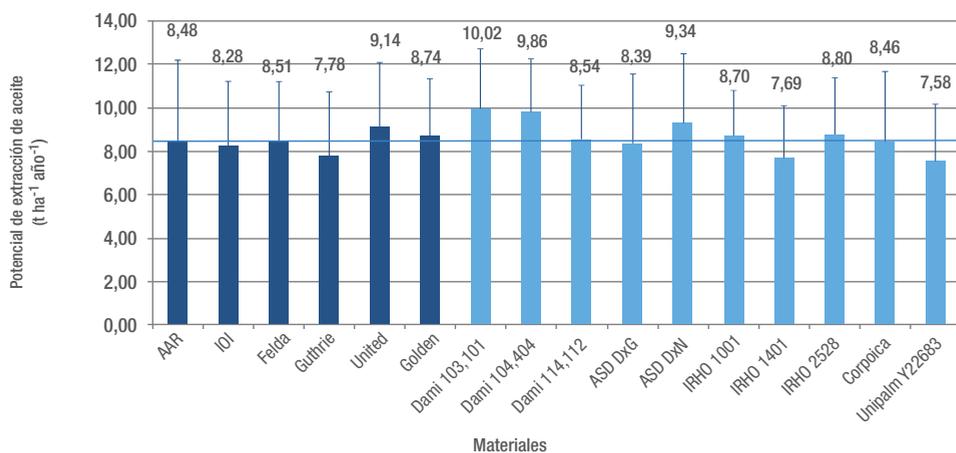
## Capítulo 3

### 3.1.21. Comportamiento de la productividad anual de racimos de fruta fresca por hectárea para 16 materiales genéticos de palma de aceite de seis a nueve años de edad en el Campo Experimental Palmar de La Vizcaína, Zona Central



■ Fuente: Cenipalma

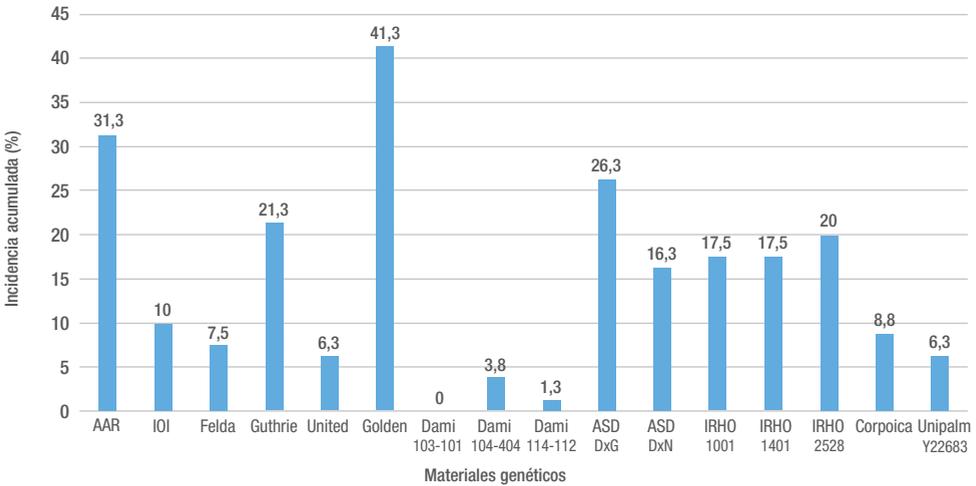
### 3.1.22. Potencial de aceite (t RFF/ha/año) para 16 materiales genéticos de palma de aceite de seis a nueve años de edad en el Campo Experimental Palmar de La Vizcaína, Zona Central



Promedio: 8,65 t/ha/Año

■ Fuente: Cenipalma

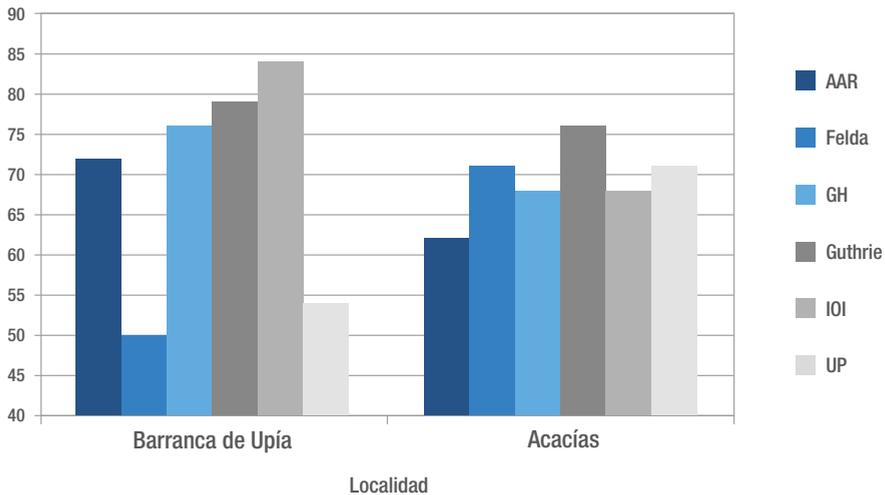
### 3.1.23. Comportamiento de la incidencia acumulada de la Pudrición del cogollo (PC) en 16 genotipos de palma de aceite de seis a nueve años de edad en el Campo Experimental Palmar de La Vizcaína, Zona Central



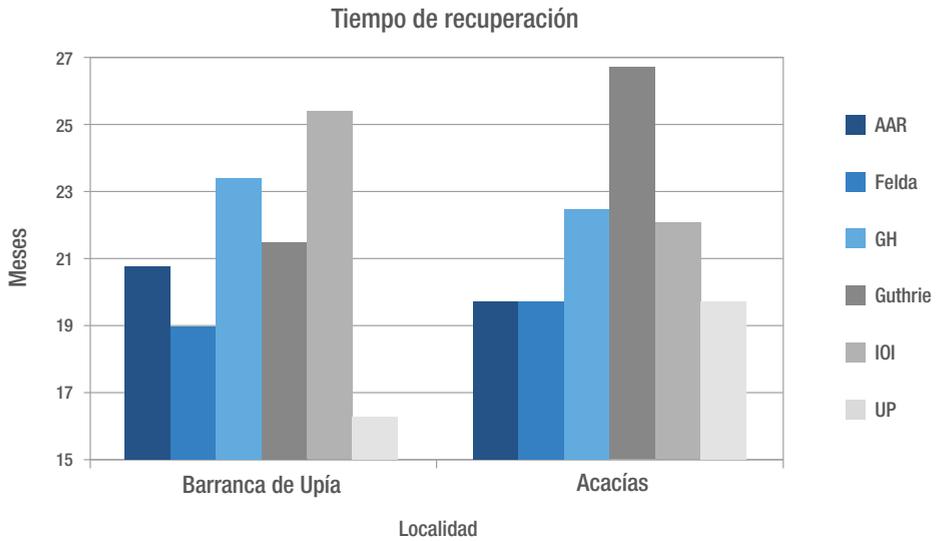
■ Fuente: Cenipalma

La gráfica muestra que el material Golden presentó una incidencia acumulada de 41,3 %, seguida del AAR con 31,3 % y en tercer lugar el ASD (DxG) con 26,3 %, mientras que el Dami 103-101 no presentó incidencia y el Dami 114-112 solo el 1,3 %.

### 3.1.24. Prueba regional de materiales malasio – reacción a la PC



### Capítulo 3



MATERIALES	BARRANCA DE UPÍA		ACACÍAS	
	Incidencia	Tiempo Rec	Incidencia	Tiempo Rec
IOI	84,0	25,6 ±7,5 a	66,2	22,0 ±10,5 ab
Golden Hope	76,0	23,6 ±8,5 ab	67,3	22,5 ±8,9 ab
Guthrie	79,0	21,5 ±9,0 bc	74,6	26,7 ±11,3 a
AAR	72,2	20,8 ±8,3 bc	61,0	19,6 ±8,3 b
Felda	48,7	19,0 ±9,8 cd	71,8	19,7 ±8,8 b
UP	52,4	16,2 ±7,9 d	72,3	19,8 ±9,4 b

■ Fuente: Cenipalma

## 3.2. Diseño de una plantación de palma de aceite y siembra en campo



■ Panorámica de una plantación de palma de aceite con lagunas de tratamiento de aguas residuales. Foto: Fedepalma

Los principios básicos a tener en cuenta para el diseño y establecimiento de un cultivo de palma de aceite en un lugar específico y poder determinar su potencial de producción de racimos son: requerimientos del cultivo (selección de materiales genéticos, temperatura, radiación solar, humedad relativa, precipitación y velocidad del viento); recurso hídrico disponible; oferta edáfica y mejores prácticas agrícolas. También es fundamental cumplir con los aspectos legales y ambientales que establece el principio N° 7 de la Mesa Redonda de Aceite de Palma Sostenible, RSPO, que trata sobre desarrollo responsable de nuevas plantaciones.

## Capítulo 3

### 3.2.1. Estudios preliminares y su aplicabilidad para el diseño y establecimiento de un cultivo de palma de aceite



- A. Requerimientos agroclimatológicos. B. Topográficos. C. Caracterización de suelos. D. Aspectos legales y ambientales. Fotos: Toro, F., Fedepalma y Ospitia, R.

#### 3.2.1.1. Estudios preliminares: requerimientos de suelo y clima altamente adecuados para el cultivo de la palma de aceite



- Panorámica de una parcela de palma de aceite. Foto: Ospitia, R.

Los requerimientos de suelo y clima adecuados para el cultivo de la palma de aceite son: precipitación entre 2.000 y 2.500 mm/año; temperatura entre 26 y 29 °C; no tener épocas secas (meses); radiación solar diaria entre 16 y 17 MJ/m<sup>2</sup> y velocidad del viento menor a 10 m/s, sumado a suelos adecuados (textura franca) y una selección óptima de materiales genéticos para ambientes específicos.

### 3.2.1.2. Aplicabilidad del estudio preliminar sobre requerimientos de suelo y clima altamente adecuados para el establecimiento de un cultivo de la palma de aceite



■ Cultivo de palma de aceite menor a seis años. Foto: Toro, F.

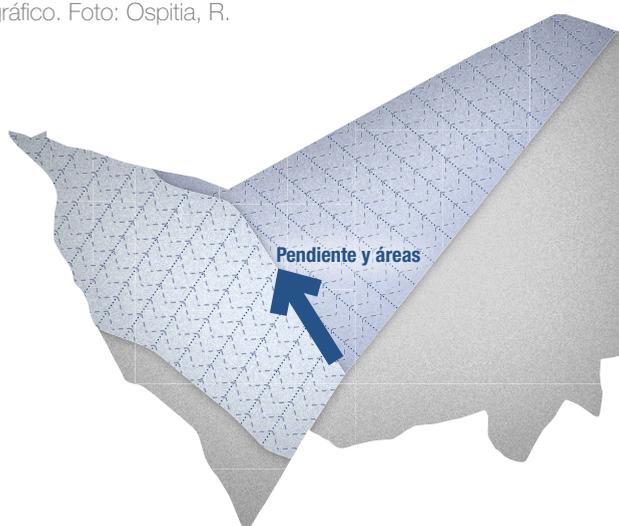
Una vez conocidos los factores determinantes (material genético y clima), así como los limitantes y reductores descritos en el ítem 3.3, es posible definir el potencial de producción de racimos del cultivo de la palma de aceite. Los asistentes técnicos o encargados de manejar el cultivo pueden influir en los factores limitantes y reductores a través de planes de mejoramiento que incrementen la productividad, pero no en los factores determinantes. Por ello es fundamental seleccionar un sitio geográfico óptimo para el cultivo.

## Capítulo 3

### 3.2.1.3. Estudios preliminares: topográficos



■ Estudio topográfico. Foto: Ospitia, R.



■ Fuente: Monroy, J. (2015).

El estudio topográfico permite tener una descripción detallada del terreno o área en donde se va a establecer la plantación de palma de aceite, incluyendo sus características naturales o las que se realizaron por acción del hombre. Es importante determinar la altimetría o altura (cotas) de diferentes puntos del terreno con relación a un plano horizontal y la planimetría del área a escala de todos los detalles del terreno. Con estos estudios se pueden construir planos y mapas del área del proyecto, para realizar un buen diseño de plantación y crear proyectos de adecuación de suelos cuando sea necesario.

### 3.2.1.4. Aplicabilidad del estudio preliminar topográfico para el establecimiento del cultivo de la palma de aceite



■ A. Diseño de riego y drenajes. B. Diseño de vías. C. Adecuación de suelos. D. Diseño de parcelas. Fotos: Fedepalma y Ospitia, R.

Una vez se cuente con los planos topográficos de planimetría y altimetría del área en donde se planea establecer el cultivo de la palma de aceite y la descripción detallada del terreno, se procede a la elaboración de planos para determinar la orientación del riego, diseño de drenajes, de vías y de parcelas, adecuación y preparación de suelos, delimitación de áreas de protección vegetal (vegetación nativa), nacimientos de agua, cauces naturales, ubicación de vivero y vivero, del área específica para el manejo de semovientes y de áreas comunes y administrativas.

## Capítulo 3

### 3.2.1.5. Estudios preliminares: caracterización del suelo



A



B

■ A. Tabla de clasificación de suelos. B. Perfil del suelo. Fotos: Fedepalma

Uno de los recursos naturales más importantes es el suelo. Su calidad y buen manejo influyen directamente en la productividad del cultivo de la palma de aceite, por lo que es fundamental realizar un estudio de caracterización con el fin de conocer sus propiedades físicas (estructura, densidad real y aparente, consistencia, color, permeabilidad y drenaje) y químicas (contenido de materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, fertilidad, acidez y/o alcalinidad). Con base en la información edafológica se elabora un plan de mejores prácticas agrícolas para adecuar el suelo a condiciones deseables.

### 3.2.1.6. Aplicabilidad del estudio preliminar de caracterización del suelo para el diseño y establecimiento de un cultivo de palma de aceite

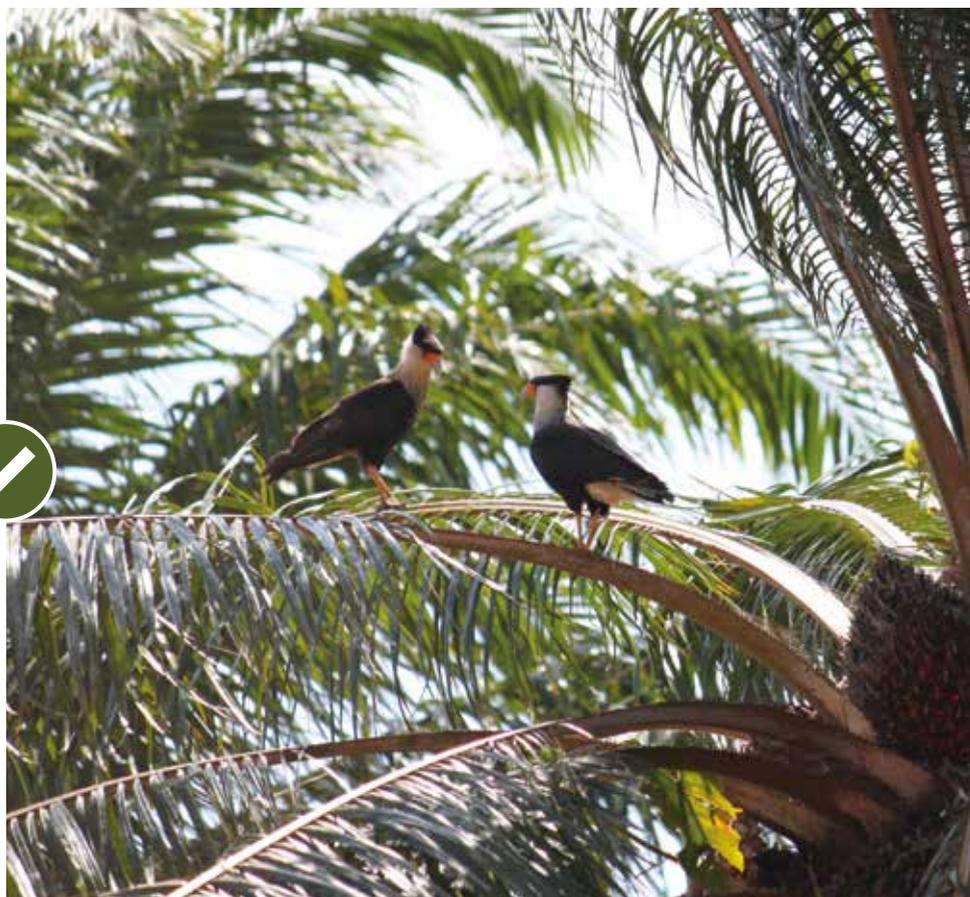


■ Área con aptitud para el cultivo de la palma de aceite. Foto: Fedepalma

A partir del estudio de suelo y de las condiciones climáticas de un área específica se puede elaborar un mapa de aptitud de zonas potenciales para el óptimo establecimiento del cultivo de la palma de aceite. Con la caracterización se planea la preparación y adecuación del suelo, se determinan los parámetros para el diseño del sistema de riego y la construcción de drenajes, así como la aplicación de enmiendas y el diseño del programa nutricional del cultivo.

## Capítulo 3

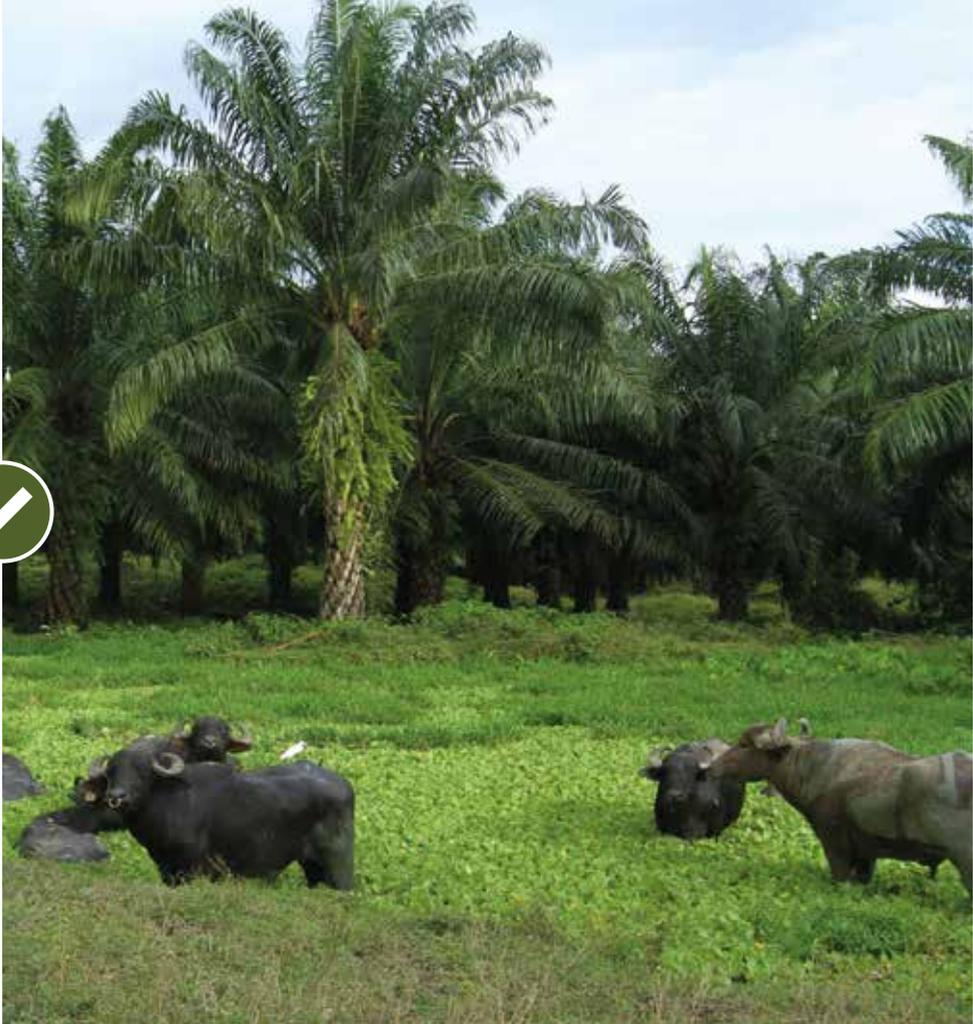
### 3.2.1.7. Estudios preliminares: aspectos legales y ambientales



■ Aves en el cultivo de la palma de aceite. Fotos: Pazos, S.

En Colombia existe un marco jurídico que demarca la acción, alcance de leyes y decretos que rigen la gestión ambiental para el desarrollo de proyectos productivos de la agroindustria de la palma de aceite. Algunos de los aspectos mínimos legales y ambientales que se deben gestionar y obtener su aprobación por las entidades pertinentes antes de iniciar el establecimiento de un cultivo de palma de aceite son: Certificado de aptitud del suelo, expedido por la alcaldía municipal; Concesión de aguas, otorgado por la Corporación Autónoma Regional (CAR); Permiso de aprovechamiento forestal, emitido por la Corporación Autónoma Regional (CAR); Registro del cultivo ante el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), y aunque no es obligatorio, en lo posible cumplir con los principios y criterios pertinentes de la Mesa Redonda de Aceite de Palma Sostenible (RSPO, por sus siglas en inglés).

### 3.2.1.8. Aplicabilidad de los estudios preliminares sobre aspectos legales y ambientales para el diseño y establecimiento de un cultivo de palma de aceite en Colombia



■ Plantación de palma de aceite con búfalos. Foto: Fedepalma

Todo proyecto relacionado con la agroindustria de la palma de aceite que cumpla con los aspectos legales y ambientales, goza de los beneficios y protección que ofrece el Estado colombiano y los mercados nacionales e internacionales. Por ello la adopción de mejores prácticas legales y ambientales permiten que la agroindustria de la palma de aceite sea un negocio productivo, sostenible y competitivo.

### 3.2.2. Diseño de una plantación para el cultivo de la palma de aceite



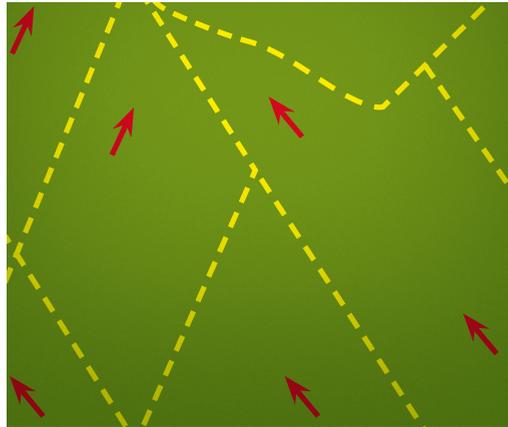
■ Nueva plantación de palma de aceite. Foto: Fedepalma

Una vez realizados y analizados los estudios preliminares y que se cuente con la información necesaria para tomar la decisión de desarrollar un proyecto productivo y competitivo de la agroindustria de la palma de aceite, se debe tener en cuenta como mínimo los siguientes criterios y/o aspectos técnicos para diseñar la plantación: aspectos morfológicos del material genético seleccionado, arquitectura de la palma, análisis del movimiento superficial del agua, diseño de drenajes y sistema de riego, de vías y de lotes, orientación del cultivo, diseño de unidades de manejo agronómico y planeación de la siembra.

### 3.2.2.1. Análisis del movimiento superficial del agua



■ Fuente natural de agua y su movimiento. Foto: Fedepalma



■ Movimiento superficial del agua entre lotes de la plantación. Fuente: Cenipalma

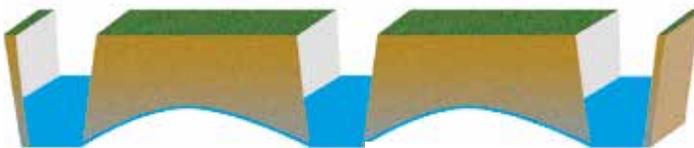
Las aguas superficiales se presentan por suelos impermeables, fuentes externas, aplicación de láminas de agua excesivas, zonas planas, depresiones, precipitaciones o el afloramiento de aguas subterráneas. Normalmente su movimiento se orienta a las zonas donde tiene menor resistencia ocasionando problemas de drenaje agrícola, escorrentía o erosión. Por tal razón es necesario conocer la fuente del exceso de agua y su movimiento superficial con el fin de diseñar e implementar controles con infraestructura, como la construcción de drenajes localizados, superficiales en paralelo, drenajes a través de la pendiente, trinchos y diques; es decir, obras que ayuden a conducir las aguas superficiales a sitios seguros, y que estas en un momento dado se puedan aprovechar para beneficio del cultivo de la palma de aceite.

## Capítulo 3

### 3.2.2.2. Diseño de drenajes



■ Vista aérea de drenajes. Fuente: Fedepalma



■ Fuente: Cenipalma

El diseño y construcción de drenajes permite manejar el exceso o déficit de agua en el cultivo de la palma de aceite. El primero es causado por aguas estancadas, se establecen niveles freáticos colgados por la precipitación, aguas subterráneas, fugas de aguas externas (ríos, quebradas, reservorios y lagunas); mientras que el déficit hídrico se maneja desde fuentes externas que suministran agua al cultivo mediante canales de drenaje.

### 3.2.2.3. Diseño del sistema de riego

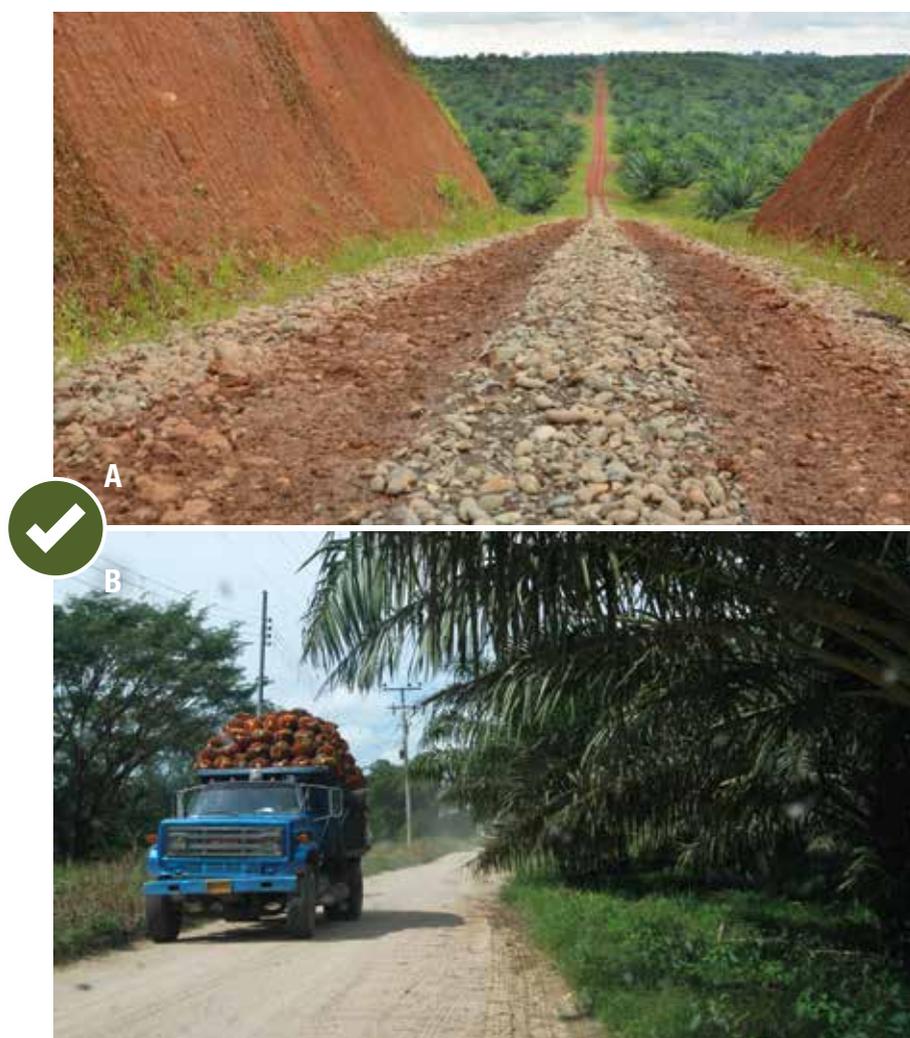


■ Construcción de un canal para riego. Foto: Fedepalma

Entre los diferentes sistemas de riego existentes (superficial, subsuperficial, goteo, aspersión, entre otros) en el cultivo de la palma de aceite, los más utilizados son: el superficial, que consiste en llevar agua al cultivo a través de canales provenientes de fuentes externas; el subsuperficial, que se basa en manejar el agua superficial en sitios localizados dentro del cultivo con ayuda de estructuras hidráulicas para permitir la acumulación o movimiento del agua; y el riego por goteo, que suministra la cantidad de agua exacta por palma e incluso permite la aplicación de fertilizantes de manera simultánea. Por problemas de manejo fitosanitario no se recomienda emplear el riego por inundación en cultivo de palma adulta donde se pueda mojar la hoja, ni tampoco por aspersión ya que facilita el transporte de microorganismos (patógenos) que causan enfermedades.

## Capítulo 3

### 3.2.2.4. Diseño de vías



■ A. Vía secundaria interna. B. Vía principal externa. Fotos: Fedepalma

El plan vial o diseño de vías se elabora a partir de los planos topográficos y depende del relieve del terreno. Cuando es plano, normalmente las vías principales se trazan con sentido este-oeste, y las secundarias de norte a sur. También existen las terciarias que sirven de intersección vial. La función principal de las vías es facilitar la evacuación oportuna de los racimos producidos, el traslado del personal a sus sitios de labor y el transporte de insumos. Es fundamental que las vías se encuentren en buen estado para facilitar todos los procesos que requieran movilidad dentro de la plantación.

### 3.2.2.5. Diseño de lotes

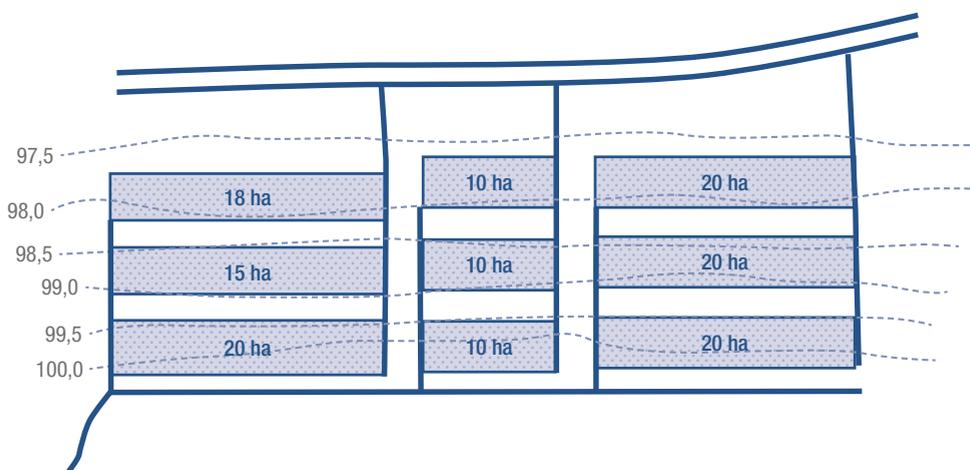


■ Vista aérea del cultivo de la palma de aceite y su distribución por lotes. Foto: Fedepalma

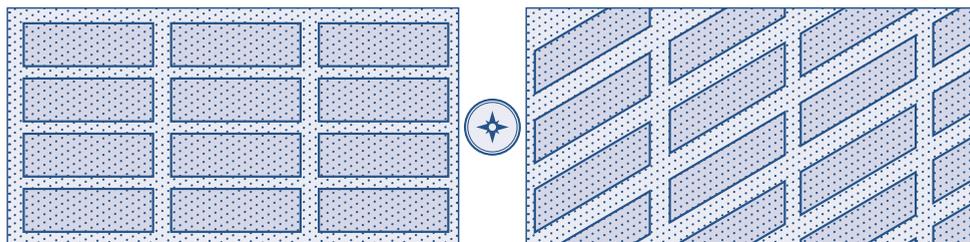
El diseño y tamaño de los lotes depende de factores como: el sistema de cosecha, las épocas de máxima producción o picos de cosecha, el mantenimiento del lote, el sistema de transporte del fruto dentro de la parcela a los centros de acopio y de estos a la planta de beneficio, y el sistema de riego. Lo ideal es lograr lotes regulares, hasta donde lo permita el terreno, para facilitar los procesos de transporte. Se recomienda no diseñar lotes mayores de 30 hectáreas o menores de 5 hectáreas.

### Capítulo 3

#### 3.2.2.6. Orientación del cultivo de la palma de aceite



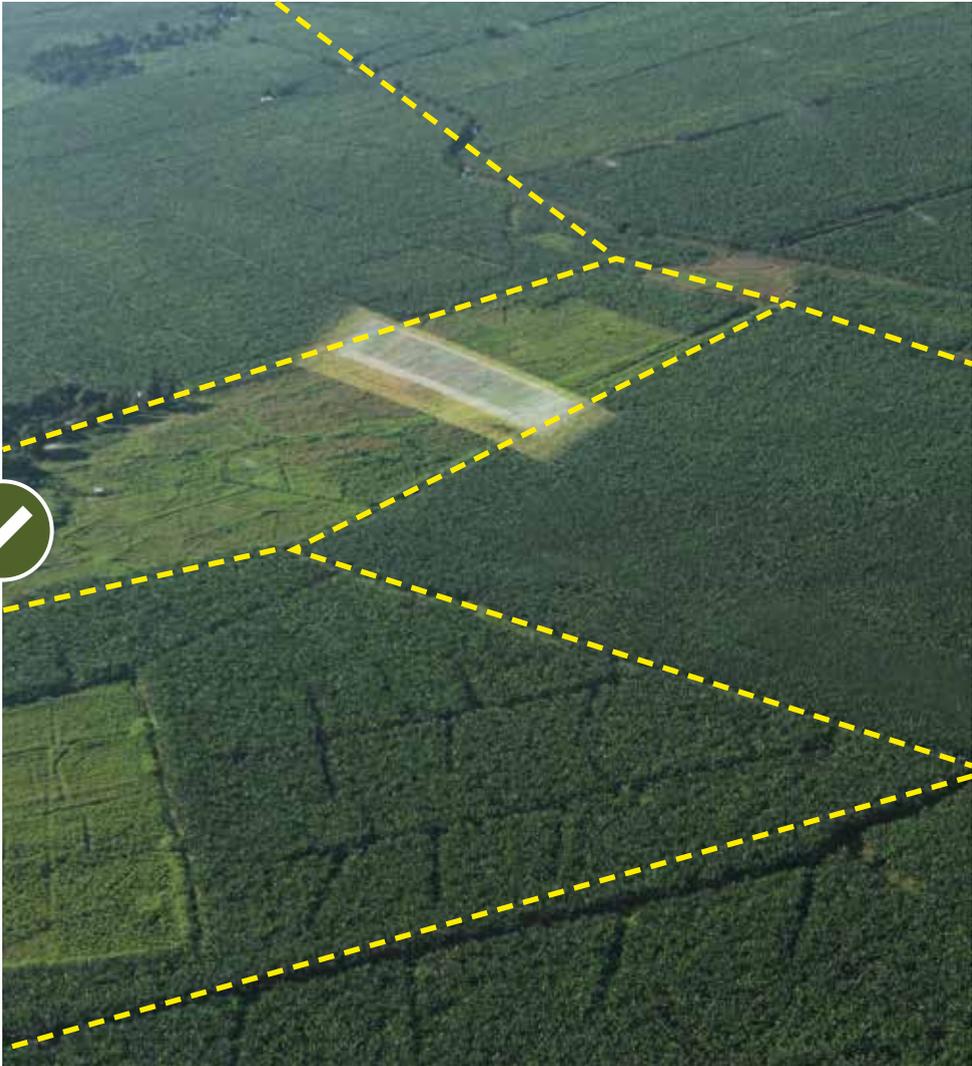
■ Esquema del trazado de lotes e infraestructura de riego y drenaje según la topografía.  
Fuente: Cenipalma



■ Opciones de orientación de los lotes y trazado de las vías de acuerdo con la arquitectura del sistema de triángulo. Fuente: Cenipalma

La orientación de los lotes, el tamaño y su ubicación deben facilitar los procesos que se generan en el cultivo, sus costos de implementación y la optimización de los recursos existentes. La palma de aceite se siembra en triángulos equiláteros a diferentes densidades de siembra en donde prima la topografía y orientación, respetando el ancho de las calles de cosecha y de palera, la triangulación al momento de la siembra y la minimización del efecto sombra.

### 3.2.2.7. Diseño de unidades de manejo agronómico (UMA)



■ Diseño de unidades de manejo agronómico (UMA). Foto: Fedepalma

Son áreas específicas y delimitadas dentro de una misma plantación que pueden estar ubicadas de manera continua o dispersa, pero que tienen características homogéneas en cuanto a clima, suelos, agua, material genético de siembra y edad del cultivo. Esto permite realizar una planeación e implementación de mejores prácticas agrícolas especializadas para dichas áreas, logrando una mayor eficiencia del manejo de las fases agronómicas y productividad del cultivo de la palma de aceite.

## Capítulo 3

### 3.2.3. Siembra en campo del cultivo de la palma de aceite



■ Ubicación de palmas en sitio definitivo para su siembra. Foto: Ospitia, R.

#### 3.2.3.1. Planeación de la siembra



■ Planeación de la siembra: cálculos y revisión del terreno. Fotos: Toro, F. y Fedepalma.

Una buena planeación de la siembra optimiza el uso eficiente de los recursos. Debe estar basada en los resultados de los estudios preliminares expuestos en el ítem 3.2.1 sobre el diseño general de la plantación, y los siguientes aspectos: disponibilidad y alistamiento previo del material genético a sembrar, preparación del terreno, aplicación de enmiendas, siembra de coberturas, trazado, marcación, estaquillado, ahoyado, personal a emplear, equipos y herramientas, así como el transporte de las plantas de vivero al sitio de siembra.

### 3.2.3.2. Preparación del suelo para la siembra

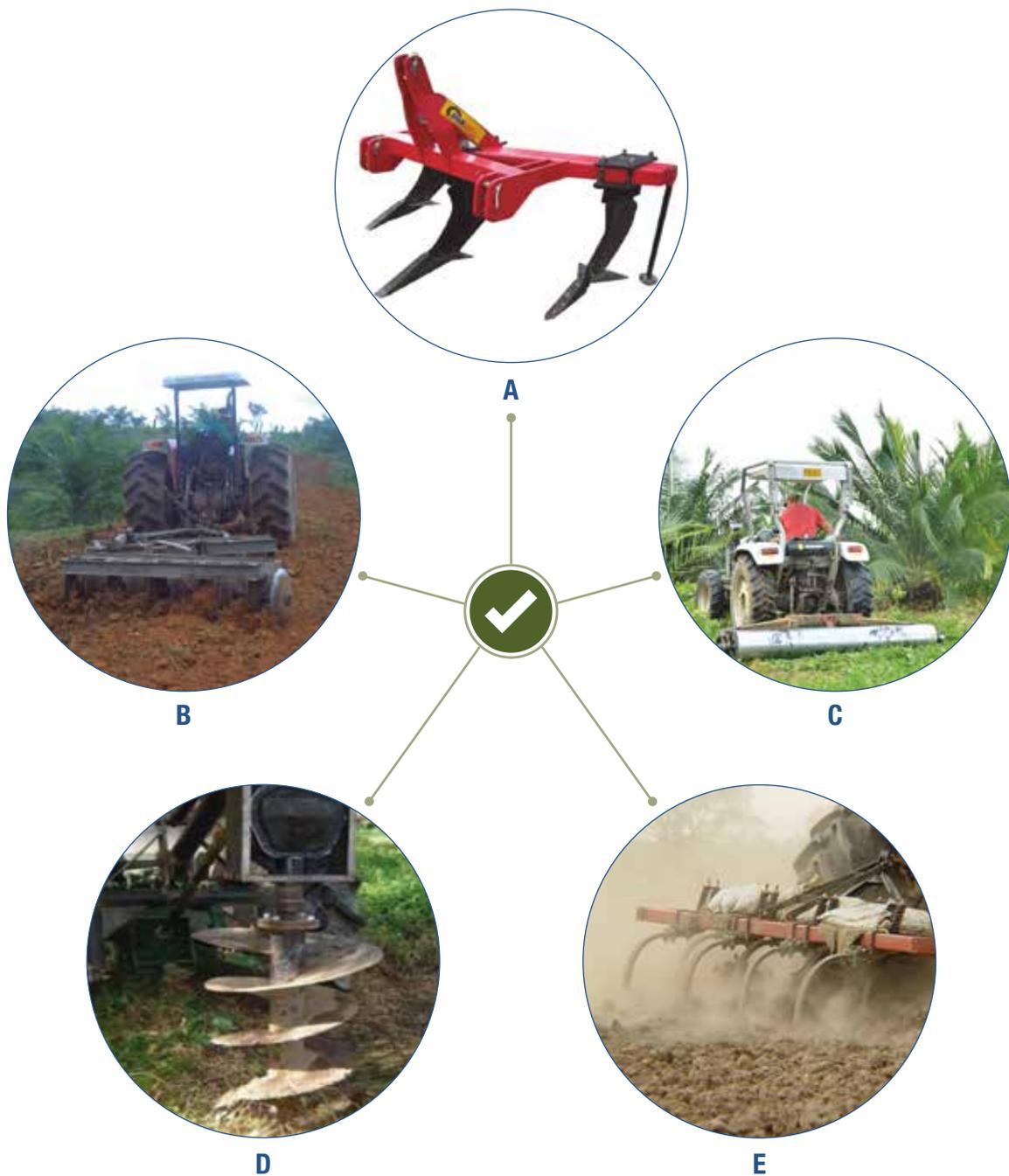


■ Adecuación del suelo con tractor y rastrillos. Foto: Ospitia, R.

Al hacer una adecuada preparación del suelo para la siembra del cultivo de la palma de aceite, se deben tener en cuenta aspectos como: textura, control de malezas y de insectos-plaga, humedad, compactación y prácticas de conservación. De ser necesario, se deben realizar labores de volteo para incorporar abonos verdes con ayuda de arados; aplicar enmiendas o nutrientes con la rastra; roturado del suelo para remover capas endurecidas utilizando el cincel y/o subsolador; desmenuzado para reducir terrones y descompactación del suelo en el sitio definitivo de siembra que facilita el contacto de las raíces de las plántulas de la palma con el suelo, práctica que se realiza con palín o pala.

### Capítulo 3

#### 3.2.3.3. Implementos agrícolas que se utilizan en la preparación del suelo



■ A. Cincel rígido. B. Rastra de disco. C. Rolo. D. Ahoyador. E. Cinceles vibratorios.

### 3.2.3.4. Siembra de coberturas



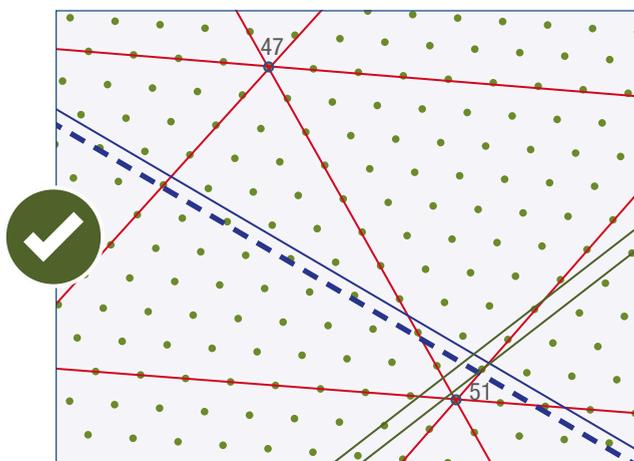
■ Parcela de palma joven con cobertura (*Mucuna pruriens*). Foto: Pérez, P.



■ Parcela de palma adulta con cobertura (*Arachis pinto*). Foto: Pérez, P.

Antes de sembrar la palma de aceite en el sitio definitivo se recomienda establecer leguminosas como cultivo de cobertura, aprovechando la misma preparación del suelo para la siembra. Estas brindan grandes beneficios al cultivo: suministran nitrógeno al terreno, aumentan la materia orgánica del suelo, conservan la humedad y lo protegen del impacto de la gota de lluvia, disminuyen la pérdida de nutrientes, facilitan una mayor actividad biológica y la movilidad del agua en el suelo, generan control natural de malezas, insectos-plaga y enfermedades.

### 3.2.3.5. Trazado y demarcación de los puntos para siembra



■ Estaquillado en “tres bolillo”. Foto: Ospitia, R.

Una vez es preparado el terreno y con la ayuda del plano de siembra e instrumentos de topografía como teodolitos, GPS y/o brújulas y demás accesorios (jalones, mojones, banderas, estacas, cinta métrica y cuerdas), se procede a demarcar los lotes para la siembra, vías, canales y otras obras civiles de interés, así como a determinar y señalar con estaquillas los puntos donde se van a sembrar las palmas. Esta labor se inicia trazando una línea base con orientación que facilite el terreno y manteniendo una disposición de triángulo equilátero o “tres bolillo” en donde cada palma ocupe el centro de un hexágono. Las demás líneas se demarcan con sentido oeste-este, de esta manera se minimiza el efecto sombra, y de acuerdo con las características morfológicas de la palma, se decide su densidad de siembra.

### 3.2.3.6. Cálculo de número de palmas a sembrar con diferentes densidades de siembra en una hectárea

$$\begin{aligned} \text{Número de palmas a sembrar} &= \frac{\text{Área de una hectárea}}{(\text{Densidad de siembra}) \times (\text{Factor de corrección})} \\ \text{Número de palmas a sembrar} &= \frac{100 \text{ m} \times 100 \text{ m}}{(9 \text{ m} \times 9 \text{ m}) \times (0,86)} \\ \text{Número de palmas a sembrar} &= 143 \text{ palmas/ha con una densidad de siembra de } 9 \text{ m} \times 9 \text{ m} \end{aligned}$$

Número de palmas a sembrar por hectárea a diferentes densidades de siembra		
Especie/Materiales	Densidad de siembra	Número de palmas a sembrar por hectárea
<i>Elaeis guineensis</i> (a)	9 m x 9 m	143
<i>Elaeis guineensis</i> (b)	8,5 m x 8,5 m	161
<i>Elaeis oleifera</i>	10 m x 10 m	116
Híbrido OxG	10,5 m x 10,5 m	105

De acuerdo con las características morfológicas y de crecimiento de la palma de aceite se decide la densidad de siembra.

### 3.2.3.7. Ahoyado y preparación del sitio definitivo de siembra



■ Ahoyador mecánico. Foto: Cenipalma

Esta labor consiste en abrir un hueco de aproximadamente 40 cm de diámetro y 60 cm de profundidad, con el fin de que la palma encaje adecuadamente. Se puede hacer de forma manual con ayuda de una pala o mecánicamente con el ahoyador en donde los suelos lo permitan. Se recomienda separar el suelo extraído al lado del hueco y adicionarle nutrientes con contenidos de fósforo (P) para que estimulen el crecimiento de las raíces, de acuerdo con las dosis recomendadas por los asistentes técnicos.

## Capítulo 3

### 3.2.3.8. Alistamiento de las plantas en el vivero para su transporte



■ Alistamiento y adecuación de la palma en vivero. Foto: Pérez, P.



■ Palma óptima para su traslado al sitio definitivo. Foto: Pérez, P.

Los tratamientos a las plantas en el vivero antes de su transporte al sitio de siembra son: separación o ruptura de raíces. Esta labor se realiza al menos 15 días antes del despacho y consiste en cortar las raíces de la plántula que pasan a través de las bolsas; marcación del cuello de la plántula, esta marca referencia la ubicación y/o profundidad a la que debe quedar sembrada la palma en el sitio definitivo; última selección y descarte de plántulas anormales; la poda se lleva a cabo cuando las palmas hayan alcanzado una altura superior a 1,5 metros; el riego de plántulas antes del envío se realiza cuando estas se encuentran en el vehículo de transporte.

### 3.2.3.9. Transporte de las plántulas al sitio definitivo para la siembra



■ Traslado de las plántulas desde el vivero hasta el sitio definitivo de siembra en la plantación.  
Foto: Ospitia, R.

Se realiza en vehículos (camiones), tractores halando carretas y/o carromatos halados por semovientes. Las plántulas se dejan junto a los sitios definitivos para la siembra (hueco), en el menor tiempo posible y cuidando no ocasionarles maltrato alguno.

## Capítulo 3

### 3.2.3.10. Características de una palma óptima para la siembra

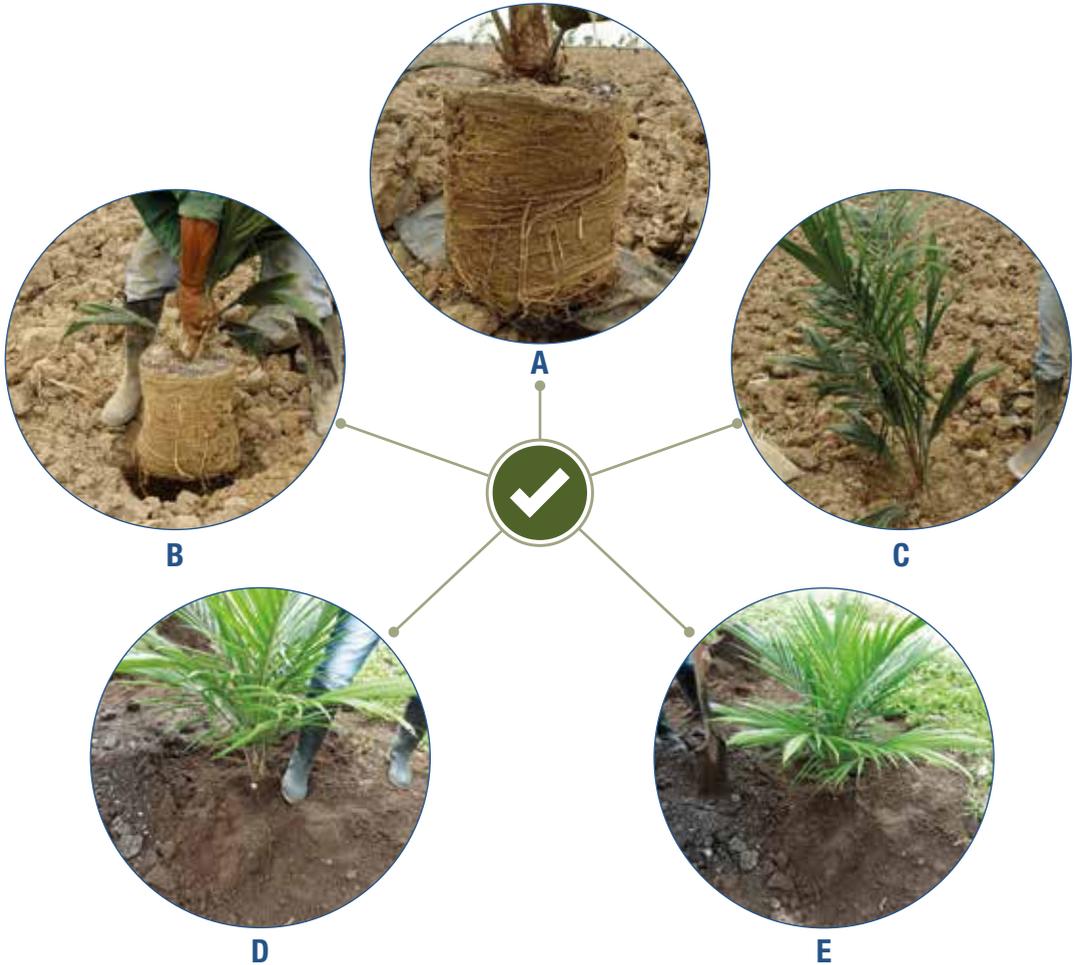


■ Palmas óptimas para la siembra. Foto: Fedepalma

Una palma logra su estado óptimo para la siembra cuando ha cumplido entre 8 y 12 meses de edad en el vivero, se recomienda no superar este tiempo ya que después se hace necesario realizar podas, corte de raíces, descartes y se complica su movilidad y transporte. Las características que debe tener una palma para su siembra son:

- No superar 1,2 a 1,5 m de altura.
- Cuello de 15 a 22 cm de circunferencia.
- Tener entre cinco y ocho hojas funcionales con foliolos debidamente separados.
- Las hojas del tercio medio deben formar un ángulo de 45° con el eje vertical de la palma, y los foliolos uno de 60° con el raquis de la hoja.
- El sistema radical tiene que estar en excelente estado y desprendido del suelo.
- Buen porte y estado fitosanitario.

### 3.2.3.11. Siembra de la palma en el sitio definitivo



- A. Rasgado de la bolsa plástica. B. Introducción del bloque de suelo de la palma en el hoyo. C. Verificación de la marca del cuello con la superficie del suelo. D. Fijar y asentar el sustrato con la palma en el hoyo. E. Verificación de la posición vertical de la palma. Fotos: Ospitia, R., y Pérez, P.

En primera instancia se verifica el estado óptimo de la palma y, de igual manera, el sitio donde se va a sembrar. Luego se rasga y se retira la bolsa plástica, dejándola a un lado para su posterior recolección; después se introduce el bloque de suelo de la palma en el hoyo o sitio definitivo, teniendo en cuenta que la marca del cuello coincida con el nivel de la superficie; simultáneamente se va agregando y presionando el terreno para que las raíces tengan buen contacto con el suelo, cuidando que la palma quede en posición vertical y que no hayan espacios de aire en el hoyo para evitar volcamientos y malformación de raíces.

### 3.3. Diseño, implementación y manejo del previvero y vivero del cultivo de la palma de aceite



■ Previvero de palma de aceite. Foto: Arias, N.

Para producir plantas de palma de aceite con los mejores estándares de calidad y garantizar una excelente producción, es necesario manejar los siguientes procesos en las etapas de previvero y vivero:

- Planeación del proceso de establecimiento del previvero y vivero.
- Establecimiento y manejo del previvero y vivero.
- Selección de palmas con estándares de calidad para la siembra.
- Despacho de palmas en óptimas condiciones.

### 3.3.1. Tipos de vivero en el cultivo de la palma de aceite



■ Vivero de una fase. Foto: Fedepalma



■ Vivero de dos fases. Fotos: Fedepalma

Según Arias, N. (2009), existen dos tipos de viveros para el cultivo de la palma de aceite: de una y de dos fases. El de una fase es aquel en donde se siembra la semilla germinada y diferenciada directamente en la bolsa grande de vivero, y se organizan a lo ancho de dos o cuatro camas; al cabo de tres meses se distancian las bolsas hasta cumplir los 12 meses que tarda la etapa de vivero y posterior traslado al sitio de siembra. En el de dos fases, la primera se denomina previvero, que consiste en sembrar las semillas germinadas y diferenciadas en bolsas pequeñas hasta cumplir al menos tres meses, y la segunda etapa o de vivero comienza desde el trasplante a bolsas grandes de vivero para que se desarrollen durante nueve meses y su posterior traslado al sitio de siembra.

### 3.3.2. Planeación del proceso de establecimiento y manejo de previvero y vivero

Etapas del desarrollo de un vivero de dos fases de palma de aceite	
Actividad	Tiempo mínimo de ejecución
Solicitud de la semilla al proveedor	12 meses antes de la fecha de entrega
Selección del sitio para establecer el vivero	10 a 12 meses antes de la recepción de la semilla
Preparación del sitio para desarrollar el vivero	seis meses antes de la recepción de la semilla
Preparación del sustrato	cuatro meses antes de la recepción de la semilla
Instalación del sistema de riego	tres meses antes de la recepción de la semilla
Llenado de bolsas para el previvero	dos meses antes de la recepción de la semilla
Recepción y siembra de la semilla en el previvero	12 meses antes de la siembra en campo
Llenado de bolsas para el vivero	dos meses antes del trasplante
Trasplante de las plántulas de previvero	tres meses después de la siembra de la semilla
Separación de palmas de doble germinación	al momento del trasplante
Selección y descarte de palmas anormales	al trasplante, quinto y octavo mes y al despacho de las palmas
Manejo de la nutrición	mensualmente, después del primer mes del trasplante
Manejo fitosanitario	desde la siembra hasta un mes antes del despacho
Preparación de las palmas para su despacho	tres semanas antes del despacho
Despacho de las palmas para la siembra	12 meses después de la siembra de la semilla

■ Fuente: Motta, D.; Beltrán, J. (2010).

Cumpliendo a cabalidad con el cronograma de actividades en el tiempo oportuno, se garantiza una buena producción de palmas de aceite bajo estándares de calidad.

### 3.3.3. Establecimiento de un vivero de dos fases (previvero y vivero)



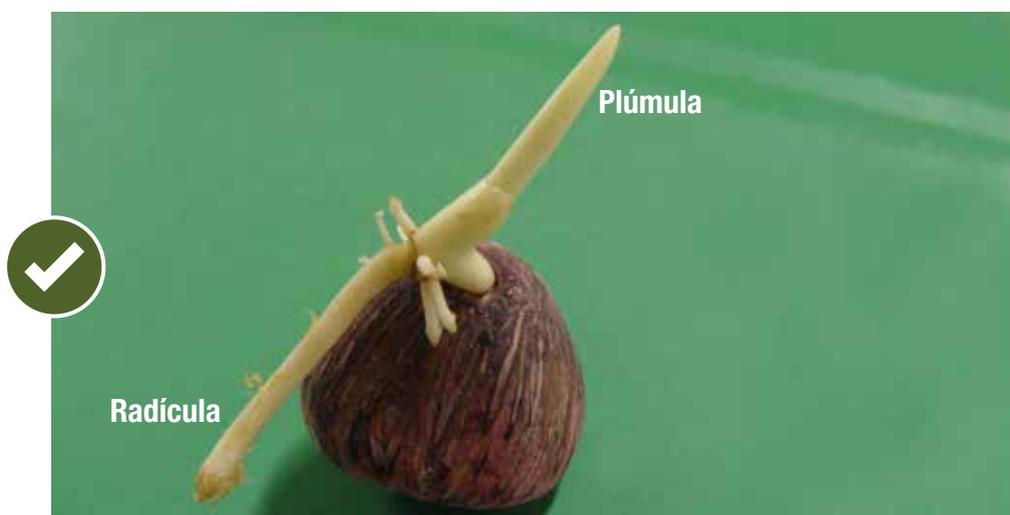
■ Fase de previvero. Foto: Fedepalma

El vivero de dos fases tiene las siguientes ventajas:

- Ayuda al cuidado de las plántulas en la etapa de previvero.
- Requiere de menor área.
- Emplea menos cantidad de agua.
- Su sostenimiento es de bajo costo.
- Facilita las labores de mantenimiento.
- Agiliza el descarte de plántulas anormales.
- Permite la separación de palmas mellizas.

## Capítulo 3

### 3.3.3.1. Selección de la semilla para su siembra



■ Semilla en buen estado. Foto: Ospitia, R.



■ Selección de semillas. Foto: Fedepalma

Al momento de sembrar la semilla se requiere verificar que: se haya diferenciado bien la plúmula de la radícula, y esta última debe ser menor a 1,5 cm de longitud; la plúmula y la radícula no presentan fracturas; la plúmula no está retorcida; la plúmula y la radícula no evidencian manchas húmedas y oscuras, ni tienen aspecto algodonoso. Recuerde que toda semilla debe tener registro de certificación (Motta, D. y Beltrán, J. 2010).

### 3.3.3.2. Cálculo del número de semillas necesarias para implementar un vivero



■ Semillas germinadas de palma de aceite. Foto: Ospitia, R.

De acuerdo con Motta y Beltrán (2010), para implementar un vivero se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Área total del proyecto (ha).
- Densidad de siembra (palmas/ha).
- Cálculo del número de palmas a sembrar por hectárea.
- Cálculo del número total de palmas a sembrar en el proyecto.
- Porcentaje de descarte (se sugiere el 20 % del total de las palmas a sembrar).
- Porcentaje de reposición (se sugiere el 10 % del total de las palmas a sembrar).
- Cálculo del requerimiento total de semillas para el proyecto.
- Plan de siembra para determinar el tiempo de la misma.
- Cálculo del número de semillas para el primer año de siembra, de acuerdo con el plan de siembra.
- Cálculo del número de semillas para el segundo año de siembra, de acuerdo con el plan de siembra.
- Cálculo del número de semillas para el tercer año de siembra, de acuerdo con el plan de siembra.

## Capítulo 3

### 3.3.3.3. Ejercicio: cálculo del número de semillas necesarias para implementar un vivero

Área del proyecto a sembrar: 100 ha

Densidad de siembra: 9 m x 9 m

Número de palmas/hectárea: 143 palmas/ha

Número total de palmas necesarias para desarrollar el proyecto:

Área total del proyecto x No. palmas/ha = 100 ha x 143 palmas/ha = 14.300 palmas totales del proyecto

Porcentaje de descarte (20 %):

$(14.300 \text{ palmas} \times 20 \%) / 100 \% = 2.860 \text{ palmas potenciales de descarte}$

Porcentaje de reposición (10 %):

$(14.300 \text{ palmas} \times 10 \%) / 100 \% = 1.430 \text{ palmas potenciales de reposición}$

Cálculo del requerimiento total de semillas (plántulas) para el proyecto:

(N° Total de palmas para el proyecto + N° Palmas de descarte + N° Palmas de reposición)  
 $(14.300 + 2.860 + 1.430 = 18.590 \text{ semillas (plántulas)})$

Cálculo de semillas necesarias para el primer año de siembra:

$(\text{N° Total de semillas para el proyecto} \times \text{área a sembrar en el primer año}) / \text{Área total del proyecto}$

Cálculo de semillas necesarias para el segundo año de siembra:

$(\text{N° Total de semillas para el proyecto} - \text{N° Semillas necesarias en primer año}) / \text{N° años pendientes}$

### 3.3.3.4. Selección del sitio para el vivero



■ Selección y alistamiento del sitio para vivero. Foto: Fedepalma

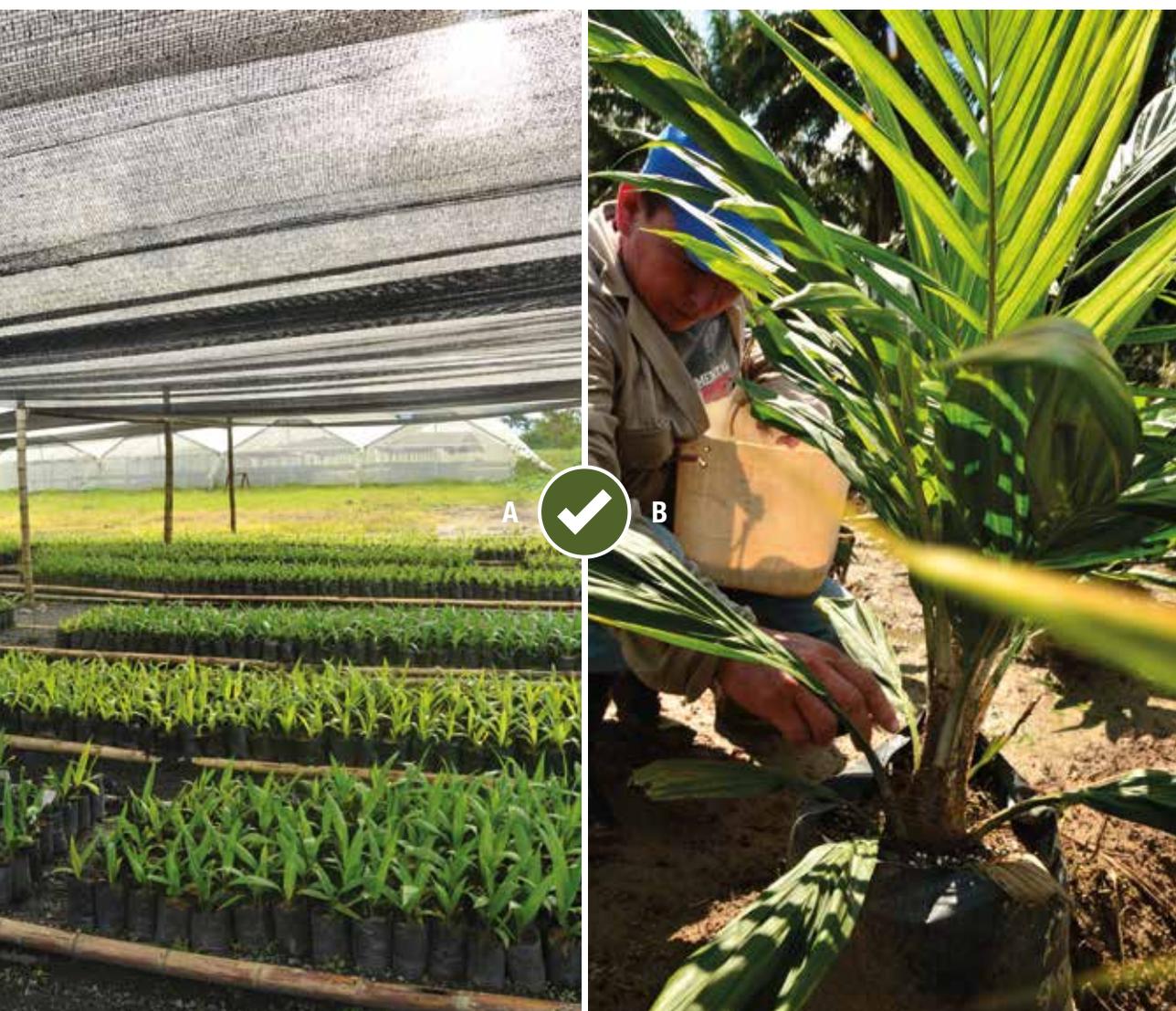
Los previveros y viveros deben ser ubicados estratégicamente para reducir el tiempo de transporte de las plántulas, facilitar su supervisión y seguridad permanente. Además, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos: terreno plano con inclinación inferior al 10 %; preferiblemente rectangular para facilitar la instalación del sistema de riego y construcción de drenajes; retirar vegetación que le cause sombra; construir vías de acceso; seleccionar un sitio elevado para evitar inundaciones por movimientos de aguas superficiales; construir barreras rompevientos de ser necesario y contar con agua disponible y permanente.

### 3.3.3.5. Diseño y estimación del área del previvero para el cultivo de la palma de aceite



■ Previveros (riego manual) y camas para la ubicación de las plántulas. Foto: Fedepalma, Pérez, P.

En los previveros se puede manejar el microclima óptimo para las plántulas, ya que permiten el control de temperatura, humedad relativa, riego, horas luz y la utilización del sustrato apropiado. En esta fase se deben construir camas para ubicar las bolsas donde las plántulas van a desarrollarse y crecer durante un periodo de al menos tres meses; también se pueden utilizar mesas con bandejas plásticas que facilitan el cuidado de las plántulas. La medida de las camas sobre el suelo tiene que ser de 1,2 m de ancho y 40 m o más de largo; se recomienda que estas estructuras estén elevadas al menos 5 cm respecto al suelo para permitir el drenaje del agua, para ello, es posible utilizar arena o grava, y cada cama debe sujetarse en su perímetro con tablas de madera, guadua u otro material disponible, asegurándolo con estacas para que las bolsas que contienen las plántulas no se inclinen. Entre cama y cama debe existir un espacio de al menos 70 cm para facilitar el movimiento de los trabajadores y la realización de las labores culturales necesarias.



■ A. Previvero con polisombra. B. Aplicación de fertilizante en vivero. Foto: Fedepalma

Los previveros deben estar sombreados hasta 60 % con malla de penumbra (polisombra), extendida sobre una estructura o armazón con una altura de dos a tres metros para facilitar la movilidad de los trabajadores, regular el movimiento del aire, la intensidad de la luz solar y disminuir el riesgo de problemas fitosanitarios. Se requiere instalar un sistema de riego adecuado que incluya nebulizadores para la regulación de la temperatura dentro del previvero, generar protección al entorno y construir un lavapies a la entrada. El área adecuada debe ser acorde al número de plántulas a producir.

### 3.3.3.6. Diseño y estimación del área del vivero para el cultivo de la palma de aceite



■ Vivero de palma de aceite. Foto: Arias, N.

Según Motta y Beltrán (2010), una vez transcurre la fase de previvero, las plántulas se pasan a bolsas plásticas de color negro de cinco micras de espesor (calibre 500), tratadas contra rayos ultravioleta (UV), con orificios de hasta ocho milímetros de diámetro y un tamaño de 40 cm de ancho por 45 cm de largo. Este tipo de bolsa permite ubicar 18.040 palmas/ha en el vivero, distanciándolas a 80 cm entre bolsas y a 69 cm entre líneas cuando la planeación del vivero es hasta de 10 meses. Por otro lado, si se desea mantener las palmas de vivero hasta un periodo de 12 meses, se debe ampliar el distanciamiento de las bolsas a 90 cm y las líneas a 78 cm. No se recomienda mantener palmas de vivero por más de 12 meses porque se dificulta su mantenimiento y se hace necesario realizar labores de poda y corte de raíces. Además, se exponen a problemas fitosanitarios y se incrementan los costos de producción. Al igual que al previvero, se debe instalar el sistema de riego, protección del entorno, construcción de vías, drenajes, rompevientos, lavapies y bodega de almacenamiento de insumos agrícolas siguiendo la normatividad vigente.

## Capítulo 3

### 3.3.4. Manejo del previvero y vivero del cultivo de la palma de aceite



■ Revisión periódica de plántulas en previvero. Foto: Fedepalma

Es importante contar con personal calificado en esta etapa ya que la producción de plántulas se maneja de manera integral. Las actividades que se desarrollan son: selección de semillas, preparación del sustrato, selección de bolsas, encapachado (llenado), distanciado de bolsas, fertilización, riego, manejo fitosanitario y descarte de plántulas.

### 3.3.4.1. Preparación del sustrato para el llenado de bolsas en vivero



■ Cernido del suelo para retirar terrones y materiales extraños.

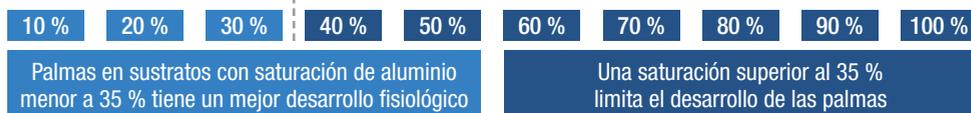
Según Motta y Beltrán (2010), se deben seleccionar suelos con características químicas y físicas óptimas, como: libre de inóculo de enfermedades, de contaminantes químicos, de rocas, palos y terrones, con textura franca, acidez pH (> 4,5–6), contenido de arena (30–60 %), contenido de limo (20–40 %), contenido de arcilla (25–45 %), carbono orgánico (2–3 %), materia orgánica (2–4 %), nitrógeno total (0,1–0,2 %), fósforo disponible Bray II (15–30 mg/kg), potasio intercambiable (0,2–0,4 cmol\*kg), calcio intercambiable (3–6 cmol\*kg), magnesio intercambiable (1,5–2,5 cmol\*kg), saturación de potasio (3–6 %), saturación de calcio (20–40 %), saturación de magnesio (10–20 %), saturación de sodio (< 15 %) y saturación de aluminio (< 30 %). Si se necesita aplicar enmiendas o fertilizantes para mejorar la calidad del sustrato, debe hacerse por lo menos un mes antes de la siembra de la semilla. También se recomienda preparar el suelo para evitar terrones e impurezas.

### Capítulo 3

#### 3.3.4.2. Efecto de la aplicación de enmiendas para reducir la saturación de aluminio intercambiable en el sustrato de palmas de vivero

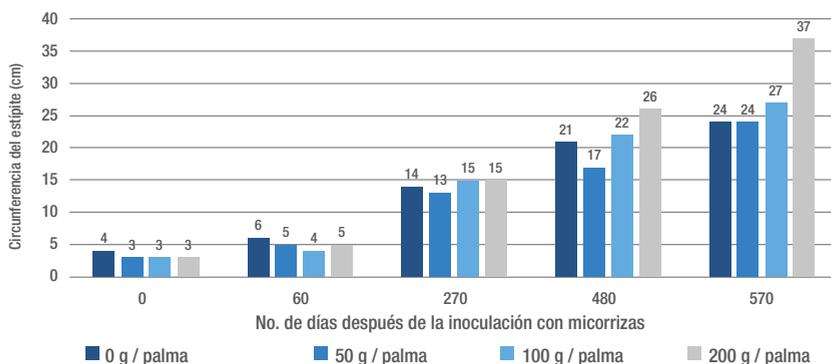


Foto: Cenipalma



Cuando la saturación de aluminio intercambiable en la solución del suelo supera el 35 %, se limita el crecimiento y la funcionalidad del sistema radical y la parte aérea de las plántulas en vivero, por lo que se recomienda aplicar al sustrato, al menos un mes antes de la siembra de la semilla, con enmiendas como carbonato de magnesio y carbonato de calcio según recomendaciones del asistente técnico.

#### 3.3.4.3. Efecto de la aplicación de micorrizas en el desarrollo vegetativo de la palma de aceite en vivero



La aplicación de micorrizas a las palmas en vivero genera un mejor desarrollo vegetativo ya que se produce una simbiosis entre el hongo y las raíces debido a que el hongo absorbe nutrientes, minerales y agua y las trasloca a la palma. Esta, a su vez,

le suministra azúcares que se generan en el proceso de la fotosíntesis. Lo anterior redundaría en un mejor desarrollo de las plántulas en vivero, en específico para el crecimiento de la circunferencia del estípote al aplicar micorrizas al sustrato, como lo muestra la gráfica anterior.

### 3.3.4.4. Efecto de la aplicación de boro (B) en el desarrollo vegetativo de la palma de aceite en vivero



■ Efecto de aplicación de diferentes dosis de boro (B) a plántulas de vivero. Foto: Arias, N.

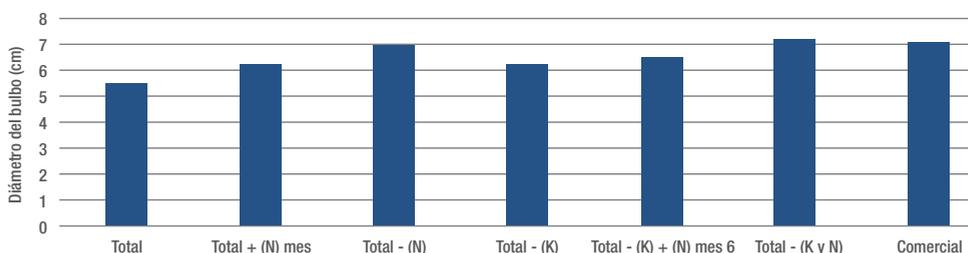
Tratamiento	Dosis quincenal de borato 48 (g/palma)	Total aplicado en los seis meses (g de borato 48/palma)	Boro (B) foliar (ppm)
1	0	0	10,6
2	0,5	6	13,8
3	1	12	38,7
4	1,5	18	207,4
5	2	24	297,7
6	2,5	30	107,4

■ Fuente: Cenipalma

El boro (B) es esencial para la elongación de las raíces, síntesis de ácidos nucleicos, formación de la pared celular, metabolismo del fenol, diferenciación de tejidos, integridad de la membrana plasmática, formación de carbohidratos, proteínas, polen y crecimiento del tubo polínico. Aplicaciones de boro al sustrato en dosis fraccionadas de 0,5 g/palma cada quince días por un periodo de seis meses, como lo muestra la tabla anterior, en condiciones de suelos con 0,5 ppm de B, no presentaron diferencias en desarrollo con respecto a la palma donde no se usó B (testigo). Por el contrario, las aplicaciones (a partir de las dosis más bajas) excesivas de boro, pueden producir fitotoxicidad manifestando necrosis de las puntas de las hojas y mal desarrollo vegetativo de las plántulas (Fairhurst, T., Caliman, J., Härdter, R. y Witt, C. 2005).

## Capítulo 3

### 3.3.4.5. Efecto de la incorporación de nutrientes previo al trasplante en vivero de dos fases



	Tratamiento	Unidad	Dolomita	MgCO <sub>3</sub>	Nitrasam	SFT	KCL	Kieserita	Borato 48
T1	Todo Incorporado	g	56	12	112	22	46	34	0,24
T2	Todo Incorporado - (N)	g	56	12		22	46	34	0,24
T3	Todo Incorporado - (K)	g	56	12	112	22		34	0,24
T4	Todo Incorporado - (N y K)	g	56	12		22		34	0,24
T5	Testigo comercial	g	56	12					

■ Fuente: Cenipalma

La incorporación de nutrientes en el sustrato como actividad previa al trasplante es viable, conociendo con antelación las características físicas y químicas del mismo. En la tabla se muestra un ensayo de incorporación de nutrientes antes del trasplante y con diferentes variables, como: T1) incorporación total de todos los nutrientes; T2) incorporación total menos nitrógeno (N); T3) incorporación total menos potasio (K); incorporación total menos nitrógeno (N) y potasio (K), y un testigo comercial en el que solo se incorpora Dolomita y MgCO<sub>3</sub>. Los resultados muestran un buen desarrollo del diámetro del bulbo de las plántulas en vivero en los cinco tratamientos, con mejores comportamientos en el T2, T4 y T5. Sin embargo, cabe anotar que la fuente de nitrógeno (N) se agota en el mes cuarto después de la siembra y es necesario realizar otras aplicaciones superficiales según recomendación técnica. Es importante ver estos resultados en el marco del análisis del sustrato.

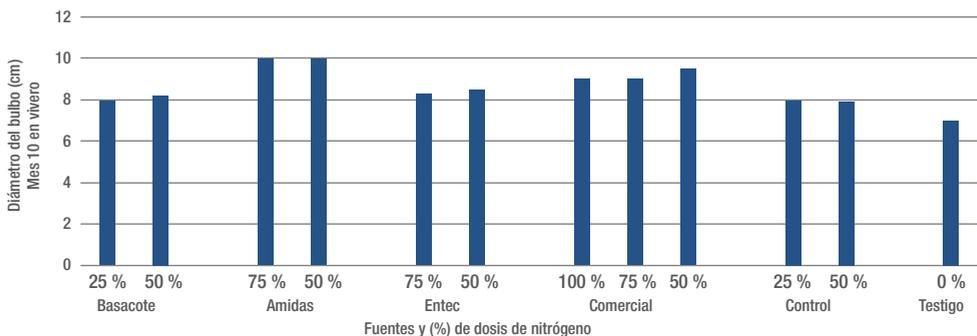
### 3.3.4.6. Uso de fertilizantes de liberación lenta en palmas de vivero



■ Aplicación de fertilizantes a las plántulas en vivero. Foto: Arias, N.

Los fertilizantes de liberación lenta ponen a disposición de las plantas sus nutrientes pero de manera pausada y frecuente durante un periodo determinado. Estos tipos de fertilizantes se aplican una sola vez y se diferencian de acuerdo con su forma de liberación, pueden ser de mineralización lenta, encapsulados o fertilizantes corrientes con adición de inhibidores de la nitrificación.

### 3.3.4.7. Efecto del uso de diferentes fertilizantes de liberación lenta y porcentaje de dosis de nitrógeno (N) en el crecimiento del bulbo en palmas de vivero



■ Fuente: Cenipalma

Las ureas recubiertas con azufre son buena alternativa para el manejo de la nutrición en vivero. Los fertilizantes recubiertos con polímeros, en las dosis de nitrógeno

### Capítulo 3

recomendadas, no satisfacen las necesidades de las plántulas y, además, son más costosas que las fuentes tradicionales por dosis de nutrimento. El limitante mayor es su alto valor comercial frente a los fertilizantes tradicionales de liberación rápida.

#### 3.3.4.8. Selección de bolsas para el cultivo de la palma de aceite en las fases de previvero y vivero



■ Bolsa para vivero principal.

El tamaño de las bolsas está relacionado con el tiempo planeado para que las plántulas permanezcan en el vivero. En previvero se estima un periodo de hasta tres meses después de la siembra y se utilizan bolsas de 15 cm de ancho y 23 cm de largo. Para la fase de vivero con permanencia después del trasplante y por un periodo hasta de nueve meses, se emplean bolsas de 40 cm de ancho y 45 cm de largo y, para las palmas de resiembra, bolsas de 50 cm de ancho y 60 cm de largo, debido a que estas palmas pueden durar más de 14 meses. Se recomienda usar bolsas plásticas de color negro, de cinco micras de espesor o calibre 500, tratadas contra rayos ultravioleta (UV) y de dos filas para previvero y cuatro filas para vivero, con orificios de 5 a 8 mm de diámetro alternados. Las anteriores especificaciones son importantes porque garantizan un material duradero y permiten el desarrollo y crecimiento adecuado de las plántulas en la fase de vivero (Motta, D. y Beltrán, J. 2010).

### 3.3.4.9. Llenado de la bolsa o encapachado

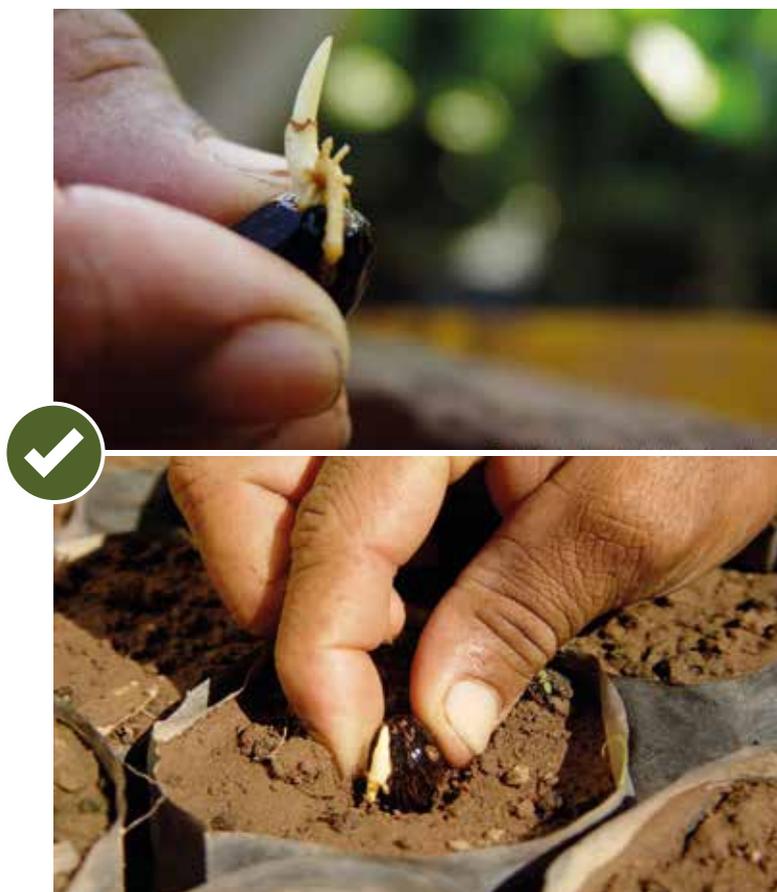


■ A. Llenado de bolsa de previvero. B. Llenado de bolsa para vivero. Fotos: Fedepalma y Arias, N.

Motta y Beltrán (2010), recomiendan que la bolsa se llene con sustrato hasta 2 cm antes del borde y un mes previo a la siembra de la semilla. Una vez el sustrato se “asiente” se completa la bolsa. Para ejecutar una buena labor se debe evitar el uso de sustrato que tenga humedad excesiva y pisotearlo. Las bolsas se ubican llenas en las camas de manera vertical, y el sustrato en ellas debe permanecer húmedo y bajo sombra. En la práctica se puede utilizar un tubo de PVC de 10 cm de ancho por 30 cm de largo para ayudar al llenado de las bolsas de previvero, con un corte diagonal en un extremo para facilitar la recolección de sustrato. Para el de bolsas de vivero, se utiliza un tubo de PVC con las mismas medidas de la bolsa de vivero y dos manijas en cada extremo para luego retirar el accesorio de manera lenta y cuidadosa. Una tonelada de sustrato alcanza para 1.200 bolsas de previvero y 80 de vivero, aproximadamente.

## Capítulo 3

### 3.3.4.10. Siembra de la semilla en la bolsa de previvero



■ Semilla con plúmula en la parte superior y radícula en la inferior. Fotos: Ospitia, R.

Un día antes de la siembra de la semilla se riegan las bolsas en el vivero. Los hoyos deben tener entre 4 y 5 cm de profundidad, y entre 2 y 3 cm de diámetro. En la práctica se recomienda adecuar una estaca con las anteriores dimensiones para facilitar la labor. Las semillas se transportan en un balde o recipiente plástico con agua, evitando causar fractura a la plúmula o radícula. La plúmula debe quedar en la parte superior a menos de 1 cm por debajo de la superficie del sustrato y la radícula en la parte inferior. Después de cubrir la semilla con sustrato, se presiona con la mano de manera cuidadosa asentándolo al nivel de la superficie. Posterior a la siembra se aplica riego para mantener la humedad teniendo cuidado de no afectar la posición de la semilla y no extraer el sustrato que la cubre. Se deben marcar las camas con el nombre del material genético sembrado, la fecha y el número de semillas (Motta, D. y Beltrán, J. 2010).

### 3.3.4.11. Distanciado de bolsas en vivero

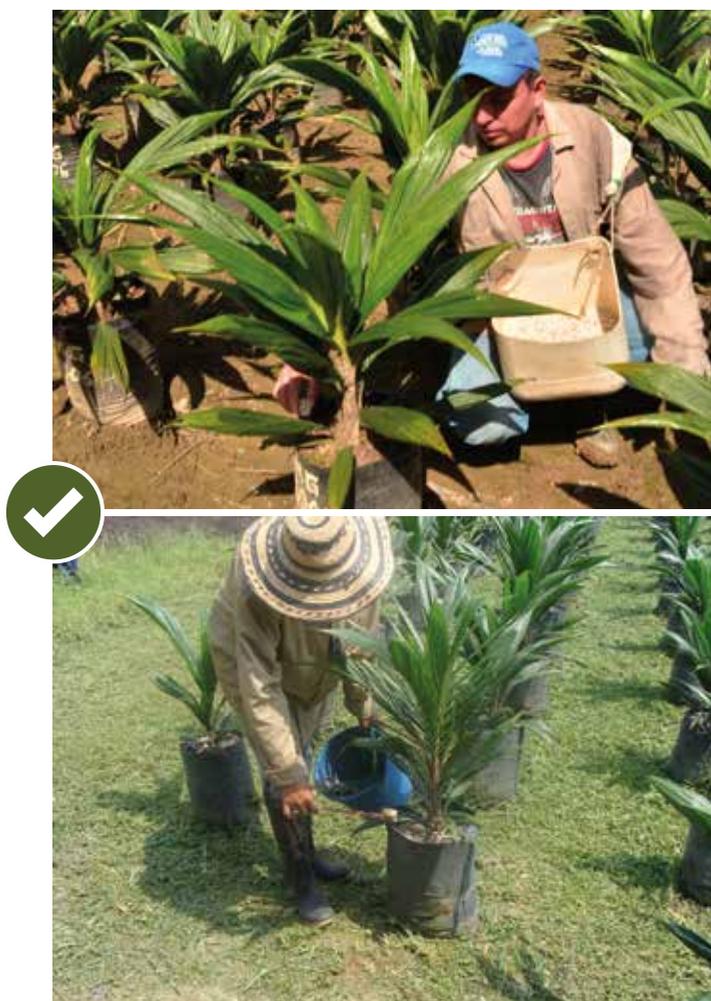


■ Ubicación y distanciado de bolsas en vivero. Foto: Arias, N.

Una vez concluida la fase de previvero, las plántulas se llevan a bolsas de vivero y se deben ubicar de manera correcta, el espacio entre plántulas depende del tiempo que van a durar en la etapa de vivero. Las bolsas se alinean en dirección norte-sur y se disponen en triángulo equilátero para mitigar el efecto sombra. Cuando se tiene planeado dejar hasta 10 meses las plántulas en el vivero, la distancia entre las bolsas debe ser de 80 cm y 69 cm entre líneas lo que permite acomodar 18.040 bolsas por hectárea. Cuando se planea dejar las plántulas hasta 12 meses, la distancia entre bolsas debe ser de 90 cm y 78 cm entre líneas, permitiendo acomodar 14.260 bolsas (Motta, D. y Beltrán, J. 2010).

## Capítulo 3

### 3.3.4.12. Recomendaciones para la aplicación de fertilizantes en vivero



■ Aplicación manual de fertilizantes en vivero. Fotos: Fedepalma y Arias, N.

En la fase de previvero (<3 meses) no se requiere fertilizar porque la palma obtiene sus nutrientes de la semilla y del sustrato utilizado. Cuando las plántulas muestran alguna deficiencia se debe aplicar un fertilizante foliar preferiblemente en horas de la tarde, después del riego, es decir, no se hace bajo condiciones secas y de altas temperaturas. La dosis corresponde a las recomendaciones técnicas. En la fase de vivero (>3 meses) sí se pueden usar fertilizantes granulados, utilizando pequeños recipientes para la aplicación de cantidades precisas y en forma dispersa, evitando acumulaciones que ocasionen el quemado de las hojas (Motta, D., y Beltrán, J. 2010).

### 3.3.4.13. Programa general de fertilización en la fase de vivero para palma de aceite (*Elaeis guineensis*)

Semanas después del trasplante	Fertilizante	Composición	Dosis (g/plántula)
1	N-P-K-Mg	15-15-6-4	5
3	N-P-K-Mg + elementos menores	12-12-7-2 + EM	7
5	N-P-K-Mg	15-15-6-4	7
7	N-P-K-Mg + elementos menores	12-12-7-2 + EM	10
10	N-P-K-Mg	15-15-6-4	10
13	N-P-K-Mg + elementos menores	12-12-7-2 + EM	10
16	N-P-K-Mg	15-15-6-4	15
19	N-P-K-Mg + elementos menores	12-12-7-2 + EM	15
22	N-P-K-Mg	15-15-6-4	20
25	N-P-K-Mg + elementos menores	12-12-7-2 + EM	20
28	N-P-K-Mg + elementos menores	12-12-7-2 + EM	20
32	N-P-K-Mg + elementos menores	12-12-7-2 + EM	25
	Kieserita	MgSO <sub>4</sub> . H <sub>2</sub> O	10
36	N-P-K-Mg + elementos menores	12-12-7-2 + EM	25
	KCL	KCL	20
9 meses			219

■ Fuente: Motta, D., y Beltrán, J. (2010).

Los planes de fertilización en vivero se diseñan teniendo en cuenta la calidad y propiedades fisicoquímicas del sustrato. La tabla anterior es un ejemplo que indica cierto tipo de fertilizantes, composiciones, dosis y frecuencia de aplicación de un caso exitoso. Cualquier modificación en el tipo de fertilizante, dosis y frecuencia debe ser consultada con un asistente técnico.

### Capítulo 3

#### 3.3.4.14. Programa de fertilización en la fase de vivero para palma de aceite en híbridos OxG

Programa de fertilización en híbridos (OxG)			
Tiempo de 10 meses en vivero			
Nutriente		Recomendación (g/plántula)	
		Comercial	Cenipalma
Nitrógeno	N	38	25
Fósforo	P	17	10
Potasio	K	31	15
Boro	B	1	0,5
Total aplicación		87	50,5

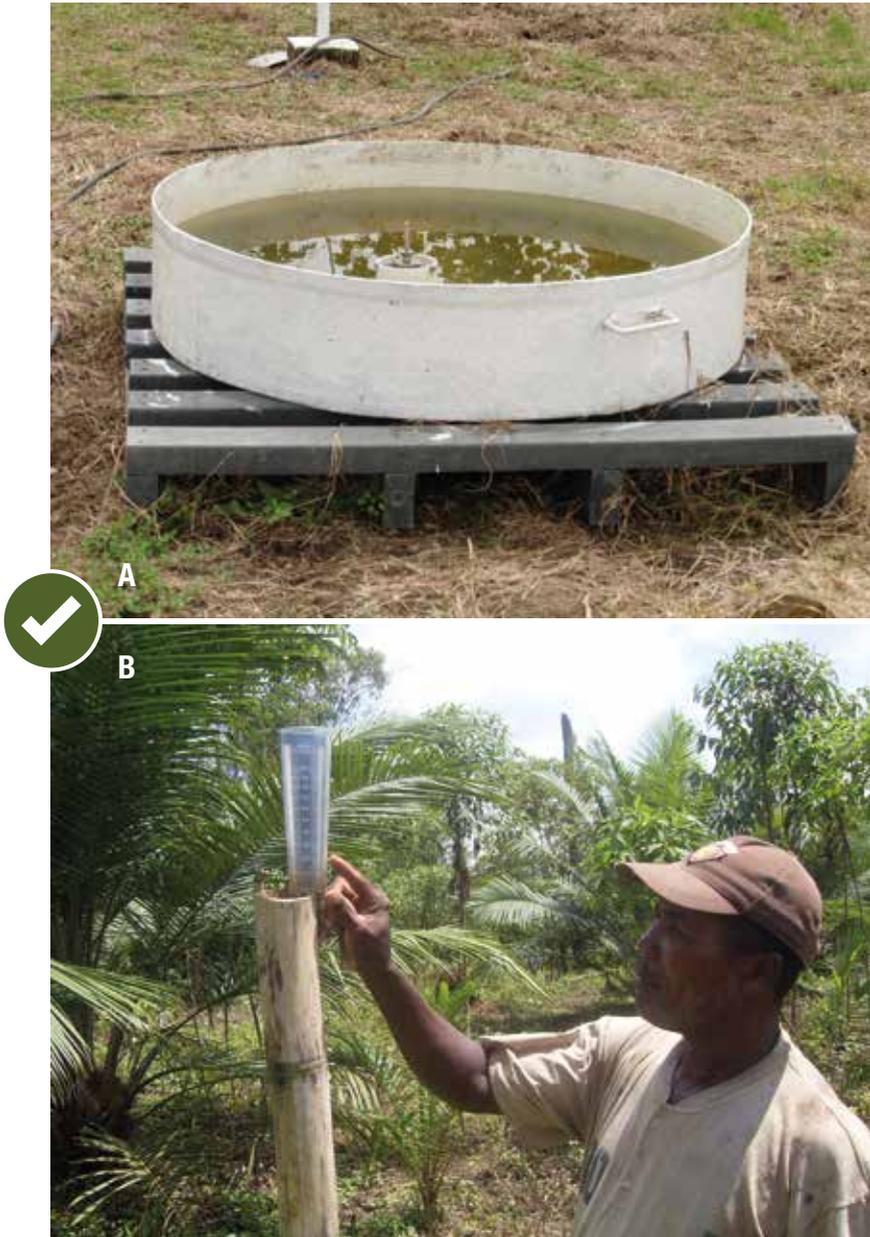
■ Fuente: Rincón, A., y Molina, D. (2016).

De acuerdo con ensayos realizados por Cenipalma, el manejo nutricional en vivero para *Elaeis guineensis* e híbrido (OxG), indican que los últimos necesitan menor cantidad de nutrientes frente a los materiales de *Elaeis guineensis* para un periodo de 10 meses. Sin embargo, se debe prestar atención a cualquier deficiencia nutricional para realizar la corrección de manera oportuna y bajo la orientación del asistente técnico.

#### 3.3.4.15. Requerimiento hídrico en vivero de la palma de aceite en Colombia



■ Riego de plántulas de palma de aceite en vivero. Foto: Fedepalma



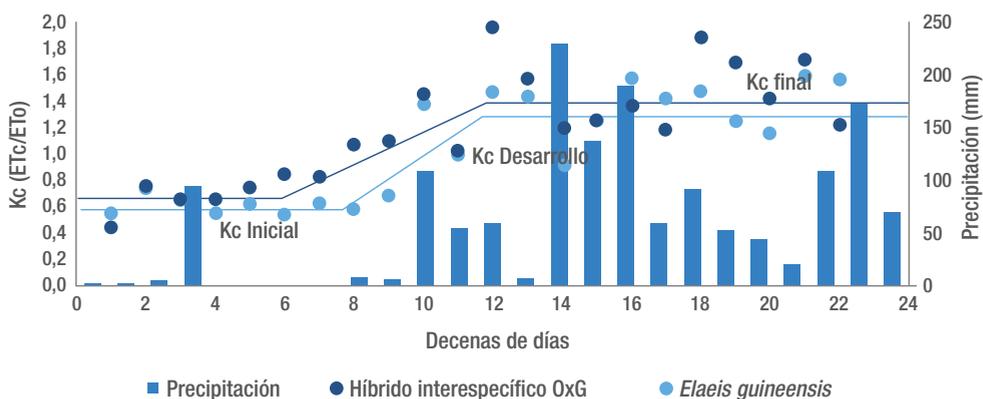
■ A. Lectura de evaporímetro. B. Lectura de pluviómetro. Fotos: Pérez, P.

Para determinar el consumo de agua de la palma de aceite se usa un coeficiente ( $K_c$ ) y se hace dependiendo del material genético, edad del cultivo y condiciones del suelo, y se relaciona la evapotranspiración ( $E_{To}$ ) de un cultivo de referencia en buenas condiciones de suelo y clima, con la evapotranspiración real del cultivo

### Capítulo 3

de la palma de aceite (ETR). Se obtuvieron valores de evapotranspiración de 8,9 mm/día en palma de vivero, bajo condiciones de la Zona Oriental (Cumarál, Meta). Sin embargo, en la Zona Norte se han realizado ensayos en vivero con suministros de 1,2 L/día/plántula con excelentes resultados (Álvarez, O., Silva, J. y Garzón, E. 2006).

#### 3.3.4.16. Requerimientos hídricos para *Elaeis guineensis* e híbridos O×G en vivero



■ Fuente: Cenipalma

Trabajos de investigación para la determinación de los requerimientos hídricos del cultivo en las diferentes etapas fisiológicas del cultivo. En la fase de vivero determinaron los valores de consumo de agua para los materiales *Elaeis guineensis* e híbrido interespecífico (O×G), mediante el método del lisímetro. Para los dos materiales se calculó el coeficiente del cultivo (Kc) en tres etapas de desarrollo identificadas en vivero: inicial (3 meses), desarrollo (2 meses) y final (4 meses). En su fase inicial el valor promedio de Kc osciló entre 0,6 y 0,8, para la de desarrollo entre 1 y 1,3 y, para la final se encontraron valores promedios de Kc entre 1,3 y 1,4. Con estos coeficientes se puede determinar la evapotranspiración del cultivo en etapa de vivero dependiendo de las condiciones climáticas de la región, haciendo uso de la siguiente ecuación:  $ET_c = K_c ET_o$ . La evapotranspiración de referencia  $ET_o$  puede ser determinada por varios métodos, entre ellos, el más utilizado es el de Penman – Monteith de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO.

### 3.3.4.17. Sistemas de riego del cultivo de la palma de aceite en la fase de vivero



■ Riego por goteo. Foto: Pérez, P.

Dentro de los diferentes sistemas de riego que se utilizan en vivero se encuentran: riego por inundación (no recomendable), aspersión y goteo. El riego por goteo se considera el más eficiente para el manejo de viveros ya que presenta ventajas de tipo técnico como que hace más eficiente el consumo de agua por plántula, admite la aplicación de fertilizantes de manera simultánea (fertirriego), facilita la automatización de la aplicación, se adapta a cualquier topografía y permite un mejor control fitosanitario.

### Capítulo 3

#### 3.3.4.18. Manejo fitosanitario de plántulas de palma de aceite en la fase de vivero



■ Control fitosanitario en vivero. Foto: Fedepalma

El manejo fitosanitario en los viveros de palma de aceite debe estar enmarcado por los principios y criterios de la Mesa Redonda de Aceite de Palma Sostenible (RSPO, por sus siglas en inglés), haciendo uso de mejores prácticas agrícolas y siendo responsable con el medioambiente y la conservación de los recursos naturales y la biodiversidad, además de acatar la normatividad legal vigente en Colombia. La fase de vivero debe contar con un programa de manejo fitosanitario exigente y de estricto cumplimiento, que registre e identifique de manera oportuna cualquier problema de ataque de insectos-plaga o enfermedades, y ejecute las medidas de control adecuadas.

### 3.3.4.19. Identificación y manejo de enfermedades que afectan las plántulas de palma de aceite en la fase de vivero

Manchas foliares ocasionadas por <i>Curvularia</i> spp.	
Síntomas	Manejo
 <p>Son lesiones circulares, pequeñas, translúcidas de color amarillo, visibles por el haz y el envés de las hojas. Presenta un halo de color naranja-amarillo. En ataques severos las manchas pueden coalescer y formar amplias áreas de tejido afectado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar un adecuado programa de fertilización y riego.</li> <li>• Aplicar fungicida según recomendación técnica.</li> <li>• Retirar y eliminar las palmas afectadas.</li> </ul>
Moteado foliar por <i>Helminthosporium</i> spp.	
Síntomas	Manejo
 <p>Son lesiones pequeñas dispersas de color marrón que aumentan de tamaño y presentan clorosis. Son numerosas y se localizan en la parte distal o central de las hojas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar un programa de fertilización y riego adecuado.</li> <li>• El distanciado de las plántulas tiene que ser correcto.</li> <li>• Debe existir buena aireación.</li> <li>• Aplicar fungicida según recomendación técnica.</li> <li>• Retirar y eliminar las palmas afectadas.</li> </ul>

■ Fuente: Pineda, B.; Martínez, G. (2010); Motta, D. y Beltrán, J. (2010).

Antracnosis ocasionada por <i>Glomerella</i> spp. ( <i>Colletotrichum</i> spp.)	
Síntomas	Manejo
 <p>Son manchas pequeñas, alargadas de color marrón, de aspecto húmedo aceitoso, limitadas por las nervaduras, rodeadas de un halo amarillento pálido. Los tejidos de la lesión en la parte central se secan y sobre ellos se observan puntos negros que cuando maduran y en presencia de alta humedad se rodean de una matriz gelatinosa de color rosado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar un programa de fertilización y riego adecuado.</li> <li>• Implementar el drenaje de las camas.</li> <li>• Debe existir buena aireación y paso de la luz solar.</li> <li>• Aplicar fungicida según recomendación técnica.</li> </ul>
Manchas foliares ocasionadas por <i>Rhizoctonia solani</i> (Teleomorfo <i>Thanatephorus cucumeris</i> = <i>Corticium solani</i> )	
Síntomas	Manejo
 <p>Son parches irregulares de color pálido, verde oliva, rodeados por una zona de color marrón violáceo. Normalmente aparecen en la base de la hoja. Al inicio, los tejidos presentan aspecto húmedo, de color gris casi transparentes y rodeados de un borde de color marrón oscuro. El tejido desecado dejando un hueco en la hoja.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar un programa de fertilización y riego adecuado.</li> <li>• Aplicar fungicida preventivo según recomendación técnica.</li> <li>• Retirar y eliminar las palmas afectadas.</li> </ul>

■ Fuente: Pineda, B.; Martínez, G. (2010); Motta, D. y Beltrán, J. (2010).

Manchas foliares ocasionadas por <i>Pestalotiopsis</i> sp.	
Síntomas	Manejo
 <p>Son lesiones grandes con forma irregular, de color naranja-rojizo. Se forman grandes áreas foliares necróticas. En los folíolos se observa secamiento de los ápices hacia la base y del borde hacia el centro de los mismos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar un programa de fertilización y riego adecuado.</li> <li>• Retirar y eliminar las palmas afectadas.</li> </ul>
Manchas foliares ocasionadas por <i>Cercospora</i> sp.	
Síntomas	Manejo
 <p>Son pequeños puntos hialinos que luego se tornan de color marrón claro a oscuro, de crecimiento irregular y borde clorótico. Al trasluz puede apreciarse que las manchas son ligeramente deprimidas. En presencia de muchas manchas, la hoja se torna clorótica. Las lesiones avanzan coalescentes originando áreas necróticas hasta afectar completamente la lámina foliar.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar un programa de fertilización y riego adecuado.</li> <li>• Implementar el drenaje de las camas.</li> <li>• Debe existir buena aireación y paso de la luz solar.</li> <li>• Retirar y eliminar las palmas afectadas. En caso de dejarlas en el lote, tienen que colocarse con el envés hacia el suelo.</li> </ul>

■ Fuente: Pineda, B.; Martínez, G. (2010); Motta, D. y Beltrán, J. (2010).

Pudrición del cogollo ( <i>Phytophthora palmivora</i> )	
Síntomas	Manejo
 <p>Inicialmente son pequeñas lesiones necróticas de forma elongada hacia la base de la flecha. También se presenta quemazón de los folíolos bajos del lado de las lesiones. Los tejidos se secan y se caen, cuando la hoja se expande, los folíolos aparecen incompletos y dan la apariencia que han sido mordisqueados. Las lesiones son húmedas, de color marrón y olor fétido que avanzan hacia el meristemo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar un programa de fertilización y riego adecuado.</li> <li>• Debe existir buena aireación y paso de la luz solar.</li> <li>• Realizar cirujías de acuerdo con la recomendación técnica.</li> <li>• Retirar y eliminar las palmas afectadas.</li> </ul>

■ Fuente: Pineda, B.; Martínez, G. (2010); Motta, D. y Beltrán, J. (2010).

### 3.3.4.20. Control de malezas en la fase de vivero



■ Control manual de malezas en vivero. Fotos: Fedepalma

Es importante realizar el control de malezas en la fase de vivero porque en ellas se hospedan insectos-plaga y patógenos de enfermedades, que compiten por agua y nutrientes, y pueden generar ambientes propicios para el desarrollo de enfermedades. El chequeo debe ser manual en previveros y mecánico o químico en viveros, aplicando las recomendaciones técnicas y de seguridad industrial. En previvero se retiran las malezas de las bolsas sin afectar la plántula. En algunos viveros se aplican entre las bolsas grava, cascarilla de arroz o cuesco del fruto de la palma de aceite.

### 3.3.5. Descarte de palmas anormales en la fase de vivero



■ Descarte de palmas anormales en vivero. Fotos: Fedepalma y Arias, N.

Es claro que se deben sembrar palmas de la más alta calidad ya que su tiempo de producción comercial oscila entre los 25 y 30 años y una mala decisión repercute por ese lapso de tiempo. Las palmas descartadas se eliminan con el fin de evitar que otros productores las siembren, trasladando el problema a estos últimos. Normalmente el porcentaje de descarte de un vivero puede llegar inclusive hasta el 30 % de las plántulas. Se sugiere realizar cinco rondas de selección y descarte. La primera se hace a los dos o tres meses de edad o cuando las plántulas tienen de tres a cuatro hojas; la segunda a los tres meses después de la primera selección; la tercera a los dos meses después de la segunda ronda; la cuarta al momento de hacer el despacho de las plántulas del vivero, y la quinta seis meses después de la siembra en el sitio definitivo, ya que pueden presentarse palmas con anomalías o muertas, que tienen que reemplazarse por palmas sanas y vigorosas.

### 3.3.6. Identificación y características de palmas anormales en las fases de previvero y vivero

Previvero		
Anormalidad: palma torcida		
	Característica	Posibles causas
	Desde su germinación presenta hojas y tallo torcido.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Semilla sembrada en forma invertida, es decir plúmula hacia abajo y radícula hacia arriba.</li> <li>• Contaminación con herbicidas.</li> </ul>
Anormalidad: hoja collante o plegada		
	Característica	Posibles causas
	Las hojas se presentan plegadas o dobladas hacia la parte media dejando extendida la punta.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deficiencia de agua.</li> </ul>
Anormalidad: hoja tipo pasto (angosta)		
	Característica	Posibles causas
	Hojas muy angostas parecidas a una planta de pasto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deficiencia de agua.</li> <li>• Tipo genético.</li> </ul>

■ Fuente: Motta, D., y Beltrán, J. (2010).

Previvero		
Anormalidad: hoja rizada		
	Característica	Posibles causas
	<p>La lámina foliar presenta una serie de franjas transversales arrugadas tipo acordeón.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deficiencia de agua.</li> <li>• Ataque de insectos en su fase inicial de desarrollo.</li> </ul>
Anormalidad: hojas enrolladas		
	Característica	Posibles causas
	<p>La lámina foliar se dobla hacia adentro dando la apariencia de una lanza.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deficiencia de agua.</li> <li>• Ataque de insectos en su fase inicial de desarrollo.</li> <li>• Tipo genético.</li> </ul>
Anormalidad: palma enana		
	Característica	Posibles causas
	<p>Crece muy lentamente y sus hojas son más cortas que una palma normal de la misma edad de siembra, material genético y condiciones de manejo agronómico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo genético.</li> </ul>

■ Fuente: Motta, D., y Beltrán, J. (2010).

Previvero		
Anormalidad: palma quimera		
	Característica	Posibles causas
	Presenta secciones de la hoja de color amarillo clorótico.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo genético.</li> </ul>
Vivero		
Anormalidad: palma plana		
	Característica	Posibles causas
	Las hojas nuevas son más cortas que las anteriores dándole una apariencia aplanada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo genético.</li> </ul>
Anormalidad: foliolos cortos y anchos		
	Característica	Posibles causas
	Foliolos cortos y anchos, presentan entrenudos cortos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo genético.</li> </ul>

■ Fuente: Motta, D., y Beltrán, J. (2010).

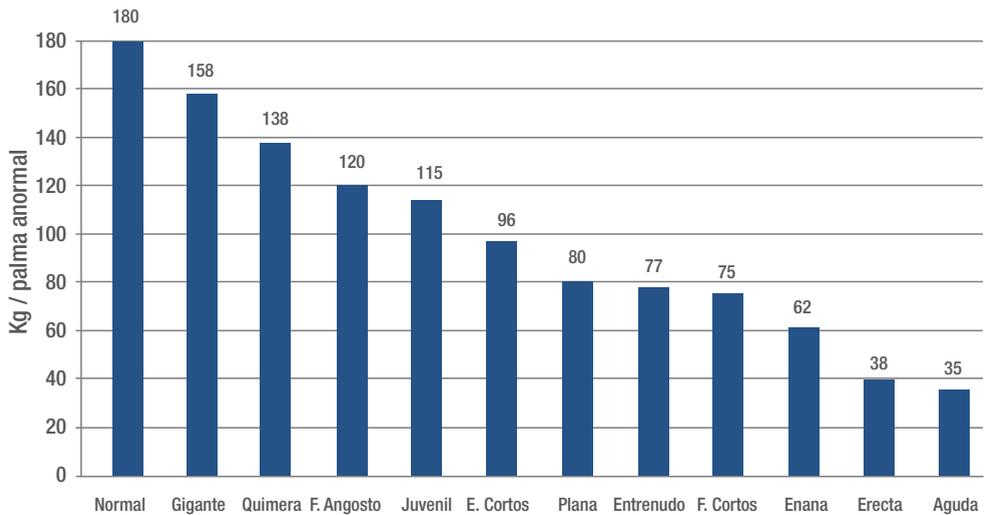
Vivero		
Anormalidad: palma juvenil		
	<p><b>Característica</b></p> <p>Las palmas permanecen sin diferenciar folíolos, inclusive hasta completar los ocho meses.</p>	<p><b>Posibles causas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo genético.</li> </ul>
Anormalidad: palma erecta (erguida)		
	<p><b>Característica</b></p> <p>Las hojas forman un ángulo estrecho con el eje vertical de la palma dando una apariencia alargada. Puede presentar sobredesarrollo.</p>	<p><b>Posibles causas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo genético.</li> </ul>
Anormalidad: hojas con entrenudos cortos		
	<p><b>Característica</b></p> <p>La distancia entre los puntos de inserción de los folíolos en el raquis es corta.</p>	<p><b>Posibles causas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo genético.</li> </ul>

■ Fuente: Motta, D., y Beltrán, J. (2010).

Vivero		
Anormalidad: hojas con entrenudos largos		
	Característica	Posibles causas
	<p>La distancia entre los puntos de inserción de los folíolos en el raquis es más amplia que en una hoja normal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo genético.</li> </ul>

■ Fuente: Motta, D., y Beltrán, J. (2010).

### 3.3.7. Producción de racimos de palmas con anomalías (kg/palma)



■ Fuente: Cenipalma

Las palmas que presentan algún tipo de anomalía desde la fase de vivero no generan producciones deseadas frente a las normales. Por lo anterior, es fundamental realizar de manera estricta y cuidadosa los debidos descartes de estas palmas en las fases de previvero y vivero.

### 3.3.8. Preparación para el despacho de las palmas de vivero al sitio de siembra



■ Despacho de palmas de vivero a sitio definitivo para su siembra. Fotos: Fedepalma y Arias, N.

Un mes antes del despacho de las palmas del vivero para el sitio de siembra, estas se deben girar sobre sus mismos ejes con el fin de separar las raíces que hayan sobresalido de la bolsa. De igual manera, se realiza una marca con pintura en la base del tronco de la palma para orientar al operario y que pueda ubicar la palma de manera correcta y/o a nivel de la superficie del hoyo o sitio definitivo. Si las palmas sobrepasan 1,5 m de altura, es necesario podarlas hasta 1,2 m. Se debe asegurar y tomar la palma de manera correcta para su manipulación y alce al vehículo de transporte. Una vez ubicadas en este se recomienda aplicar riego para reducir el estrés generado. No olvide diligenciar los registros necesarios de despacho y de recepción de palmas devueltas al vivero.

### 3.4. Establecimiento y manejo de leguminosas como cobertura en el cultivo de la palma de aceite



■ Parcela de palma joven con cobertura de leguminosas. Fotos: Pérez, P.

Las coberturas vegetales son plantas que crecen manteniendo el suelo cubierto, protegiéndolo de la erosión, aportando materia orgánica y evitando la pérdida de nutrientes por lavado y escorrentía. En el cultivo de la palma de aceite se recomienda sembrar plantas de leguminosas como coberturas, ya que ofrecen los beneficios mencionados y adicionalmente fijan nitrógeno atmosférico, ayudan al control de malezas, contribuyen con la descompactación del suelo, y al control y manejo fitosanitario (Ernst, O. 2004).

### 3.4.1. Beneficios de las leguminosas como cobertura en el cultivo de la palma de aceite

#### Fijación biológica del nitrógeno (N)



En las raíces de las leguminosas se forman nódulos, en los que se da la relación simbiótica de esta planta con bacterias del suelo (*Rhizobium*) y fijan nitrógeno (N) del aire al suelo, haciéndolo disponible para el cultivo de la palma de aceite.

■ Fuente: Hartley (1977) y Arias *et al.*, 2009.

#### Reducción de la erosión



Las leguminosas como cobertura minimizan el impacto de las gotas de lluvia, evitando la destrucción de la estructura de la superficie del suelo. De igual manera favorecen la infiltración del agua, reducen la escorrentía y, por ende, el arrastre de partículas del suelo.

■ Fuente: Arias *et al.*, 2009; Mathews (2006) y Castro (1998).

#### Aporte de materia orgánica y nutrientes



Las leguminosas tienen la capacidad de aportar grandes cantidades de biomasa que en poco tiempo se transforman en materia orgánica. A la vez reducen las pérdidas de nutrientes por lixiviación y mejoran la actividad biológica del suelo.

■ Fuente: Arias *et al.*, 2009; Delgado *et al.*, 2015.

### Control de malezas



Debido a su hábito de crecimiento rápido, rastrero, voluminoso y vigoroso, las leguminosas tienen la capacidad de generar competencia con otras especies vegetales, reduciéndolas significativamente, al igual que su control manual, químico y/o mecánico.

■ Fuente: Delgado *et al.*, 2015.

### Contribución al manejo fitosanitario



Las leguminosas contribuyen a la reducción de incidencia de enfermedades del cultivo de la palma de aceite como la Marchitez letal (ML), la Marchitez sorpresiva (MS), entre otras, debido a que controlan el desarrollo de plantas gramíneas que son hospedadoras de insectos vectores de enfermedades.

■ Fuente: Arango *et al.*, 2011; Arias *et al.*, 2009.

### Descompactación y mejoramiento de las propiedades físicas del suelo



Las leguminosas de porte arbustivo tienen raíces pivotantes de crecimiento profundo que descompactan el suelo, mejorando su aireación y la capacidad de infiltración de agua.

■ Fuente: Arias *et al.*, 2009; Delgado *et al.*, 2015; Horrocks y Valentine (1999).

### 3.4.2. Coberturas de leguminosas más utilizadas en el cultivo de palma de aceite en Colombia

<b>Kudzú (<i>Pueraria phaseoloides</i>)</b>	
	<b>Características</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crecimiento vigoroso, rastrero y de establecimiento rápido (cinco a seis meses).</li> <li>• Enraizamiento profundo.</li> <li>• Emite nuevas raíces y ramas a partir de nódulos.</li> <li>• Tiene hojas grandes, trifoliadas, con folíolos delgados y de forma ovalada.</li> <li>• Posee legumbres, cada vaina contiene de 10 a 20 semillas de color marrón.</li> <li>• Aporta de 5 a 10 t/ha/año de materia orgánica.</li> </ul>
	<b>Desventajas</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere de labores de desbejuado, especialmente en palma joven.</li> <li>• No es tolerante a la sombra, por ello se recomienda como cobertura para palma joven.</li> <li>• Es agresiva, requiere de podas y aplicación de rolo.</li> <li>• No resiste sequías prolongadas.</li> </ul>

■ Fuente: Giller y Fairhurst (2012); Arias *et al.*, 2009.

<b>Desmodium (<i>Desmodium heterocarpum</i>); Maquenque (<i>Desmodium heterocarpum</i> subsp. <i>Ovalifolium</i> cv. <i>Maquenque</i>)</b>	
	<b>Características</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistente a la acidez del suelo.</li> <li>• Tiene crecimiento erecto, no voluble, tolerante a la sombra. Recomendable para palma adulta.</li> <li>• Alta producción de semilla.</li> <li>• Posee vainas que contienen entre cuatro y ocho semillas de color amarillento a naranja.</li> <li>• Aporta de 5 a 10 t/ha/año de materia orgánica.</li> </ul>
	<b>Desventajas</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Susceptible a ataques de nematodos.</li> <li>• Establecimiento muy lento.</li> <li>• No tolera sequías prolongadas.</li> </ul>

■ Fuente: Giller y Fairhurst (2012); Arias *et al.*, 2009.

<b>Mucuna (<i>Mucuna bracteata</i>)</b>	
	<b>Características</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistente a la acidez del suelo.</li> <li>• Enraizamiento profundo.</li> <li>• Hábito de crecimiento rastrero.</li> <li>• Tolerante a la sequía y a la sombra parcial.</li> <li>• Bajo ataque de plagas por compuestos fenólicos en sus hojas.</li> <li>• Tiene hojas trifoliadas.</li> <li>• Aporta de 8 a 10 t/ha/año de materia orgánica.</li> </ul>
	<b>Desventajas</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No produce semillas.</li> <li>• Su crecimiento es agresivo, por lo que requiere plateos frecuentes y utilización de rolo.</li> <li>• Para su producción es necesario establecer vivero y aplicación de fertilizantes.</li> <li>• Su establecimiento es más costoso frente a otras leguminosas.</li> </ul>

■ Fuente: Giller y Fairhurst (2012); Arias *et al.*, 2009.

<b>Canavalia (<i>Canavalia brasiliensis</i> y <i>Canavalia ensiformis</i>)</b>	
	<b>Características</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecimiento rápido en el campo.</li> <li>• Desarrollo de altos niveles de cobertura en corto tiempo.</li> <li>• Resistente a la sequía.</li> <li>• Hojas trifoliadas.</li> <li>• Las vainas producen hasta 12 semillas de testa dura y de color marrón claro.</li> <li>• Posee vainas que contienen entre cuatro y ocho semillas de color amarillento a naranja.</li> <li>• Aporta de 5 a 10 t/ha/año de materia orgánica.</li> </ul>
	<b>Desventajas</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No es una planta perenne.</li> </ul>

■ Fuente: [www.tropicalforages.info](http://www.tropicalforages.info)

#### Centrosema (*Centrosema molle*, *Centrosema macrocarpum*)



##### Características

- Alta persistencia y competencia con las malezas.
- Cobertura densa de bajo porte.
- Tiene hojas trifoliadas, elípticas o lanceoladas.
- Tolerante a la sombra y la sequía.
- Resistente al pisoteo.
- Se adapta a zonas con exceso de humedad.
- Aporta de 5 a 12 t/ha/año de materia orgánica.

##### Desventajas

- Susceptible a ataque de insectos-plaga.
- Establecimiento lento.

■ Fuente: Rodríguez *et al.*, 2009; [www.tropicalforages.info](http://www.tropicalforages.info)

#### Frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*)



##### Características

- Establecimiento rápido en el campo.
- Alta producción de semilla.
- No requiere preparación de suelos, ni establecimiento de vivero. Es de siembra directa.
- Tolerante a ataques de insectos-plaga y enfermedades.
- Alta capacidad de competencia con malezas.
- Aporta de 6 a 13 t/ha/año de materia orgánica.

##### Desventajas

- No es perenne, es anual.
- No es tolerante a condiciones de exceso de humedad.
- No resiste sequías prolongadas.

■ Fuente: [www.tropicalforages.info](http://www.tropicalforages.info)

<b>Calopogonium (<i>Calopogonium muconoides</i>)</b>	
	<b>Características</b>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cobertura de vida corta, vigorosa, rastrera y trepadora.</li><li>• La vaina tiene entre tres y ocho semillas de color amarillo.</li><li>• Crece en gran variedad de suelos.</li><li>• Aporta de 4 a 6 t/ha/año de materia orgánica.</li></ul>
	<b>Desventajas</b>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• No es tolerante a la sombra.</li><li>• Susceptible al ataque de insectos-plaga y enfermedades.</li><li>• No resiste el pisoteo y los cortes frecuentes.</li></ul>

■ Fuente: Pizarro y Carvalho (1997); [www.tropicalforages.info](http://www.tropicalforages.info)

<b>Maní forrajero (<i>Arachis pinto</i>)</b>	
	<b>Características</b>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Es perenne y persistente.</li><li>• Crecimiento rastrero.</li><li>• Resistente al pisoteo.</li><li>• Tolerante a la sombra.</li><li>• De fácil adaptación.</li><li>• Se propaga por semilla y/o estolones.</li></ul>
	<b>Desventajas</b>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Susceptible al ataque de insectos-plaga y enfermedades.</li><li>• No es tolerante a periodos largos de sequía.</li></ul>

■ Fuente: Cenipalma

## Capítulo 3

### 3.4.3. Establecimiento de coberturas leguminosas en el cultivo de la palma de aceite



■ Plantación de palma de aceite con cobertura de leguminosa. Fotos: Pérez, P.

El establecimiento de coberturas con leguminosas en el cultivo de la palma de aceite es una práctica con beneficios para el suelo, el cultivo y el medioambiente, por tal razón, se debe realizar en las primeras etapas del cultivo (Delgado, T., Rincón, A. y Molina, D. 2015).

#### 3.4.3.1. Preparación adecuada del suelo para la siembra de coberturas leguminosas



■ Preparación del suelo con arado de discos. Fotos: Rincón, A.

Para lograr un establecimiento de coberturas con leguminosas se requiere de un suelo aireado, sin excesos de humedad y libre de malezas, y se recomienda

sembrarlas a la par con las palmas de aceite, ya que se aprovecha la preparación del terreno, la aplicación de enmiendas y fertilizantes, optimizando tiempo y recursos (Delgado, T., Rincón, A. y Molina, D. 2015).

#### 3.4.3.1.1. Control de malezas y labranza del suelo



■ Área con control adecuado de malezas. Fotos: Rincón, A.

Para implementar leguminosas como cobertura en cultivos ya establecidos, primero se deben eliminar las malezas por medios mecánicos y/o químicos, seguido de una aplicación de herbicida y eliminación de rebrotes, cuidando no afectar el cultivo de la palma de aceite, es decir, teniendo en cuenta las normas de seguridad industrial y de aplicación de herbicidas. Después de la eliminación de malezas se procede a la preparación del suelo de acuerdo con sus características, para lo que se utiliza maquinaria de labranza como arado de disco, rastrojos (normalmente se realizan dos pases a una profundidad de 15 cm, ya que la semilla de cobertura de leguminosas se siembra a una hondura aproximada de 1 a 2 cm). Para la siembra de plántulas como coberturas se utilizan palas o surcadoras (Delgado, T., Rincón, A. y Molina, D. 2015).

### Capítulo 3

#### 3.4.3.1.2. Corrección química y condiciones del suelo para el establecimiento de leguminosas

Especie ( Cobertura)	pH del suelo	Condiciones del suelo
<b>Kudzú</b> ( <i>Pueraria phaseoloides</i> )	4 – 6,5	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tolera altas saturaciones de aluminio (Al).</li><li>• No resiste suelos salinos.</li><li>• Requiere aplicaciones de fósforo en el establecimiento.</li></ul>
<b>Desmodium</b> ( <i>Desmodium heterocarpon</i> )	4 – 7	<ul style="list-style-type: none"><li>• Crece en una gran variedad de suelos.</li><li>• Requiere suelos con buen drenaje y tolera periodos cortos de inundaciones.</li><li>• Puede sufrir deficiencias de microelementos en suelos alcalinos.</li></ul>
<b>Mucuna</b> ( <i>Mucuna bracteata</i> )	< 4 - < 8	<ul style="list-style-type: none"><li>• Crece en suelos de baja fertilidad.</li></ul>
<b>Centrosema</b> ( <i>Centrosema molle</i> )	4,9 – 5,5	<ul style="list-style-type: none"><li>• Requiere de suelos bien drenados y de media y alta fertilidad.</li><li>• Crece bien en suelos de textura franco arenosa y arcillosa.</li></ul>
<b>Calopogonium</b> ( <i>Calopogonium muconoides</i> )	4,5 – 5	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se establece en gran variedad de suelos.</li><li>• Crece bien en suelos arcillosos.</li><li>• No tolera la salinidad.</li></ul>
<b>Canavalia</b> ( <i>Canavalia brasiliensis</i> )	4,3 - 8	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se adapta bien a suelos arcillosos y arenosos de baja fertilidad.</li><li>• Crece bien en suelos ácidos hasta alcalinos.</li><li>• No tolera inundaciones.</li></ul>

■ Fuente: Peters *et al.*, (2003).

Se recomienda establecer la cobertura al mismo tiempo que la siembra del cultivo de palma de aceite, ya que esta se beneficia de las mismas correcciones químicas aplicadas en el suelo al momento de la siembra de la palma, como aplicación de enmiendas (cales y/o rocas fosfóricas), así como la incorporación de nutrimentos necesarios para adecuar un suelo óptimo para la siembra (Delgado, T., Rincón, A. y Molina, D. 2015).

### 3.4.3.2. Selección y acondicionamiento de semillas de leguminosas



■ Fuente: Delgado, T., Rincón, A. y Molina, D. (2015).

Para que las semillas de leguminosas tengan una buena germinación y garantizar las cantidades deseadas, se debe primero verificar la calidad de las mismas en cuanto a su procedencia, condiciones sanitarias y de pureza; a la vez es necesario realizar pruebas rápidas de selección y germinación (Delgado, T., Rincón, A. y Molina, D. 2015).

#### 3.4.3.2.1. Calidad de la semilla



■ Fuente: Delgado, T., Rincón, A. y Molina, D. (2015).

### Capítulo 3

La prueba de calidad comienza con la preselección de semillas por flotación, depositándolas en un balde con agua y descartando las que flotan. Las semillas que superan la prueba se secan y se les hace un examen de germinación. Para las semillas grandes se aconseja utilizar germinadores de arena con una humedad del 90 % y, para las pequeñas, cajas Petri en condiciones adecuadas de humedad y temperatura.

También es necesario realizar pruebas de viabilidad o periodo de tiempo durante el cual las semillas conservan su capacidad para germinar. Para ello, se utiliza la técnica de la tinción con tetrazolio, cuya descripción detallada se presenta en la guía metodológica de *Establecimiento y manejo de leguminosas de cobertura en palma de aceite* (Cenipalma, 2015).

#### 3.4.3.2.2. Escarificación, inoculación y peletización de las semillas



■ Fotos: Rincón, A.

Se requiere preparar la semilla para la siembra con el fin de garantizar su germinación y aprovechar al máximo la capacidad de fijación de nitrógeno de la cobertura. Para esto, se debe escarificar la semilla, es decir, debilitar o romper su película protectora (tegumento), sometiéndola a procesos físicos (uso de papel lija), mecánicos (agua caliente) o químicos (ácido sulfúrico), favoreciendo el intercambio gaseoso y humedad con el medioambiente. Una vez escarificada, se inocula con cepas específicas de bacterias nitrificantes (*Rhizobium*), utilizando como adherente una solución de goma arábica o azúcar al 40 %. Luego de la inoculación, la semilla se peletiza, incorporándole pequeñas cantidades de carbonato de calcio, roca fosfórica, carbón molido o yeso, dependiendo del tipo de suelo o el fertilizante a usar en el establecimiento del cultivo (Delgado, T., Rincón, A. y Molina, D. 2015).

## 3.4.3.2.3. Cantidades de inoculante para tres categorías de tamaño de semillas de leguminosas

Tamaño de la semilla	Dosis de inoculante (g/kg semilla)	Ejemplos		
		Leguminosa	Semillas/gramo	<i>Rhizobium</i> */semilla
Grande	5	<i>Leucaena leucocephala</i>	20	25.000
		<i>Centrosema pubescens</i>	30	16.667
		<i>Pueraria phaseoloides</i>	80	16.300
Medio	25	<i>Codariocalyx gyroides</i>	200	12.500
		<i>Desmodium canum</i>	200	12.500
		<i>Stylosanthes capitata</i>	500	5.000
Pequeño	50	<i>Desmodium ovalifolium</i>	700	7.142
		<i>Zornia latifolia</i>	1.000	5.000

\* Cantidad calculada de células de *Rhizobium*  
 1 g del inoculante debe contener 108 células de *Rhizobium*  
 A una semilla se le proporcionan 5.000 células

■ Fuente: Bradley, 1982.

Se recomienda que para el uso del inoculante se tenga en cuenta:

- 1) si la semilla viene tratada con fungicida se debe lavar y secar antes de la inoculación ya que pueden ser tóxicos para el *Rhizobium*;
- 2) el inoculante se tiene que almacenar en cuarto frío o nevera a 4 °C y máximo por seis meses;
- 3) el empaque donde viene el inoculante se debe proteger evitando inhibir la respiración de los rizobios;
- 4) el inóculo se aplica el mismo día de la siembra;
- 5) proteger las semillas y el inoculante de los rayos solares.

Fuente: Delgado, T., Rincón, A. y Molina, D. 2015.

## Capítulo 3

### 3.4.3.3. Siembra de coberturas leguminosas en el cultivo de la palma de aceite



■ Vista aérea de un cultivo de palma de aceite con coberturas de leguminosas. Foto: Fedepalma

Para realizar un correcto proceso de siembra, se deben cumplir los siguientes aspectos: suelo en condiciones físicas y químicas óptimas; la semilla tratada y cantidad suficiente; época de siembra y sistema adecuado de siembra.

#### 3.4.3.3.1. Cantidad de semilla por unidad de área

Especie (Leguminosa)	Dosis recomendada (kg / ha <sup>-1</sup> )	Número de semillas por kilogramo
<i>Kudzú (Pueraria phaseoloides)</i>	3 - 4	16.000
<i>Desmodium (Desmodium ovalifolium)</i>	2 - 3	600.000
<i>Desmodium ovalifolium cv Maquenque</i>	1 - 2	600.000
<i>Mucuna bracteata</i>	0,75	3.846
<i>Flemingia macrophylla</i>	2 - 3	550.000
<i>Centrosema molle y macrocarpon</i>	3 - 4	<i>Macrocarpon</i> (22.000), <i>molle</i> (32.000)
<i>Desmodium ovalifolium + Kudzú</i>	2 : 1	----

■ Fuente: Arias *et al.*, 2009.

Es preciso conocer la calidad de la semilla antes de la siembra, ya que esto influye en la cantidad a sembrar y la efectividad del aporte benéfico de la cobertura al cultivo de la palma de aceite (Peters *et al.*, 2003; Arias *et al.*, 2009).

### 3.4.3.3.2. Época de siembra de coberturas de leguminosas



■ Siembra de coberturas de leguminosas. Fotos: Molina, D.

La época más adecuada para la siembra de las coberturas leguminosas es en el inicio de las lluvias, ya que no son tan fuertes e intensas, y esto favorece la germinación y emergencia rápida de las plántulas (Delgado, T., Rincón, A. y Molina, D. 2015).

## Capítulo 3

### 3.4.3.3.3. Sistemas de siembra de cobertura de leguminosas



■ Adecuación del suelo, vivero y siembra de coberturas leguminosas. Fotos: Rincón, A.

La siembra de coberturas leguminosas se puede realizar de diferentes formas dependiendo de la especie. Los sistemas de siembra más comunes son al voleo, al chuzo (espeque) y la mecanizada. Otra alternativa es el establecimiento

de la cobertura en viveros y su posterior siembra en el campo, cuando la germinabilidad o la disponibilidad de la semilla es baja, o bien, cuando se trata de especies de difícil establecimiento inicial. En estos casos también se puede utilizar material vegetativo (tallos y estolones) que se cortan y distribuyen de manera uniforme en el lote, abriendo hoyos en surcos alineados o simplemente esparciéndolos al voleo e incorporándolos con un pase de rastrillo (Delgado, T., Rincón, A. y Molina, D. 2015).

#### 3.4.3.3.4. Especificaciones de siembra de coberturas leguminosas

Especie	Método de siembra	Densidad (k/ha)	Consideraciones
<i>Desmodium ovalifolium</i>	Al voleo Por chuzo Vegetativo	1 - 2	La profundidad de siembra no debe exceder 1 cm.
<i>Pueraria phaseoloides</i>	Al voleo	4 - 5	Si hay presencia de malezas, se recomienda limpiar espacios entre las líneas de la palma, se adecua el suelo y se siembra.
<i>Mucuna bracteata</i>	Vegetativa Por chuzo	380 - 420 plántulas/ha	La tasa de germinación en campo es baja, por ende se recomienda establecer viveros.
<i>Centrosema molle</i>	Al voleo Por chuzo	3,3 - 4,4	Se puede cubrir con suelo hasta 5 cm.
<i>Canavalia brasiliensis</i>	Al voleo Por chuzo	25 - 30	La profundidad de siembra puede ser de 1 a 3 cm.
<i>Cratylia argentea</i>	Por chuzo Vegetativo	4	Se recomienda sembrar en los bordes de los canales. Si la siembra es por trasplante, se hace vivero dos meses antes de la misma.
<i>Desmodium ovalifolium</i> + <i>Pueraria phaseoloides</i>	Al voleo Por chuzo	1 : 2	La profundidad de siembra no debe exceder 1 cm.

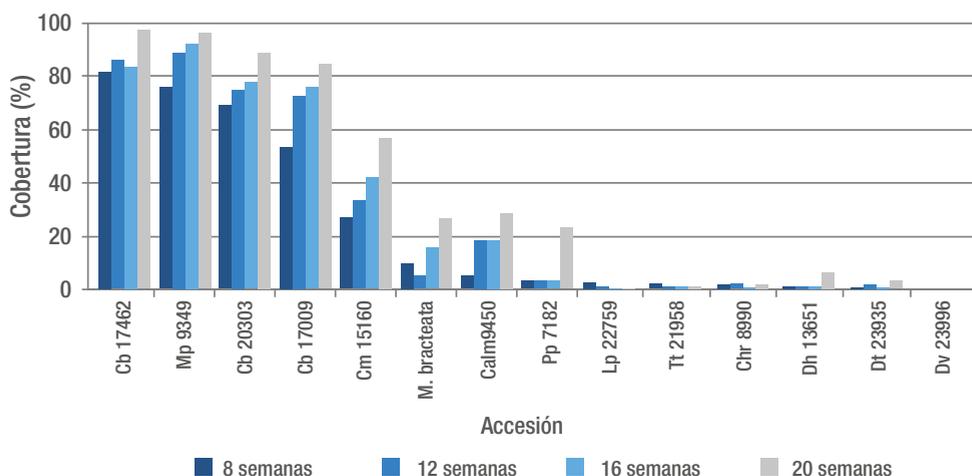
■ Fuente: Pérez *et al.*, 2002; Franco *et al.*, 2012; Lascano *et al.*, 2002.

Al igual que otros cultivos, las coberturas con leguminosas requieren de control de malezas, control fitosanitario, riego y fertilización.

## Capítulo 3

### 3.4.4. Evaluación del porcentaje de cobertura de leguminosas en siembras nuevas del cultivo de la palma de aceite en Colombia

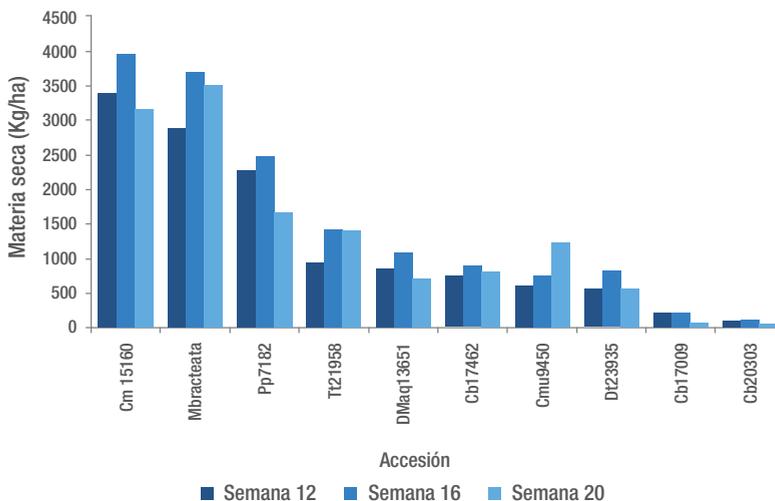
Cobertura	Especie
<i>Canavalia brasiliensis</i> CIAT 17462	Cb 17462
<i>Mucuna pruriens</i> CIAT 9349	Mp 9349
<i>Canavalia sp.</i> CIAT 20303	Cb 20303
<i>Canavalia brasiliensis</i> CIAT 17009	Cb 17009
<i>Centrosema molle</i> CIAT 15160	Cm 15160
<i>Calopogonium mucunoides</i> CIAT 9450	Calm 9450
<i>Mucuna bracteata</i>	M. bracteata
<i>Pueraria phaseoloides</i> CIAT 7182 (Kudzú)	Pp 7182
<i>Desmodium heterocarpon</i> CIAT 13651 cv. Maquenque	Dh 13651
<i>Dendroliabrum triangulare</i> CIAT 23935	Dt 23935
<i>Chamaecrista rottundifolia</i> CIAT 8990	Chr 8990
<i>Tadehagui triquetrum</i> CIAT 21958	Tt 21958
<i>Lablab purpureus</i> CIAT 22759	Lp 22759
<i>Desmodium velutinum</i> CIAT 23996	Dv 23996



Una vez establecida la cobertura se analizó su crecimiento o porcentaje de cobertura, y resalta el excelente desarrollo de *Canavalia brasiliensis* (Cb 17462), *Mucuna pruriens* (Mp 9349), *Canavalia sp.* (Cb 20303), *Canavalia brasiliensis* (Cb 17009), *Centrosema molle* (Cm 15160), seguido del crecimiento moderado de *Calopogonium mucunoides* (Calm 9450), *Mucuna bracteata* (M. bracteata) y *Pueraria phaseoloides* (Pp 7182) (Delgado, T., Rincón, A. y Molina, D. 2015).

### 3.4.5. Evaluación de la cantidad de materia seca producida de cobertura de leguminosas en siembras nuevas del cultivo de la palma de aceite en Colombia

Cobertura	Especie
<i>Canavalia brasiliensis</i> CIAT 17462	Cb 17462
<i>Mucuna pruriens</i> CIAT 9349	Mp 9349
<i>Canavalia</i> sp. CIAT 20303	Cb 20303
<i>Canavalia brasiliensis</i> CIAT 17009	Cb 17009
<i>Centrosema molle</i> CIAT 15160	Cm 15160
<i>Calopogonium mucunoides</i> CIAT 9450	Calm 9450
<i>Mucuna bracteata</i>	M. bracteata
<i>Pueraria phaseoloides</i> CIAT 7182 (Kudzú)	Pp 7182
<i>Desmodium heterocarpon</i> CIAT 13651 cv. Maquenque	Dh 13651
<i>Dendrolibrum triangulare</i> CIAT 23935	Dt 23935
<i>Chamaecrista rottundifolia</i> CIAT 8990	Chr 8990
<i>Tadehagi triquetrum</i> CIAT 21958	Tt 21958
<i>Lablab purpureus</i> CIAT 22759	Lp 22759
<i>Desmodium velutinum</i> CIAT 23996	Dv 23996



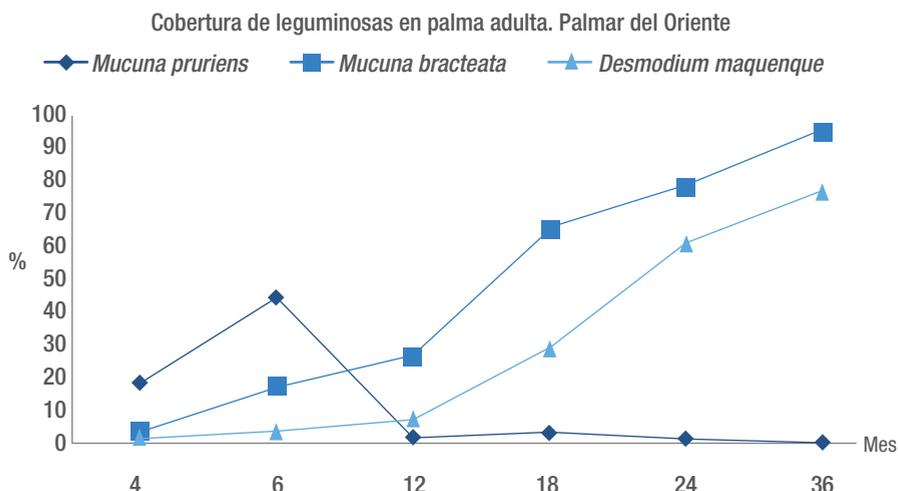
Las coberturas de leguminosas que aportan mayor cantidad de materia seca (kg/ha), son: *Centrosema molle* (Cm 15160), *Mucuna bracteata* (M. bracteata), *Pueraria phaseoloides* (Pp 7182), *Tadehagi triquetrum* (Tt 21958) y *Desmodium heterocarpon* (Dh 13 651) (Delgado, T., Rincón, A. y Molina, D. 2015).

### Capítulo 3

#### 3.4.6. Cobertura de *Mucuna bracteata*, *Desmodium maquenque* y *Mucuna pruriens* establecidas en palma de aceite adulta en el departamento del Meta, Colombia



■ *Mucuna bracteata*. Foto: Ospitia, R.



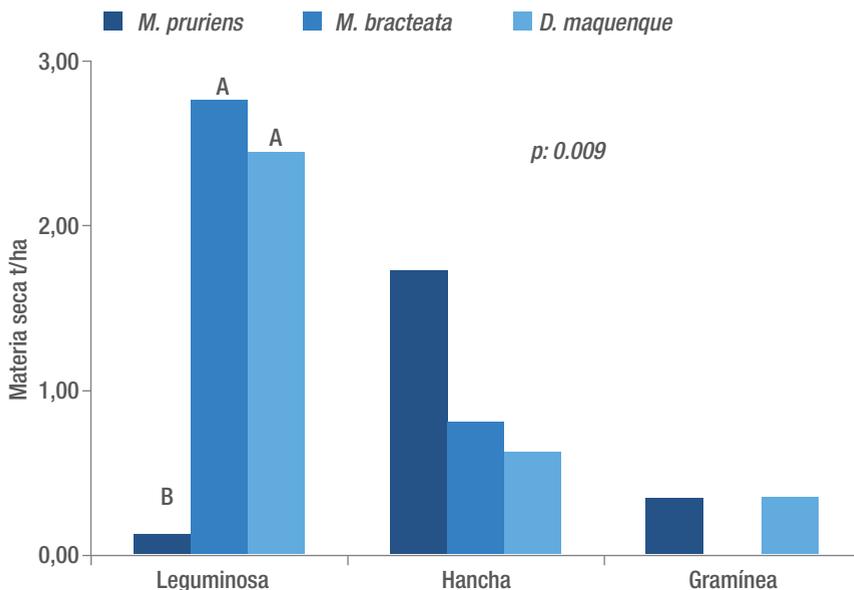
■ Fuente: Delgado, T., Rincón, A. y Molina, D. (2015).

*Mucuna bracteata* obtuvo 95 % de cobertura a los 36 meses de sembrada en la Zona Oriental de Colombia, seguido de *Desmodium maquenque* con 80 % de cobertura y, por último, *Mucuna pruriens* cuyo porcentaje de crecimiento de cobertura tuvo un comportamiento positivo hasta el sexto mes de sembrado y luego desapareció (Delgado, T., Rincón, A. y Molina, D. 2015).

### 3.4.7. Producción de materia seca para *Mucuna bracteata*, *Desmodium maquenque* y *Mucuna pruriens* a los dos años de su establecimiento en el departamento del Meta, Colombia



■ *Desmodium maquenque*. Foto: Pérez, P.



■ Fuente: Delgado, T., Rincón, A. y Molina, D. (2015).

La gráfica muestra que *Mucuna bracteata* es la leguminosa que hace el mayor aporte de materia seca llegando a 2,8 t/ha, seguida de *Desmodium maquenque* con una producción de 2,5 t/ha y por último, *Mucuna pruriens*.

### Capítulo 3

#### 3.4.8. Coberturas promisorias para siembras nuevas de palma de aceite y para cultivos con edades de cinco años en las diferentes zonas palmeras de Colombia

Especie promisorias (cobertura-leguminosa)	Zonas palmeras en Colombia							
	Oriental		Suroccidental		Norte		Central	
	Siembras nuevas	Palma de cinco años	Siembras nuevas	Palma de cinco años	Siembras nuevas	Palma de cinco años	Siembras nuevas	Palma de cinco años
<i>Desmodium heterocarpon</i> cv. <i>Maquenque</i>								
<i>Centrosema molle</i>								
<i>Mucuna bracteata</i>								
<i>Canavalia</i> sp.								
<i>Desmodium ovalifolium</i>								

■ Fuente: Delgado, T., Rincón, A. y Molina, D. (2015).

Con los resultados de estas evaluaciones se eligieron las mejores especies de leguminosas adecuadas como coberturas, tanto para siembras nuevas como para cultivos adultos, en las cuatro zonas palmeras del país. Además de los criterios de elección detallados anteriormente, en la selección de estas especies se considera su adaptabilidad a condiciones de semisombra, persistencia al estrés hídrico, soporte al pisoteo, adaptabilidad a suelos ácidos y de baja fertilidad, competencia con malezas, tolerancia a ataques de insectos-plaga y enfermedades, y rapidez de rebrote (Delgado, T., Rincón, A. y Molina, D. 2015).

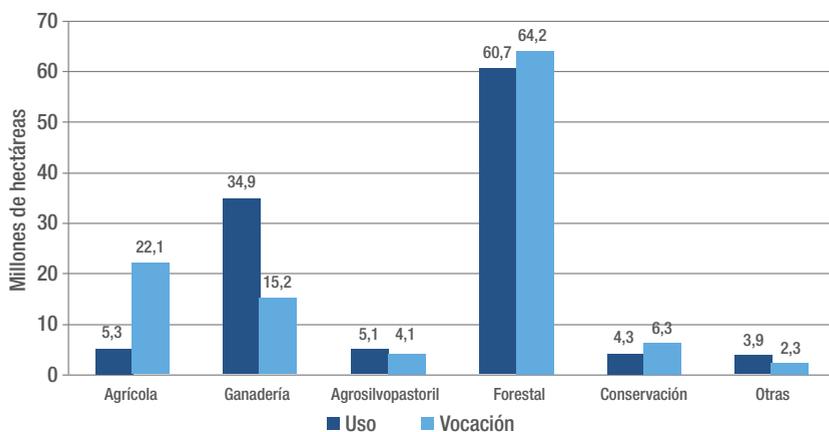
### 3.5. Suelos para el cultivo de la palma de aceite en Colombia



■ Adecuación del suelo para el establecimiento del cultivo de la palma de aceite. Foto: Toro, F.

## Capítulo 3

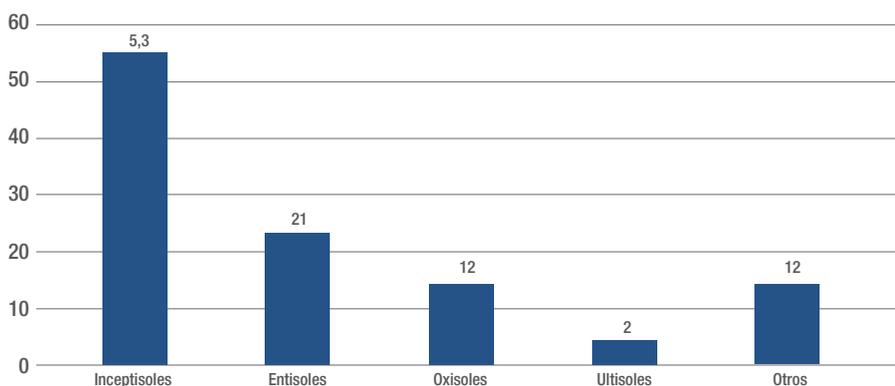
### 3.5.1. Representatividad del área establecida del cultivo de la palma de aceite en Colombia



■ Fuente: IGAC (2012).

Colombia cuenta con 114.174.800 hectáreas de área continental según el Departamento Nacional de Planeación (2015); de las 22.100.000 ha con vocación agrícola, tan solo se cultivan 5.300.000 ha, y en palma de aceite su representatividad de siembra es del 2,2 % del total de área agrícola, haciendo presencia en 126 municipios y 17 departamentos.

### 3.5.2. Distribución porcentual de los tipos de suelos donde se encuentra establecido el cultivo de la palma de aceite en Colombia



■ Fuente: Cenipalma

El 53 % del área donde se encuentra establecido el cultivo de la palma de aceite son suelos denominados inceptisoles, que se caracterizan por ser generalmente

ácidos, con algunas limitaciones en el drenaje, y presentan bajos o moderados contenidos de materia orgánica. El 21 % corresponde a entisoles, que son suelos jóvenes y sin horizontes genéricos bien definidos naturalmente, y además pobres en materia orgánica. El 12 %, a oxisoles, que son generalmente ricos en hierro y aluminio, escasa fertilidad, de textura fina y ácidos. El 2 %, a ultisoles, que se caracterizan por tener un porcentaje de saturación de bases inferior al 35 %, de color pardo rojizo y oscuro, y el 12 % restante, a otros tipos de suelos.

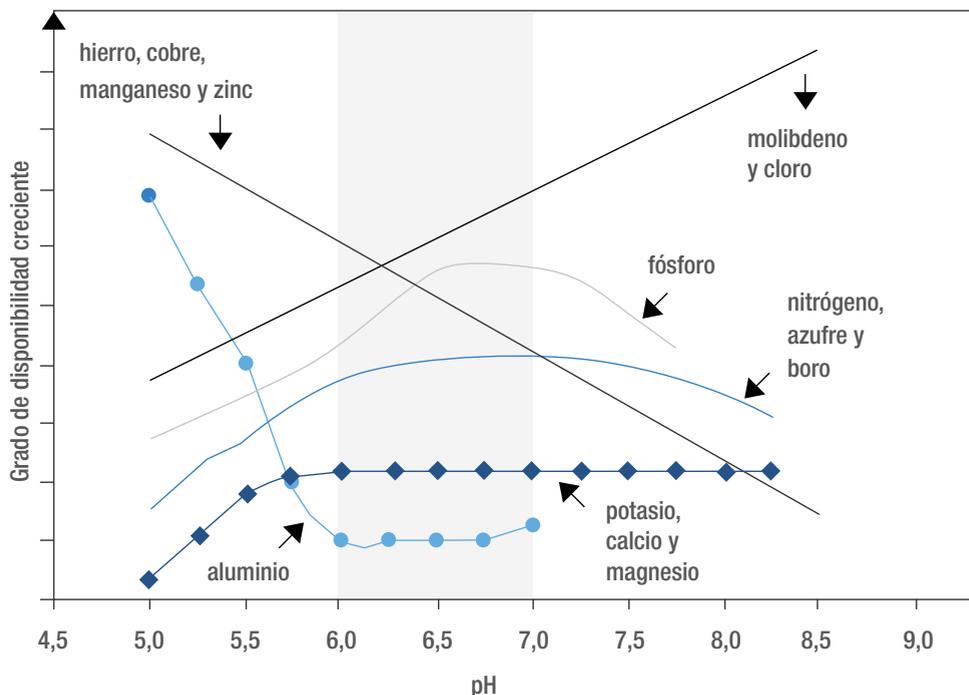
### 3.5.3. Requerimiento de los suelos para el cultivo de la palma de aceite

Clase de aptitud		Apta		Moderada	Marginal	No apta
Limitación	Unidades	Ninguna	Ligera	Moderada	Severa	Muy severa
Condiciones físicas						
Textura		Fan, F, FL	Fac, FAcL, AcAn	FAcAn, AcL, AcAn	AcL, Ac, Turba	An, Ac, Grava
		Franco - arenoso	Franco - arcilloso	Franco - Arcilloso - Arenoso	Arcilloso - Limoso	Arenoso
		Franco	Franco - Arcillo - Limoso	Arcillo - Limoso	Arcilloso	Arcilloso
		Franco - Limoso	Arcilloso - Arenoso	Arcillo - Arenoso	Turba	Grava
Profundidad efectiva	Cm	> 100	75 - 100	50 - 75	25 - 50	< 25
Espesor capa orgánica	Cm	-	0 - 50	50 - 200	200 - 300	> 300
Condiciones químicas						
C. I. C. efectivo	cmol Kg <sup>-1</sup>	> 24	16 - 24	< 16	-	-
Sat. Bases en horizonte A	%	> 50	35 - 50	< 35	-	-
C orgánico en horizonte A	%	1,5 - 2,0	> 2,0 - 1,5	-	-	-
Salinidad a 50 cm de profundidad	dSm <sup>-1</sup>	0 - 1	1 - 2,0	2,0 - 3,0	3,0 - 4,0	> 4

■ Fuente: Paramanathan S. (2003).

Los suelos óptimos para el cultivo de la palma de aceite son los que presentan texturas y estructuras que favorezcan la capacidad de retención de humedad, un apropiado drenaje, profundidad efectiva superior a 50 cm, buena fertilidad, ausencia de sustancias tóxicas e inhibitoras y pendientes menores al 10 % (Paramanathan, 2003).

### 3.5.4. El problema de los suelos ácidos



■ Fuente: Malavolta (1992).

La acidez del suelo genera los siguientes problemas: la concentración de elementos como el aluminio (Al), hierro (Fe) y manganeso (Mn), pueden llegar a ser tóxicos deprimiendo el crecimiento de las plantas; disminuye la población de microorganismos que descomponen la materia orgánica y la mineralización del nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S); se hacen deficientes en calcio (Ca) y en magnesio (Mg); los herbicidas aplicados al suelo pierden su efectividad; la fijación de nitrógeno (N) por parte de las leguminosas se reduce; los suelos de textura arcillosa y ácidos son poco permeables y de baja aireación; se reduce la disponibilidad de fósforo (P), y se incrementa el potencial de lixiviación del potasio (K).

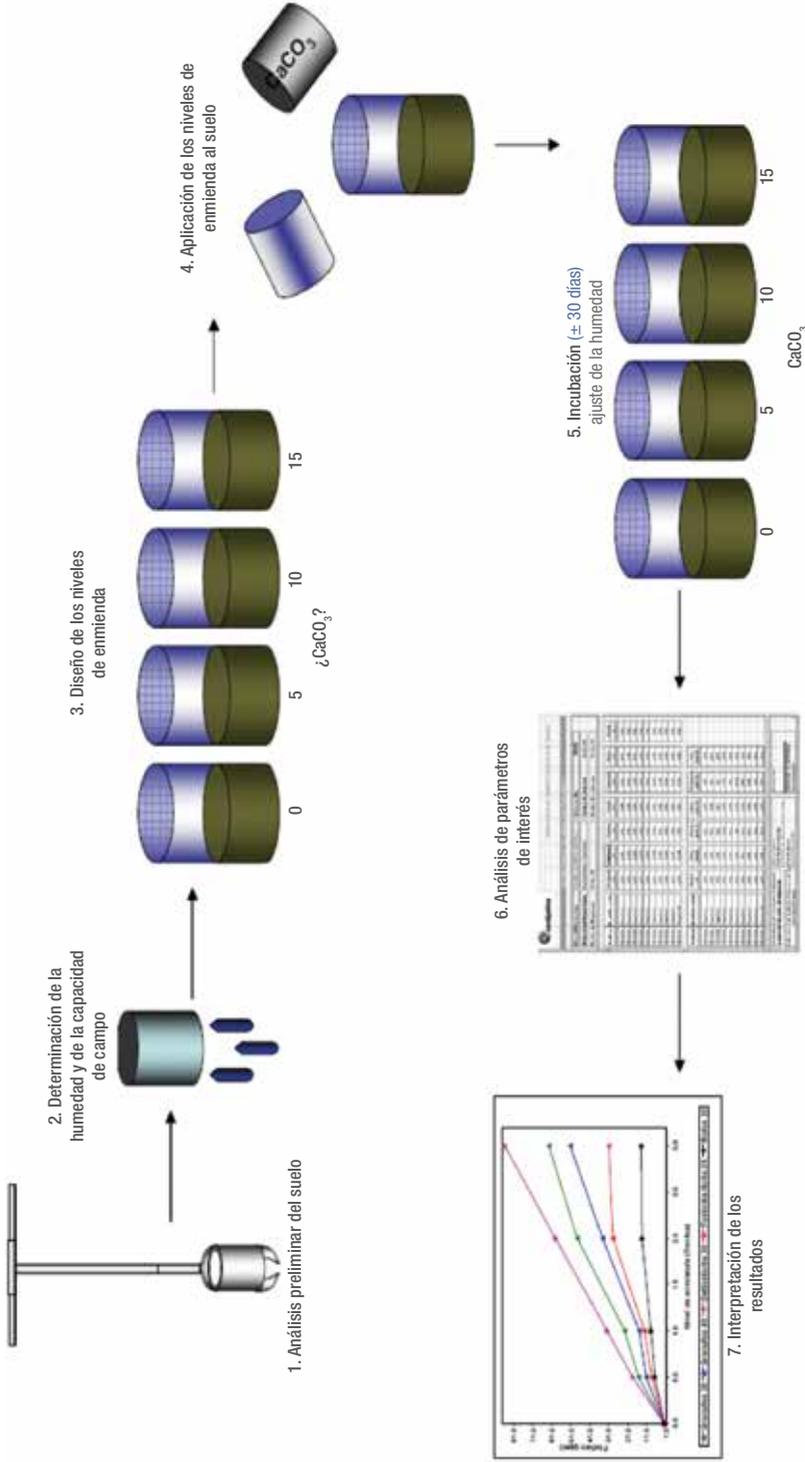
### 3.5.5. Manejo de la acidez del suelo



■ Aplicación mecánica de enmiendas al suelo. Foto: Fedepalma

La acidez de los suelos normalmente se corrige aplicando enmiendas químicas como cales, rocas fosfóricas sin transformar o parcialmente transformadas, y minerales portadores de elementos esenciales procesados físicamente, pero no químicamente. Además, se recomienda aplicar las enmiendas al momento de adecuar el suelo para la siembra y, de acuerdo al análisis de suelos, nuevamente volver a usar enmiendas cada tres o cuatro años, y así sucesivamente durante la vida útil del cultivo de la palma de aceite. Para una buena selección y dosis de enmiendas a aplicar se recomienda realizar las pruebas de reactividad de estas (Munévar, 2005; Torres, J. 2014).

### 3.5.6. Pruebas de reactividad de enmiendas



■ Fuente: Munévar et al., 2005.

Las pruebas de reactividad de enmiendas son un proceso en el que se incuban muestras de suelo mezcladas con diferentes cantidades de enmiendas para ser evaluadas. Su efecto reactivo se mide de acuerdo con los cambios químicos que se detecten en las muestras de suelo. Estos resultados permiten al técnico seleccionar la enmienda y la cantidad más adecuada según su tipo de suelo. La prueba de reactividad consta de siete etapas: 1) análisis preliminar del suelo; 2) determinación de la humedad y de la capacidad de campo; 3) diseño de la prueba; 4) aplicación de enmiendas; 5) incubación; 6) análisis de parámetros de interés; y 7) interpretación de resultados (Munévar *et al.*, 2005).

### 3.5.7. Enmiendas comúnmente utilizadas en el cultivo de la palma de aceite en Colombia

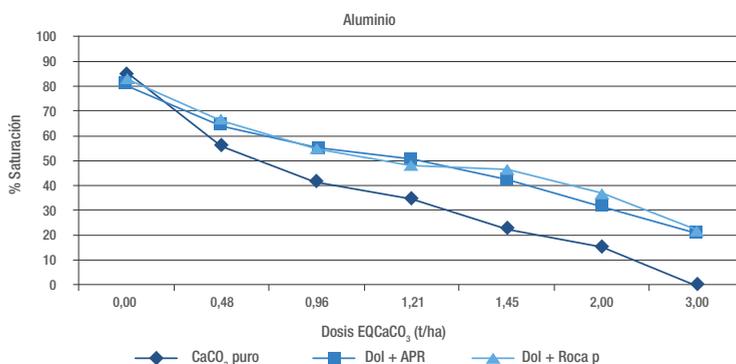
Material (Enmienda)	Fórmula química	Contenido de Ca (%)	Contenido de Mg (%)
Carbonato de calcio	$\text{CaCO}_3$	40	
Dolomita	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$	21,6	13,1
Óxido de calcio	$\text{CaO}$	71	
Hidróxido de calcio	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	54	
Hidróxido de magnesio	$\text{Mg}(\text{OH})_2$		41
Carbonato de magnesio	$\text{MgCO}_3$		28,5
Óxido de magnesio	$\text{MgO}$		60
Silicato de calcio	$\text{CaSiO}_3$	34,4	
Silicato de magnesio	$\text{MgSiO}_3$		24

■ Fuente: Malavolta (1993).

También, la eficiencia agronómica de las enmiendas depende de la pureza química, el tamaño de las partículas y el Poder Relativo de Neutralización Total (PRNT). La tabla anterior muestra el nombre de algunas enmiendas, su fórmula y contenidos de calcio y magnesio.

### Capítulo 3

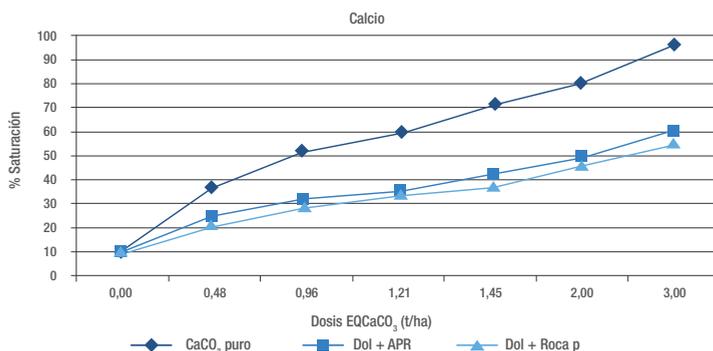
#### 3.5.8. Evaluación del efecto de la neutralización de la acidez del suelo, causado por alta saturación de aluminio (Al), aplicando enmiendas en San Pablo, sur de Bolívar, Colombia



■ Fuente: Torres, J. (2014).

La gráfica muestra que sin la aplicación de enmiendas al suelo tales como: carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), dolomita ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ) más abono Paz de Río (Thomas Phosphate) y dolomita ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ) más roca fosfórica, la saturación de aluminio (Al) en un suelo es cercana al 90 %, causando problemas al desarrollo de raíces, al crecimiento normal de la planta y la limitación en la absorción de nutrientes. Pero en la medida en que se incorporan enmiendas al suelo se reduce notablemente el porcentaje de saturación de aluminio (Al), mejorando las condiciones químicas del suelo y permitiendo un mejor desarrollo del cultivo de la palma de aceite.

#### 3.5.9. Evaluación del comportamiento del porcentaje de saturación de calcio (Ca) en el suelo, como resultado de la aplicación de enmiendas en San Pablo, sur de Bolívar, Colombia



■ Fuente: Torres, J. (2014).

Al incorporar cantidades apreciables de enmiendas al suelo, tales como: carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), dolomita ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ) más abono Paz de Río y dolomita ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ) más roca fosfórica, la saturación de calcio (Ca) aumenta, dando mejores resultados con carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Sin embargo, se deben mantener niveles óptimos para el caso de la saturación de calcio, en un porcentaje recomendado de 40 % y no excederse ya que deprime la adsorción de potasio (K), magnesio (Mg) y micronutrientes.

### 3.5.10. Corrección del desbalance de bases en el suelo



■ Aplicación manual de enmiendas al suelo. Foto: Toro, F.

Las bases funcionan como fuentes de alcalinidad en el suelo, es decir, los cationes  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Na}^+$ , al reaccionar con el agua del suelo producen iones hidroxilo. Los suelos básicos se presentan en valores de  $\text{pH} > 7,3$  y se forman, principalmente, por la pérdida de agua por evapotranspiración, por posible aporte de sales en las lluvias y la utilización errada de fertilizantes. Para corregir el desbalance de bases en el suelo se aplican enmiendas como azufre (S) elemental, yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) y, en ocasiones, el ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) en dosis que dependen de la cantidad de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) en el suelo (Jaramillo, 2002; Finck, 1982).

### 3.6. Manejo nutricional del cultivo de la palma de aceite



A



B



■ A. Abastecimiento de fertilizante para su uso. B. Aplicación de fertilizante al plato de la palma.  
Fotos: Arias, N. y Toro, F.

Después de los factores naturales como temperatura, humedad relativa, radiación solar, precipitación, suelos, la fertilización y el riego son los que más inciden en la producción y productividad del cultivo de la palma de aceite, es un cultivo que demanda gran cantidad de nutrientes. Estos los puede tomar del reciclaje de los residuos del mismo cultivo (tusas, hojas y estípites) pero no son suficientes por lo que es necesario la oportuna y adecuada aplicación de fertilizantes minerales.

### 3.6.1. Principales nutrimentos y sus funciones en el cultivo de la palma de aceite

Macronutriente	Símbolo	Funciones
Nitrógeno	N	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es el motor del crecimiento vegetativo.</li> <li>• Es esencial para casi todos los procesos fisiológicos.</li> <li>• Incrementa el área foliar.</li> <li>• Mejora la producción de las hojas.</li> </ul>
Calcio	Ca	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es esencial para el crecimiento del meristemo.</li> <li>• Indispensable para el crecimiento y funcionamiento de los ápices radicales.</li> <li>• Componente principal de la pared celular y de la lámina media de la célula donde actúa como cementante.</li> <li>• Mejora el vigor de la palma de aceite.</li> <li>• Es importante en la asimilación de potasio (K), magnesio (Mg) y boro (B).</li> </ul>
Potasio	K	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esencial para procesos biológicos como la pérdida de agua en forma de vapor de la planta (transpiración).</li> <li>• Es componente de todas las partes de la planta.</li> <li>• Influye directamente en la cantidad y calidad de los racimos.</li> <li>• Mejora la resistencia a enfermedades porque endurece la pared celular.</li> <li>• Activa enzimas que catalizan las reacciones bioquímicas de la síntesis de almidones, proteínas y grasas.</li> <li>• Mejora el efecto de las fitohormonas (ácido indol acético y citoquininas) compuestos requeridos para el crecimiento del tejido meristemático.</li> <li>• Contribuye en la conversión de la luz solar en energía bioquímica y por tanto es requerido para la fijación de CO<sub>2</sub>.</li> </ul>
Fósforo	P	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es constituyente esencial de los ácidos nucleicos (desoxirribonucleico - ADN y ribonucleico - ARN) que actúan en el almacenamiento y transferencia de la información genética.</li> <li>• Está involucrado en el mantenimiento de la separación entre varios procesos fisiológicos en las células de las plantas.</li> <li>• Es componente del ADF (Adenosina difosfato) y ATF (Adenosina trifosfato), compuestos necesarios para los procesos que requieren energía.</li> <li>• Estimula la tasa de producción y el área foliar.</li> <li>• Favorece la formación de los órganos de reproducción.</li> <li>• Incide en la floración y maduración de los racimos.</li> <li>• Es muy importante para el buen desarrollo del sistema radicular.</li> </ul>
Magnesio	Mg	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es el componente central de la molécula de clorofila, pigmento verde que convierte la energía de la luz solar en energía bioquímica durante la fotosíntesis.</li> <li>• Elemento esencial de la enzima que cataliza la síntesis de clorofila y es necesario en todos los procesos que requieren energía, como la síntesis de carbohidratos y proteínas.</li> <li>• Interviene en el transporte de asimilados desde las hojas a los racimos y raíces.</li> <li>• Incide en la eficiente síntesis (formación) de aceite en los racimos.</li> </ul>
Azufre	S	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es constituyente de los aminoácidos (cisteína y metionina) que son los principales bloques para la construcción de las proteínas.</li> <li>• Es elemento estructural de coenzimas requeridas para la formación de ácidos grasos y por lo tanto para la síntesis de aceite en el mesocarpio y la almendra.</li> </ul>

■ Fuente: Fairhurst, T.; Caliman, J.; Härdter, R.; y Witt, C. (2005).

### Capítulo 3

Macronutriente	Símbolo	Funciones
Silicio	Si	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se deposita en la pared celular y contribuye con la rigidez y elasticidad de la misma.</li> <li>• Forma complejos con polifenoles que refuerzan la pared celular.</li> <li>• Disminuye la toxicidad por metales pesados y por hierro y manganeso.</li> </ul>

■ Fuente: Fairhurst, T., Caliman, J., Hårdter, R. y Witt, C. (2005).

Micronutriente	Símbolo	Funciones
Boro	B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se ubica en los puntos de crecimiento de la palma de aceite.</li> <li>• Es esencial para la elongación de las raíces, síntesis de ácidos nucleicos, formación de la pared celular, metabolismo del fenol, diferenciación de los tejidos, integridad de la membrana plasmática, formación de carbohidratos y proteínas.</li> <li>• Es fundamental para la formación del polen y crecimiento del tubo polínico.</li> </ul>
Cloro	Cl	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es esencial en la producción de ácido clorhídrico necesario para la digestión.</li> <li>• Es regulador de la presión osmótica y produce el balance de los cationes en la savia celular de las células vegetales.</li> <li>• Contribuye al mantenimiento de la turgencia.</li> <li>• Es fundamental en el proceso de la liberación de oxígeno.</li> </ul>
Zinc	Zn	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es un cofactor enzimático.</li> <li>• Es esencial para la actividad, regulación y estabilización de la estructura proteica.</li> </ul>
Hierro	Fe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es fundamental en todas las enzimas que catalizan procesos redox (citocromo y ferredoxina) en las plantas.</li> <li>• Esencial en el proceso de fotosíntesis, metabolismo de la energía y fijación de nitrógeno.</li> <li>• Es constituyente de las proteínas de hierro – azufre.</li> </ul>
Cobre	Cu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es constituyente esencial de proteínas y enzimas (citocroma oxidasa) y está involucrado en el transporte de electrones en el fotosistema I de la fotosíntesis.</li> <li>• Se encuentra en la polifenol oxidasa, una enzima involucrada en la síntesis de lignina.</li> <li>• Participa en el metabolismo de carbohidratos y lípidos.</li> <li>• Es esencial en la viabilidad del polen.</li> </ul>
Manganeso	Mn	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es esencial para la síntesis de la clorofila, ya que su función principal es la activación de enzimas como la arginasa y las fosfotransferasas.</li> <li>• Participa en el funcionamiento del fotosistema II de la fotosíntesis.</li> <li>• Incide en la fotólisis del agua y contribuye con la liberación de O<sub>2</sub>.</li> <li>• Actúa también en el balance iónico como un contraión y reacciona con grupos aniónicos.</li> </ul>
Molibdeno	Mo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es constituyente indispensable en el metabolismo del nitrógeno (N) de las plantas y componente de algunas enzimas (nitrato reductasa) necesarias para la incorporación del nitrato.</li> <li>• Es constituyente de la nitrogenasa que está contenida en todos los microorganismos con la capacidad de fijación biológica de N<sub>2</sub>.</li> <li>• Tiene efecto indirecto en el crecimiento de las plantas.</li> </ul>

■ Fuente: Fairhurst, T., Caliman, J., Hårdter, R. y Witt, C. (2005).

### 3.6.2. Niveles de nutrientes en el suelo aplicables al cultivo de la palma de aceite



■ Observación de las propiedades del suelo. Foto: Arias, N.

Parámetro	Unidad	Óptimo
pH	Unidades	5,5 - 6,5
M.O.	%	4,0
N TOTAL	%	0,2
C.E.	ds/m	<4,0
C.I.C.	cmol*Kg	20
K	cmol*Kg	0,4
B	mg*kg	0,5
P - Bill	mg*kg	20
Fe	mg*kg	30
Cu	mg*kg	1,5
Mn	mg*kg	10
Zn	mg*kg	2,0
S	mg*kg	15
Sat. Al intercamb.	%	<30
Sat. K	%	6,0
Sat. Mg	%	20
Sat. Ca	%	40
Sat. Na	%	<15
Ca:Mg:K		2 : 1 : 0,3

■ Fuente: Arias, N., y Beltrán, J. (2010).

Es indispensable conocer e interpretar los niveles de nutrientes en el suelo. Para hacerlo se establecieron tres escalas: bajo, medio y alto (óptimo). A partir del nivel óptimo se generan desbalances nutricionales. El reconocimiento y valoración de la disponibilidad de nutrientes en suelo se hace a través de análisis, con los que se determina la textura y diferentes parámetros químicos relacionados con la fertilidad. En el cultivo de la palma de aceite, normalmente en palmas menores de tres años, se realizan estudios una vez al año y en palmas mayores de tres años, cada dos años.

### 3.6.3. Niveles críticos en el tejido foliar (hoja 17) aplicables al cultivo de la palma de aceite



■ Toma de muestra foliar. Foto: Pérez, P.

Elemento	Unidad	Óptimo
Nitrógeno	%	2.6
Fósforo	%	0.18
Potasio	%	1.2
Calcio	%	0.65
Magnesio	%	0.28
Cloro	%	0.5
Azufre	%	0.26
Boro	mg*kg.	18
Hierro	mg*kg.	80
Zinc	mg*kg.	15
Manganeso	mg*kg.	150
Cobre	mg*kg.	5.0
Ca+Mg+K	Unidades	2.13
(Ca+Mg)/K	Unidades	0.78
N/K	Unidades	2.17
N/P	Unidades	26
K/P	Unidades	12
Ca/B	Unidades	361

■ Fuente: Arias, N. y Beltrán, J. (2010).

Para conocer los niveles de nutrientes en el tejido foliar es necesario realizar un análisis químico de los mismos. Se toma una muestra foliar de un área relativamente uniforme en cuanto al tipo de suelo, topografía, material de siembra y edad del cultivo. En palmas menores a cuatro años se aplica en la hoja N° 9 y, en palmas mayores a cuatro años, en la N° 17. Se recomienda tomar la muestra foliar anualmente, en la misma época, dos meses después de la última fertilización y, tres meses antes de la próxima fertilización en épocas de condiciones climáticas no extremas y antes del mediodía.

### 3.6.4. Síntomas asociados con deficiencias nutricionales en el cultivo de la palma de aceite



■ Palma sin aparente deficiencia nutricional. Foto: Pérez, P.



■ Palma con deficiencia nutricional. Foto: Arias, P.

## Capítulo 3

### 3.6.4.1. Deficiencia de nitrógeno (N)



Síntomas	Causas	Mejores prácticas agrícolas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clorosis general (amarillamiento especialmente en hojas viejas).</li> <li>• Lento crecimiento.</li> <li>• Apariencia débil.</li> <li>• La copa de las hojas es plana.</li> <li>• Las hojas jóvenes permanecen verdes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelos con deficiencias de N.</li> <li>• Suelos compactados (superficie).</li> <li>• Aplicación insuficiente de fertilizantes nitrogenados.</li> <li>• Mal drenaje.</li> <li>• Deficiente fijación de N por plantas leguminosas.</li> <li>• Presencia de plantas gramíneas.</li> <li>• Erosión y escorrentía.</li> <li>• Suelos ácidos.</li> <li>• Estrés después del trasplante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantener la materia orgánica con residuos vegetales de la misma palma de aceite, ubicados alrededor del plato.</li> <li>• Sembrar coberturas de leguminosas.</li> <li>• Mantener los drenajes en buen estado.</li> <li>• Erradicar plantas gramíneas.</li> <li>• Aplicar fertilizantes nitrogenados, según recomendación técnica.</li> </ul>

■ Fuente: Fairhurst, T., Caliman, J., Härdter, R. y Witt, C. (2005); Arias, N. y Beltrán, J. (2010).

### 3.6.4.2. Deficiencia de fósforo (P)



Síntomas	Causas	Mejores prácticas agrícolas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El tallo o estípite toma una forma de cono invertido (pirámide).</li> <li>• Las plantas arvenses cercanas a la palma se tornan color violeta.</li> <li>• Baja tasa de formación de raíces.</li> <li>• Presencia de abortos florales.</li> <li>• Desarrollo de hojas pequeñas.</li> <li>• Crecimiento retardado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelos con baja disponibilidad de fósforo (P).</li> <li>• Suelos derivados de cenizas volcánicas.</li> <li>• Suelos ferralíticos.</li> <li>• Suelos erosionados.</li> <li>• Malas prácticas de reposición de fósforo (P).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sembrar coberturas de leguminosas.</li> <li>• Mantener los drenajes en buen estado.</li> <li>• Erradicar plantas gramíneas.</li> <li>• Aplicar enmiendas fertilizantes con contenidos de fósforo, según recomendación técnica.</li> </ul>

■ Fuente: Fairhurst, T., Caliman, J., Härdter, R. y Witt, C. (2005); Arias, N. y Beltrán, J. (2010).

### 3.6.4.3. Deficiencia de potasio (K)



Síntomas	Causas	Mejores prácticas agrícolas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amarillamiento ligero en las hojas viejas.</li> <li>• Presencia de manchas anaranjadas en las hojas del primer tercio y dejan pasar la luz cuando se ponen contra el sol.</li> <li>• Fajas blancas en las hojas.</li> <li>• Pérdida de peso de los racimos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelos con bajo niveles de potasio (K).</li> <li>• Suelos con limitada penetración de las raíces.</li> <li>• Suelos arenosos y ácidos.</li> <li>• Suelos con déficit hídrico.</li> <li>• Suelos de sabana.</li> <li>• Deficiente aplicación de potasio (K).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar erosión y escurrimiento.</li> <li>• Mantener los drenajes en buen estado.</li> <li>• Aplicar <i>mulch</i> (residuos vegetales: tusas, hojas podadas) al suelo.</li> <li>• Emplear fertilizantes con contenidos de potasio (K), según recomendación técnica.</li> </ul>

■ Fuente: Fairhurst, T., Caliman, J., Härdter, R. y Witt, C. (2005); Arias, N. y Beltrán, J. (2010).

### 3.6.4.4. Deficiencia de magnesio (Mg)



Síntomas	Causas	Mejores prácticas agrícolas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amarillamiento o clorosis entre las nervaduras de las hojas viejas o bajas.</li> <li>• Aparecen parches o bandas de color verde aceituna a ocre amarillo en el extremo distal de los folíolos.</li> <li>• Las hojas toman un color amarillo brillante.</li> <li>• Las áreas cloróticas son invadidas por infecciones de hongos (<i>Pestalotiopsis gracilis</i>).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelos con bajas cantidades de Mg intercambiable.</li> <li>• Aplicaciones altas de potasio (K) y/o calcio (Ca).</li> <li>• Uso elevado de fertilizantes que contienen <math>\text{NH}_4</math>.</li> <li>• Suelos arenosos y ácidos.</li> <li>• Zonas con alta precipitación.</li> <li>• pH bajo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar erosión y escurrimiento.</li> <li>• Mantener los drenajes en buen estado.</li> <li>• Aplicar fertilizantes con contenidos de magnesio (Mg), según recomendación técnica.</li> </ul>

■ Fuente: Fairhurst, T., Caliman, J., Härdter, R. y Witt, C. (2005); Arias, N. y Beltrán, J. (2010).

## Capítulo 3

### 3.6.4.5. Deficiencia de boro (B)



Síntomas	Causas	Mejores prácticas agrícolas
<ul style="list-style-type: none"><li>• Hojas arrugadas, tipo de gancho, pequeñas con forma de espina de pescado.</li><li>• Reducción notoria de los folíolos.</li><li>• Hojas muy frágiles de color verde oscuro.</li><li>• Formación de copa plana de las hojas, debido a la emergencia de nuevas hojas cada vez más cortas.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Suelos deficientes en boro (B).</li><li>• Suelos arenosos y ácidos y/o alcalinos.</li><li>• Zonas con alta precipitación.</li><li>• Altas aplicaciones de potasio (K), nitrógeno (N) y calcio (Ca).</li><li>• Aplicaciones insuficientes de nitrógeno (N).</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Realizar análisis foliares de manera periódica.</li><li>• Hacer inspecciones regulares a la palma de aceite.</li><li>• Mantener los drenajes en buen estado.</li><li>• Aplicaciones de boro según recomendación técnica.</li></ul>

■ Fuente: Fairhurst, T., Caliman, J., Härdter, R. y Witt, C. (2005); Arias, N. y Beltrán, J. (2010).

### 3.6.5. Uso y aplicabilidad de la biomasa como cubierta protectora (*mulch*) alrededor del plato en el cultivo de la palma de aceite



■ Aplicación de materia orgánica (hoja) en el plato de la palma. Foto: Penagos, Y.

El *mulch* de biomasa es una capa protectora que se extiende sobre el suelo, alrededor del plato de la palma de aceite, y que puede estar compuesta de residuos y/o reciclaje propios del cultivo tales como: racimos desfrutados, fibra, efluentes sólidos, compost, hojas podadas, inflorescencias masculinas y/o materia orgánica proveniente de otros cultivos (bagazo de maíz, residuos de leguminosas, entre otros).

### 3.6.5.1. Beneficios de la aplicación de la biomasa alrededor del plato en el cultivo de la palma de aceite



■ A. Suelo húmedo. B. Presencia de raíces adsorbentes. C. Control de malezas en el plato.

Fotos: Pérez, P., y Roa, S.

La biomasa aplicada alrededor del plato de la palma de aceite ofrece los siguientes beneficios: conserva la humedad del suelo, estimula el crecimiento y presencia de raíces adsorbentes, mejora la eficiencia de la fertilización, disminuye el impacto de las malezas hacia el plato de la palma y mitiga los efectos del clima local.

## Capítulo 3

### 3.6.5.2. Diferentes tipos de biomasa (materia orgánica)



- A. Aplicación de panca (residuos de cosecha) de maíz. B. Aplicación de compost.  
C. Aplicación de racimos desfrutados (tusas). D. Aplicación de coberturas de leguminosa.  
Fotos: Roa, S., Pérez, P., y Enríquez, G.

La aplicación y cantidad de biomasa depende de la disponibilidad de la misma en la plantación y/o en su entorno. Los tipos de biomasa más utilizados son: racimos desfrutados (tusas), fibra, efluentes sólidos, compost, hojas podadas, inflorescencias masculinas y/o materia orgánica proveniente de otros cultivos (bagazo de maíz, residuos de leguminosas, entre otros).

### 3.6.5.3. Diferentes cantidades de racimos desfrutados (tusas), aplicados al cultivo de la palma de aceite



■ A. 1.500 kilos/palma. B. 800 kilos/palma. C. 400 kilos/palma. D. 250 kilos/palma.  
Fotos: Pérez, P., y Mercado, A.

La aplicación de biomasa (racimos desfrutados), a diferentes dosis en todos los casos, genera efectos positivos mencionados en el numeral 3.6.5.1. Adicionalmente, se presenta un incremento en la producción y peso de los racimos.

### Capítulo 3

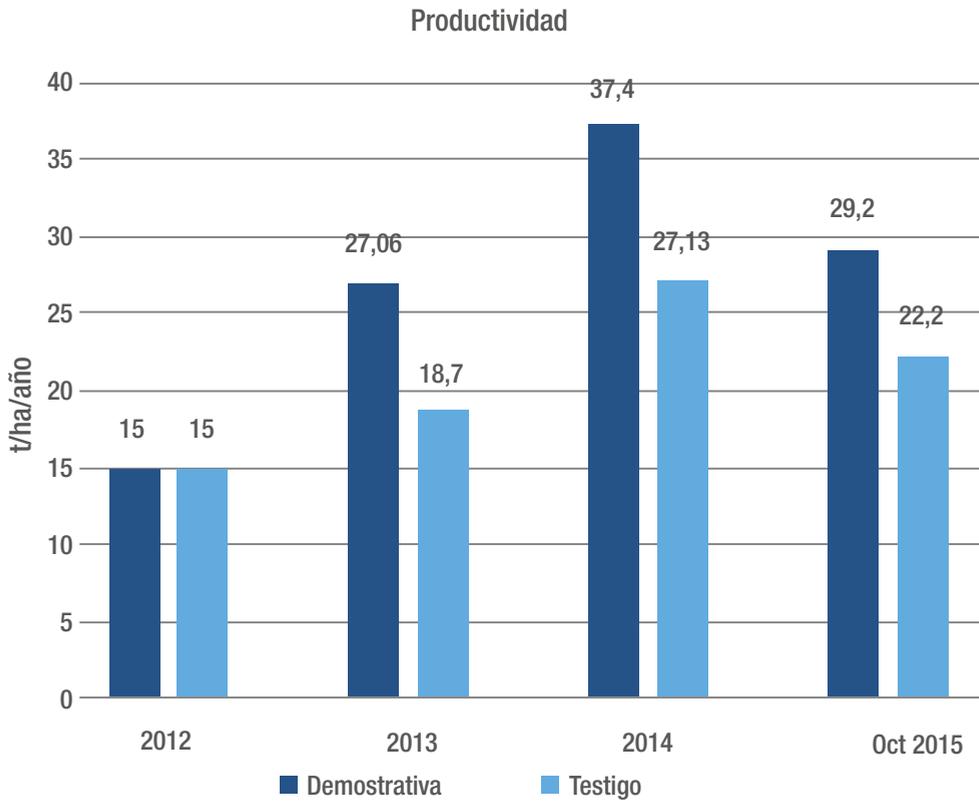
#### 3.6.5.4. Incremento en la producción de racimos en el cultivo de la palma de aceite por efecto de la aplicación de racimos desfrutados (tusas) en el municipio de Sabana de Torres, Santander, en la Zona Central de Colombia



■ Parcela demostrativa con aplicación de tusas (*mulch*). Foto: Pérez, P.



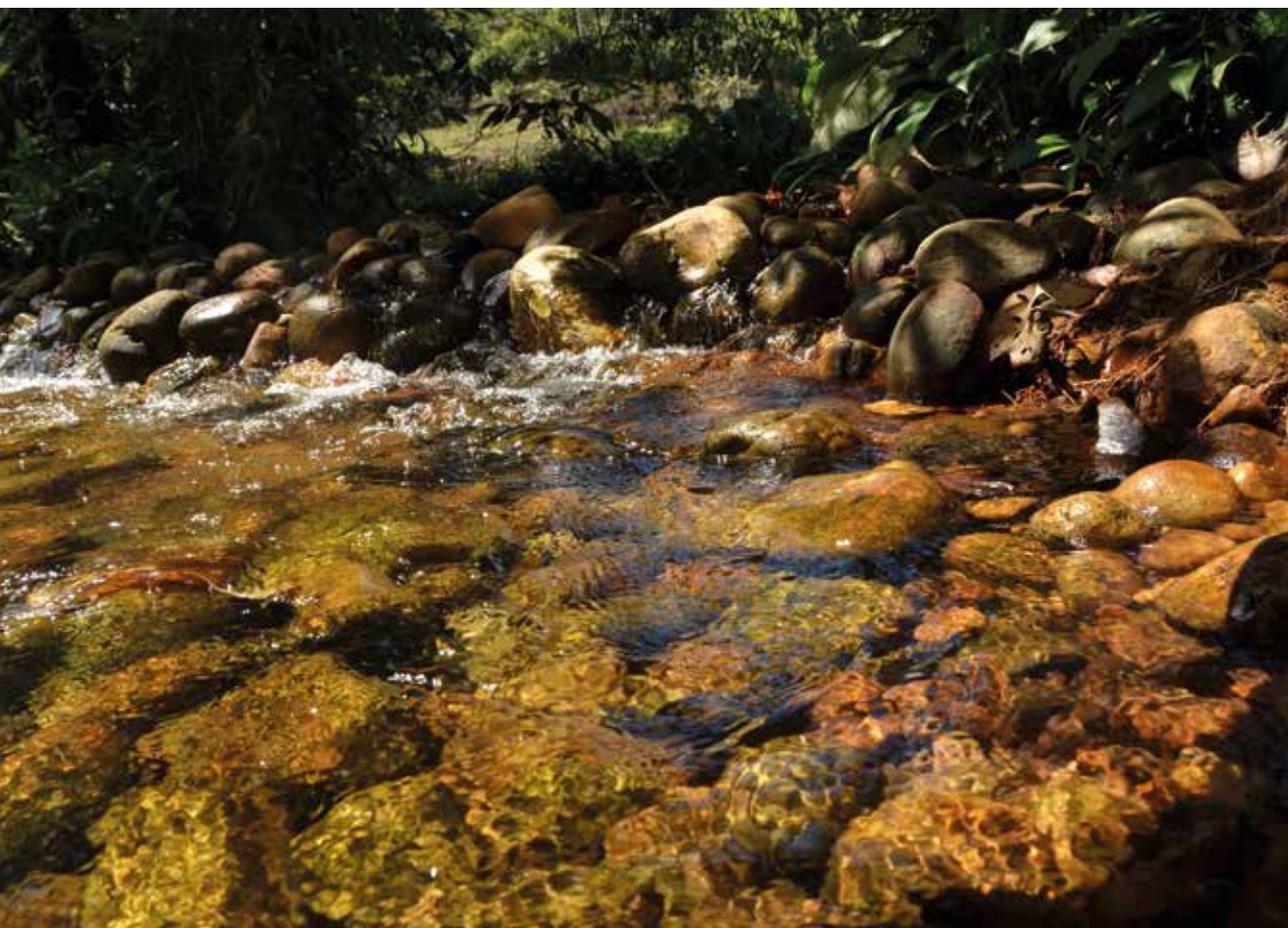
■ Parcela testigo sin aplicación de cobertura. Foto: Pérez, P.



■ Comparativo de productividad (t/ha/año).

Aplicaciones racionales (400 kg/palma) de racimos desfrutados (tusas) alrededor del plato de la palma en la Zona Central de Colombia, evidencian el desarrollo, sanidad y color de las hojas, la emisión de raíces, la humedad del suelo y mejor producción de racimos, llegando a 37,4 t/ha/año. Como lo muestra la gráfica anterior, estas cifras son superiores al resultado de las parcelas sin aplicación de materia orgánica.

### 3.7. Requerimiento y manejo del recurso hídrico



■ Fuente natural de agua. Foto: Fedepalma

El cultivo de la palma de aceite requiere entre 2.000 y 2.500 mm de precipitación bien distribuida durante todo el año. Sin embargo, en Colombia se tienen situaciones particulares en la Zona Norte, donde el periodo seco va desde noviembre hasta marzo y es necesario aplicar riego suplementario. Para las zonas Central y Oriental, este periodo inicia en enero y se prolonga hasta marzo; mientras que en la Zona Suroccidental no se marcan periodos secos, excepto cuando se presenta el Fenómeno de La Niña. El déficit hídrico estimula la formación de inflorescencias masculinas e inhibe las femeninas, se forman frutos pequeños y livianos, se acelera el desprendimiento de frutos, se disminuye la formación de aceite en el mesocarpio y reduce notablemente el proceso de fotosíntesis (Corley, R. y Tinker, P. 2003).

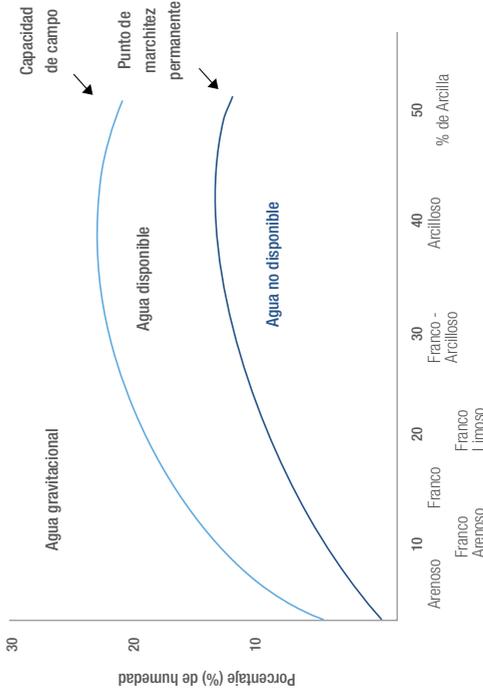
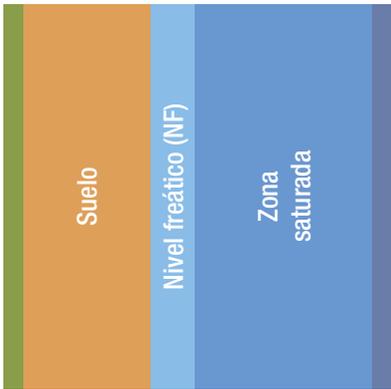
### 3.7.1. Relación suelo-agua



■ Vista de una fuente natural de agua protegida con bosque primario. Foto: Fedepalma

El suelo es un sistema compuesto por una fase sólida (partículas de naturaleza mineral y orgánica), una líquida (agua) y una gaseosa. Los principales factores que afectan la retención de agua en el suelo son la textura, la estructura y la porosidad. La textura hace referencia con el tamaño y porción de partículas de limo, arena y arcilla y generan espacios de acuerdo al tamaño de las partículas, ocupados por el agua que es adsorbida por las raíces de las plantas. El agua utilizada se repone por la lluvia o por riego artificial. La estructura es la disposición de las partículas en agregados que también generan poros y estos son ocupados por agua y aire, es decir, la porosidad está condicionada por la textura y la estructura (Álvarez, O., Silva, J. y Garzón, E. 2006).

### 3.7.2. Clases y estados del agua en el suelo



■ Fuente: Torres, J. (2014).

■ Fuente: Álvarez, O., Silva, J. y Garzón, E. (2006).

El nivel freático (NF) se define como la superficie del agua subterránea donde la presión de esta es igual a la atmosférica ( $P_{atm} = 0$ ) y, por debajo se ubica el medio saturado. En un suelo en el que el nivel freático está en condiciones de equilibrio se encuentran varias zonas diferenciadas por el contenido de humedad. Estas se denominan agua higroscópica, agua capilar, agua gravitacional y aprovechable. El agua higroscópica es adsorbida por efecto de las fuerzas de atracción de las partículas de suelo y no es aprovechable por las plantas. El agua capilar se encuentra alrededor de las partículas y en los espacios capilares o microporos y es parcialmente aprovechable por las plantas cuando el tamaño del microporo lo permite. El agua gravitacional se encuentra en los poros y aparece después de la lluvia o de la aplicación de un riego, es aprovechable de manera transitoria por las plantas y también cuando se llenan todos los poros de agua y no existen fuerzas que la retengan; es totalmente disponible y distribuido por la red de canales y drenajes del cultivo de la palma de aceite (Álvarez, O., Silva, J. y Garzón, E. 2006; Torres, J. 2014).

### 3.7.3. Relación planta-agua



■ Cultivo de palma de aceite cerca a una fuente artificial de agua. Foto: Fedepalma

El proceso del movimiento del agua desde el suelo hasta la atmósfera se favorece cuando el agua en el suelo es retenida con menor tensión y la humedad relativa en la atmósfera es baja. A este flujo de agua también se involucran procesos propios de la palma de aceite tales como la adsorción, la transpiración y la evapotranspiración. Cuando la evapotranspiración excede a la precipitación pluvial, el contenido de agua en el suelo disminuye afectando la palma ya que no puede tomar agua del suelo, generándole estrés y efectos negativos como baja producción de materia seca, reducción del proceso de fotosíntesis y producción de racimos (Álvarez, O., Silva, J. y Garzón, E. 2006; Corley, R. y Tinker, P. 2003).

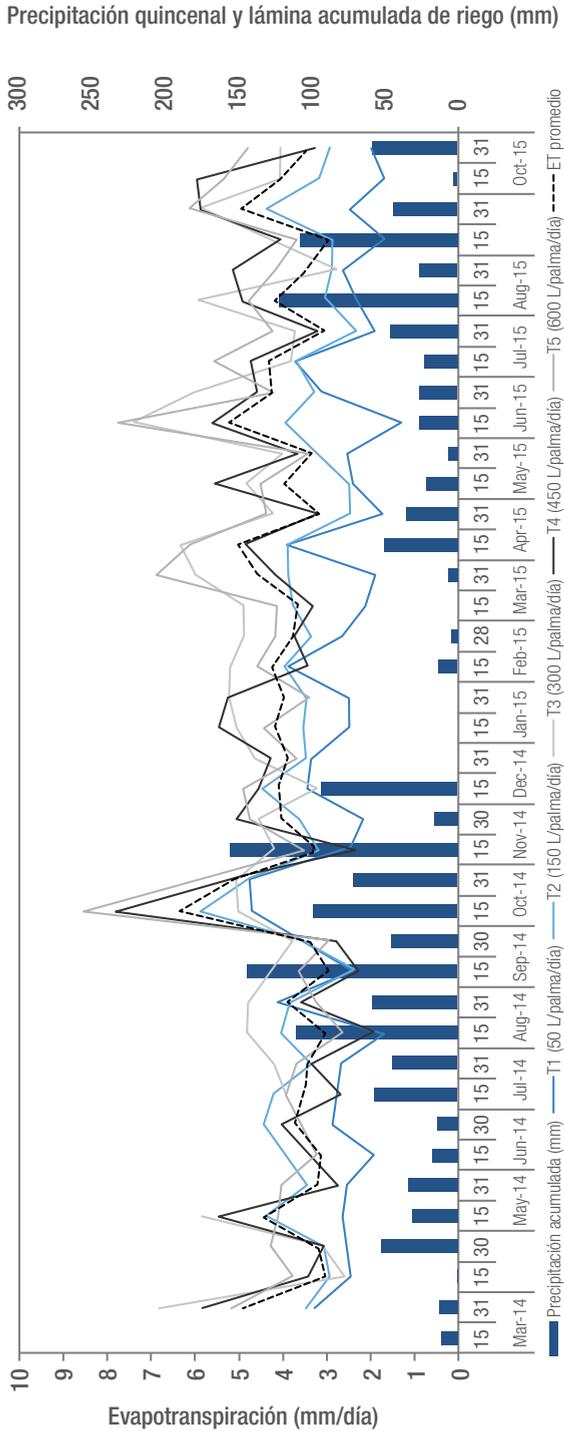
### 3.7.4. Requerimiento hídrico en el cultivo de la palma de aceite



- Construcción de surcos con ayuda de zanjeadores mecánicos (ditcher y taieadora).  
Fotos: Mercado, A.

La determinación del requerimiento hídrico del cultivo de la palma de aceite se puede realizar al correlacionar la evapotranspiración de un cultivo de referencia y la de un cultivo verdadero, así como también la evapotranspiración de la palma con valores de evaporación de un tanque evaporímetro clase (A). En la Zona Norte de Colombia, se encontraron valores de evapotranspiración entre 7 y 10 mm/día en palma adulta. Mientras se definen los coeficientes ( $K_c$ ) para las zonas palmeras, se puede tomar como referencia de requerimiento hídrico para palma adulta entre 150 y 200 mm/mes (Álvarez, O., Silva, J. y Garzón, E. 2006).

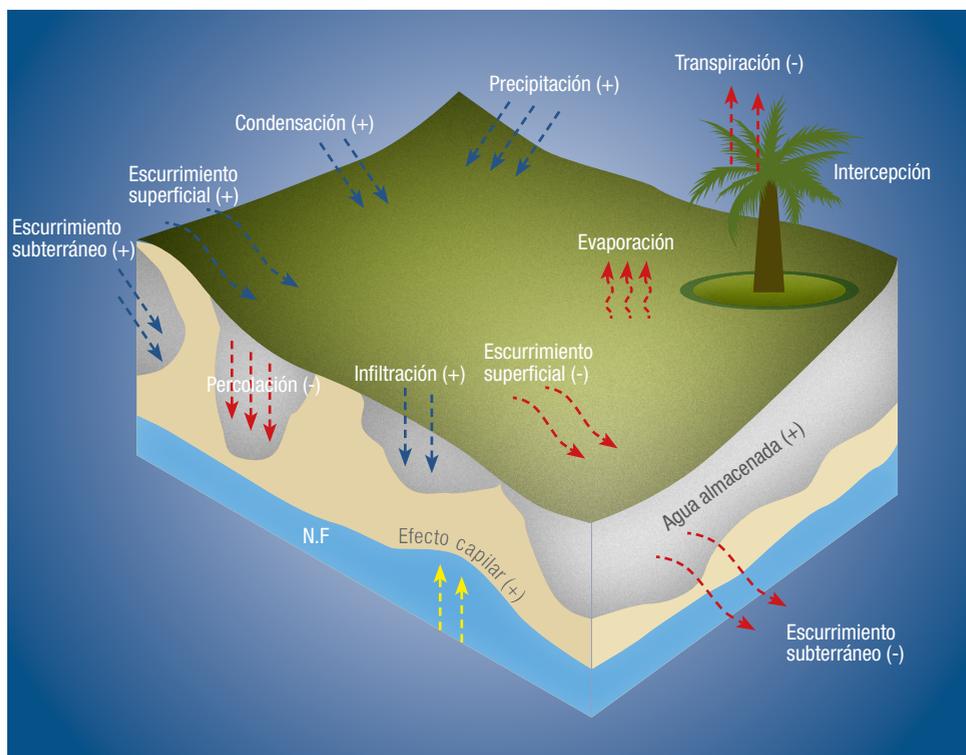
### 3.7.5. Requerimiento hídrico para *Elaeis guineensis* en etapa productiva en palmas de 10 a 15 años de edad de siembra en la Zona Norte de Colombia



■ Fuente: Delgado, T., Rincón, A. y Molina, D., 2015; Torres, J., 2014.

En 2014, Cenipalma implementó un ensayo para la determinación del requerimiento hídrico de la palma de aceite en su etapa adulta en la Zona Norte de Colombia. Este consta de cinco tratamientos: T1 (50), T2 (150), T3 (300), T4 (450) y T5 (600) L/palma/día establecidos bajo un diseño completamente al azar y cuatro repeticiones. La determinación de la evapotranspiración (mm/día) y coeficiente del cultivo (Kc) se están midiendo mediante el método de balance hídrico. Hasta la fecha (dos años de evaluación) se ha encontrado que la evapotranspiración en este rango de edad del cultivo está entre 1,5 y 6,7 mm/día y un coeficiente del cultivo en un rango de 0,6 y 1,4, con un valor medio de 0,9. Es importante aclarar que en este ensayo el cultivo está sometido a déficit hídrico y excesos de humedad.

### 3.7.6. Balance hídrico (BH)



■ Fuente: Álvarez, O., Silva, J. y Garzón, E. (2006).

El balance hídrico consiste en contabilizar a través del tiempo, con datos reales, las diferentes entradas y salidas de agua, a fin de determinar excesos y déficit hídricos. Se pueden establecer balances hídricos climáticos, agrícolas y diarios. De manera práctica, el balance hídrico con fines agrícolas se calcula teniendo en cuenta la precipitación (P), la percolación (Perc), la escorrentía (E), la evaporación (EV), la transpiración (T) y, eventualmente, los aportes capilares (Ac) (Álvarez, O., Silva, J. y Garzón, E. 2006).

El cálculo de balance hídrico se puede simplificar con la siguiente ecuación:

$$\text{Precipitación efectiva (Pe)} = (\text{Precipitación (P)} + \text{Escorrentía (E)} + \text{Percolación (Perc)})$$

$$\text{Evapotranspiración (ET)} = (\text{Evaporación (EV)} + \text{Transpiración (T)})$$

$$\text{Aportes capilares (Ac)} = \text{Aportes capilares}$$

$$\text{BH} = (\text{Pe} - \text{ET} + \text{Ac})$$

## 3.7.6.1. Balance hídrico climático

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)	15,3	31	67,6	141,4	200,5	138,3	117,8	160,7	197,7	282,2	164,5	51,2	1.568,2
ET (mm)	191,5	196	207,2	173,8	152,3	141,4	164,1	157,5	138,9	133	133,3	155,8	1.944,8
Almacenamiento					48,2	45,1		3,2	58,8	85	85		
Déficit	176,2	165	139,6	32,4			1,2					19,6	
Exceso										123	31,2		

■ Fuente: Álvarez, O., Silva, J. y Garzón, E. (2006).

El balance hídrico climático se utiliza para apoyar estudios de prefactibilidad de obras de riego y drenaje, zonificaciones climáticas y planeación del manejo de los recursos hídricos. Para su realización se requieren datos históricos mensuales multianuales de precipitación (P) en mm y evapotranspiración (ET) en mm, además la textura del suelo y su profundidad efectiva. Para el ejercicio anterior se dice que la capacidad de almacenamiento del suelo es de 85 mm. La tabla muestra que de enero a abril se presenta déficit hídrico, mientras que en mayo la precipitación compensa la evapotranspiración y se genera un saldo a favor que es almacenado por el suelo y que es utilizado en junio, ya que la precipitación no repone la evapotranspiración. Para julio esta es mayor que la precipitación y además, consume el saldo de junio creando un déficit de 1,2 mm. Para agosto y septiembre la precipitación supera la evapotranspiración y se generan saldos a favor para ser almacenados por el suelo, mientras que en octubre y noviembre se generan excesos de agua que es consumida en diciembre generando un déficit de 19,6 mm (Álvarez, O., Silva, J. y Garzón, E. 2006).

## 3.7.6.2. Balance hídrico agrícola

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P media (mm)	25,4	73,5	153,4	359,3	419,4	401,7	306,1	248,6	270,2	301,6	202,5	80,85	2.634,1
P 75 % (mm)	3,2	31,5	84,8	278,4	327,8	341,2	257,3	221,5	201,3	227,1	145,5	41	2.312
Pe (mm)	3,2	8,9	42,8	197,7	237,2	247,9	180,8	152,2	136,1	156,7	91,4	14,6	
ET (mm)	153,7	149,9	131,6	105,9	101,1	90	91,9	104,4	110,4	115,9	116,5	131,2	
Almacenamiento											22,4		

Continúa

## Capítulo 3

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Déficit	150,5	141	88,76									94,2	
Exceso				44,3	136,1	157,9	88,9	47,8	25,7	40,8			

■ Fuente: Álvarez, O., Silva, J. y Garzón, E. 2006.

La tabla muestra el cálculo del balance hídrico agrícola que se utiliza mensualmente, para lo que se requiere la información de tipo de suelo, propiedades de retención de humedad de los suelos, profundidad efectiva del sistema radical, datos de precipitación, cálculo de probabilidad de precipitación, cálculo de agua rápidamente aprovechable y la evapotranspiración. De la información consignada se deduce que existe un déficit total de 475 mm de diciembre a marzo, donde enero es el mes más crítico y se deberá reponer una lámina de 150,5 mm. Igualmente, los resultados de los cálculos nos indican que se debe disponer de una infraestructura de drenajes para evacuar los excesos especialmente de mayo y junio.

### 3.7.6.3. Balance hídrico diario

Día	P (mm)	Pe (mm)	Riego (mm)	ET (mm)	Lámina de agua disponible (mm)	Exceso (mm)	Déficit (mm)	Déficit (mm)
1	0	0	0	6,56	28	0	0	0
2	0	0	0	6,94	21,06	0	0	0
3	0	0	0	5,31	15,75	0	0	0
4	0	0	0	5,96	9,79	0	0	0
5	0	0	0	5,96	3,83	0	0	0
6	0	0	0	5,99	-6,16	0	-9,99	-9,99
7	0	0	0	6,03	-12,19	0	-6,03	-16,02
8	18	15,3	0	5,21	-2,1	0	0	-16,02

■ Fuente: Álvarez, O., Silva, J. y Garzón, E. (2006).

El balance hídrico diario es muy útil para aplicar riego de manera oportuna y eficiente, programar aplicaciones de fertilizantes, herbicidas, recolección y aplicación de polen, y utilización de maquinaria agrícola. Para su cálculo se requiere conocer la capacidad de almacenamiento del suelo, capacidad de retención de humedad, punto crítico de tensión, densidad aparente, profundidad radicular, precipitación y evapotranspiración diaria. La tabla anterior nos indica que en el día seis se debió aplicar riego porque la lámina con que inició el día uno se agotó, lo que genera un déficit de agua (Álvarez, O., Silva, J. y Garzón, E. 2006).

### 3.7.7. Sistemas de riego

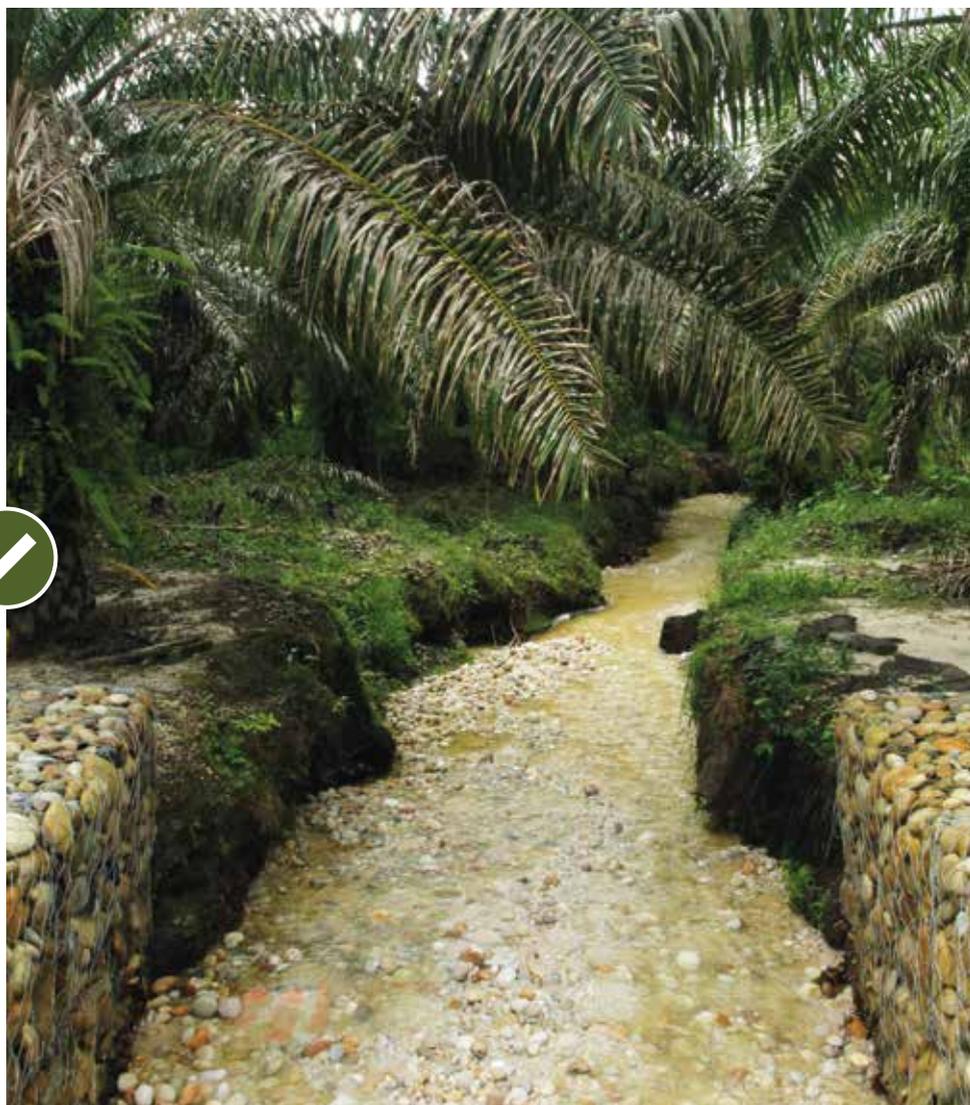


■ A. Riego superficial. B. Riego manual. Fotos: Fedepalma

Cuando se presenta déficit hídrico por baja precipitación, alta evapotranspiración y suelos de textura arenosa, es necesario proveer agua de buena calidad (libre de patógenos y/o microorganismos que afecten negativamente el cultivo de la palma de aceite). Para ello se utilizan diferentes sistemas de riego. En fases de previvero y vivero se recomienda riego por goteo, en palma joven menor de cuatro años riego superficial y/o por aspersión localizada y en palma adulta mayor de cuatro años riego superficial. Es de anotar que los sistemas de riego por aspersión e inundación facilitan la movilidad de agentes patógenos causantes de enfermedades, su utilización depende del criterio técnico y de la calidad del agua.

## Capítulo 3

### 3.7.7.1. Riego por superficie



■ Canal interno de riego con construcción de cárcava de protección. Foto: Fedepalma

El riego por superficie, también llamado por gravedad, es apropiado para terrenos planos y consiste en orientar o conducir el agua al cultivo por canales y drenajes desde una fuente ya sean ríos, quebradas, reservorios y/o pozos profundos. Este tipo de sistema de riego es el que consume más agua (mayores pérdidas, baja eficiencia), ya que una vez que es captada y llevada a la plantación, se distribuye por surcos y/o por inundación (Arias, N. 2010).

### 3.7.7.1.1. Riego por surcos



■ A. Surcos internos en el cultivo. B. Vista aérea de riego por surcos. Fotos: Fedepalma

El riego por surcos consiste en distribuir el agua por zanjas (canalillos) dentro del lote, hasta donde sea necesario. Las zanjas se construyen cada dos o cuatro líneas, no necesariamente equidistantes, teniendo en cuenta la movilidad de los equipos, vehículos y/o personal que ejecuta labores dentro de la parcela. Tiene una eficiencia entre el 50 y 70 %.

### Capítulo 3

#### 3.7.7.1.2. Riego por surcos anchos



A

B



■ A. Construcción de surcos anchos con taieadora - B. Riego por surcos anchos alternos.  
Foto: Mercado, A.

El riego por surcos anchos consiste en levantar dos bordas o camellones paralelos a lo largo de una o dos líneas de palma en forma perpendicular al canal del riego de la parcela. Tiene una eficiencia entre el 60 y 75 %.

### 3.7.7.1.3. Riego por inundación



■ Parcelas de palma de aceite con aplicación de riego por gravedad (inundación). Fotos: Toro, F.

El riego por inundación consiste en permitir la entrada libre del agua a todo el lote. En ocasiones, un operario debe orientarla hasta las palmas con ayuda de una pala. Este sistema es el menos recomendado porque consume más agua y facilita la movilidad de microorganismos que causan enfermedades al cultivo de la palma de aceite. Tiene una eficiencia entre el 40 y 60 %.

### 3.7.7.2. Riego por aspersión



■ Aplicación de riego por aspersión en viveros. Foto: Fedepalma

El riego por aspersión tiene una eficiencia entre el 65 y 85 % en cuanto al uso del agua y ofrece las siguientes ventajas: simula la lluvia, necesita menor cantidad de agua, posibilita la automatización de la aplicación, no requiere canales ni ingeniería hidráulica, se adapta bien a cualquier condición topográfica. Sin embargo, es de aclarar que este tipo de sistema requiere una importante inversión inicial, tiene alto consumo de energía y/o combustible, y el agua utilizada debe ser de muy buena calidad ya que de lo contrario, facilita la movilidad de microorganismos patógenos que causan enfermedades a las plántulas de palma de aceite, su uso depende del criterio técnico.

### 3.7.7.3. Riego por goteo



■ Aplicación de riego por goteo en viveros. Foto: Fedepalma

El riego por goteo es un sistema altamente eficiente que oscila entre el 75 y 95 %. Le proporciona a la palma de aceite la cantidad de agua necesaria de manera oportuna y permite aplicar simultáneamente los fertilizantes. Tiene las mismas ventajas que el riego por aspersión, requiere de supervisión permanente y mantenimiento.

## Capítulo 3

### 3.7.8. Sistemas de drenajes



■ Vista aérea de la implementación de un sistema de drenajes para el establecimiento del cultivo de la palma de aceite. Foto: Fedepalma

### 3.7.8.1. Sistemas de drenaje superficial

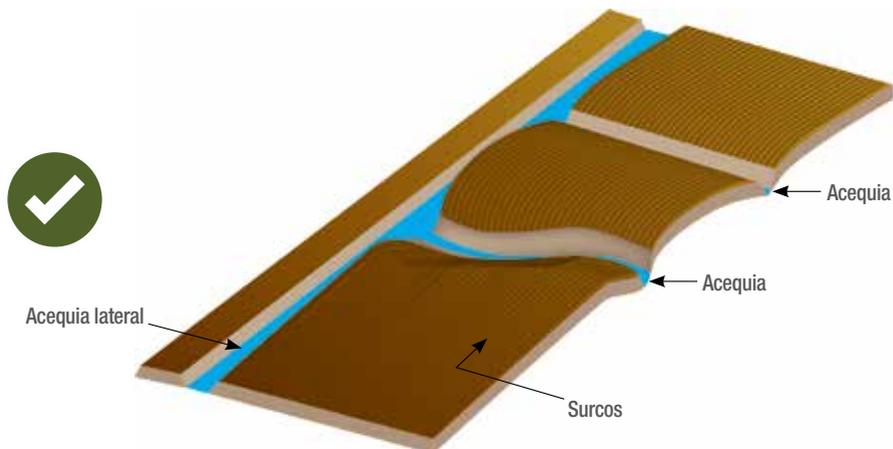


■ Drenaje superficial con cultivo de cobertura de leguminosas. Foto: Fedepalma

El sistema de drenaje superficial se compone de canales colectores y de evacuación de excesos de agua. Es fundamental conocer la fuente de agua, el tipo de suelo, la topografía, el cause, el caudal y el estado de mantenimiento de canales y acequias de drenaje. Los sistemas de drenaje superficial son: localizados, paralelos y a través de la pendiente (Torres, J. 2014).

### Capítulo 3

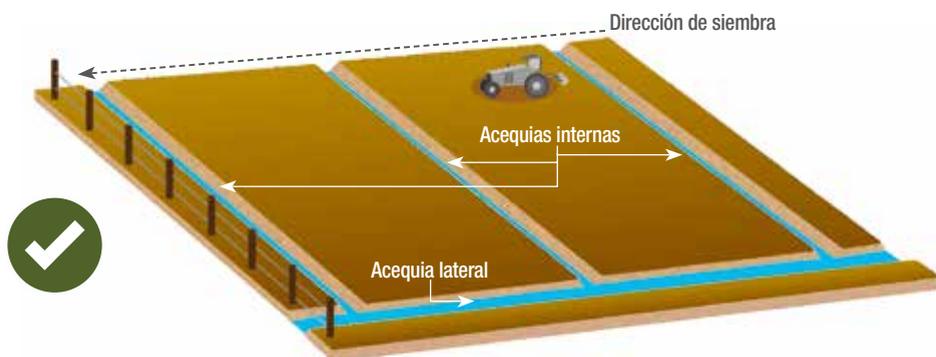
#### 3.7.8.1.1. Drenaje localizado (sangrías)



■ Acequias de drenaje superficial ajustadas a la topografía del campo. Fuente: Torres, J. (2014).

Los drenajes localizados se ubican en sitios donde se forman encharcamientos dentro del cultivo. Para ello, se construye una acequia que conecte la depresión y ofrezca una salida al agua estancada. Estos lugares que generan encharcamiento se pueden rellenar con suelo debidamente nivelado y/o construir un drenaje.

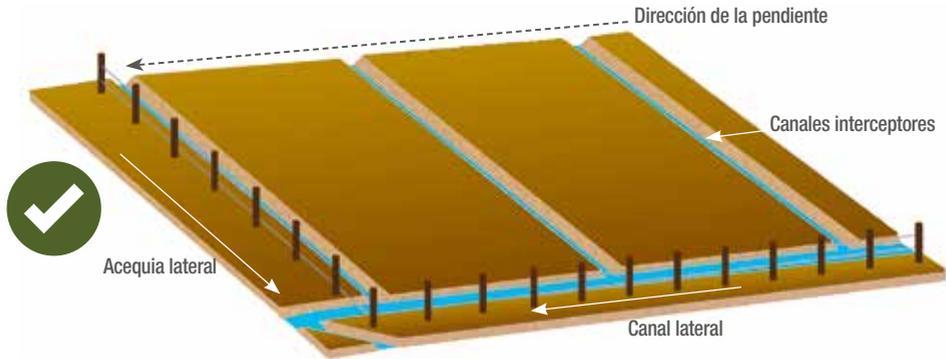
#### 3.7.8.1.2. Drenaje superficial en paralelo



■ Drenajes superficiales (acequias) en paralelo. Fuente: Torres, J. (2014).

Los drenajes superficiales son adecuados en terrenos planos y regulares. Se trazan en paralelo y no necesariamente equidistantes, lo importante es que la orientación de la acequia dependa de la orientación de la pendiente del terreno, de los canales primarios y secundarios. Se deben tener en cuenta los sitios de entrada y salida del agua y movimiento de los equipos y vehículos dentro de la parcela.

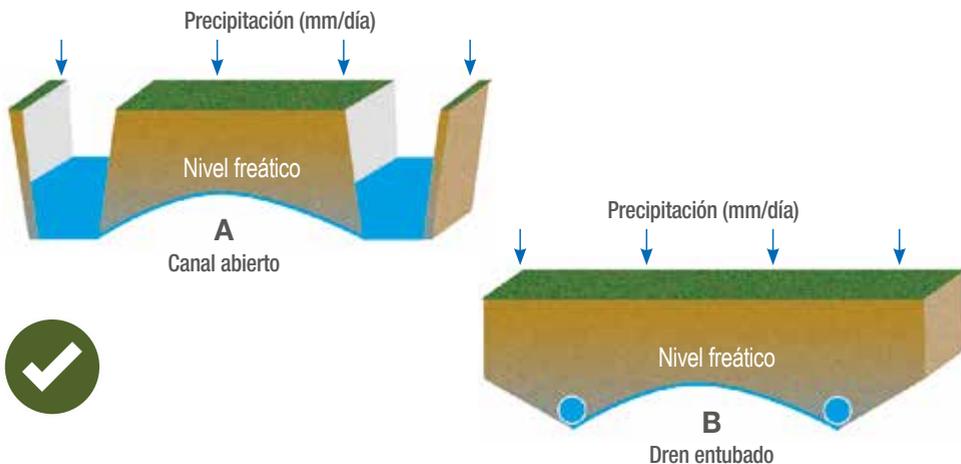
### 3.7.8.1.3. Drenaje a través de la pendiente



■ Drenajes a través de la pendiente. Fuente: Torres, J. (2014).

Los drenajes a través de la pendiente se utilizan para interceptar el agua en terrenos con pendientes ligeras a moderadas y que tienen problemas de humedad en el suelo por poca permeabilidad. Este tipo de drenajes ayuda a evacuar excesos de agua de otros sitios más altos.

### 3.7.8.2. Drenaje subterráneo



■ Canales abiertos y drenes entubados. Fuente: Torres, J. (2014).

El drenaje subterráneo es la remoción de excesos de agua localizados por debajo de la superficie del terreno. Los drenajes abiertos o los entubados como muestra la figura de arriba, ayudan a profundizar los niveles freáticos alimentados por la precipitación, agua de riego, de canales, ríos o de agua artesiana.

## Capítulo 3

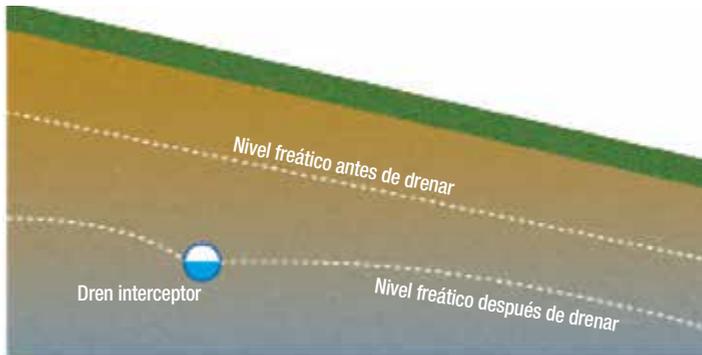
### 3.7.8.2.1. Drenaje subterráneo de alivio



■ Construcción de drenaje de alivio. Foto: Pérez, P.

El drenaje subterráneo de alivio se usa para profundizar el nivel freático en terrenos planos, donde la pendiente de nivel freático es muy plana y la fuente de agua proviene de la precipitación, riego o agua artesiana. Estos drenajes son canales abiertos que se usan para drenar grandes extensiones de terreno e importantes caudales, mientras que los entubados son tubos enterrados que facilitan la movilidad del agua y no interfieren con las labores de campo.

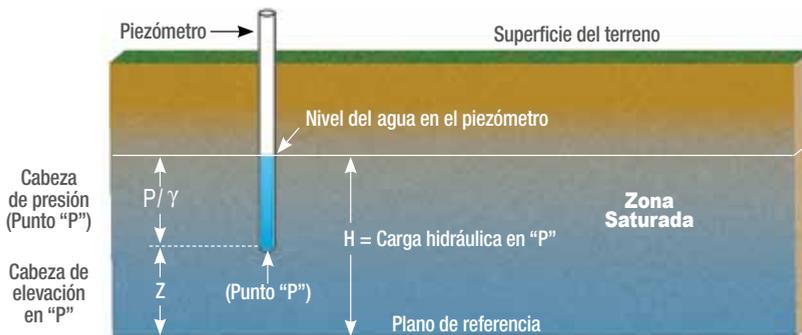
### 3.7.8.2.2. Drenaje subterráneo de interceptación



■ Drenajes de interceptación. Fuente: Torres, J. (2014).

Los drenajes subterráneos de interceptación incluyen canales abiertos y drenajes enterrados que se construyen para cortar el flujo de agua proveniente de zonas altas.

### 3.7.9. Piezómetros y su aplicabilidad



■ Descripción hidráulica de un piezómetro. Fuente: Torres, J. (2014).

Los piezómetros se instalan para medir la carga hidráulica ( $H$ ) en un punto ( $P$ ) en un suelo saturado. Son tubos de hierro galvanizado de 2,5 a 5 cm de diámetro, que se entierran lo suficiente hasta penetrar el nivel freático (NF). La altura del nivel de agua dentro del piezómetro corresponde al potencial de presión ( $p/\gamma$ ), y la carga gravitacional ( $Z$ ) hace referencia a la altura del extremo inferior del piezómetro, medida a partir de un plano arbitrario de referencia. Los piezómetros se instalan en sitios donde se sospecha la presencia de flujo artésiano y para localizar la posición del nivel freático cuando ocurre flujo descendente en medios estratificados.

$$H = p/\gamma + Z$$

### 3.8. Labores culturales



Son todas las labores de mantenimiento de tipo preventivo o correctivo que se realizan en el cultivo de la palma de aceite y básicamente las componen: control de malezas en los platos, las calles y las plataformas o centros de acopio, sostenimiento de drenajes y poda sanitaria y general. También se considera la polinización asistida, una labor que se lleva a cabo de manera constante mínimo cada 48 horas en materiales híbridos interespecíficos.

### 3.8.1. Control de malezas



■ Parcela sin control de malezas. Foto: Pérez, P.



■ Parcela con control de malezas y con cobertura. Foto: Pérez, P.

El control de malezas se realiza en los platos, las calles, los drenajes y los centros de acopio o plataformas de recepción de fruto de la parcela. Se hace para evitar la competencia por nutrientes, manejo fitosanitario, cosecha, recolección y transporte de fruto, y aplicación de riego.

## Capítulo 3

### 3.8.1.1. Plateo manual



■ Corte de malezas con machetilla. Foto: Fedepalma



■ Platos de la palma en buen estado. Foto: Pérez, P.

El plateo manual se realiza con la ayuda de una machetilla. El corte de malezas se hace a ras del suelo, despejando los residuos vegetales. En palmas menores a tres años, las hojas y los platos deben estar libres de malezas y bejucos. Por lo general, el radio del plato de la palma de aceite menor a seis años es de aproximadamente dos metros. Para palmas mayores a los seis años, se recomienda dejar platos entre 2,5 y 3 metros de radio.

### 3.8.1.2. Plateo químico



■ Control químico de gramíneas en el plato de la palma. Foto: Toro, F.



■ Aplicación de herbicidas con pantalla. Foto: Fedepalma

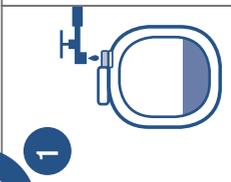
En el plateo químico se aplica un herbicida sobre la superficie del plato, con ayuda de un accesorio que se adapta a la boquilla denominado pantalla plástica, para no afectar el estípote y evitar el contacto con las hojas de la palma de aceite. No se recomienda emplear herbicidas en palmas menores a cuatro años. Los equipos, mangueras y demás accesorios de los aspersores deben estar en buen estado y con la boquilla adecuada para no incurrir en pérdidas de producto químico y malas aplicaciones. Antes de administrar los herbicidas se deben calibrar los equipos a los volúmenes recomendados por el asistente técnico y, de igual manera, contar con disponibilidad de agua pura y su pH (6 – 6,5) regulado.

3.8.1.3. Recomendaciones para minimizar el riesgo químico en el operario

## Haga el triple lavado

## Inutilice

## Devuelva



**1**



**2**



**3**

- 1** Escorra el envase. Añada agua limpia hasta  $\frac{1}{4}$  del envase.
- 2** Cierre bien el envase. Agite por **30** segundos.
- 3** Vierta el agua en la mezcla de aplicación nuevamente y **repita el procedimiento tres veces.**

Guárdelos en su finca y entréguelos al centro de acopio más cercano.



■ Fuente: Corporación Campo Limpio.

De acuerdo con la Corporación Campo Limpio, las principales recomendaciones son: todos los operarios deben practicarse el examen de colimaterasa con periodicidad según el factor de riesgo; agua limpia disponible para lavarse las manos y la cara después de realizadas las aplicaciones; el personal debe estar capacitado en el manejo seguro y eficaz de equipos y productos químicos; evitar el contacto físico con los herbicidas; realizar un manejo correcto en el transporte, almacenamiento y distribución de los plaguicidas; hacer el triple lavado de los envases y la perforación de los mismos. En caso de intoxicación, el operario debe acudir al centro de salud más cercano y hacer llegar junto con él, la ficha toxicológica del producto utilizado; llevar a cabo el proceso de recolección y devolución de envases de plaguicidas y herbicidas, y realizar la solicitud oficial de vinculación al programa Campo Limpio.

### 3.8.1.4. Plateo mecánico



■ Plateo mecánico con guadaña en palma híbrida. Foto: Toro, F.



■ Plateo mecánico en palma adulta *Elaeis guineensis*. Foto: Ospitia, R.

Se realiza con ayuda de la guadaña, cortando la maleza en el plato que no debe superar 4-6 cm de altura sobre la superficie del suelo. Se deben retirar y/o acomodar los residuos vegetales de la labor fuera del plato (sirven como cobertura natural). En palmas menores a seis años se recomienda dejar platos hasta de dos metros de radio y, en palmas mayores a seis años, de 2,5 a 3 metros de radio.

### Capítulo 3

#### 3.8.2. Control de malezas en las calles de cosecha y palera del cultivo de la palma de aceite



■ Calle de cosecha: tránsito de los trabajadores; calle de palera: conserva la vegetación nativa.



■ A. Cultivo en mantenimiento. B. Parcela con control de malezas. Fotos: Fedepalma

El control de malezas en las calles de cosecha y palera facilita el desplazamiento de los trabajadores y semovientes que circulan dentro de la parcela, mitiga la competencia por agua y nutrientes, y además, mejora las condiciones del lugar en cuanto a seguridad industrial.

### 3.8.2.1. Control manual de malezas

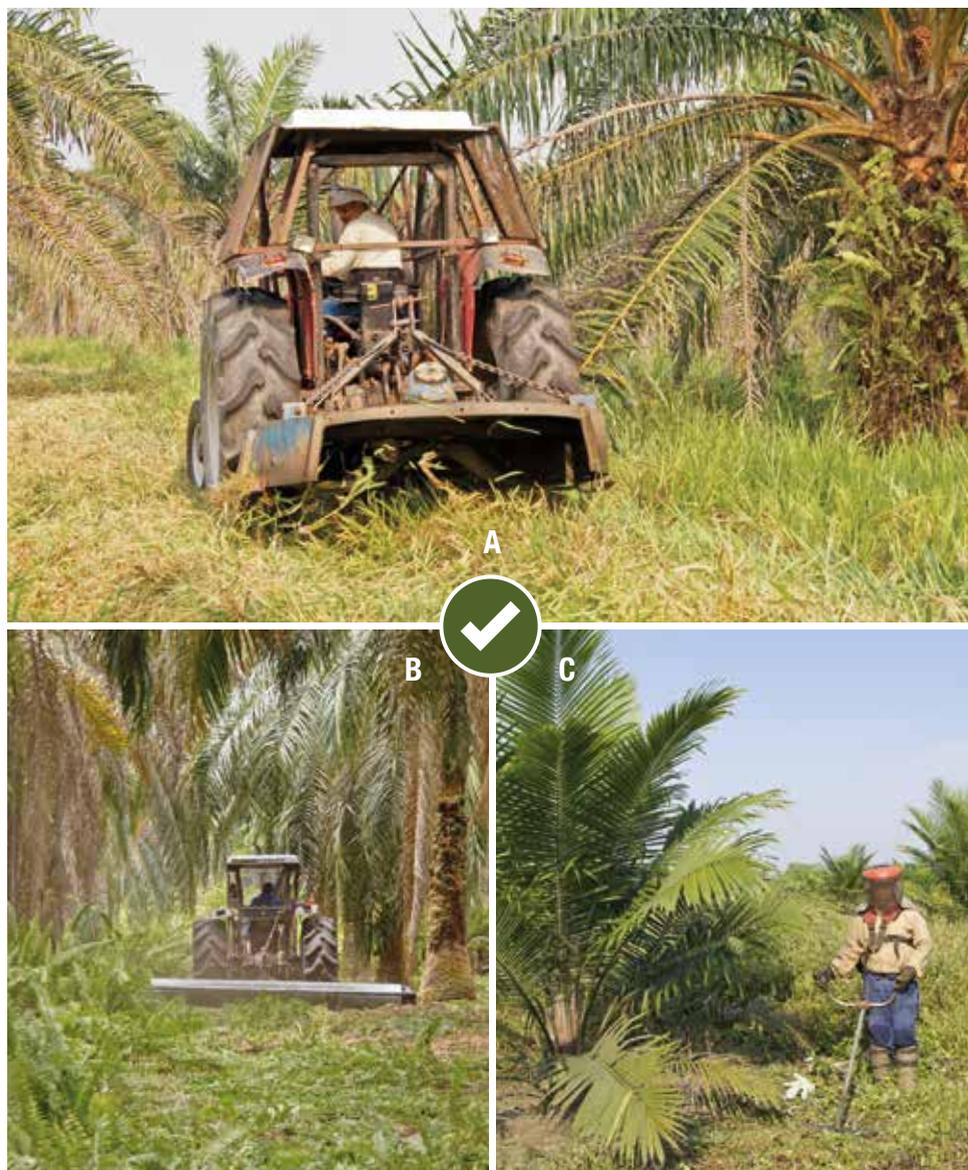


■ Corte manual de malezas con machetilla y garabato. Foto: Ospitia, R.

El control manual de malezas puede ser selectivo o masivo. El primero normalmente se realiza en la calle de palera para erradicar las malezas que están generando inconvenientes en un sector específico de la misma y proteger ciertas especies nativas. El control masivo se realiza especialmente en la calle de cosecha debido a que requiere facilidad de desplazamiento de los operarios y semovientes.

## Capítulo 3

### 3.8.2.2. Control mecánico de malezas



■ A. Tractor con cortamaleza. B. Control con rolo. C. Control con guadaña. Fotos: Toro, F.

El control mecánico de malezas se ejecuta con ayuda de la guadaña y/o el tractor con sus respectivos accesorios: rastras, rolos y cortamalezas. Esta labor debe ser regulada y no se realiza cuando el suelo está húmedo debido a que genera compactación por el peso de la maquinaria.

### 3.8.2.3. Control químico de malezas



■ Control químico con aspersor de espalda. Foto: Toro, F.

Se utiliza especialmente para controlar gramíneas (plantas de hoja angosta), mitigar la competencia por agua, nutrientes y tener un manejo preventivo de control fitosanitario. El uso de herbicidas debe obedecer a la recomendación del producto, dosis, forma adecuada de aplicación, frecuencias y bajo la supervisión de su asistente técnico.

### 3.8.3. Mantenimiento de drenajes

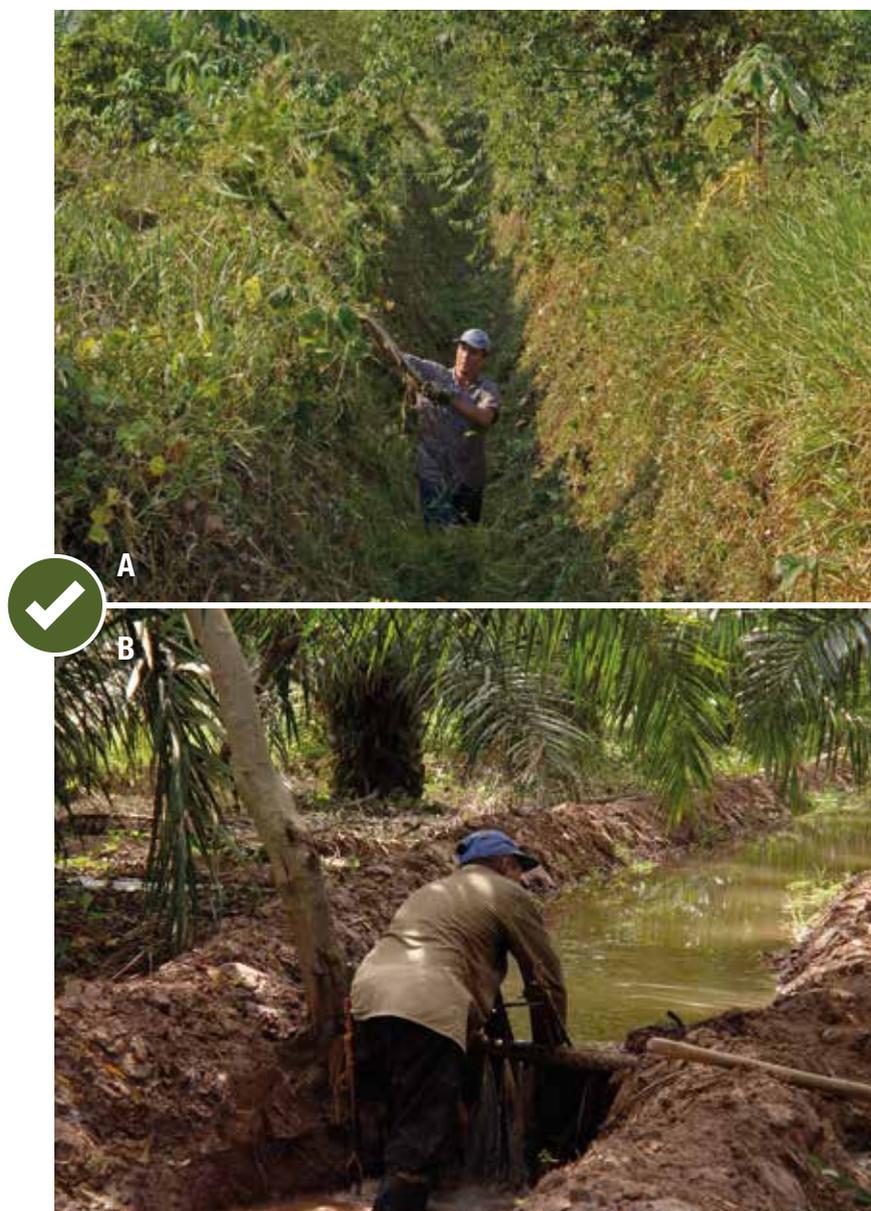


■ Drenaje en buen estado de mantenimiento. Foto: Pérez, P.

El cultivo de la palma de aceite requiere de un balance hídrico adecuado, ya que los excesos de agua en el suelo causan inconvenientes como: predisposición al ataque de microorganismos que generan enfermedades, compactación del suelo, pudrición de raíces y retardo general del crecimiento de la palma.

## Capítulo 3

### 3.8.3.1. Limpieza de drenajes



■ A. Retiro de sedimentos y malezas. B. Retiro de rocas y otros obstáculos. Fotos: Ospitia, R.

La limpieza de drenajes consiste en retirar objetos que obstaculicen la movilidad del agua, tales como: troncos, rocas, sedimentos y residuos vegetales, dejándolos a más de 50 cm del borde para evitar su regreso a este.

### 3.8.3.2. Rocería de drenajes



A



B



■ A. Rocería manual de drenajes. B. Drenaje en buen estado. Fotos: Ospitia, R. y Toro, F.

La rocería se lleva a cabo con la ayuda de la machetilla, cortando las malezas a ras del suelo del drenaje y ubicándolas a más de 50 cm del borde para permitir el flujo normal del agua.

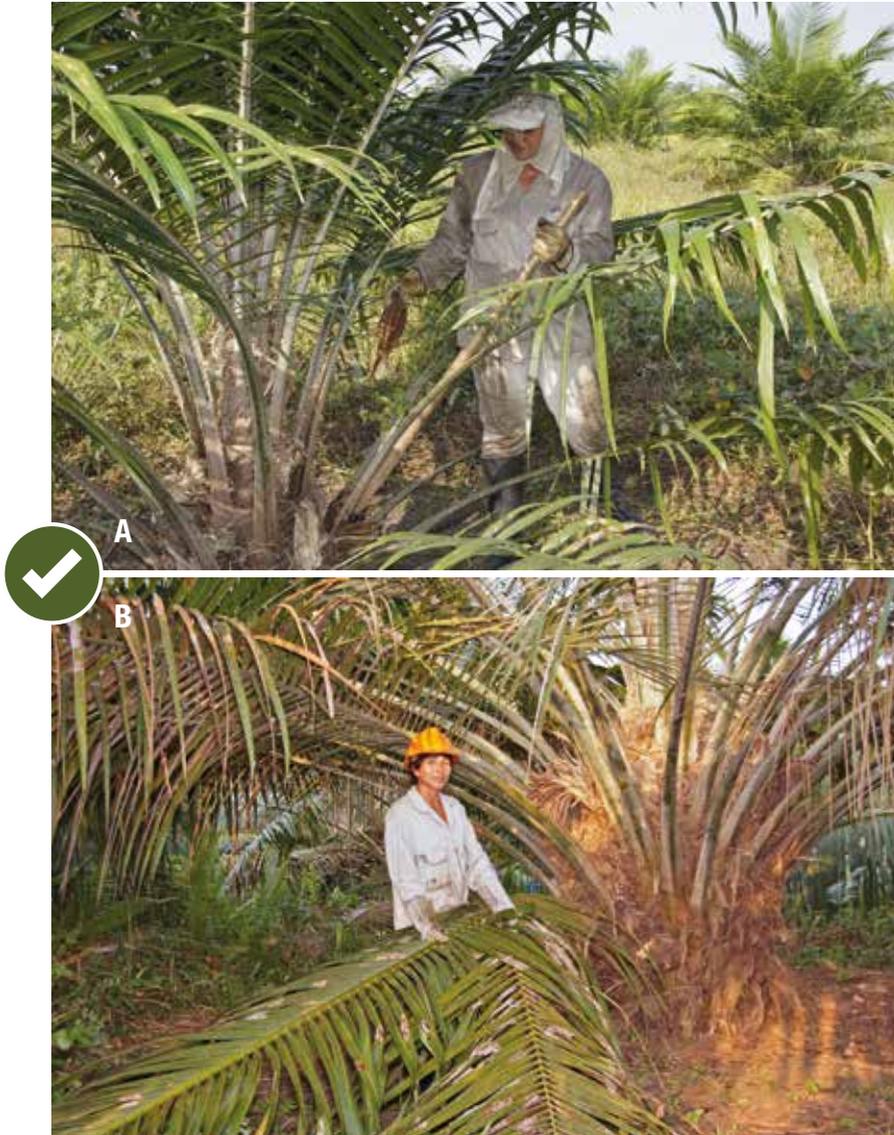
### 3.8.4. Poda



■ Corte o poda manual de hojas. Foto: Fedepalma

La labor de la poda cumple diferentes funciones durante el ciclo del cultivo. Esta puede darse tanto en hojas como en inflorescencias. En los primeros años se realiza una poda de formación, para remover las hojas senescentes, facilitando las labores culturales en el plato. Ya en la etapa productiva, se hacen podas periódicas para identificar y cosechar racimos maduros. Igualmente, se llevan a cabo podas sanitarias que se dan en caso de daños en el tejido foliar, ya sea por enfermedad, presencia de plagas o alteraciones no patológicas. Esta labor también evita que las hojas no funcionales intercepten la luz solar, además genera estímulo fisiológico de emisión de hojas nuevas.

### 3.8.4.1. Poda sanitaria



■ A. Corte de primeras inflorescencias. B. Corte de hojas no funcionales. Fotos: Toro, F.

La primera poda se denomina poda de formación o sanitaria y se realiza cuando los racimos se encuentran a una altura de 80 cm de la superficie del suelo. Esta normalmente se efectúa a los 40 meses de edad de la palma y consiste en cortar y/o podar hojas no funcionales, racimos podridos e inflorescencias secas. Se recomienda dejar de 38 a 42 hojas.

### 3.8.4.2. Poda general



■ A. Corte de hojas con palín. B. Corte de hojas con antena y cuchillo malayo. Fotos: Fedepalma

Consiste en el corte de hojas secas, inflorescencias y racimos podridos, y su periodicidad se define según criterios técnicos. Normalmente se realiza al mismo momento de la cosecha o a los 6 o 12 meses. La poda de las hojas se hace con el cuchillo malayo a ras del tallo o estípote. Se recomienda dejar entre 36 y 40 hojas, una por debajo del racimo próximo a cosechar y dos por debajo del racimo inmaduro.

### 3.8.4.3. Corte y ubicación de las hojas podadas



■ A. Corte de la hoja podada. B. Retirado de las hojas podadas. C. La parte no espinosa alrededor del plato. Fotos: Pérez, P.

La hoja podada se corta en dos o tres fracciones. La parte del raquis de la hoja se debe ubicar alrededor del plato. Es necesario tener cuidado de no dejar hojas podadas en los drenajes o vías de la plantación.

### 3.8.5. Polinización asistida



■ Aplicación de polen a inflorescencia femenina en antesis. Foto: E. Daza.

Los racimos son el resultado de la fecundación de inflorescencias femeninas que, tan pronto son polinizadas, inician la formación de los frutos normales mediante la ocurrencia de una serie de procesos bioquímicos que culminan con la biosíntesis y el almacenamiento de triglicéridos (aceite). La polinización asistida es necesaria en materiales híbridos (OxG) o donde existe una baja eficacia en la polinización natural. Esta práctica consiste en aplicar polen de manera manual a inflorescencias femeninas en el momento oportuno o en antesis, que puede durar hasta 24 horas en una palma adulta y varios días en híbridos con inflorescencias asincrónicas.

### 3.8.5.1. Estados fenológicos de antesis y fin de la floración en *Elaeis guineensis*

**Inflorescencia  
femenina en antesis**



Momento adecuado para la recepción del polen, los lóbulos del estigma son de color crema. Dura 24 horas.

**Inflorescencia  
masculina en antesis**



Las raquillas toman una posición erecta y se libera el polen. Tiene una duración de dos a tres días.

**Inflorescencia  
femenina al finalizar la floración**



Una vez sucedida la polinización, los lóbulos empiezan a tomar color púrpura y marrón oscuro en 24 horas.

**Inflorescencia  
masculina al finalizar la floración**



Al liberar el polen, las anteras se tornan color marrón y las raquillas comienzan a debilitarse.

■ Fuente: Sánchez, A., Daza, E., Ruiz, R. y Romero, H. (2011).

### Capítulo 3

#### 3.8.5.2. Estados fenológicos de antesis y fin de la floración en híbrido interespecífico OxG

##### Inflorescencia femenina en antesis



La bráctea peduncular se desintegra tomando una forma fibrosa; los botones florales se abren y los lóbulos del estigma se tornan color crema. Tiene una duración de 24 horas.

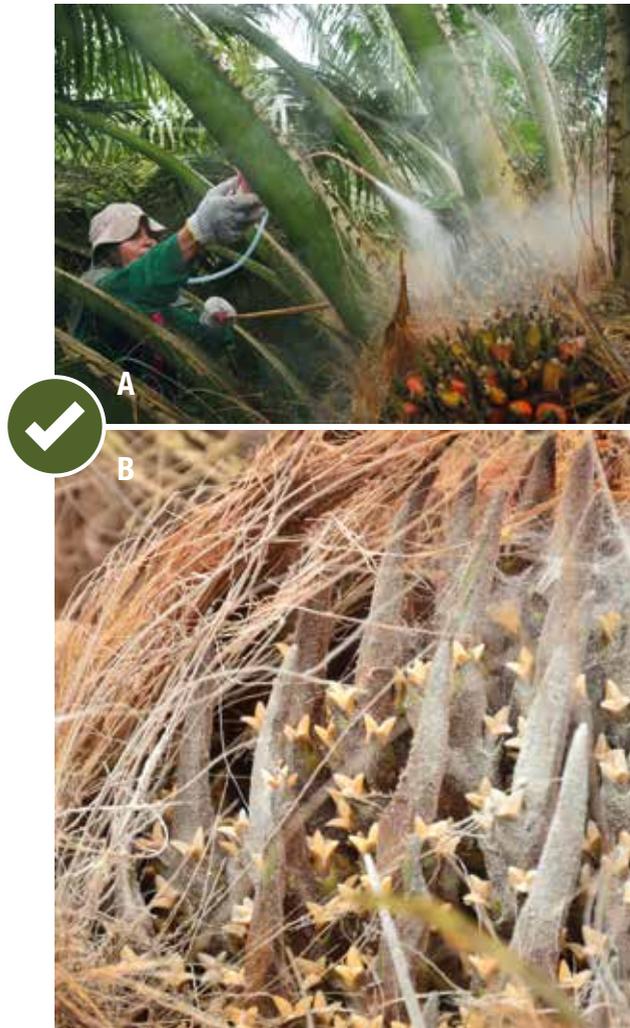
##### Inflorescencia femenina al final de la floración



Una vez polinizadas las flores, los lóbulos pasan de color crema a amarillo, marrón y negro, en un periodo de 24 horas.

■ Fuente: Sánchez, A., Daza, E., Ruiz, R. y Romero, H. (2011).

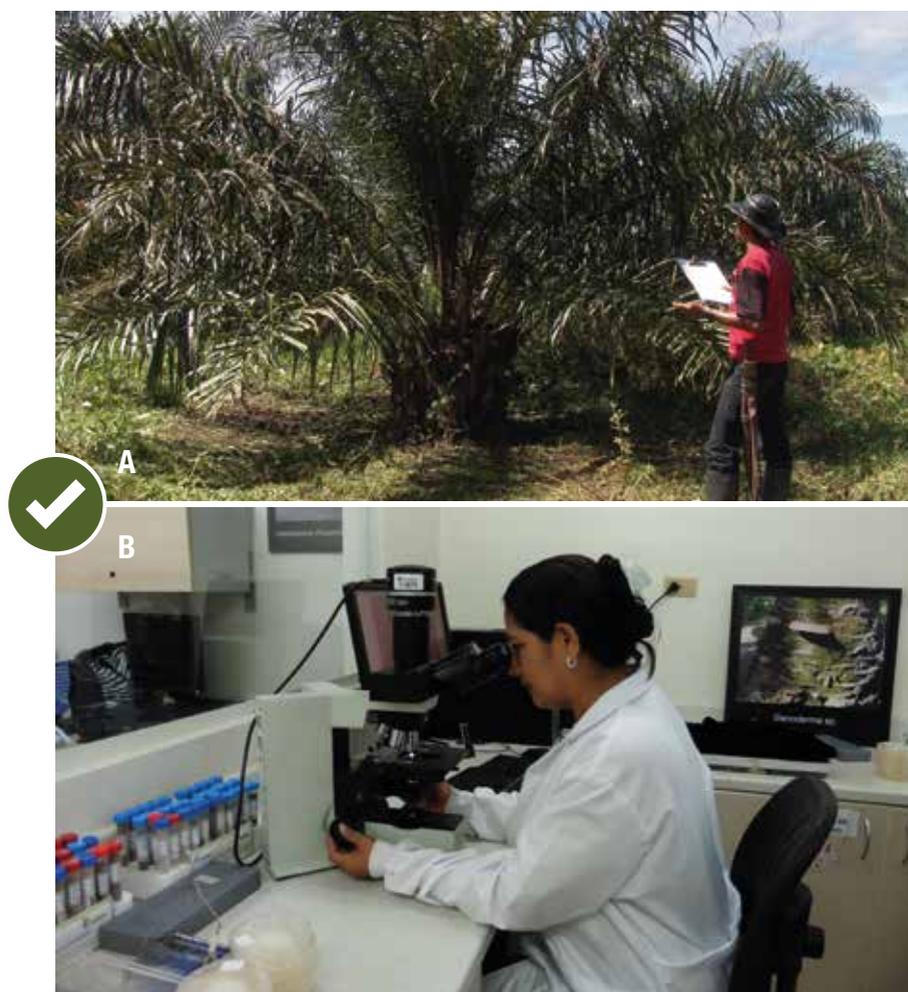
### 3.8.5.3. Recomendaciones para un proceso exitoso de polinización asistida



■ A. Aplicación de polen con talco artificial. B. Polinización exitosa. Fotos: Fedepalma

Para ejecutar un proceso exitoso de polinización se deben tener en cuenta los siguientes aspectos: proveerse de suficiente cantidad de polen, evaluar su viabilidad, almacenarlo de manera adecuada, mezclarlo con talco inerte el mismo día de la aplicación en las proporciones adecuadas, utilizar los equipos y accesorios apropiados a la altura y edad de la palma, no realizar el procedimiento en momentos lluviosos y verificar visualmente las palmas de manera periódica no superior a 48 horas con el fin de constatar el estado de antesis para la aplicación oportuna del polen.

### 3.9. Manejo fitosanitario



■ A. Muestreo de plagas en campo. B. Análisis en laboratorio. Fotos: Ospitia, R.

El manejo fitosanitario de la palma de aceite es un factor decisivo para la productividad y sostenibilidad del cultivo. Es importante tener una aptitud preventiva para detectar las enfermedades a tiempo y realizar el control oportuno. De igual manera, es fundamental la identificación de los insectos-plaga y el conocimiento de su biología para establecer estrategias de control acordes con sus hábitos. El manejo fitosanitario debe ser coherente con el principio quinto de la Mesa Redonda de Aceite de Palma Sostenible (RSPO por sus siglas en inglés) que está relacionado con la responsabilidad con el medioambiente y la conservación de los recursos naturales y la biodiversidad.

### 3.9.1. Manejo fitopatológico



■ Palma en buen estado fitosanitario. Foto: Pérez, P.



■ Palma afectada por *Pestalotiopsis*. Foto: Pérez, P.

El manejo fitopatológico comienza con la diferenciación entre una palma sana y una enferma, el diagnóstico de campo de las enfermedades que pueden estar afectando al cultivo, el registro y toma de datos, el análisis de la información, y la toma de decisiones oportunas para la aplicación de estrategias de manejo y control de enfermedades. Es fundamental que las plantaciones cuenten con personal calificado y competente para realizar censos de afecciones, y que ejecuten los controles y manejos necesarios (Pineda, B., Martínez, G. 2010).

## Capítulo 3

### 3.9.1.1. Concepto y tipos de enfermedad



■ Palma de aceite afectada por enfermedad patogénica. Foto: Pérez, P.



■ Palma de aceite afectada por enfermedad fisiogénica. Foto: Pérez, P.

La acción prolongada de situaciones físicas, químicas o somáticas que le causan estrés a la palma, la desestabilizan y la desequilibran causándole un mal funcionamiento o enfermedad. Los agentes que la afectan son de origen abióticos (factores ambientales) que causan las enfermedades fisiogénicas (no infecciosas, no contagiosas), y los agentes bióticos (microorganismos o agentes patogénicos) que producen afecciones patogénicas (contagiosas o infecciosas) (Pineda, B., Martínez, G. 2010).

### 3.9.1.2. Enfermedades más comunes del cultivo de la palma de aceite en Colombia

Enfermedades radiculares y del estípite	Anillo rojo - Hoja corta ( <i>Bursaphelenchus cocophilus</i> )
	Pudrición basal del estípite ( <i>Ganoderma</i> sp.)
	Pudrición alta del estípite ( <i>Phellinus noxius</i> )
	Pudrición carbonosa o corchosa ( <i>Ustulina deusta</i> )
	Pudrición de raíz y tallo ( <i>Armillariella mellea</i> )
	Pudriciones no identificadas (causa desconocida)
Enfermedades foliares	Añublo foliar ( <i>Pestalotiopsis palmarum</i> )
	Virosis (Mancha anular)
	Virosis (Anillo clorótico)
	Pudrición de inflorescencias
Enfermedades de inflorescencias y frutos	Pudriciones de racimo
	Marchitez sorpresiva ( <i>Phytomonas</i> sp.)
Enfermedades letales	Marchitez letal (causa desconocida)
	Pudrición del cogollo ( <i>Phytophthora palmivora</i> )

■ Fuente: Pineda, B., Martínez, G. 2010.

#### 3.9.1.2.1. La Pudrición del cogollo (PC)



■ Cirugía en palma de aceite afectada por la Pudrición del cogollo (PC). Foto: Toro, F.

Es una de las enfermedades más limitantes en el cultivo de la palma de aceite en Colombia. Es contagiosa (origen biótico) y afecta al cogollo, ocasionando daños en los tejidos jóvenes. En estado avanzado causa la pérdida total del cogollo. Es causada por un microorganismo (Oomycete) llamado *Phytophthora palmivora*.

### Capítulo 3

#### 3.9.1.2.1.1. Sintomatología de la Pudrición del cogollo (PC): mordisco y foliolos bajos necrosados



Palma afectada por *Phytophthora palmivora*: foliolos incompletos y necrosados, síntoma denominado mordisco.



Palma afectada por *Phytophthora palmivora* con foliolos bajos y medios necrosados.

#### 3.9.1.2.1.2. Sintomatología de la Pudrición del cogollo (PC) en palma adulta: tejidos internervales afectados y colapso de flecha



Palma adulta afectada por *Phytophthora palmivora* con tejidos internervales dañados.



Palma adulta afectada por *Phytophthora palmivora*, con colapso de la hoja flecha.

3.9.1.2.1.3. *Sintomatología de la Pudrición del cogollo (PC) en palmas de vivero (grados de severidad)*

Grado 1

Se observan lesiones desde 0,1 al 20 % del área de la flecha.



Grado 2

Las lesiones crecen afectando desde el 20,1 al 40 % del área de la flecha.



Grado 3

Las lesiones afectan desde el 40,1 al 60 % del área de la flecha.



## Capítulo 3

### Grado 4

Las lesiones comprometen desde el 60,1 al 80 % del área de la flecha.



### Grado 5

Las lesiones ocupan desde el 80,1 al 100 % del área de la flecha.



### Cráter

El proceso de emisión de hojas se interrumpe y las palmas carecen de tejidos jóvenes.



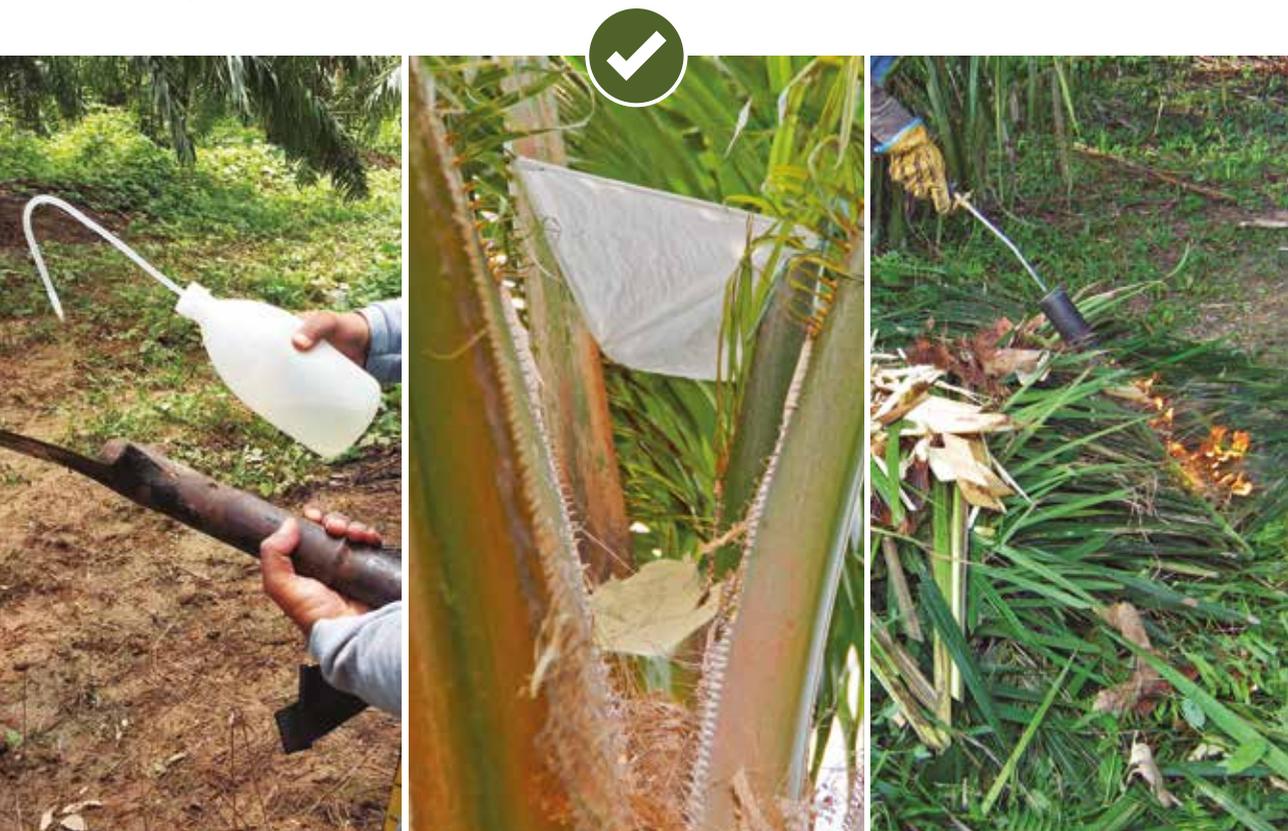
#### 3.9.1.2.1.4. Control y manejo de la Pudrición del cogollo: ejecución de cirugías en palmas afectadas por la PC



■ Corte del cogollo afectado usando palín. Fotos: Toro, F.

A las palmas afectadas por la PC se les debe realizar la cirugía y aplicación de fungicidas e insecticidas protectores para evitar su diseminación y controlar la llegada al cogollo de la palma de insectos como *Rhynchophorus palmarum*, que agravan los daños causados por la enfermedad.

Es necesario retirar la menor cantidad posible de las hojas para acceder al cogollo y, posteriormente, cortar en bisel para permitir la evacuación del agua y retirar el material vegetal afectado hasta encontrar tejido sano, cuidando no afectar el meristemo o la zona de crecimiento de la palma de aceite.



■ Fotos: Toro, F.

Para un buen manejo de la PC es necesario identificar oportunamente las palmas enfermas, programar en el menor tiempo posible la remoción de tejidos afectados o cirugías, que solo deben ser realizadas en estados iniciales. Para esto, el primer paso es desinfectar las herramientas y los equipos, realizar un corte en bisel que permita la remoción del tejido enfermo y verificar que se llegó al tejido sano usando hipoclorito al 3 % (si no hay reacción rojiza en el tejido del corte, es señal de que se tiene un tejido sano). Posteriormente, se flamea por tres segundos y se aplica la pasta de protección compuesta por insecticida, fungicida y bactericida-fungicida.

Se debe proteger la cirugía del sol y del agua lluvia con un plástico de color blanco lechoso. Finalmente, se tienen que picar los residuos, flamear y asperjar con una mezcla de insecticida, fungicida y bactericida. Además, se recomienda la revisión continua de las palmas con cirugías, iniciando al tercer día y hasta dar de alta la palma por la emisión de al menos seis hojas nuevas sanas, o para repetir el proceso al menos una vez más o tomar la decisión de erradicación para evitar su diseminación. En grados avanzados (>grado 3) o en lotes con incidencia, es imprescindible la eliminación de palmas afectadas por la PC.

### 3.9.1.2.2. La Marchitez letal (ML)



■ Foto: Castro, W. (2010).

La Marchitez letal (ML) afecta palmas productivas, siendo estas jóvenes o adultas. Los síntomas se observan en los frutos, las hojas e inflorescencias. Su vector es el insecto *Haplaxius crudus*, que se hospeda principalmente en especies gramíneas (Arango *et al.*, 2011).

### Capítulo 3

#### 3.9.1.2.2.1. Síntomas en palmas de aceite afectadas por la Marchitez letal (ML)



Inflorescencia inmadura afectada



Desprendimiento de frutos en racimos inmaduros



Secamiento inicial de foliolos

■ Fotos: Arango, M. 2010.

El primer síntoma que expresa la ML es el secamiento o necrosis de las espigas de las brácteas de racimos inmaduros. En los foliolos se presenta un secamiento progresivo desde la punta del ápice de la hoja hacia la base. Este continúa por los bordes y por la nervadura central, acompañado de una franja amarilla, y además se produce un entorchamiento de los bordes de los foliolos. Normalmente el secamiento empieza en el primer tercio inferior del área foliar y asciende. Otro síntoma típico es el desprendimiento de frutos en racimos inmaduros (Arango *et al.*, 2011).

### 3.9.1.2.2.2. Manejo y control de la Marchitez letal (ML)



■ A. *Haplaxius crudus*. B. Palma invadida por gramíneas. Fotos: Aldana, R., y Pérez, P.

Cenipalma recomienda realizar las siguientes actividades:

- Hacer censos mensuales de observación y una vez detectada la enfermedad, su frecuencia debe ser semanal.
- Aplicar un insecticida para controlar el vector *Haplaxius crudus* de acuerdo con la recomendación del asistente técnico.
- Erradicar de inmediato la palma afectada por la ML y realizar control regular de plantas gramíneas.

### Capítulo 3



■ Lectura de temperatura foliar con termómetro infrarrojo. Foto: Pérez, P.



■ Lectura de temperatura foliar con termómetro digital. Fotos: Pérez, P.

Las palmas enfermas por la ML presentan incrementos en su temperatura foliar antes de la expresión de los síntomas de la enfermedad. Herramientas como los termómetros infrarrojos han mostrado tener capacidad de identificar las palmas infectadas cerca de 30 días antes que los sensores puedan detectarlas en campo (Arango *et al.*, 2011).

### 3.9.1.2.3. La Marchitez sorpresiva (MS)



■ Foto: Pineda, B.

Es una enfermedad que afecta a palmas jóvenes y adultas, y se expresa en los foliolos, racimos, inflorescencias y raíces. Su organismo causante es el protozoo flagelado *Phytophthora staheli* y de acuerdo con la literatura, su transmisión entre palmas enfermas y sanas se realiza por los adultos del insecto *Lincus* sp. (Arango *et al.*, 2011).

### Capítulo 3

#### 3.9.1.2.3.1. Sintomatología en palmas de aceite afectadas por la Marchitez sorpresiva (MS)



■ Necrosamiento de folíolos. Foto: Pineda, B.



■ Pérdida de brillo y secamiento de los frutos. Foto: Pérez, P.

Los primeros síntomas se observan en las puntas o ápices de los folíolos de las hojas bajas. El secamiento tiene una orientación del ápice hacia la base del folíolo y se generaliza en el primer tercio inferior del área foliar. Los racimos inmaduros pierden su brillo natural y posteriormente se secan (Arango *et al.*, 2011).



■ Descomposición de raíces. Foto: Pineda, B.



■ Secamiento temprano de inflorescencias masculinas. Foto: Pérez, P.

Cuando las palmas son afectadas por la Marchitez sorpresiva, las raíces se descomponen tomando un aspecto acuoso y los tejidos internos se mantienen duros (lignificados) con una coloración rojiza. Las inflorescencias masculinas aumentan en número y presentan secamiento temprano permaneciendo adheridas a la corona (Arango *et al.*, 2011).

### Capítulo 3

#### 3.9.1.2.3.2. Manejo y control de la Marchitez sorpresiva (MS)



■ Control de plantas gramíneas. Foto: Toro, F.



■ Erradicación de palma. Foto: Pérez, P.

Para el manejo de la Marchitez sorpresiva se proponen las siguientes actividades: aplicar insecticida a los platos de las palmas vecinas más próximas (hexágono); erradicar la palma afectada, picarla o fragmentarla y desinfectar todos sus órganos y/o componentes; controlar las plantas gramíneas en todo el lote y sembrar coberturas de leguminosas (Arango *et al.*, 2011).

#### 3.9.1.2.4. La Pudrición basal del estípote (PBE)



■ Presencia excesiva de flechas sin abrir. Foto: Pineda, B.



■ Estípote afectado en su parte basal. Foto: Zúñiga, F.

La Pudrición basal del estípote es causada por el hongo *Ganoderma* sp., que afecta hojas, estípote y raíces. Sus síntomas son semejantes a los asociados con la deficiencia de agua o estrés hídrico causado por épocas secas prolongadas (Pineda, B., Martínez, G. 2010).

### Capítulo 3

#### 3.9.1.2.4.1. Sintomatología en palma de aceite afectada por la Pudrición basal del estípote (PBE)



■ A. Secamiento de hojas bajas. B. Basidiocarp. C. Daños internos. Fotos: Pineda, B., y Zúñiga, F.

El primer síntoma foliar es la presencia excesiva de flechas sin abrir, el color del follaje es pálido, las hojas empiezan a necrosarse iniciando por las más viejas, siguiendo una orientación ascendente. También, se observan hojas dobladas o fracturadas en el raquis, aparecen lesiones en la base del tallo, pudriciones secas de tejidos internos y, finalmente, el estípote se fractura en su base. El hongo *Ganoderma* sp. aparece en la base del tallo y es semejante a botones de color blanco y, posteriormente, como esporóforos parecidos a “orejas” de colores brillantes y de borde blanquecino (Pineda, B., Martínez, G. 2010).

### 3.9.1.2.4.2. Manejo y control de la Pudrición basal del estípote (PBE)



■ Palma afectada por la Pudrición basal del estípote. Foto: Pérez, P.



■ Erradicación oportuna de palmas. Foto: Pérez, P.

Una vez se detectan palmas afectadas por la Pudrición basal del estípote, deben eliminarse y levantar todo el sistema de raíces para exponerlo al sol. Los tejidos afectados tienen que ser cortados lo más fino posible y desinfectados, al igual que las herramientas usadas. Este proceso también debe realizarse en las botas del personal que ejecute la labor. En lo posible, los sitios que presenten el problema no deben ser resembrados (Arango *et al.*, 2011).

## Capítulo 3

### 3.9.1.2.5. El Anillo rojo (AR)



■ Palma con síntomas iniciales de Anillo rojo. Foto: Aldana, R.



■ Palma con síntomas avanzados de Anillo rojo. Foto: Aldana, J.

El Anillo rojo (AR) es una enfermedad letal de la palma de aceite causada por el nematodo *Bursaphelenchus cocophilus* y, diseminada por los adultos del picudo negro *Rhynchophorus palmarum* L., su vector. El manejo implica la aplicación rigurosa de varias estrategias: censo cada 15 días, detección de palmas con síntomas iniciales de AR, eliminación oportuna y eficaz de las palmas enfermas, tratamiento adecuado de palmas con Pudrición del cogollo, trampeo masivo de *R. palmarum* y determinar la proporción de adultos capaces de diseminar los nematodos a la palma.

3.9.1.2.5.1. *Sintomatología en palma de aceite afectada por el Anillo rojo*



■ Clorosis de hojas jóvenes en una palma enferma con Anillo rojo. Foto: Ospitia, R.



■ Acortamiento de la hoja 1 en una palma con Anillo rojo. Fotos: Aldana, R.

En los primeros estados de la enfermedad la palma presenta una ligera clorosis en las hojas jóvenes. El acortamiento de la hoja 1 se da aproximadamente a los dos y cuatro meses; las hojas jóvenes se observan agrupadas y más erguidas de lo normal, casi paralelas a las flechas (hojas apiñadas).



■ Síntomas de Anillo rojo, A. Acortamiento de hojas de los niveles 1 y 9. B. Pérdida de brillo de los frutos. Fotos: Ospitia, R.

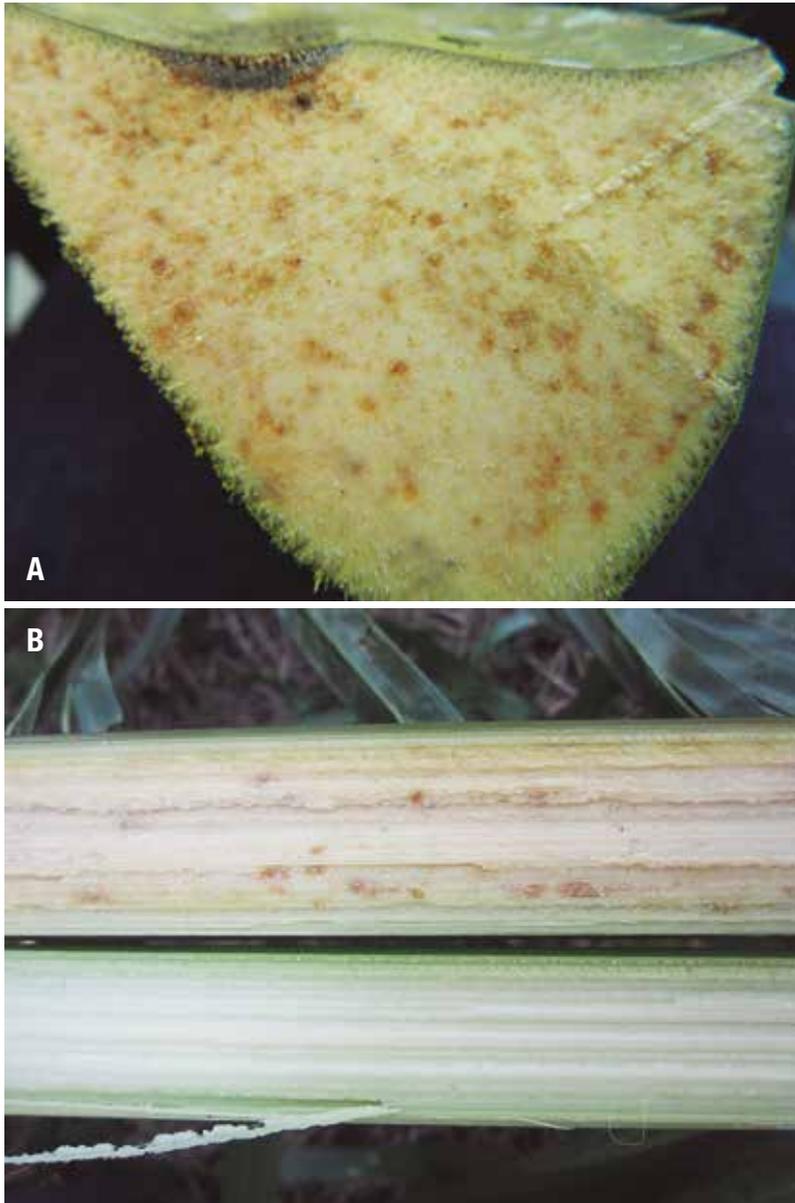
A medida que la enfermedad avanza se hace más evidente el acortamiento de las hojas en los niveles 1, 9 y 17. La producción de racimos es la habitual pero se observa una paulatina pérdida de brillo de los frutos.

### Capítulo 3



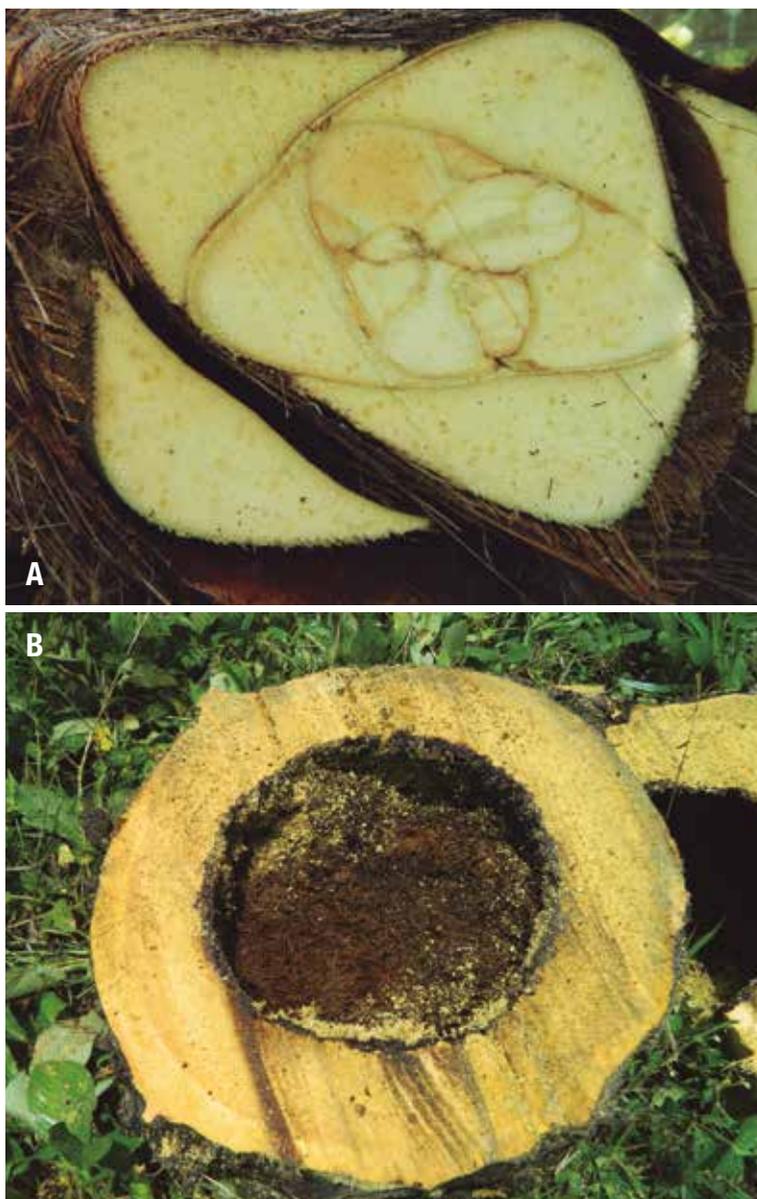
■ Palmas con síntomas avanzados de Anillo rojo. A. Detalle del acortamiento de la zona del cogollo. B. Acortamiento generalizado de las hojas. Fotos: Aldana, R.

En palmas con síntomas severos de AR, los folíolos muestran deformaciones y diferentes grados de necrosis y suberización del raquis, formando “muñones”. Las hojas en todos los niveles son cortas, dando la apariencia de una copa plana y, además, se presenta pudrición de racimos.



■ Signos de Anillo rojo en tejido. A. Puntos de color anaranjado bien definidos. B. Puntos de color anaranjado en el raquis de la hoja. Fotos: Aldana, R.

Los síntomas internos e iniciales más visibles son unos pequeños puntos de color anaranjado (salmón) y de apariencia aceitosa, que se pueden observar al hacer un corte en las hojas de la zona del cogollo, la flecha o las bases peciolares en los diferentes niveles foliares.



■ Síntomas internos del Anillo rojo. A. Manchas de color anaranjado en la zona meristemática. B. Anillo marrón en el estípite. Fotos: Aldana, R.

En la zona meristemática, los síntomas iniciales se caracterizan por la aparición de puntos color crema y de apariencia aceitosa. En el estípite se forma un anillo marrón que se hace más notorio cuando la enfermedad está en estado avanzado, descomponiéndose y formando un hueco.

### 3.9.1.2.5.2. Censos de palmas para detectar el Anillo rojo (AR)



■ Detección y registro de palmas enfermas por Anillo rojo. Fotos: Pérez, P., y Ospitia, R.

Los censos consisten en revisar cada 15 días todas las palmas de la plantación, con el fin de detectar oportunamente aquellas con síntomas iniciales de la enfermedad y así reducir la posibilidad de su diseminación. El registro histórico de las palmas detectadas con AR a través del tiempo facilita el conocimiento sobre su evolución, así como identificar problemas en sectores de la plantación y verificar la eficacia de las prácticas de manejo implementadas.

## Capítulo 3

### 3.9.1.2.5.3. Eliminación de palmas afectadas por el Anillo rojo



■ Eliminación química de una palma con Anillo rojo. Foto: Aldana, R.



■ Palma con síntomas avanzados de Anillo rojo. Foto: Pérez, P.

La eliminación oportuna de palmas con síntomas iniciales de AR es clave para reducir la diseminación de la enfermedad. Una vez detectadas se deben erradicar mediante la inyección en el estípite de herbicida específico para este propósito. No se recomienda la eliminación mecánica de las palmas con AR debido a que los adultos del picudo *Rhynchophorus palmarum* continúan visitando los residuos de los estípites de las palmas suprimidas y pueden seguir diseminando la enfermedad.

3.9.1.2.5.4. Análisis de *Rhynchophorus palmarum* adulto (picudo negro), para determinar si es portador del nematodo causante del Anillo rojo



■ Análisis de adultos de *Rhynchophorus palmarum* en laboratorio. Fotos: Aldana, J., y Ospitia, R.

El conocimiento de la proporción de picudos diseminadores de AR, basados en la ubicación de la trampa, permite identificar los sitios más susceptibles a la infección. Así, las labores de trampeo se intensifican en dichos lugares de la plantación. Se debe realizar una inspección minuciosa de los adultos del picudo en el laboratorio para verificar la presencia de los nematodos causantes del Anillo rojo.

## Capítulo 3

### 3.9.1.2.5.5. El picudo negro de la palma y la Pudrición del cogollo (PC)



■ Cirugía de palma afectada por la Pudrición del cogollo. Fotos: Aldana, R.

A las palmas afectadas por la PC se les debe realizar la cirugía y aplicación de fungicidas e insecticidas protectores para evitar su diseminación y controlar la llegada de insectos como *R. palmarum* al cogollo de la palma, que agravan los daños causados por la enfermedad.

### 3.9.1.2.5.6. Reducción de poblaciones del picudo negro en plantaciones infectadas por el AR y/o la PC



- Trampas construidas con recipientes de plástico (galón) a los que se les introduce una feromona, caña y melaza fermentadas para atraer y capturar adultos del picudo negro. Fotos: Aldana, R., Moya, O., y Estrada, N.

Las poblaciones del picudo negro *Rhynchophorus palmarum*, se pueden reducir a niveles que no causen daño económico al cultivo de palma de aceite a través del trapeo masivo con feromonas. Esto se logra colocando trampas diseñadas para este propósito en los linderos de los lotes afectados por AR o PC, a las que se les introduce la feromona Rhynchophorol C y trozos de caña y melaza fermentadas para lograr la captura de picudos adultos.

### Capítulo 3

#### 3.9.1.2.6. Manchas foliares por *Cercospora* sp.



- Aspecto de palmas de vivero y adultas de *E. oleifera*, afectadas por quemazones severos causados por el hongo *Cercospora* sp.

Las manchas foliares causadas por *Cercospora* sp. se han registrado en palmas de vivero y adultas de *Elaeis oleifera*, en adultas de *Elaeis guineensis* y en el híbrido OxG. Los primeros síntomas se observan en las hojas bajas por lo que si se realiza una detección temprana, se pueden establecer prácticas culturales oportunas que ayuden a que el problema no afecte las hojas de los tercios medio y superior de la palma.

### 3.9.1.2.7. Síntomas y manejo de las manchas foliares por *Cercospora* sp.



Tanto en plantas adultas como en vivero, los síntomas iniciales de la enfermedad son pequeños puntos hialinos que luego se tornan de color marrón a marrón oscuro y presentan un crecimiento con forma irregular y borde clorótico. Mediante observaciones al trasluz, puede apreciarse que las manchas son ligeramente deprimidas. En presencia de muchas manchas la hoja se torna clorótica y, a medida que las lesiones avanzan, coalescen originando áreas necróticas hasta afectar completamente la lámina foliar. Sobre estos tejidos es fácil observar pequeños puntos necróticos que corresponden a los conidióforos y conidias del patógeno. Con regularidad se observa que los síntomas inician en las hojas bajas y, con el avance de la enfermedad, puede afectarse el tercio medio y superior de la planta. En material híbrido se recomienda que al detectar los síntomas en las hojas bajas, se realicen podas sanitarias tratando de retirar el tejido foliar más afectado con el fin de evitar que se presenten microciclos de la enfermedad que puedan afectar con mayor severidad las hojas del tercio medio y superior de la palma. Las hojas producto de la poda deben colocarse con el envés hacia el suelo para disminuir la dispersión de estructuras del patógeno presentes como signos en las lesiones.

### Capítulo 3

#### 3.9.1.3. Mejores prácticas agrícolas que previenen la presencia de enfermedades en el cultivo de la palma de aceite



■ Preparación adecuada de suelos. Foto: Ospitia, R.



■ Construcción de drenajes. Foto: Pérez, P.



■ Implementación de viveros en sitios aislados de áreas afectadas por enfermedades.



■ Establecimiento de leguminosas de cobertura. Foto: Pérez, P.



■ Nutrición balanceada. Foto: Fedepalma.



■ Control de malezas (gramíneas). Foto: Toro, F.

### Capítulo 3



■ Establecimiento de plantas nectaríferas. Foto: Pérez, P.



■ Realización de censos de enfermedades oportunamente. Foto: Ospitia, R.



■ Eliminación de palmas enfermas y desinfección de residuos vegetales. Foto: Pérez, P.

### 3.9.2. Manejo entomológico del cultivo de la palma de aceite



■ Adulto de *Rhynchophorus palmarum* en base peciolar de palma de aceite. Foto: Fedepalma.



■ Adulto de *Haplaxius crudus* en foliolo de palma de aceite. Foto: Ospitia, R.

El manejo integrado de insectos-plaga en el cultivo de la palma de aceite está evolucionando constantemente, pero siempre teniendo como base las mejores prácticas ambientales y los principios y criterios de la Mesa Redonda de Aceite de Palma Sostenible (RSPO, por sus siglas en inglés), que propenden por el uso de técnicas de manejo integral, responsabilidad con el medioambiente, conservación de los recursos naturales renovables y la biodiversidad. Por lo anterior, la investigación en el manejo de plagas en Cenipalma se enfoca en lograr el desarrollo de controladores biológicos que reemplacen los insecticidas químicos, promover la biodiversidad que soporte e incremente la fauna benéfica que ataca las plagas y la integración de estas medidas con el manejo del cultivo de la palma de aceite.

### Capítulo 3

#### 3.9.2.1. Principales insectos-plaga en el cultivo de la palma de aceite en Colombia

##### 3.9.2.1.1. El picudo negro de las palmas *Rhynchophorus palmarum* L.



■ Adulto y larvas de *Rhynchophorus palmarum* en palma de aceite. Fotos: Aldana, R.

Se considera uno de los principales insectos-plaga del cultivo de la palma de aceite. Es el vector de *Bursaphelenchus cocophilus*, agente causal de la enfermedad Anillo rojo en palma de aceite. Los adultos son atraídos por las heridas o palmas con PC donde pueden infectarlas con el nematodo. Las larvas se alimentan de bases peciolares, del tejido blando del cogollo y del meristemo, y pueden causar la muerte de la palma.

### 3.9.2.1.2. El saltahojas de la palma *Haplaxius crudus* (Van Duzee) vector de la ML



■ Saltahojas de la palma, *Haplaxius crudus*. A. Detalles de la apariencia y tamaño de *Haplaxius crudus* sobre un foliolo de palma. B. Adultos del saltahojas alimentándose del follaje de la palma. Fotos: Montes, L., y Bustillo, A.

El saltahojas de la palma de aceite, *Haplaxius crudus*, es el insecto que porta el agente causal de la Marchitez letal (ML) que se considera es un patógeno. El saltahojas es de hábito chupador, adquiere el patógeno cuando se alimenta de palmas enfermas y lo transmite posteriormente a palmas sanas. El adulto oviposita en el suelo del cuello de los tallos de las gramíneas. Las ninfas se alimentan de raíces en donde alcanzan el estado adulto y emergen para ir a buscar palmas para su alimentación.

### Capítulo 3

3.9.2.1.3. El saltahojas de la palma, *Haplaxius crudus*, se reproduce en las gramíneas de lotes de plantaciones de palma de aceite



■ *Paspalum virgatum* planta hospedera de *Haplaxius crudus*. Foto: Arango, M.



■ Serosidades blancas que indican presencia de *Haplaxius crudus*. Foto: Arango, M.

En la imagen superior se aprecia una macolla de la gramínea *Paspalum virgatum* conocida como maciega, principal planta hospedera de las ninfas de *H. crudus*. Abajo se observan serosidades blancas típicas de presencia de nidos de ninfas del insecto en la base de los tallos de la gramínea.

#### 3.9.2.1.4. Coberturas de hoja ancha para reducir las poblaciones de *Haplaxius crudus*



■ Plantación de palma de aceite con presencia de gramíneas. Fotos: Aldana, R.



■ Cultivo de palma de aceite con cobertura de leguminosas. Foto: Ospitia, R.

En el diseño de las plantaciones se debe tener presente la siembra de coberturas con leguminosas de hoja ancha y evitar al máximo la proliferación de gramíneas. En lotes ya establecidos que presenten gramíneas se debe reducir su presencia con la aplicación de herbicidas o en su defecto, con prácticas mecánicas para su control usando rolos o raspas.

### Capítulo 3

#### 3.9.2.1.5. Trampas para el monitoreo del saltahojas de la palma de aceite



■ Trampa pegajosa amarilla para la captura de adultos del saltahojas de la palma, *Haploxius crudus*. Fotos: Sierra, L.



■ Presencia de ninfas de *Haploxius crudus* en gramíneas. Fotos: Sierra, L.

Para determinar la presencia de adultos de *H. crudus* se colocan trampas amarillas en la plantación a donde son atraídos. Para detectar la existencia de ninfas, se desenraizan las macollas de las gramíneas. Estos procedimientos también sirven para conocer si las prácticas que se realizan son eficaces para reducir las poblaciones del insecto.

### 3.9.2.1.6. El chinche de encaje de la palma de aceite *Leptopharsa gibbicularina* Froeschner



■ Adulto de *Leptopharsa gibbicularina* en un foliolo de palma de aceite. Foto: Aldana, J.



■ Palma de aceite afectada por *Pestalotiopsis*. Foto: Pérez, P.

Cuando *Leptopharsa gibbicularina* (chinche de encaje) succiona la savia de la hoja, facilita el ingreso de hongos como *Pestalotiopsis* que ocasionan el secamiento o necrosamiento del tejido. *L. gibbicularina* es uno de los inductores de la enfermedad conocida comúnmente como *Pestalotiopsis* (Aldana *et al.*, 2002).

### Capítulo 3

#### 3.9.2.1.7. Desarrollo de la Pestalotiopsis promovida por *Leptopharsa gibbicularina*



■ Detalle del sitio de alimentación de *Leptopharsa gibbicularina* y desarrollo del hongo pestalotiopsis. Foto: Aldana, R.



■ Defoliación causada por Pestalotiopsis en un foliolo de palma de aceite. Foto: Aldana, R.

La Pestalotiopsis es una consecuencia de la alimentación de insectos como la chinche de encaje, *L. gibbicularina*, en el follaje de la palma de aceite ya que facilita el ingreso de la enfermedad. También puede desarrollarse cuando existe daño de insectos defoliadores cuyas larvas en estados iniciales roen la epidermis de las hojas de la palma.

3.9.2.1.8. El hongo *Purpureocillium lilacinum* controla la chinche de encaje, *Leptopharsa gibbicarina*



■ Adulto de *Leptopharsa gibbicarina* infectado por *Purpureocillium lilacinum*. Foto: Barrios, C.

La cepa del hongo *Purpureocillium lilacinum* CPPI0601, desarrollada por Cenipalma para el control de la chinche de encaje, ha mostrado una gran eficacia en las plantaciones infectadas por esta plaga. Por esto, se recomienda su aplicación en dosis de 1 kg del producto comercial por hectárea, adicionando un coadyuvante (Barrios *et al.*, 2016).

### Capítulo 3

#### 3.9.2.1.9. Las hormigas depredadoras *Crematogaster* contribuyen al control de la chinche de encaje



■ Colonia de hormigas *Crematogaster* en una hoja de palma de aceite. Foto: Aldana, R.



■ Bajagua es una de las plantas hospederas de hormigas depredadoras. Foto: Pérez, P.

Las hormigas del género *Crematogaster* contribuyen al control biológico de ninfas y adultos de *L. gibbicarina*. La bajagua es una planta que sirve de albergue a las hormigas y facilita su establecimiento.

### 3.9.2.1.10. Manejo del balance nutricional en palma de aceite para reducir la incidencia de la Pestalotiopsis



Relación entre la nutrición y la incidencia de la Pestalotiopsis				
Nutrientes	Nivel	Severidad	Nivel óptimo	Nivel foliar
K	Alto	Reduce	1,1	17
(Ca+Mg)/K	Alto	Incrementa	0,8	17
N/K	Alto	Incrementa	<2,3	17
[(K+Mg)/Ca]	Bajo	Incrementa	>2,28	17
Ca/K	Alto	Incrementa	<0,55	17
Ca/Mg	Alto	Incrementa	<0,23	17

■ Fuente: Mota *et al.*, 2004. Palmas 25 (Tomo III), 179-185.

El balance nutricional se establece con fertilización basada en nitrógeno (N), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg). Cuando una palma recibe esta fertilización, de acuerdo con sus necesidades, se observa que la incidencia de la Pestalotiopsis se reduce.

### Capítulo 3

#### 3.9.2.1.11. La poda de las ramas bajas contribuye a reducir la Pestalotiopsis



■ Corte o poda de hojas de palma afectadas por Pestalotiopsis. Fotos: Fedepalma.

La poda sanitaria de las hojas bajas es un componente adicional que contribuye a reducir el inóculo del hongo causante de la Pestalotiopsis.

### 3.9.2.1.12. El barrenador de raíces de la palma *Sagalassa valida* Walker



■ Larvas de *Sagalassa valida* barrenando raíces de palma. Foto: Matabanchoy, J.



■ Adulto de *Sagalassa valida* alimentándose de flores de plantas arvenses. Foto: Matabanchoy, J.

Los adultos de *Sagalassa valida* ovipositan en el suelo cerca al estípote, de donde emerge una larva que penetra el suelo en busca de las raíces de la palma para barrenar su sistema radicular. Causan un efecto muy importante disminuyendo la asimilación de los nutrimentos por la palma, lo que se traduce en una reducción en la producción.

## Capítulo 3

### 3.9.2.1.13. Daño causado a la palma por *Sagalassa valida*



■ Volcamiento de palma causado por daño de *Sagalassa valida* a las raíces. Foto: Sendoya, C.

Como consecuencia del ataque del insecto barrenador, las palmas presentan mal anclaje y volcamiento. El daño continuo en el sistema de raíces genera alteraciones fisiológicas que se reflejan en un mal desarrollo y lento crecimiento, amarillamiento y secamiento prematuro de las hojas basales e intermedias, emisión continua y prolongada de inflorescencias masculinas, reducción del tamaño y peso de los racimos.

3.9.2.1.14. Barreras en el plato para impedir la oviposición de los adultos de *Sagalassa valida*



■ A. Aplicación de residuos vegetales. B. Aplicación de hojas podadas. C. Aplicación de residuos de control de malezas. D. Aplicación de fibra. E. Aplicación de racimos desfrutados o tusa. F. Aplicación de cascarilla de arroz. Fotos: Sendoya, C., Matabanchoy, J., y Aldana, R.

Los residuos de la poda, limpias, fibra, racimos desfrutados o cascarilla de arroz, actúan como barreras físicas que evitan que los adultos de *S. valida* ovipositen directamente en el suelo, además de contribuir a mejorar la emisión y la adsorción eficiente de los nutrientes. Por otra parte, debajo de estas coberturas se generan condiciones favorables para el establecimiento de una fauna de depredadores como hormigas y arañas, que consumen huevos y larvas de *S. valida* reduciendo sus poblaciones. Todo esto se refleja en el incremento de la producción.

## Capítulo 3

### 3.9.2.1.15. El uso de nematodos contribuye al control biológico de *Sagalassa valida*



- Aplicación de nematodos en el área del plato de palmas afectadas por *Sagalassa valida*.  
Foto: Aldana, R.

La aplicación de nematodos *Heterorhabditis* sp. en el plato de la palma infestada con *Sagalassa*, acompañado de las barreras físicas, aceleran la recuperación de la palma. Este manejo sustituye el uso indiscriminado de insecticidas para el control de la plaga, que además de ser ineficientes, afectan la fauna benéfica presente en el suelo. También es importante que se reduzca el ciclo de cosechas para evitar la caída de frutos. La práctica de la aplicación de coberturas disminuye el uso de herbicidas en el plato.

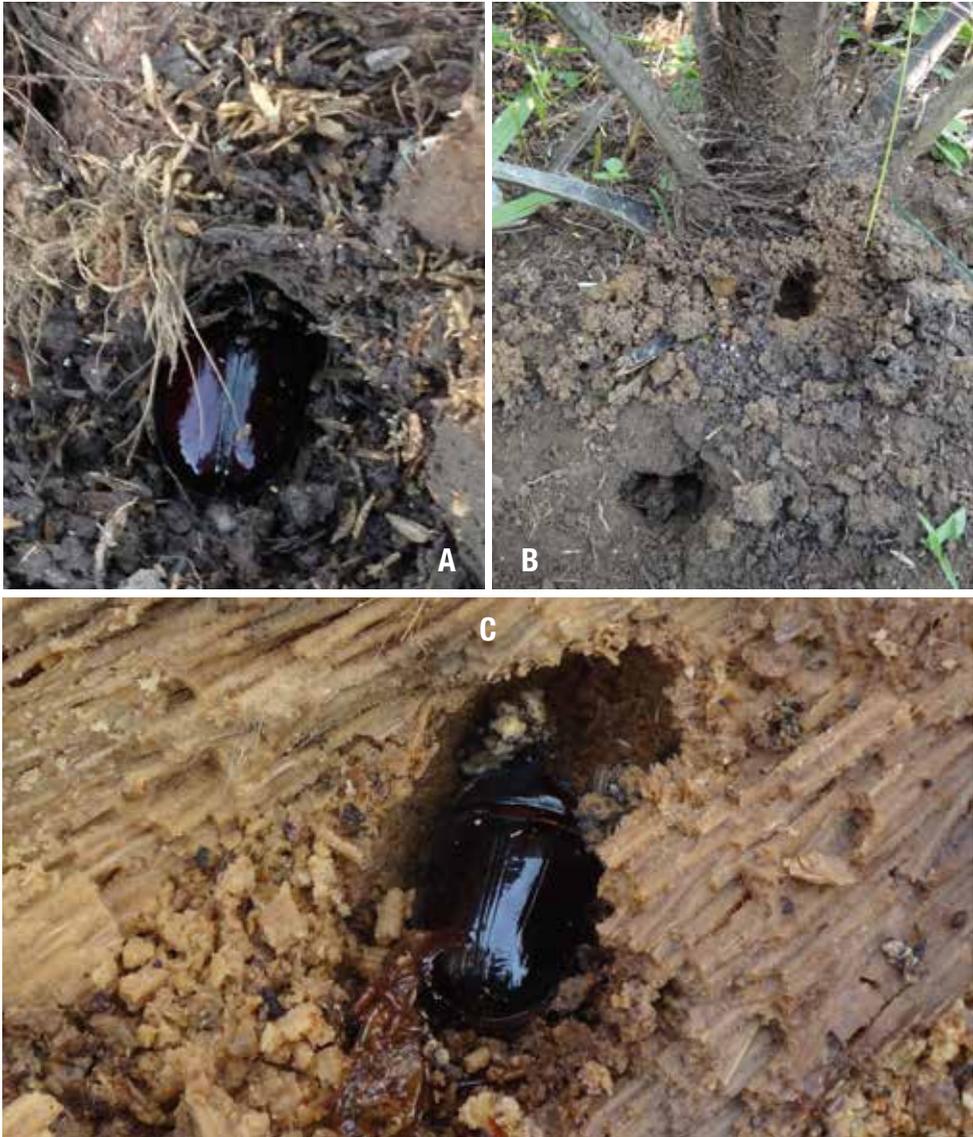
### 3.9.2.1.16. El torito de la palma, *Strategus aloeus* L., relacionado con las renovaciones de la palma de aceite



- Aspectos del torito de la palma *Strategus aloeus*. A. El macho posee cuernos en su parte delantera. B. La hembra no tiene cuernos. Fotos: ©NaturaVisión-Instituto Entoma.

*Strategus aloeus* o el torito de la palma es un insecto-plaga que tiene un ciclo de vida con una duración aproximada de un año y son los adultos los que causan el daño. La hembra deposita sus huevos en residuos de la palma de aceite donde se desarrollan las larvas, por lo que es común encontrarlos en sitios de renovación de cultivos.

### 3.9.2.1.17. Daño del adulto de *Strategus aloeus* (torito de la palma)



■ Detalle del daño de *Strategus aloeus* y reproducción. A. Adulto penetrando el bulbo. B. Signos del daño. C. Hembra ovipositando en residuos de palma. Fotos: Aldana, R., y Bustillo, A.

El adulto macho del torito abre una perforación junto al bulbo de palmas jóvenes (menos de tres años de edad), luego barrena el bulbo donde se alimenta. Durante la noche libera una feromona para atraer a la hembra e iniciar su reproducción. En la mayoría de los casos, este daño conlleva a la caída y muerte de la palma.

### Capítulo 3

#### 3.9.2.1.18. Sitios de reproducción de larvas de *Strategus aloeus*



- Situaciones no deseables al eliminar palmas mecánicamente, ya que el amontonamiento de estípites en descomposición favorece la reproducción de *Strategus aloeus*. Fotos: Aldana, R.



- Situaciones deseables, ya que los estípites se cortan en rebanadas delgadas que dificultan la reproducción de las larvas del torito. Fotos: Aldana, R.

En la eliminación mecánica, cuando se amontonan los residuos de la palma se favorece la reproducción de las larvas de *Strategus aloeus*, que dan origen a los adultos que migran y atacan las palmas jóvenes.

3.9.2.1.19. La larva de *Strategus aloeus* se reproduce en los residuos de la palma dejados en las plantaciones



■ III instar de *Strategus aloeus*. Foto: Bustillo, A.



■ III instar de *Strategus aloeus* en estípites en descomposición. Foto: Bustillo, A.

Las larvas de *Strategus aloeus* se reproducen en residuos de palma en el suelo y en estípites dejados en el campo sin picar.

### Capítulo 3

#### 3.9.2.1.20. Las palmas espontáneas son hospederos que facilitan la reproducción de *Strategus aloeus*



■ Palmas espontáneas en lote de renovación. Foto: Aldana, R.

Los adultos *S. aloeus* también se alimentan y copulan en las palmas espontáneas abandonadas de donde luego migran hacia las plantaciones jóvenes. Cuando se erradican palmas en áreas de renovación y se dejan en el campo, los estípites entran en descomposición y las hembras del torito ovipositan en ellos generando una gran población de larvas que al convertirse en adultos incrementan las poblaciones de la plaga.

### 3.9.2.1.21. La eliminación correcta de las palmas reduce la reproducción de larvas de *Strategus aloeus*



■ Eliminación mecánica de palmas.



■ Eliminación química de palmas.

Un método muy eficaz para controlar y mitigar poblaciones de *S. aloeus* consiste en picar o fraccionar las palmas erradicadas en trozos menores de 20 cm de espesor, que luego se esparcen homogéneamente en el lote. Cuando se hace eliminación química de palmas, los herbicidas más utilizados son MSMA o Diquat.

### Capítulo 3

#### 3.9.2.1.22. Control biológico de larvas de *Strategus aloeus*



■ Larvas de *Strategus aloeus* infectadas por *Metarhizium anisopliae* CPMa1306. Fotos: Rosero, M.

Las cepas de *Metarhizium anisopliae* CPMa1306 y CPMa0801, evaluadas por Cenipalma, son virulentas en el control de *Strategus aloeus*.

### 3.9.2.1.23. Depredadores de larvas de *Strategus aloeus*



■ Larvas de *Strategus aloeus* depredadas por adultos de *Phileurus didymus*. Fotos: Aldana, R.

El adulto de *Phileurus didymus*, un coleóptero comúnmente encontrado en plantaciones de palma de aceite, es un depredador voraz de larvas de *Strategus aloeus*.

### Capítulo 3

#### 3.9.2.1.24. *Cephaloleia vagelineata* Piceus



■ Adulto de *Cephaloleia vagelineata* y daño causado en flecha y raquis de una hoja de palma de aceite. Fotos: Aldana, R., y Barrios, C.

Los adultos de *C. vagelineata*, o raspador de la flecha se alimentan del parénquima de las hojas jóvenes que todavía no han abierto en su totalidad. Las larvas roen superficialmente la parte basal del raquis y hojas de las flechas. La zona atacada se oscurece y se torna grisácea por el secamiento.

### 3.9.2.1.25. Control biológico de *Cephaloleia vagelineata*



■ Larvas de *Cephaloleia vagelineata* infectadas con nematodos del género *Heterorhabditis*.  
Fotos: Castillo, N., y Barrios, C.



■ Adulto de *Cephaloleia vagelineata* infectado por el hongo *Metarhizium anisopliae*.  
Foto: Barrios, C.

Las larvas y adultos de *C. vagelineata* son susceptibles a nematodos *Heterorhabditidos* y hongos *Metarhizium anisopliae*. Su uso se considera una alternativa eficaz para su control, evitando aplicaciones de insecticidas químicos.

### Capítulo 3

#### 3.9.2.1.26. El raspador del fruto *Demotispa neivai* Bondar



■ Larva de *Demotispa neivai* sobre el fruto de la palma. Foto: Montes, L.



■ Adulto de *Demotispa neivai* sobre el fruto de la palma. Foto: Aldana, R.



■ Adulto de *Demotispa neivai* raspando foliolos del paquete de flechas. Foto: Aldana, J.

*Demotispa neivai* o raspador del fruto, en sus estados de larva y adulto, roe los foliolos y raquis de las hojas del paquete de flechas desde la etapa de vivero. Ataca raspando el fruto durante todo su periodo productivo, causando reducciones en la producción de aceite.

3.9.2.1.27. Daño causado por *Demotispa neivai* en el fruto de la palma de aceite



■ Daño en el fruto causado por *Demotispa neivai*. Fotos: Aldana, J.



■ Roeduras en frutos causado por *Demotispa neivai*. Fotos: Aldana, J.

Los insectos roen la parte superficial de los frutos verdes y la zona externa de los racimos. El daño en los frutos se presenta con una lignificación gris ceniza del epicarpio dándole una apariencia corchosa. Además de pérdidas económicas por deficiencias en la cosecha, la tasa de extracción del aceite se reduce hasta un punto.

### Capítulo 3

#### 3.9.2.1.28. Control biológico del raspador de fruto *Demotisca neivai*



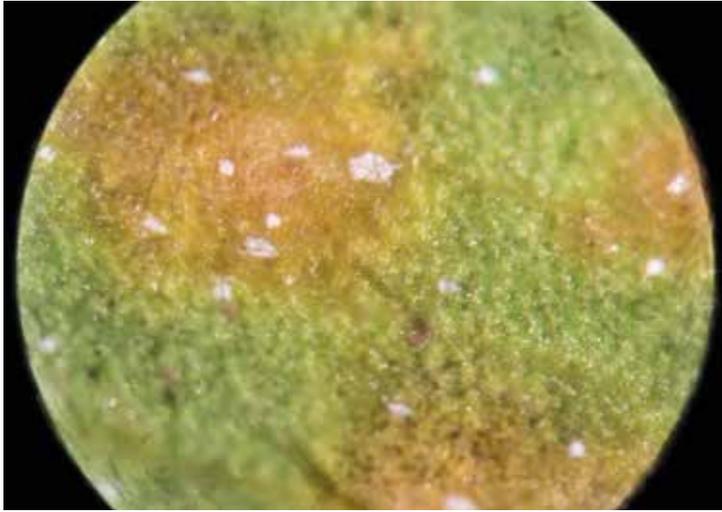
■ Pupa de *Demotisca neivai* parasitada por *Tetrastichus* sp. Foto: Montes, L.



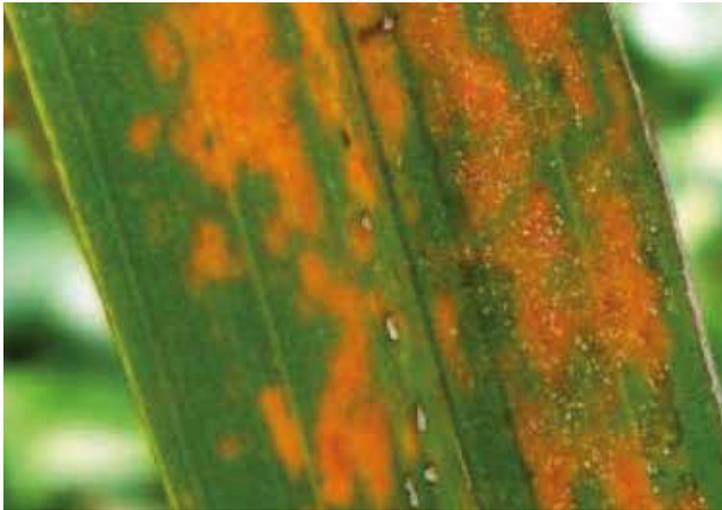
■ Adultos de *Demotisca neivai* infectados por *Metarhizium anisopliae*. Fotos: Montes, L.

El estado de pupa de *Demotisca neivai* es parasitado por avispas del género *Tetrastichus*. También se puede encontrar el hongo *Metarhizium anisopliae* CPMa1502 (en proceso de investigación y validación por parte de Cenipalma), atacando las larvas y los adultos del raspador del fruto. Estos organismos contribuyen a reducir sus poblaciones.

### 3.9.2.1.29. El ácaro de la palma *Retracrus elaeis* Keifer



■ Adultos de *Retracrus elaeis*. Foto: Barrios, C.



■ Daño ocasionado por *Retracrus elaeis*. Foto: Barrios, C.

*Retracrus elaeis*, o el ácaro de la palma, afecta cultivos de palma de aceite succionando la savia de las hojas, lo que ocasiona la formación de manchas aceitosas de color amarillo-naranja que se confunden con deficiencias de potasio. Las infestaciones ocurren especialmente en épocas secas, cuando se incrementan sus poblaciones, que normalmente pueden evitarse a través de una fertilización adecuada. Las aplicaciones de azufre también ayudan a controlarlas.

### Capítulo 3

#### 3.9.2.1.30. El gusano cuernito menor *Stenoma cecropia* Meyrick



■ Daño ocasionado por larvas de *Stenoma cecropia*. Foto: Montes, L.



■ Larva de *Stenoma cecropia*. Foto: Monroy, M.

*Stenoma cecropia* o el gusano cuernito menor, se detecta con la presencia de cápsulas adheridas a las nervaduras centrales de los folíolos del ápice de las hojas. La presencia de este defoliador se registra en zonas palmeras como la Suroccidental, Central y Norte. El consumo del parénquima foliar en los primeros instares favorece el desarrollo de los hongos que causan secamiento foliar conocido como Pestalotiopsis.

### 3.9.2.1.31. Control biológico de *Stenoma cecropia* con hongos nativos entomopatógenos



■ Control biológico de *Stenoma cecropia* con hongos del género *Isaria*. Fotos: Montes, L.

Las cepas de hongos del género *Isaria* (IPlsp1201 y CPlsp1201) se han aislado de este insecto-plaga y su evaluación ha mostrado que pueden ser un controlador biológico importante para *S. cecropia*.

### Capítulo 3

#### 3.9.2.1.32. Las hormigas *Crematogaster* depredadores de *Stenoma cecropia*



■ Adulto y larva de *Stenoma cecropia* depredadas por hormigas *Crematogaster*.  
Fotos: Sendoya, C.

Las hormigas *Crematogaster* son depredadores que juegan un papel muy importante en la reducción de poblaciones de larvas de *S. cecropia*, alcanzando niveles de depredación del 45 %.

### 3.9.2.1.33. El gusano cuernito mayor *Loxotoma elegans* Zeller



■ Consumo del parénquima foliar por larvas del VII instar y defoliación por larvas de XI instar de *Loxotoma elegans*. Fotos: Aldana, R.

El gusano cuernito mayor se presenta en la Zona Oriental. La larva se encuentra en cápsulas adheridas a la nervadura central en el ápice de los folíolos de las hojas. El consumo del parénquima foliar en los primeros siete instares favorece el ataque de hongos que causan la Pestalotiopsis.

### Capítulo 3

#### 3.9.2.1.34. Control biológico de *Loxotoma elegans* con hongos entomopatógenos



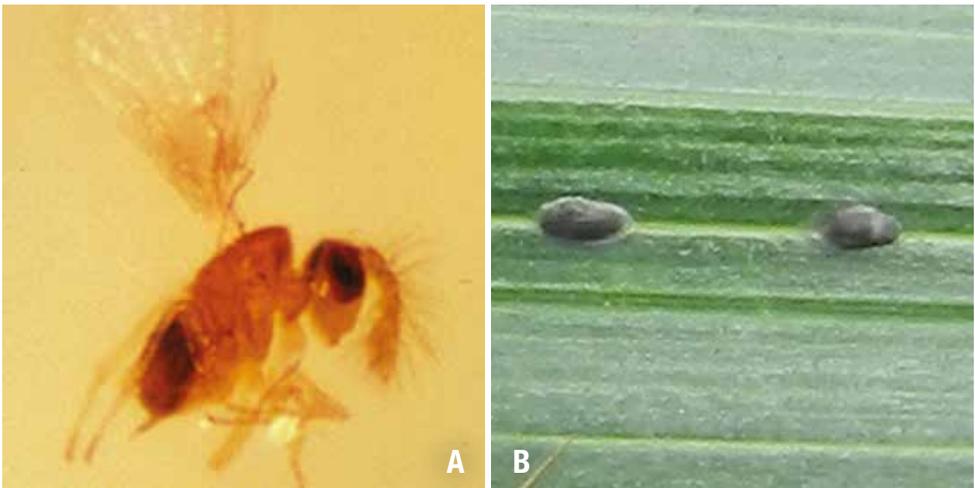
■ Larvas de *Loxotoma elegans* infectadas por hongos del género *Isaria*. Fotos: Aldana, R.

*Loxotoma elegans* tiene un buen número de controladores biológicos en sus diferentes estados de desarrollo, especialmente en la larva por los hongos del género *Isaria* y *Beauveria bassiana* que causan epizootias naturales por las cepas CPIsp 1404, CPIsp 1405 y CPIsp 1407, seleccionadas por Cenipalma para sus evaluaciones en campo.

### 3.9.2.1.35. Liberaciones masivas de *Trichogramma* para el control de huevos de *Loxotoma elegans*



■ Metodología de liberación de *Trichogramma* sp. parasitoide de huevos de *Loxotoma elegans*  
Fotos: Aldana, J.



■ A. *Trichogramma* sp. B. Huevos de *Loxotoma elegans* parasitados por *Trichogramma* sp.  
Fotos: Aldana, J.

La liberación del parasitoide *Trichogramma* ha demostrado eficacia entre 85 y 92 % en el control de huevos de *Loxotoma elegans* en los Llanos Orientales. Es importante colocar las pulgadas colgadas en el follaje para evitar depredación por hormigas.

### Capítulo 3

#### 3.9.2.1.36. Defoliador de la palma *Leucothyreus femoratus* Burmeister



■ Adulto de *Leucothyreus femoratus*. Foto: Aldana, R.



■ Daño causado por *Leucothyreus femoratus*. Foto: Aldana, R.

Los adultos de este escarabajo de hábitos nocturnos miden aproximadamente 1 cm, se alimentan de los folíolos de palmas jóvenes, aunque pueden atacar palmas de hasta 10 años. Sus hábitos semejan a los de las chisas, ya que su estado larval se desarrolla en el suelo alimentándose del sistema radicular de las gramíneas presentes en las plantaciones.

### 3.9.2.1.37. Sitios de reproducción de *Leucothyreus femoratus*



■ Lotes de palmas invadidas de gramíneas. Foto: Aldana, R.



■ Daño foliar causado por *Leucothyreus femoratus*. Foto: Aldana, R.

Las larvas de *Leucothyreus femoratus* se alimentan de las raíces de gramíneas donde cumplen su ciclo hasta el estado adulto. Estos emergen y se dirigen a las palmas causándoles serias defoliaciones.

### Capítulo 3

#### 3.9.2.1.38. Coberturas de leguminosas mitigan las defoliaciones de *Leucothyreus femoratus*



■ Coberturas de leguminosas en el cultivo de la palma de aceite. Fotos: Aldana, R., y Pérez, P

El establecimiento de coberturas antes de la siembra de las palmas en el cultivo evita las defoliaciones severas de *L. femoratus*.

### 3.9.2.1.39. El gusano pelo de indio *Automeris liberia* Cramer



■ Larva de *Automeris liberia* alimentándose del follaje de la palma. Foto: Aldana, J.



■ Huevos de *Automeris liberia* depositados en las hojas de la palma. Foto: Aldana, J.

*Automeris liberia* se encuentra en todas las edades del cultivo, sin embargo, prefiere los cultivos jóvenes donde frecuentemente surgen altas poblaciones causando defoliaciones a la palma.

### Capítulo 3

#### 3.9.2.1.40. Daño causado por *Automeris liberia*



■ *Mucuna bracteata* defoliada por *Automeris liberia*. Foto: Aldana, R.



■ Defoliación severa causada por *Automeris liberia*. Foto: Cenipalma.

Las larvas de *A. liberia* se alimentan y pasan desapercibidas en áreas donde se establece la cobertura *Mucuna bracteata*. Cuando han consumido estas plantas, migran hacia la palma causando defoliaciones severas.

3.9.2.1.41. Enemigos nativos que controlan las poblaciones de *Automeris liberia*



■ Larva de *Automeris liberia* parasitada por moscas taquínidas. Foto: Cepeda, M.



■ Larvas de *Automeris liberia*. A. Parsitadas por moscas taquínidas. B. Infectada por virus. Fotos: Aldana, R., y Cepeda, M.

Los dípteros de la familia Tachinidae ejercen control sobre larvas de *A. liberia*. Estos insectos se favorecen de la presencia de plantas nectaríferas. Con menor frecuencia se registran virus que infectan las larvas. Los controladores mantienen sus poblaciones reducidas y se recomienda hacer prácticas culturales como recolección de larvas y pupas de *A. liberia*, para colocarlas en jaulas de anejo y mejorar e incrementar los controladores biológicos.

### Capítulo 3

#### 3.9.2.1.42. El gusano indio *Dirphia gragatus* Bouvier



■ Larva de *Dirphia gragatus* causando defoliación. Foto: Aldana, J.



■ Larvas recién emergidas de *Dirphia gragatus*. Foto: Aldana, J.

*Dirphia gragatus* se presenta principalmente en cultivos jóvenes y raras veces evidencia altas poblaciones, pero su voracidad y hábitos gregarios la hacen una plaga importante.

### 3.9.2.1.43. Defoliaciones causadas por *Dirphia gragatus*



■ Larvas agrupadas de *Dirphia gragatus*. Foto: Aldana, J.



■ Defoliación severa causada por *Dirphia gragatus*. Foto: Aldana, J.

*Dirphia gragatus* es un insecto gregario caracterizado por la presencia agrupada de larvas, que en altas poblaciones ocasionan defoliaciones severas.

### Capítulo 3

#### 3.9.2.1.44. Controladores naturales de *Dirphia gragatus*



■ Larva de *Dirphia gragatus* parasitadas por *Cotesia* sp. Foto: Aldana, J.

*D. gragatus* tiene diversidad de enemigos naturales y, al igual que en otras plagas, la recolección de posturas y larvas, y el mantenimiento de plantas con nectarios extraflorales contribuyen a su control. Cuando se presentan brotes de la plaga no se deben aplicar insecticidas químicos ya que estos también acaban con la fauna benéfica. Sin embargo, es posible emplear la bacteria *Bacillus thuringiensis* que controla bien larvas pequeñas y está disponible en el mercado (Aldana *et al.*, 2010).

### 3.9.2.1.45. El gusano cabrito de las palmas *Opsiphanes cassina* Felder



■ Larva de *Opsiphanes cassina*. Foto: Aldana, J.



■ Defoliación causada por *Opsiphanes cassina*. Foto: Aldana, R.

Las larvas de *O. cassina* son tan voraces que al alimentarse del follaje de la palma solo dejan la nervadura central. Se distribuyen en todos los niveles foliares, aunque abundan en el nivel medio y superior de la palma.

### Capítulo 3

#### 3.9.2.1.46. Enemigos naturales de *Opsiphanes cassina*



■ Pupa de *Opsiphanes Cassina* depredada por el chinche *Podisus* sp. Foto: Aldana, J.



■ Parasitoide *Spilochalcis* sp. emergiendo de una pupa de *Opsiphanes Cassina*. Foto: Aldana, R.



■ Pupa de *Opsiphanes Cassina* parasitada por *Cotesia* sp. Foto: Aldana, J.

Todos los estados de desarrollo de *O. cassina* presentan diversidad de controladores biológicos que se ven favorecidos por la presencia de plantas que ofrecen néctares a los parasitoides o refugio a los depredadores.

### 3.9.2.1.47. Control de adultos de *Opsiphanes cassina* a través de trampeos



■ Adulto de *Opsiphanes cassina*. Foto: Aldana, J.



■ Trampa para capturar adultos de *Opsiphanes cassina*. Foto: Aldana, J.

La disposición de trampas cebadas con melaza para capturar adultos de *Opsiphanes cassina* en el borde de los lotes infestados antes de la emergencia de los adultos, resulta una práctica eficaz. Así mismo, la recolección de pupas o el uso de rodillos para destruir las pupas ubicadas en la vegetación acompañante complementan el control de esta plaga ocasional.

### Capítulo 3

#### 3.9.2.1.48. El gusano listado cabezón *Brassolis sophorae* L.



■ Larvas recién emergidas de *Brassolis sophorae*. Foto: Aldana, J.



■ Larvas de *Brassolis sophorae*. Foto: Aldana, R.

Las larvas de *Brassolis sophorae* o gusano listado cabezón son gregarias, se alimentan durante la noche y es posible encontrarlas con mayor frecuencia en cultivos jóvenes.

3.9.2.1.49. Nidos formados por las larvas de *Brassolis sophorae*



■ Nidos de *Brassolis sophorae* en las hojas. Fotos: Aldana, R.

Las larvas de *B. sophorae* pliegan los folíolos con hilos de seda formando nidos donde permanecen ocultas durante el día.

### Capítulo 3

#### 3.9.2.1.50. Defoliación causada por *Brassolis sophorae* en un cultivo de palma de aceite



■ Defoliación por *Brassolis sophorae*. Foto: Aldana, R.



■ Defoliación severa causada por *Brassolis sophorae*. Foto: Aldana, R.

Las larvas del gusano listado cabezón consumen el follaje de las palmas en cualquier nivel foliar y pueden ocasionar defoliaciones severas.

3.9.2.1.51. Control de *Brassolis sophorae*



■ *Brassolis sophorae*. A. Adultos. B. Huevos. C. Larvas. D. Pupas. Fotos: Aldana, R.

La captura de adultos con trampas cebadas con frutas fermentadas y la recolección de huevos, nidos con larvas y pupas, son alternativas eficaces para mantener controlado este defoliador.

### Capítulo 3

#### 3.9.2.1.52. Controladores biológicos nativos de *Brassolis sophorae*



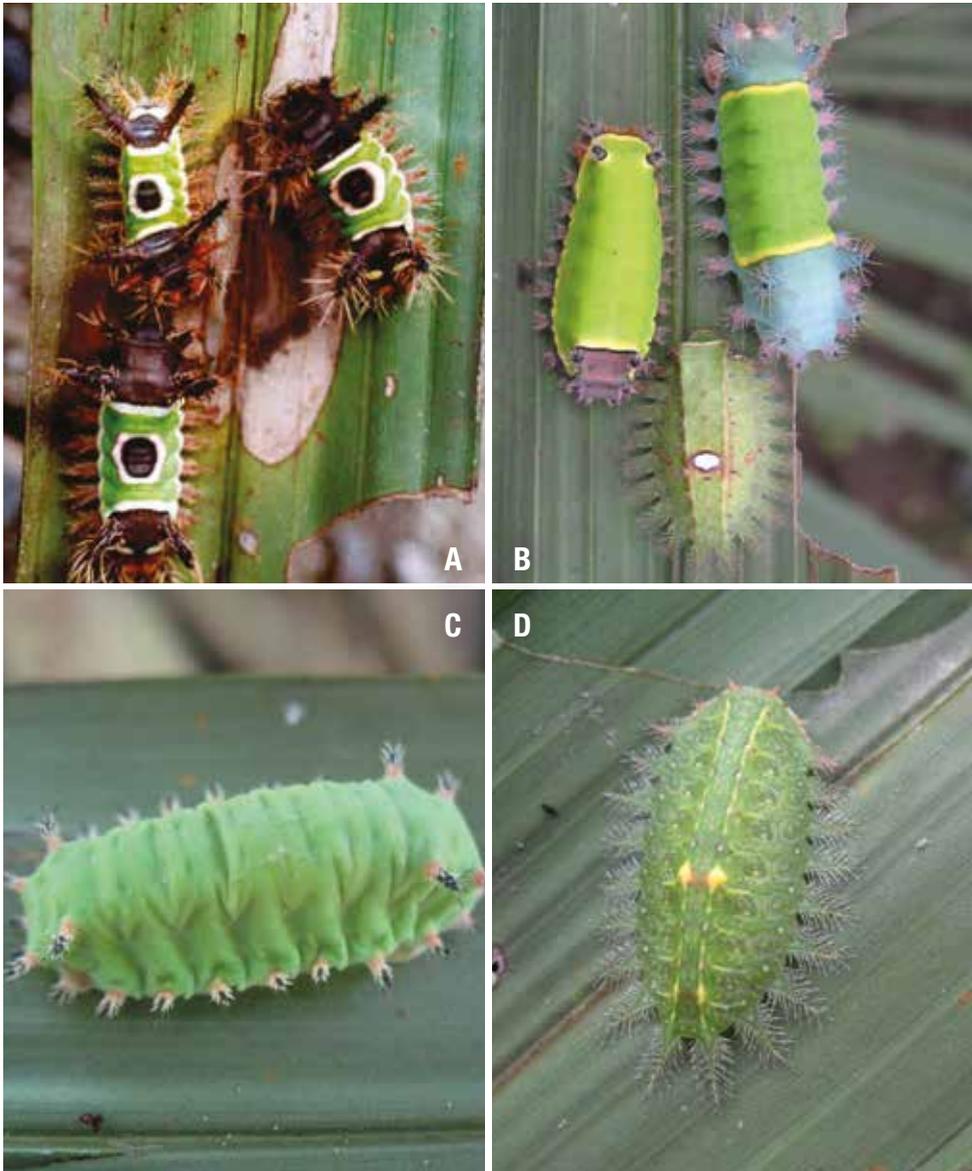
■ Parasitoides de huevos de *Brassolis sophorae*. Foto: Aldana, R.



■ Larva de *Brassolis sophorae* infectada por hongos. Foto: Aldana, R.

*B. sophorae* tiene diversidad de controladores biológicos, parasitoides, depredadores y microorganismos entomopatógenos.

3.9.2.1.53. Limacódidos defoliadores de la palma de aceite



■ Larvas de limacódidos. A. *Sibine megasomoides*. B. Larvas de *Sibine fusca*, *Episibine* sp. y *Natada subpectinata*. C. *Sibine palescens*. D. *Euprosterma elaeasa*. Fotos: Aldana, J.

El cultivo de palma de aceite es defoliado por varias especies de la familia Limacodidae, entre ellas *Sibine fusca*, *Sibine megasomoides*, *Episibine*, *Natada michorta*, *Natada subpectinata* y *Euprosterma elaeasa*.

### Capítulo 3

#### 3.9.2.1.54. Especies del género *Sibine*



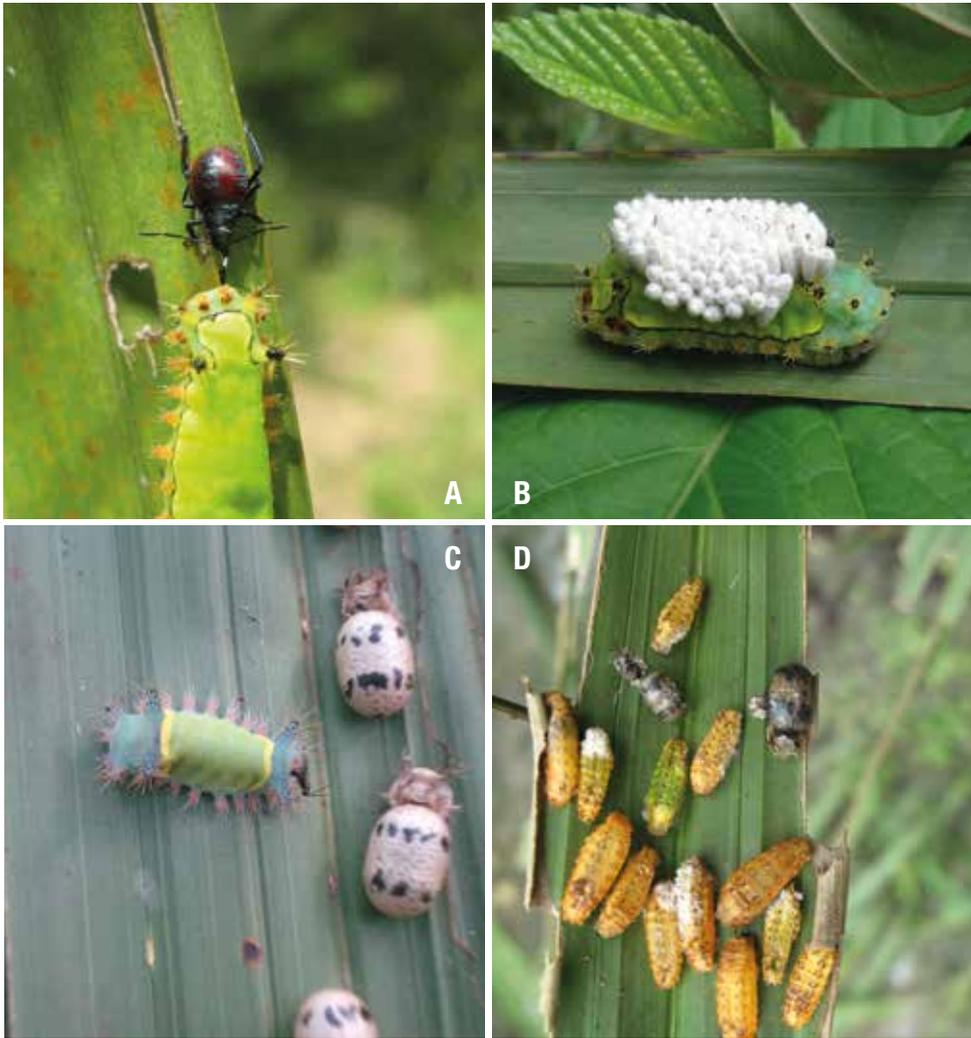
■ Larvas de *Sibine pallescens*. Foto: Aldana, J.



■ Larvas de *Sibine fusca*. Foto: Aldana, J.

Las especies del género *Sibine* se caracterizan por tener hábito gregario y por su voracidad al consumir el follaje de las palmas.

### 3.9.2.1.55. Control biológico natural de los limacódidos



■ Controladores biológicos. A. *Alcaeorrhynchus grandis* depredando larvas de *Episibine* sp. B. Larva de *Episibine* parasitada por *Cotesia* sp. C. Parasitoides de larvas de *Episibine* sp. D. Larvas de *Sibine* sp., afectadas por virus. Fotos: Aldana, J., y Aldana, R.

Los limacódidos tienen un gran número de enemigos naturales que ejercen control natural eficaz de estas plagas. La presencia de plantas nectaríferas permiten su supervivencia. Entre los benéficos se destacan las enfermedades virales. Se recomienda no acudir a la aplicación de insecticidas químicos y permitir que la población de benéficos actúe reduciendo la plaga.

### Capítulo 3

#### 3.9.2.2. Las mejores prácticas agrícolas son fundamentales para mitigar el ataque de insectos-plaga en los ecosistemas palmeros



■ Siembra y mantenimiento de plantas nectaríferas. Foto: Aldana, R.



■ Control biológico. Foto: Aldana, J.

Es fundamental diseñar e implementar un plan de manejo integral de insectos-plaga, especialmente con acciones preventivas como: conservar plantas nativas, establecer calles de palera y/o protección, proteger insectos benéficos, eliminar gramíneas y palmas espontáneas, establecer coberturas de leguminosas, sembrar plantas nectaríferas, liberar controladores biológicos, implementar redes de trampeo a nivel regional, realizar monitoreos frecuentes, erradicar palmas afectadas fitosanitariamente y reducir la dependencia de aplicación de pesticidas.

### 3.9.2.2.1. Identificar y conservar las plantas nativas



■ Planta nativa frijolito. Foto: Rey, R.

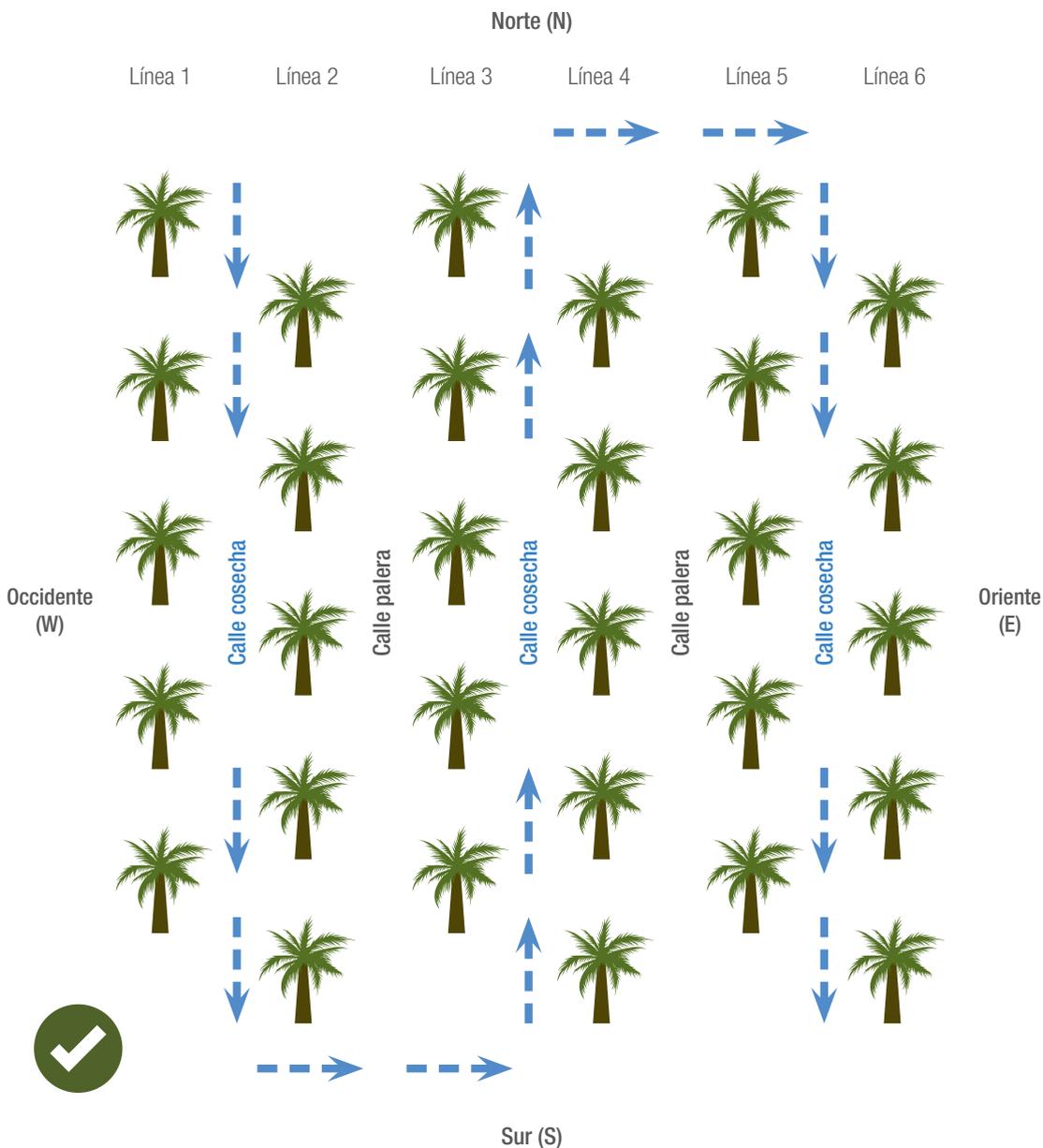


■ A. Planta nativa lulo de monte. B. Planta nativa cafetillo. Fotos: Rey, R.

Permitir la proliferación de plantas nativas es fundamental para preservar la biodiversidad de las zonas palmeras, ya que favorecen el incremento de la fauna insectil benéfica, y otros depredadores como aves y murciélagos que mantienen un control natural sobre muchas especies de insectos que, sin su presencia, se convertirían en plagas de la palma de aceite.

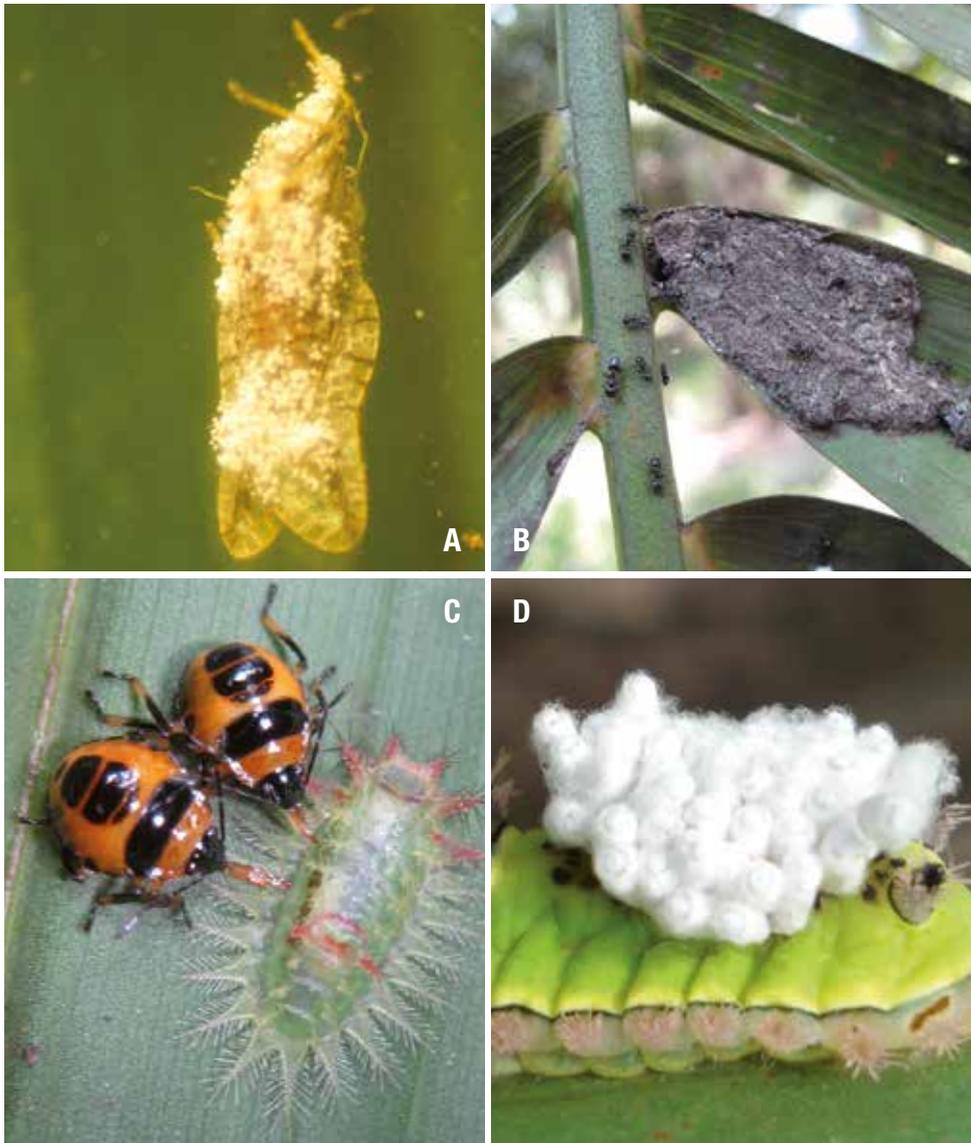
### Capítulo 3

#### 3.9.2.2. Establecer calles de palera o de protección con plantas nativas en el cultivo de la palma de aceite



La calle de palera contribuye a mantener el equilibrio ecológico dentro del cultivo de la palma de aceite. Allí se protegen y se conservan arbustos, plantas nativas e insectos benéficos.

### 3.9.2.2.3. Identificar y proteger la fauna benéfica



■ A. Adulto de *Leptopharsa gibbicarina* afectada por *Beauveria* sp. B. Hormiga *CreMATogaster* sp. C. *Podisus* sp., depredando las larvas de *Natada subpectinata*. D. Larva de *Sibine fusca* parasitada por *Cotesia* sp.

Es importante mantener y conservar la flora y fauna nativas, ya que allí se encuentran los enemigos naturales de los insectos-plaga regulando su población. Por lo anterior, se les debe identificar y registrar para saber cuáles insectos-plaga regulan.

## Capítulo 3

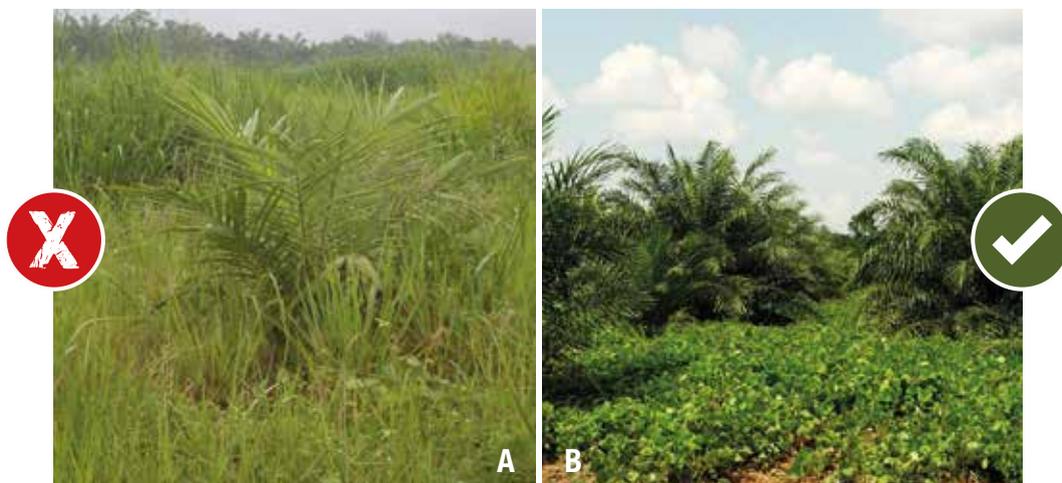
### 3.9.2.2.4. Eliminar palmas espontáneas



■ Foto: Fedepalma.

Las palmas espontáneas crecen dentro del cultivo de la palma de aceite de tipo comercial sin haber programado su siembra y se presentan por una mala labor de recolección de fruto suelto. Son hospederos de insectos-plaga y compiten por agua y nutrientes con la palma.

### 3.9.2.2.5. Eliminar plantas gramíneas



■ A. Lote de palma invadido por gramíneas. B. Lote de palma sin gramíneas. Foto: Pérez, P., y Toro, F.

Las gramíneas se caracterizan por ser de hojas angostas y alargadas (pastos: brachiaria, estrella, guinea, alemán, angetón y gordura). Son hospederas de insectos-plaga y compiten por agua y nutrientes con la palma de aceite.

### 3.9.2.2.6. Establecimiento de coberturas leguminosas

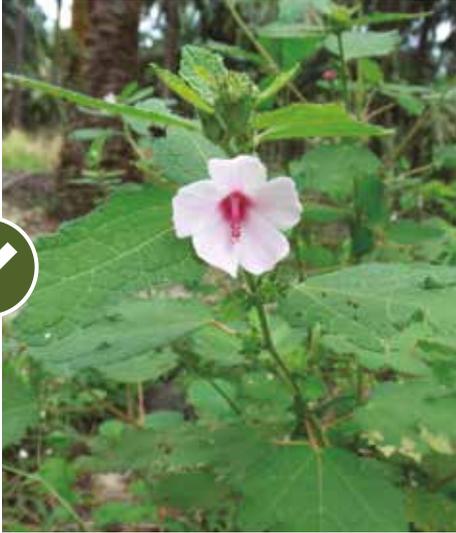


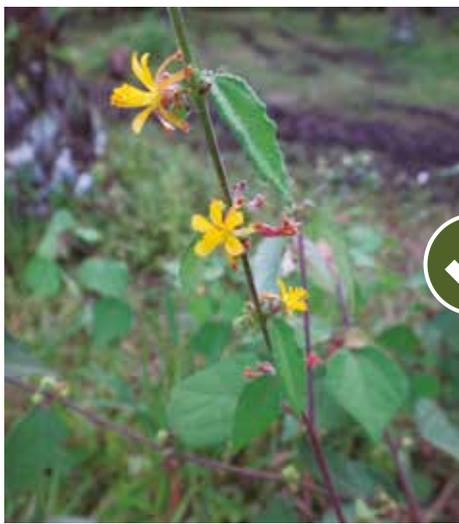
■ Foto: Fedepalma.

Las coberturas de leguminosas tienen los siguientes beneficios: incorporan materia orgánica al suelo, contribuyen a controlar las malezas, disminuyen la erosión, mantienen la temperatura y humedad del suelo, mejoran la estructura del suelo, reducen los costos de fertilización y mitigan la presencia de insectos-plaga.

### Capítulo 3

#### 3.9.2.2.7. Siembra y mantenimiento de plantas nectaríferas

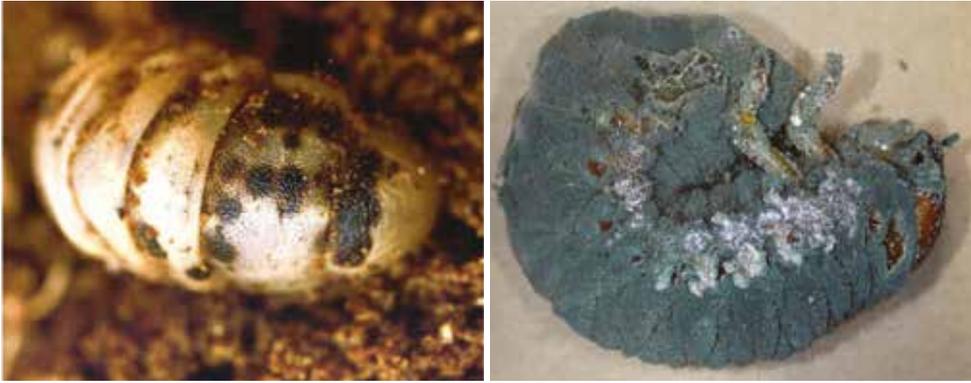
Rabo de alacrán	Urena
 <p>A photograph of a 'Rabo de alacrán' plant, showing its characteristic long, upright, segmented stems and small white flowers. A green checkmark icon is overlaid on the right side of the image.</p>	 <p>A close-up photograph of a single white flower with a prominent red center, characteristic of the 'Urena' plant. The surrounding leaves are green and serrated.</p>
Foto: Rey, R.	Foto: Aldana, R.
Bajagua	Rabo de armadillo
 <p>A photograph of a 'Bajagua' plant, featuring clusters of bright yellow flowers and long, slender, green seed pods. A green checkmark icon is overlaid on the right side of the image.</p>	 <p>A close-up photograph of a small, light purple flower with a white center, characteristic of the 'Rabo de armadillo' plant. The background shows green foliage.</p>
Foto: Pérez, P.	Foto: Aldana, R.

Cadillo	Balso
	
Foto: Aldana, R.	Foto: Agudelo, O.
Escobilla	Cordón de fraile
	
Foto: Aldana, R.	Foto: Aldana, R.

Las plantas nectaríferas actúan como barrera natural, producen néctar, atraen insectos benéficos y se siembran alrededor del cultivo de la palma de aceite sin obstaculizar la movilidad de los trabajadores, equipos y semovientes.

### Capítulo 3

#### 3.9.2.2.8. Liberación de controladores biológicos



■ Larvas de *Strategus aloeus* afectadas por *Metarhizium anisopliae*. Fotos: Aldana, J., y Valencia, C.

Los controladores biológicos contribuyen a regular las poblaciones de los insectos-plaga, minimizan la contaminación y conservan el medioambiente. Algunos son: insecticidas biológicos, hongos (*Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*) y fungicida biológico (*Trichoderma harzianum*).

#### 3.9.2.2.9. Implementación de redes regionales de trapeo



■ A. Mapa de red de trapeo para monitorear *R. palmarum*. B. Vista interior de trampas para capturar adultos de *R. palmarum*. Fotos: Aldana, R.

Se recomienda implementar una red regional de trampas para monitorear y hacer seguimiento a la fluctuación poblacional de *Rhynchophorus palmarum* y a los individuos portadores a través del tiempo.

### 3.9.2.2.10. Lectura de hojas de palma para determinar la presencia de insectos-plaga

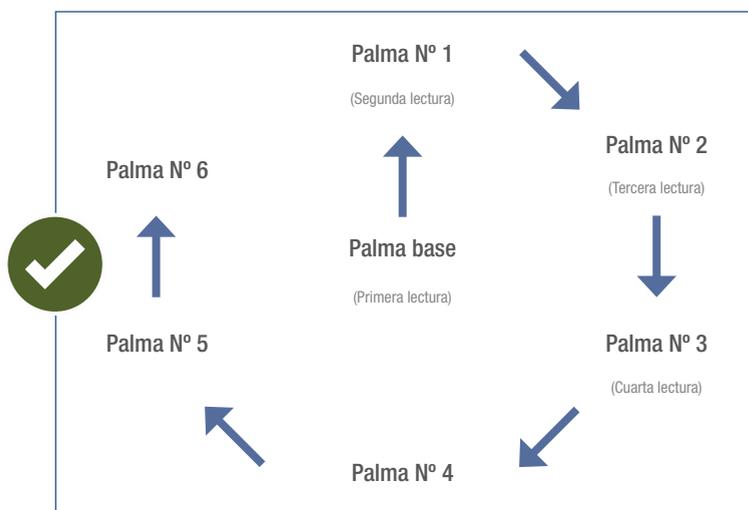


■ Lectura de insectos-plaga en el área foliar de la palma de aceite.

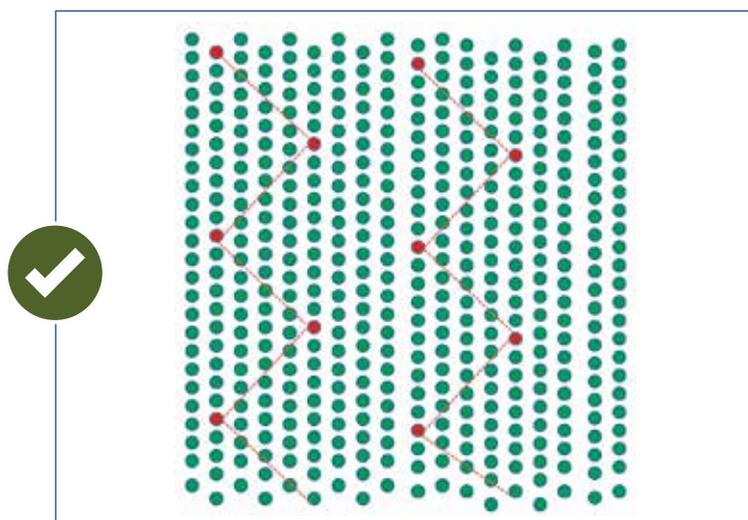
La lectura de plagas defoliadoras se puede realizar en los niveles foliares 9, 17, 25 y/o 33. En palma adulta, el nivel foliar seleccionado para el muestreo depende de los hábitos de la plaga, y del número de generaciones del insecto en el cultivo. En la joven se hace lectura de toda la palma. La mayoría de las plagas defoliadoras inicialmente se encuentran en los niveles inferiores y a medida que pasan de una generación a otra e incrementan la población, afectan las hojas más jóvenes.

## Capítulo 3

### 3.9.2.2.11. Monitoreo frecuente de insectos-plaga



■ Metodología para el muestreo de insectos mediante estaciones fijas.



■ Metodología para el muestreo de insectos-plaga recorriendo el lote en zigzag.

Los monitoreos de insectos se deben realizar mínimo cada 15 días por estaciones fijas o en zigzag. En el primer caso, se evalúa una palma por hectárea, cada 10 líneas y cada 10 palmas, se fija una palma como base de lectura y, a partir de ella, se hace el muestreo en el lote cada vez, cambiando de palma en sentido de las manecillas del reloj. Cuando se realiza en zigzag, se lee una palma cada cuatro líneas y cada 10 palmas, es decir, se examinan tres palmas por hectárea.

### 3.9.2.2.12. Eliminación oportuna y adecuada de palmas afectadas fitosanitariamente



■ Eliminación mecánica de palma con desbrozadora. Fotos: Pérez, P., y Aldana, R.

Las mejores prácticas agrícolas en el cultivo de la palma de aceite se basan en actividades de tipo preventivo. Sin embargo, en ocasiones se debe tomar la decisión oportuna y adecuada de eliminar las palmas afectadas o renovación del cultivo debido a problemas fitosanitarios ocasionados por plagas o enfermedades.

### Capítulo 3

#### 3.9.2.2.13. Reducir la dependencia de aplicación de pesticidas químicos



■ Aplicación de insecticida al plato de la palma. Foto: Fedepalma.



■ Aplicación aérea de insecticidas. Foto: Toro, F.

Mitigar o eliminar la dependencia de aplicación de pesticidas, en especial los de síntesis, evita inconvenientes como generar riesgos contra la vida humana y silvestre, atentar contra la biodiversidad del ecosistema, afectar la fauna benéfica y el uso indiscriminado que causa resistencia de los insectos-plaga a los pesticidas.

### 3.10. Mejores prácticas en el proceso de cosecha, recolección y transporte de fruto de palma de aceite



■ Acopio de racimos cosechados con corte óptimo de pedúnculo disponibles para su alce y transporte a la planta de beneficio. Foto: Villegas.

#### 3.10.1. Importancia del proceso de cosecha en el cultivo de la palma de aceite



■ Foto: Toro, F.

La cosecha de los racimos es la fase final del proceso productivo y es cuando el productor se ve compensado por realizar todo un esfuerzo y aplicación de mejores prácticas agrícolas, desde la misma formación de los primordios florales hasta el momento óptimo del corte del racimo, tiempo que puede tardar hasta 40 meses. La cosecha llega a representar el 18 % de los costos de producción de una tonelada de aceite.

### Capítulo 3

#### 3.10.2. Relación de la formación de aceite y el desprendimiento natural de frutos



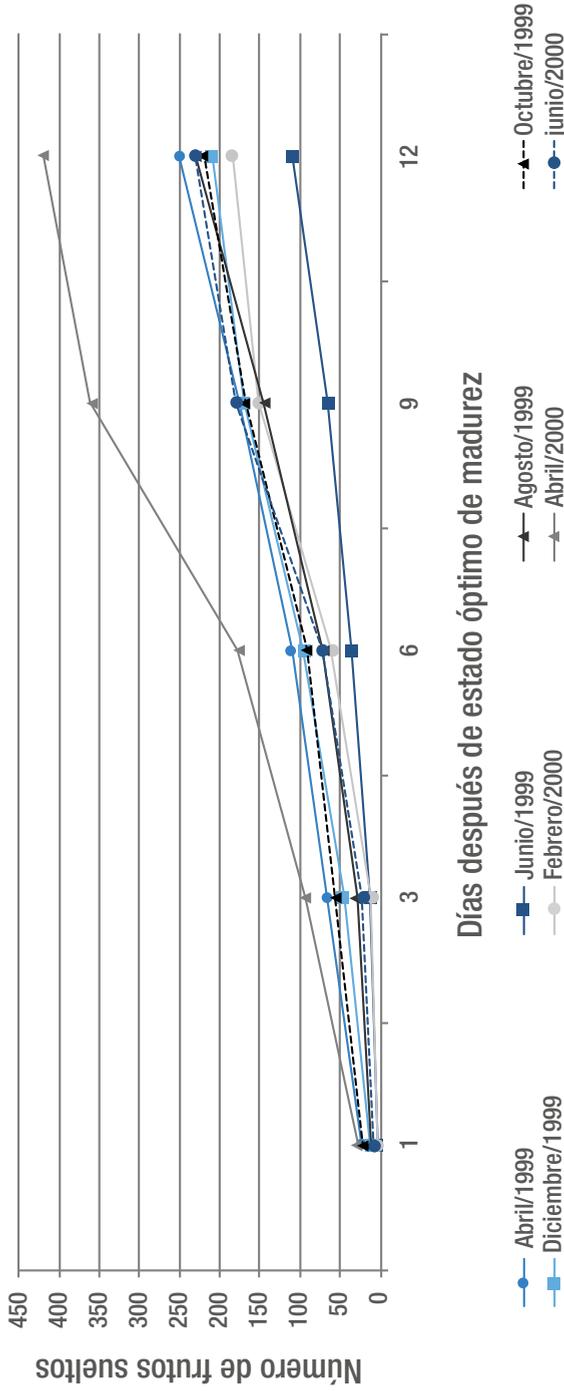
■ Frutos sueltos de *E. guineensis*. Foto: Ospitia, R.



■ Vista interna del fruto de *E. guineensis*. Foto: Ospitia, R.

La formación del fruto comienza con la aparición de los primordios florales en el meristemo. Luego ocurre una fase de diferenciación sexual que tarda hasta 10 meses y, posteriormente, la inflorescencia se predispone para la fecundación, que dura hasta 25 meses. Después sigue la etapa de antesis y fecundación de la inflorescencia femenina y formación del racimo, con una duración aproximada de cinco meses y, una vez formado el aceite en la nuez y en el mesocarpio, se produce el desprendimiento natural de frutos. Es importante estar pendiente de esta etapa en *Elaeis guineensis*, ya que es el momento óptimo para cosechar los racimos. En los híbridos interespecíficos OxG no ocurre el desprendimiento natural, sino un cambio de color y cuarteamiento del fruto.

### 3.10.3. Comportamiento del desprendimiento de frutos después de la maduración del racimo para *Elaeis guineensis*



Cuando ocurre la síntesis de aceite en el fruto, se genera una abscisión o desprendimiento natural del mismo que aumenta a medida que pasa el tiempo. La gráfica muestra que el mayor porcentaje de aceite en planta se obtiene de racimos cosechados cuando comienza el desprendimiento de los primeros frutos, inclusive se puede mejorar hasta dos puntos de extracción, cosechando racimos con más de dos frutos desprendidos, siempre y cuando se recoja la totalidad de frutos sueltos.

3.10.4. Criterios de cosecha



Fruto de material *Elaeis guineensis*.  
Foto: Ospitia, R.



Fruto de material híbrido OxG. Foto: Pérez, P.

Material vegetal	Criterios de cosecha
<i>Elaeis guineensis</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desprendimiento natural de al menos tres frutos por kilogramo del peso del racimo.</li> <li>• Coloración del racimo naranja intenso.</li> </ul>
Híbrido interespecífico OxG*	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Varía según el cultivar híbrido OxG, pero debe ser a partir del estadio fenológico 807.</li> <li>• El desprendimiento natural mínimo para el punto óptimo de cosecha se encuentra entre 7 y 15 frutos desprendidos, varía según el híbrido OxG.</li> <li>• Coloración de los frutos naranja intenso.</li> <li>• Se presenta cuarteamiento de los frutos en algunos cultivares híbridos.</li> </ul>

\* Estas características varían dependiendo del material genético

Existen diferentes criterios de cosecha de racimos que se fijan dependiendo del material vegetal. Sin embargo, un racimo maduro es aquel que ha desprendido frutos en forma natural en materiales *E. guineensis*. En híbrido OxG aún está por definirse con exactitud, ya que actualmente se basa en el desprendimiento natural, cuarteamiento y color del fruto (naranja), debido a la alta variabilidad encontrada en los diferentes materiales OxG.

### 3.10.5. Ciclos de cosecha



Foto: Ospitia, R.

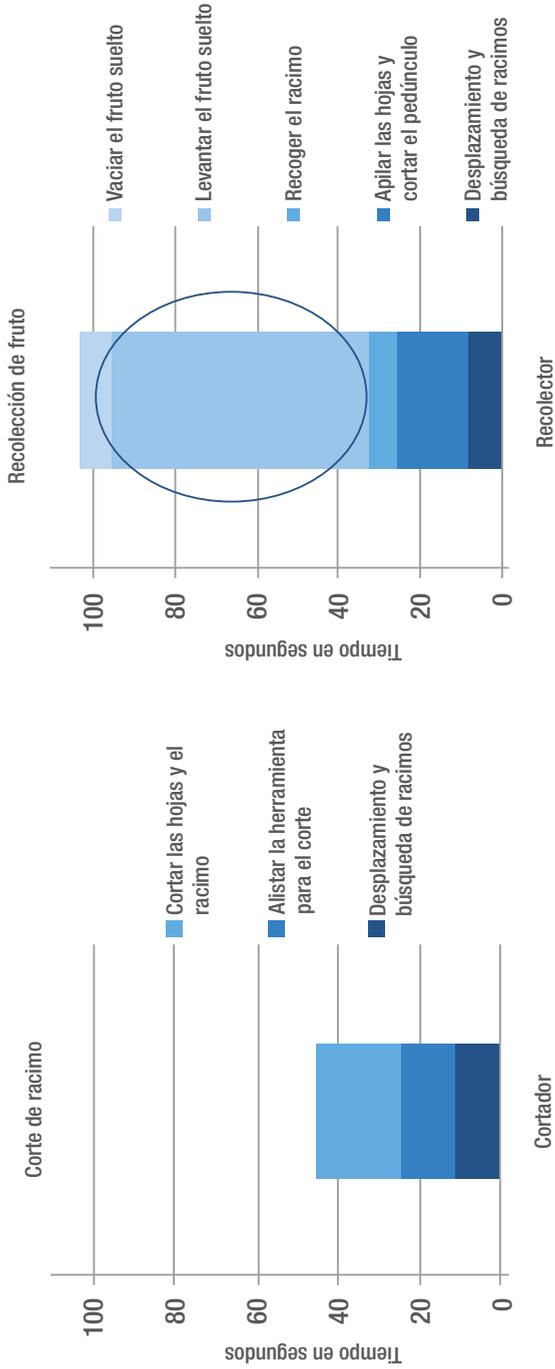


Foto: Fedepalma.

Material vegetal	Rango (días)	Ciclos de cosecha
<i>Elaeis guineensis</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8–12</li> </ul>	<p>Para <i>E. guineensis</i> no se recomienda tener ciclos de cosecha menores a ocho días ya que existe baja cantidad de racimos óptimos en madurez. Se sugiere tener ciclos entre 8 y 12 días, que presentan la mayor cantidad de racimos en óptima maduración. Entre tanto, en ciclos mayores a 12 días, se da un alto número de racimos sobremaduros e inclusive podridos.</p>
Híbrido interespecífico OxG	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 15–22</li> </ul>	<p>En plantaciones con híbridos interespecíficos OxG están definiendo ciclos entre 15 y 22 días para realizar la labor de cosecha. Sin embargo, plantaciones con altas productividades presentan ciclos de cosecha similares a los establecidos para <i>E. guineensis</i>.</p>

El ciclo de cosecha es la frecuencia o intervalo en tiempo que se toma para ejecutar la labor de cosecha de la parcela. Una vez se regula la producción de racimos, se establecen los ciclos de acuerdo con el material, edad de la palma e inclusive el clima.

### 3.10.6. Efecto de un ciclo de cosecha largo en el rendimiento de la mano de obra para el caso *E. guineensis*



Quando se cosechan parcelas en ciclos largos (atrasados), el rendimiento del corte del racimo es mayor que el de la recolección de fruto, creando un desbalance. Al cosechar parcelas en ciclos largos o atrasados se presentan inconvenientes como presencia de racimos sobremaduros y podridos, y mayor cantidad de frutos sueltos en el plato y en las calles, generando pérdidas de frutos sueltos sin recoger y mayor cantidad de impurezas provenientes de la recolección de fruto suelto.

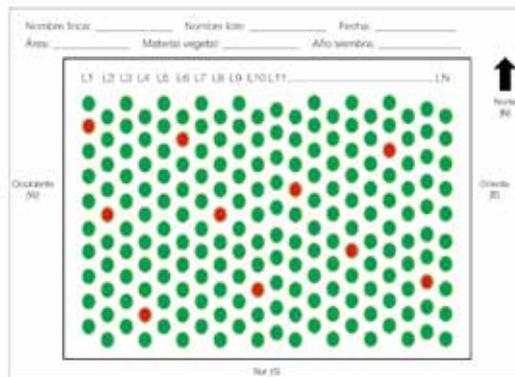
### 3.10.7. Estimativos de producción de racimos de fruta fresca (RFF) en el cultivo de la palma de aceite



■ Acopio de racimos cosechados con corte óptimo de pedúnculo disponibles para su alce y transporte a la planta de beneficio. Foto: Toro, F.

Se recomienda realizar estimativos de producción de racimos de fruta fresca (RFF) cada cuatro o seis meses. Esto permite alistar recursos humanos para la cosecha, transporte, equipos, herramientas y semovientes, así como elaborar presupuestos e inversiones.

#### 3.10.7.1. Cuantificación, recorrido y porcentaje de palmas a observar



Es aconsejable cuantificar las estructuras productivas, inflorescencias femeninas dispuestas a la polinización, número de racimos, inflorescencias masculinas y abortos presentes en la palma de aceite. También, elaborar un croquis del lote, detallando el número de líneas, palmas, vías, drenajes y centros de acopio. El censo se puede hacer al 5 % del total de las palmas del lote, su recorrido en zigzag y, en lo posible, leer siempre las mismas palmas.

## Capítulo 3

### 3.10.7.2. Identificación y registro de estructuras productivas

Plantación:					Responsable:			
Fecha:					Año de siembra:			
Lote:					Material:			
Lectura		Estructuras productivas			Nº inflorescencias masculinas	Cálculo de abortos		
Línea	Palma	Nº inflorescencias femeninas	Nº racimos	Total de estructuras (1)		Nº hoja con racimo más maduro	Nº hoja con inflorescencia o racimo más joven	Nº abortos (2)
Total:					Total:			

Nº: Número

(1): Total estructuras = suma del número de inflorescencias femeninas + número de racimos.

(2): Número de abortos = suma del total de hojas desde la hoja con racimo más maduro hasta la hoja con inflorescencia en antesis o racimo más joven menos (-) la suma del total estructuras + número de inflorescencias masculinas.

■ Fuente: Cenipalma

### 3.10.7.3. Cálculo de estimativo de producción para determinar el potencial productivo de racimos de fruta fresca (RFF)

Plantación:									
Fecha:						Año de siembra:			
Lote	Nº palmas	Nº palmas de la muestra	Nº de inflorescencias masculinas de la muestra	Estructuras productivas de la muestra	Total de estructuras productivas por lote (1)	Peso promedio por racimo	Producción estimada del semestre (t) (2)	Nº de inflorescencias masculinas por lote (3)	Nº abortos por lote (4)

Nº: Número

$$1. \text{ Total estructuras productivas del lote} = \frac{(\text{Nº palmas lote}) \times (\text{Estructuras productivas muestra})}{\text{Nº palmas muestra}}$$

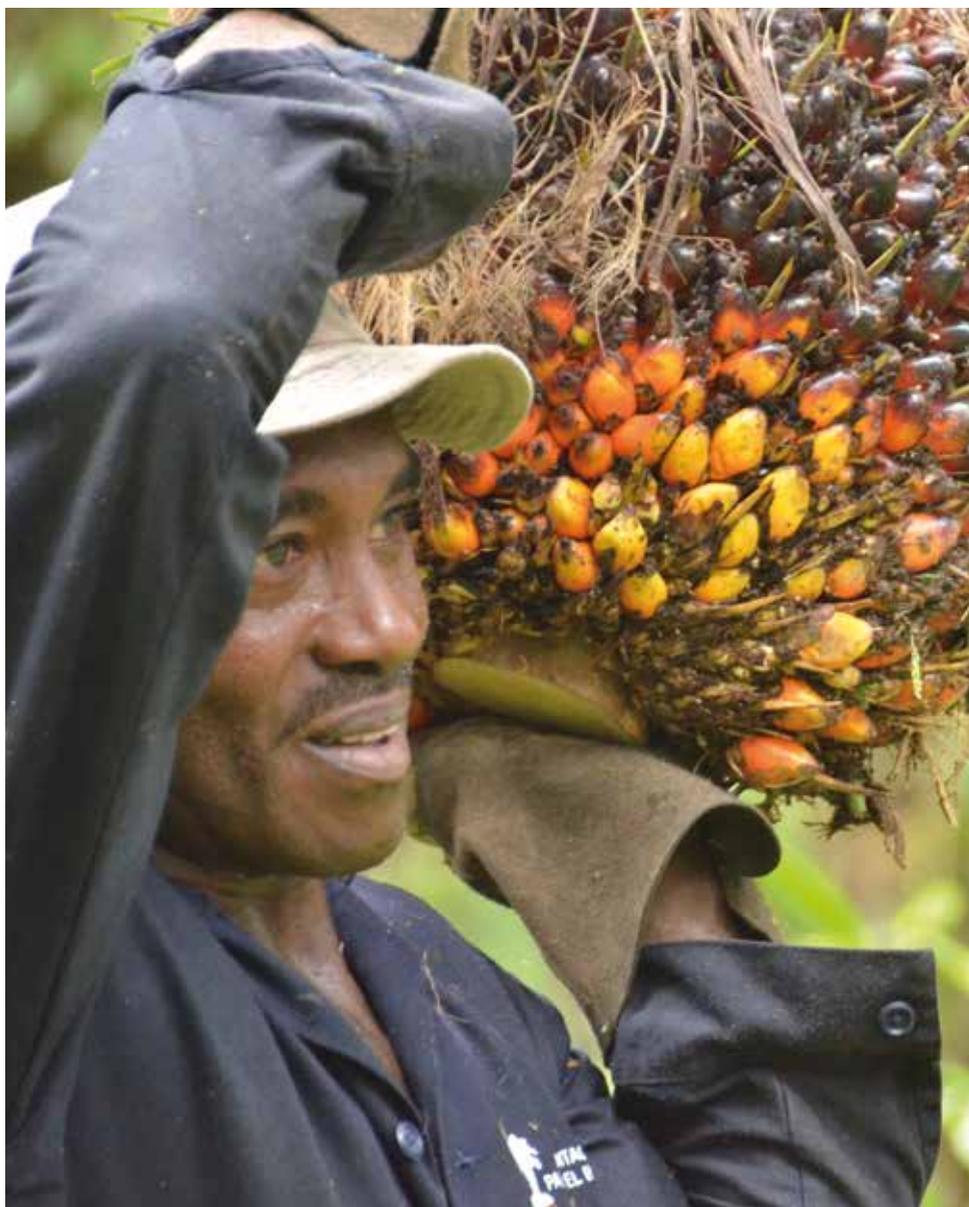
$$2. \text{ Producción estimada del semestre (t RFF)} = \text{Total estructuras productivas lote} \times \text{Peso promedio racimo}$$

$$3. \text{ Nº inflorescencia masculina lote} = \frac{\text{Nº palmas lote} \times \text{Inflorescencias masculinas muestra}}{\text{Nº palmas muestra}}$$

$$4. \text{ Nº abortos} = \frac{\text{Nº palmas lote} \times \text{Nº de abortos muestra}}{\text{Nº palmas muestra}}$$

■ Fuente: Cenipalma

### 3.10.8. Metodología para el proceso de cosecha



■ Cosechero de racimos de palma de aceite. Foto: Fedepalma.

De acuerdo con el estado del ciclo de cosecha del lote próximo a cosechar y la edad de la palma, se debe realizar el respectivo alistamiento de equipos y herramientas necesarias para una óptima labor.

## Capítulo 3

### 3.10.8.1. Alistamiento del equipo de cosecha



■ Foto: Toro, F.

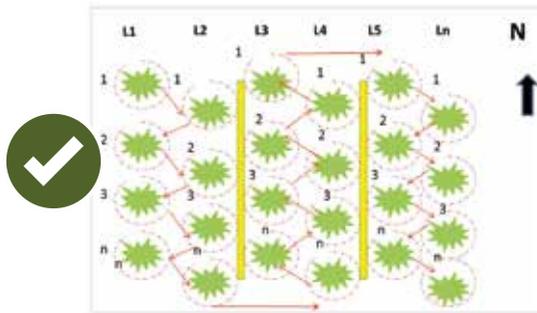
Existen diferentes equipos de cosecha. El más tradicional consta de una carreta y/o carromato halado por un semoviente, y cuenta con los siguientes accesorios: cuchillo malayo, antena, barretón, machetilla y recipientes para recolección de fruto suelto. La cosecha mecánica consta de un tractor con remolque más el equipo humano que ejecuta la labor y, para la recolección del fruto se utiliza un tractor con brazo mecánico. Sin importar el equipo de cosecha que se emplee, todos los operarios deben contar con los elementos de seguridad industrial, ya que es una labor especializada y de cuidado debido al peso de los racimos, las hojas podadas e inclusive el manejo de los semovientes.

### 3.10.8.2. Preparación física y utilización de los elementos de seguridad industrial



El operario encargado de la labor de corte y recolección de fruto debe realizar ejercicios de calentamiento y relajación muscular para minimizar riesgos o lesiones físicas. Es importante contar con un buen estado anímico y psicológico, ya que esto contribuye al desempeño de una labor de calidad y rendimiento.

### 3.10.8.3. Recorrido del equipo de cosecha dentro de la parcela



Se aconseja iniciar el recorrido por la línea N° 1 (L1), palma 1, posteriormente, pasar a la línea N° 2 (L 2), palma 1, de la misma calle de cosecha con orientación norte-sur y, siguiendo un avance en zigzag como lo muestra la gráfica. Una vez finalizada la calle de cosecha, se regresa en sentido sur-norte avanzando en zigzag, dejando de por medio la calle de palera. Este método hace que se visualicen todas las palmas del lote. En ciertas plantaciones el recorrido de cosecha se realiza con orientación oriente-occidente.

### 3.10.8.4. Momento del corte del racimo



Una vez visualizado el racimo en óptima maduración para ser cosechado, el operario se tiene que ubicar en sentido contrario a las hojas o filotaxia, para evitar que la hoja de soporte caiga sobre él al ser cortada. De igual manera, debe haber una distancia prudente entre el sitio de la caída del racimo y el operario. Esta labor es especializada y la deben ejecutar personas competentes y debidamente entrenadas.

### Capítulo 3

#### 3.10.8.5. Alce del racimo y recolección de frutos sueltos



■ Alce de racimos a la carreta y/o carromato. Foto: Toro, F.



■ A. Corte del pedúnculo. B. Recolección de frutos sueltos. Fotos: Pérez, P.

Una vez cosechado el racimo, se corta el pedúnculo y se alza al medio de transporte utilizado, recogiendo la totalidad de los frutos sueltos y libres de impurezas.

### 3.10.8.6. Transporte y descargue de racimos y frutos sueltos a los centros de acopio de la parcela



Alce de racimos al carromato. Foto: Fedepalma.



Racimos dispuestos para su alce. Foto: Zárate, P.

Luego de recoger la totalidad de los racimos y frutos sueltos, se trasladan al centro de acopio de la parcela acomodándolos para su respectiva evaluación de calidad de fruto y posterior alce y transporte a la planta de beneficio.

### Capítulo 3

#### 3.10.8.7. Tipos de transporte para evacuar los racimos y frutos dentro de la parcela al centro de acopio



■ A. Angarilla. B. Carromato. C. Cablevía. D. Tractor con volteo hidráulico. Fotos: Ospitia, R., Toro, F., y Pérez, P.

### 3.10.8.8. Comparación de rendimientos de mano de obra en el proceso de cosecha, recolección y transporte de fruto dentro de la parcela



Alce de racimos con mallas y brazo hidráulico. Foto: Fedepalma.



Alce y transporte de racimos con cablevía. Foto: Fedepalma.

#### Comparación de rendimientos por sistemas de cosecha\*

Rendimiento	Tractor t/RFF/Jornal)	Alce manual (t/RFF/ Jornal)	Mallas (t/RFF/ Jornal)	Cablevía (t/RFF/Jornal)
Menor	0,9	1,7	1,7	1,7
Mayor	1,7	1,9	1,8	2

\* Nota: se compararon cuatro sistemas de cosecha con tractor; tres con alce manual; tres con mallas y; cuatro con cablevía. En todos los casos se considera una densidad de cosecha del 20 %.

■ Fuente: Fontanilla *et al.*, (2010)

### Capítulo 3

#### 3.10.8.9. Alce y transporte de racimos para la planta de beneficio



■ A. Alce manual. B. Alce mecánico (grúa). C. Transporte en vehículo (Volqueta). D. Transporte en contenedores. Fotos: Toro, F., y Ospitia, R.

### 3.10.8.10. Conformación de equipos de trabajo para cosecha mecánica con tractor y remolque hidráulico



■ Alce mecánico de racimos. Foto: Pérez, P.

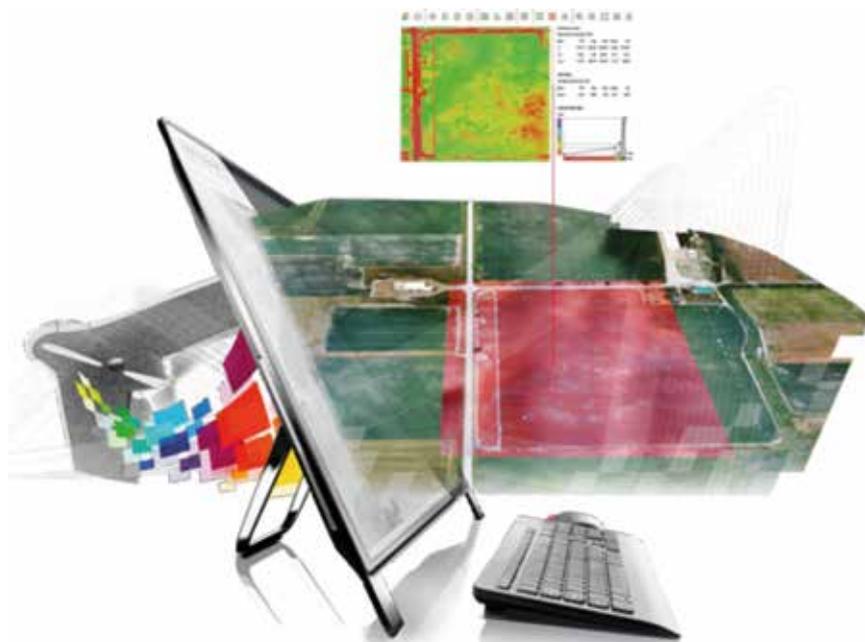
Puesto de trabajo	Descripción	Número de operarios, según empresa	
		A	B
Cortador	Corta los racimos de la palma.	5	4
Tractorista	Conduce el tractor para la recolección de fruto en campo.	1	1
Alistador	Corta los pedúnculos de los RFF, apila las hojas cortadas y recoge el fruto.	5	2
Pepero	Recoge el fruto suelto.	0	4
Racimero	Recoge solo los RFF.	2	2
Total operarios		13	13

■ Fuente: Fontanilla *et al.* (2010).

Es importante tener en cuenta la manera de disponer los puestos de trabajo y de diseñar los procesos. Como ejemplo, se presentan dos plantaciones que para la cosecha y recolección utilizan 13 operarios y tractores de 25 HP acoplados a remolques hidráulicos, estos últimos con capacidad de 1,5 t. Es decir, los costos por mano de obra y equipos son similares. Sin embargo, en la plantación A se logra un rendimiento de 1,5 t/RFF/jornal; en tanto que en la plantación B se alcanzan 0,9 t/RFF/jornal. En ambos casos la densidad de cosecha fue del 20 %, es decir, había la misma cantidad de fruto en campo (Fontanilla *et al.*, 2010).

### 3.11. Mejores prácticas agronómicas asociadas a una agricultura de precisión

La geomática, entendida como el estudio de la superficie terrestre y sus fenómenos a través de la informática, se utiliza para obtener mejores rendimientos potenciales del cultivo de la palma de aceite, y para ello se basa en disciplinas como la teledetección, el estudio del clima, los sistemas de información geográfica (SIG) y la agricultura por sitio específico y precisión.



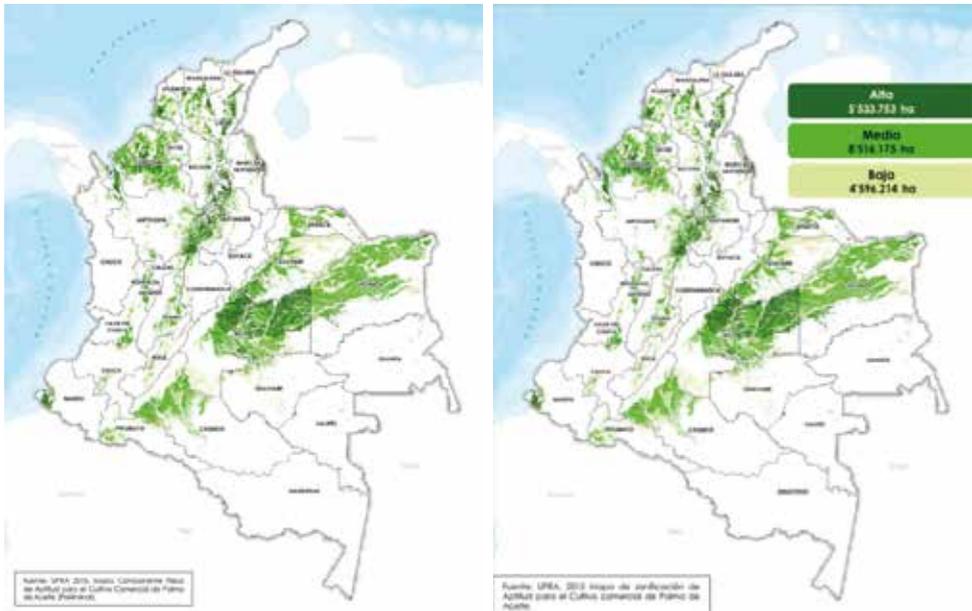
Por lo anterior, Cenipalma busca desarrollar, adaptar e implementar herramientas geomáticas que permitan el desarrollo de prácticas agronómicas requeridas por la palma de aceite, de acuerdo con las condiciones espaciales y temporales del sitio donde se cultiva, para obtener de ella su rendimiento potencial.

Las mejores prácticas agrícolas consisten en hacer bien las cosas y dar garantías y evidencias de ello. Las buenas prácticas agrícolas (BPA) son un conjunto de actividades que buscan producir bienes agrícolas con un excelente rendimiento y de forma amigable con el medioambiente, teniendo consideración tanto con la salud de los trabajadores como de las personas que los consumen.

A continuación se desarrollarán recomendaciones claves desde un punto de vista agronómico, que se deben tener en cuenta al asociar la agricultura de precisión con las buenas prácticas agrícolas en una plantación:

### 3.11.1. Selección del sitio apto y realización del inventario cartográfico

La selección del sitio se debe realizar teniendo en cuenta su aptitud para alojar un cultivo. La zonificación de la aptitud del cultivo de palma es un elemento importante para establecer el cultivo en un lugar rentable, con todas las condiciones edafoclimáticas (suelo y clima) necesarias para su correcto desarrollo y productividad. El Área de Geomática de Genipalma cuenta con las herramientas para desarrollar modelos de generación de mapas de zonificación de la aptitud de cultivos de palma de aceite, inicialmente a una escala 1:100.000, un trabajo desarrollado por la Unidad de Planificación Rural y Agropecuaria (UPRA) del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) con el apoyo de Genipalma.



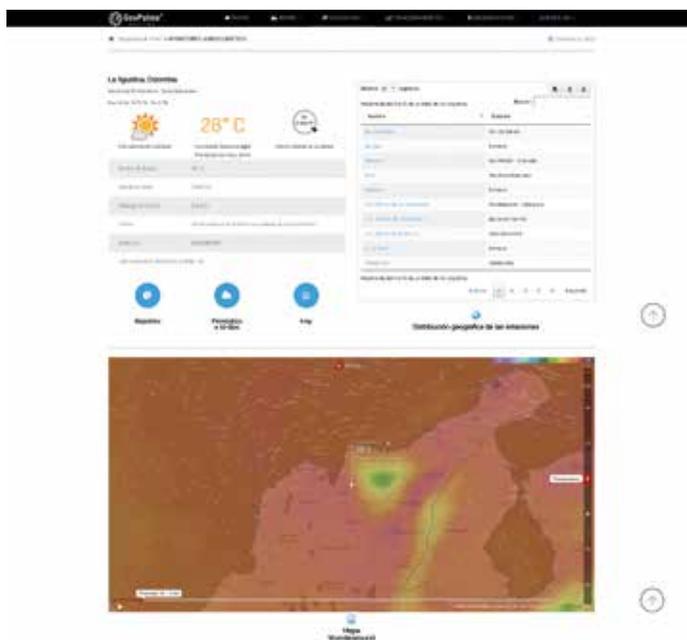
■ Mapas de aptitud para la palma de aceite. Fuente: Unidad de Planificación Rural Agropecuaria, UPRA.

### Capítulo 3

Estos estudios de aptitud permiten tomar mejores decisiones al establecer el cultivo, pues para definir las siembras se deben respetar las rondas de los cuerpos de agua, zonas de reserva natural o de conservación. También se tienen en cuenta condiciones óptimas para el cultivo: temperatura, precipitación, profundidad del suelo, altura sobre el nivel del mar, pendientes del terreno, entre otras.

Si bien la escala 1:100.000 es indicativa, se recomienda realizar estudios de aptitud a escalas más detalladas como 1:25.000 o 1:10.000 para caracterizar de mejor manera el sitio de establecimiento del cultivo.

El clima es uno de los factores más influyentes en el desarrollo y sostenibilidad del cultivo, por lo que la caracterización agroclimática es definitiva para la determinación de acciones y toma de decisiones sobre el manejo y tratamientos a implementar para mejorar la productividad. La Extensión de Monitoreo Agroclimático (XMAC), desarrollada por Cenipalma, integrada a la plataforma del Geoportal Palmero (<http://geoportal.cenipalma.org/>) es una herramienta que permite recopilar, integrar y administrar los registros de la red de estaciones meteorológicas del sector palmero y colaboradores, generando así apoyo y respaldo a la gestión de los datos de manejo agronómico de las plantaciones. Esta red recopila datos de variables ambientales como temperatura, humedad relativa, radiación UV, dirección y velocidad del viento, radiación solar, entre otros, información relevante para conocer las características climáticas de las zonas donde hay plantaciones de palma de aceite.



■ Módulo agroclimático de Geopalma. Fuente: Cenipalma.

Esta aplicación también permite realizar cálculos de balance hídrico, permitiendo actuar con anticipación por medio de pronósticos, ante eventos adversos para el cultivo.

Durante el establecimiento del sitio y su desarrollo, se debe hacer un inventario espacial del cultivo mediante cartografía, basada en imágenes de satélite, aéreas y dispositivos GPS (Global Positioning System). Actualmente, los teléfonos inteligentes cuentan con antenas GPS que permiten utilizar aplicaciones para georreferenciar componentes del cultivo. La precisión de estos dispositivos es suficiente para la mayoría de las labores en palma de aceite, pero si se requiere menor error en ubicación, es necesario emplear equipos topográficos profesionales.



■ Guía metodológica empleada para la captura y estructuración de información geográfica y ejemplo de GPS utilizado en cartografía. Fuente: <https://www.garmin.com>

Con la cartografía del sitio y datos agronómicos captados del cultivo, es posible integrar esta información por medio de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). El SIG Geopalma Plantación®, *software* modular que permite manejar grandes cantidades de datos agronómicos obtenidos desde campo u otra fuente, conectándolos con referencias geográficas y representados en forma de mapas temáticos digitales, tablas e informes alfanuméricos. Esto facilita el paso de lo análogo a lo digital, centralizado y con seguridad informática. Algunos de sus módulos son: catastro, fitosanidad y mantenimiento (planeación y seguimiento de labores).



■ Módulos de Geopalma Plantación® - Cenipalma.

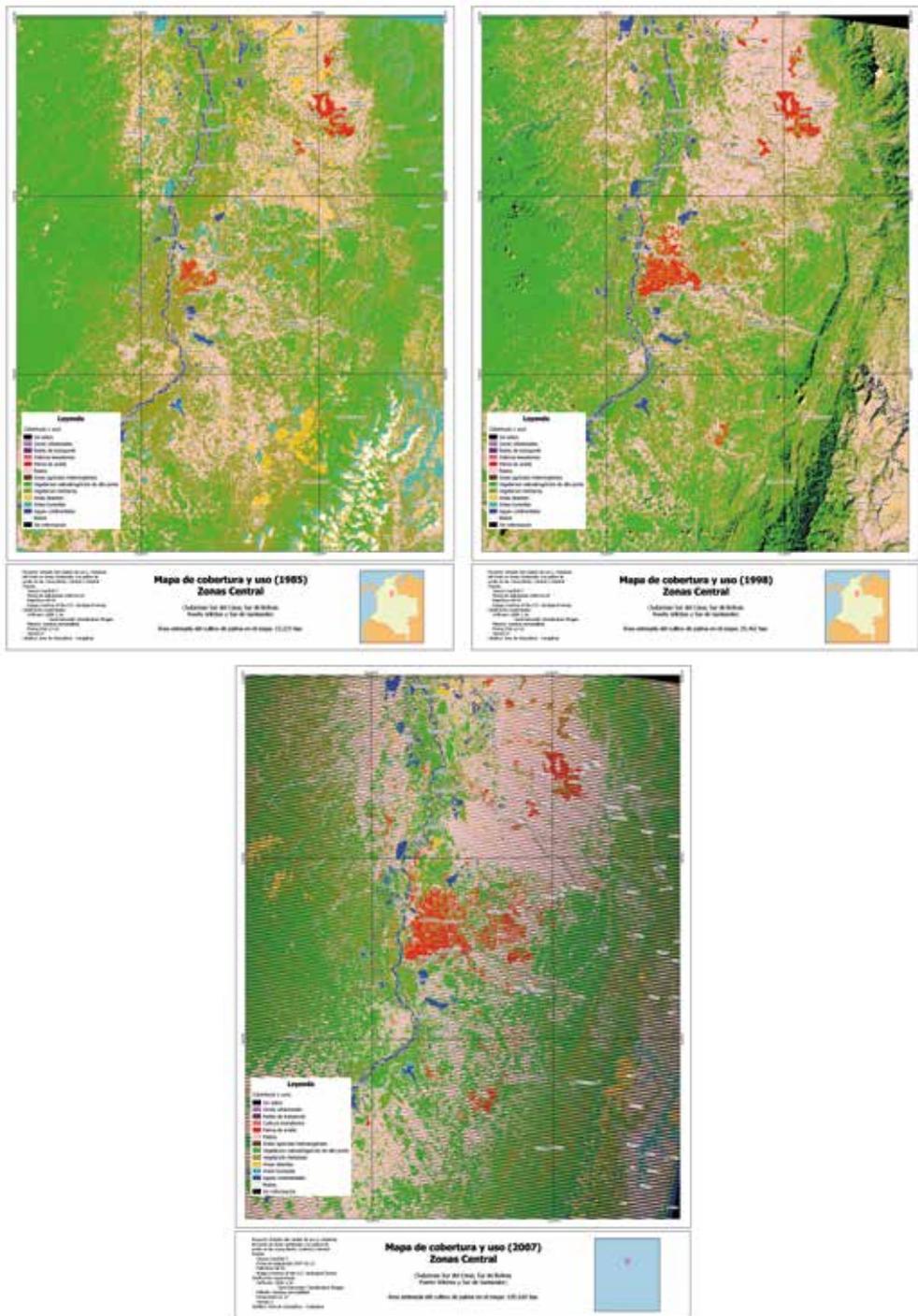
A nivel comercial existen varios sistemas de información para la gestión de datos y que incorporan el componente espacial. Elegir cuál es el mejor dependerá de los intereses del usuario y de la dinámica misma que tenga el flujo de información en la plantación.

La sistematización de la información de las actividades y fases agronómicas del cultivo de la palma de aceite permite mejorar la planeación y desarrollo de procedimientos para hacer de la palmicultura un negocio productivo y rentable, conservando y protegiendo el medioambiente.

### 3.11.2. Importancia de la historia del lugar a cultivar

Es importante saber qué se ha sembrado antes en la finca, qué uso tenía la tierra, cuáles productos químicos se han utilizado, cuáles plagas, enfermedades y malezas están presentes en la zona. Conocer la historia del cultivo evita repetir prácticas con malas experiencias para el negocio.

Cenipalma desarrolla estudios geográficos multitemporales que identifican cómo ha sido el cambio histórico del uso y cobertura del suelo durante periodos determinados y así analizar la afectación sobre otras coberturas, ya sean naturales o transformadas.



■ Cambio en la cobertura del suelo. Fuente: Elaboración Rincón, V.

### 3.11.3. Implementación del sistema de trazabilidad del cultivo

Los registros ayudan a medir y hacer seguimiento a las actividades de la plantación, y permiten conocer si esta es productiva/rentable. El establecimiento de identificadores por cada elemento de plantación, llegando hasta la unidad biológica mapeable como la palma (bloque, lote, palma), permite asociar directamente información relevante de la misma a su representación geográfica dentro de la base de datos, a través de códigos QR (*Quick Response*), que ayudan al palmicultor a marcar inequívocamente cada palma, y a capturar a través de formularios electrónicos en dispositivos móviles sus características ante cualquier requerimiento (enfermedad, plaga, labor, medidas vegetativas), entre otras.

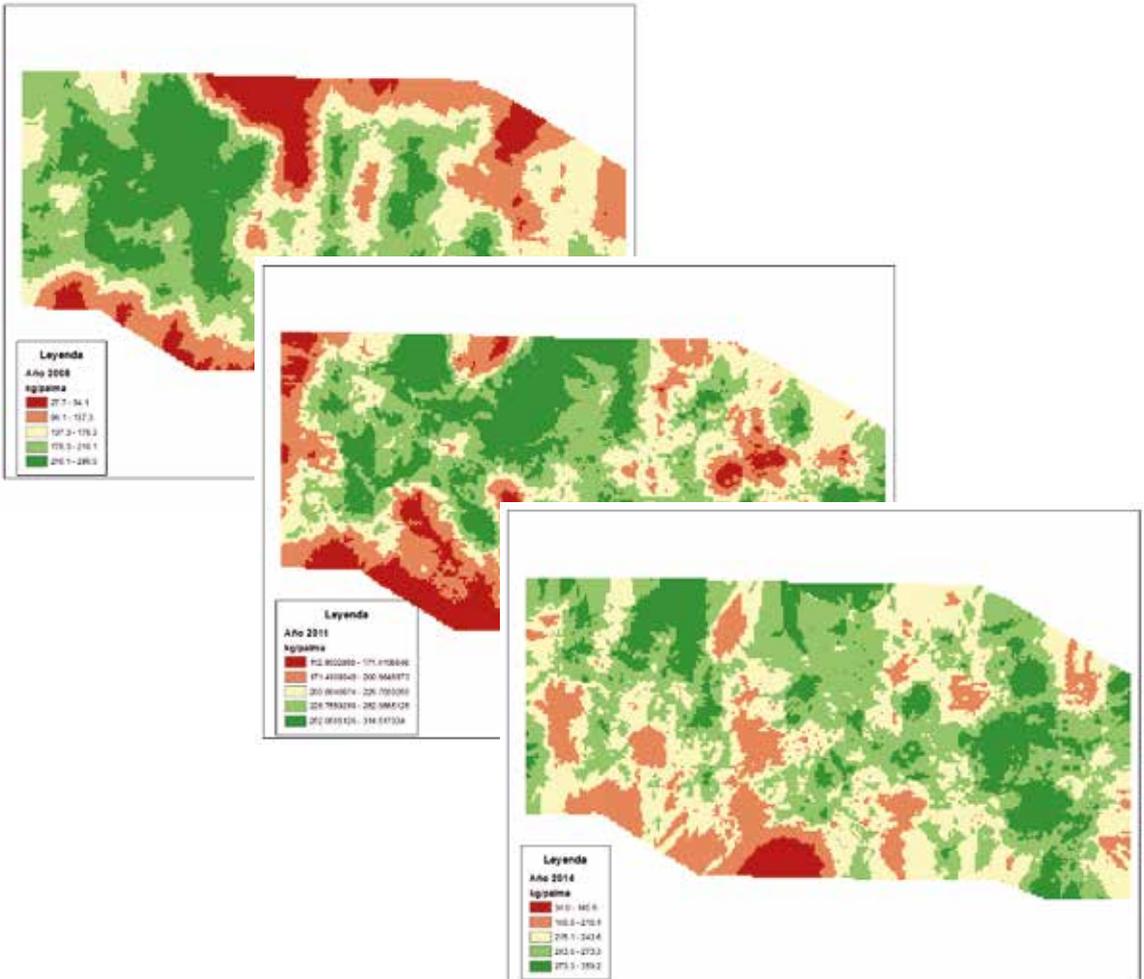


■ Trazabilidad: Identificación de palmas con códigos QR.

Cenipalma ha desarrollado un método de marcación basado en QR para reconocer cada palma en particular. La identificación en campo de las palmas es una condición importante, principalmente para actividades como las de manejo fitosanitario que requieren identificar unívocamente a cada individuo. Una confusión en este sentido podría traer pérdidas para el palmicultor, si por ejemplo se decide erradicar la palma incorrecta; por lo tanto, el uso de dispositivos GPS de baja precisión no es viable en estos casos.

El SIG Geopalma Plantación® permite llevar una hoja de vida por cada palma, persistiendo en una base de datos geográfica y conectándola con su código QR en campo por medio de un identificador único a nivel nacional, generado por Cenipalma. Es el mismo caso para la plantación, lote y demás componentes que hacen parte del catastro palmero. Si un palmicultor quisiera saber en tiempo real la historia de una palma específica, puede hacerlo ingresando al módulo QR de Geopalma Núcleo.

Los mapas de cosecha o de producción histórica también son una herramienta muy importante para hacer seguimiento del comportamiento de un lote en el tiempo. Cenipalma ha implementado una metodología de registro de número de racimos cosechados por palma en tiempo real, a través de dispositivos electrónicos. El análisis de estos datos compilados durante periodos determinados ayuda a elaborar mapas interpolados que muestran zonas de producción altas y bajas, que luego le permitirán al agrónomo encargado establecer causas de una eventual variabilidad. A través de los SIG, se pueden también sobreponer capas, por ejemplo, la de textura de suelos con el análisis químico del mismo, a través de los que se evidencia la relación entre producción de racimos y condiciones endógenas o exógenas que afectan el rendimiento del cultivo.

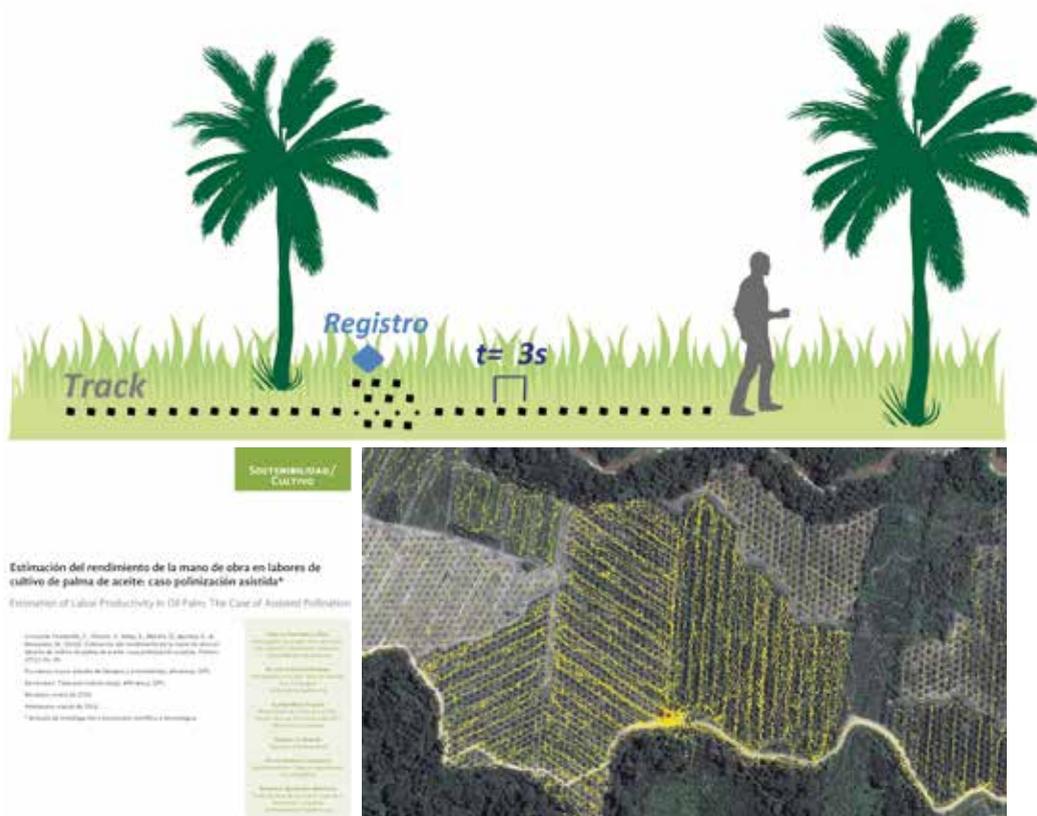


■ Variabilidad espacial de la producción de racimos. Fuente: Rincón, V.

### Capítulo 3

Entre otras utilidades que ofrece la implementación de la agricultura por sitio específico y de precisión para el adecuado manejo del cultivo de palma de aceite, se tienen la identificación y seguimiento de los recorridos que realiza el personal de campo en la ejecución de las labores diarias propias de la plantación. Esto permite evaluar la eficiencia en las programaciones de las cuadrillas de personal, proponer los planes de mejora que se requieran y facilitar la toma de decisiones pertinentes para la optimización de los procesos.

Al conocer los recorridos del personal para realizar labores en campo, Cenipalma también ha adelantado estudios de tiempos y movimientos para determinar las duraciones reales de ciertas labores como fertilización, polinización, cosecha, control fitosanitario y transporte del fruto a plantas de beneficio, entre otras. Esto ayuda a establecer una línea base para el estudio de temas tan importantes como la definición de tarifas justas por labor que sean beneficiosas tanto para el empleador como para el trabajador, y que, a su vez permita la construcción de un modelo operativo enfocado hacia el mejoramiento y sostenibilidad de la producción.

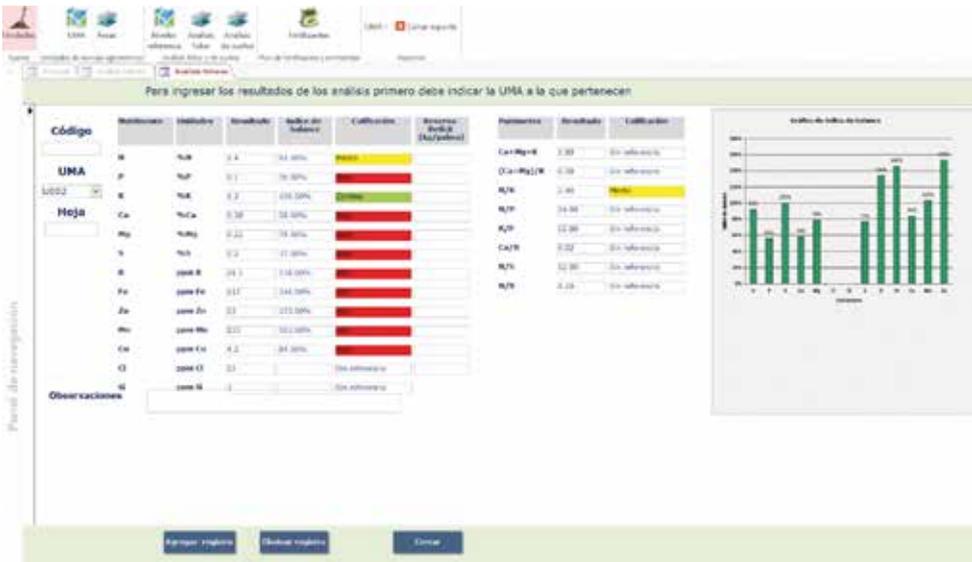


■ Estudio de tiempos y movimientos de labores en el cultivo. Fuente: Mariño, D.

### 3.11.4. Estado de los nutrientes en el cultivo

Una buena práctica es seguir las recomendaciones de los técnicos en cuanto a la dosis y método de aplicación de fertilizantes que repotencien el cultivo y evite la minería de suelos. Es recomendable realizar análisis de suelo y foliares para establecer un programa adecuado y que responda a las condiciones del sitio específico.

El módulo de nutrición de Geopalma Plantación® está orientado a dar soporte a los planes de fertilización de las plantaciones y a persistir en el registro de los análisis foliares y de suelo que se lleven a cabo.

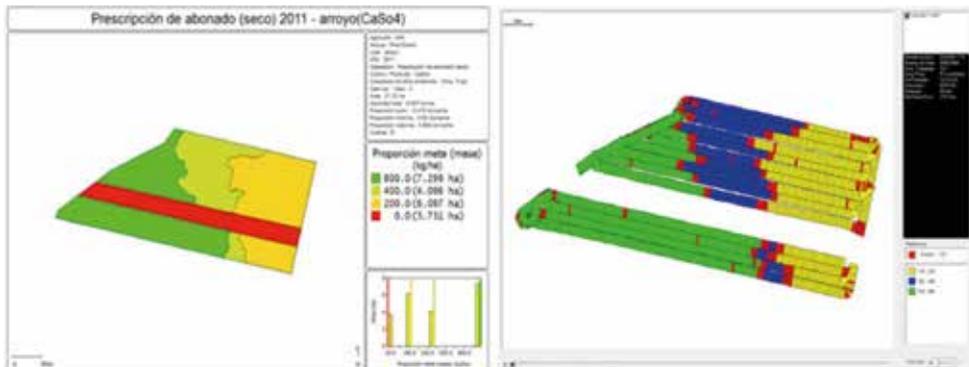


■ Módulo de nutrición de Geopalma Plantación®.

La discriminación de zonas de manejo homogéneas intralote conocidas como UMA (Unidades de Manejo Agronómico), permite especializar y agregar áreas con características similares de suelo, material, edad de siembra y disponibilidad de humedad. Esto favorece la eficiencia de la fertilización trayendo consigo disminución de costos y habilitándola con tasa variable cuando se combina con mapas históricos de cosecha.

En plantaciones de palma de aceite con topografía adecuada, podrán utilizar mecanización de precisión para aplicar fertilización con tasa variable, basándose previamente en mapas de prescripción introducidos en la máquina. Cenipalma está trabajando en métodos de fertilización con tasa variable basada en la UMA, que permitan optimizar el uso de fertilizantes químicos y nutrir la planta con la cantidad que requiera, en el momento y sitios adecuados.

### Capítulo 3



■ Uso de maquinaria de precisión para aplicación de fertilizante.

### 3.11.5. Detección oportuna de disturbios en el cultivo

Es necesario hacer una detección oportuna de amenazas como estrés hídrico, propagación de plagas y de enfermedades como PC, ML o PBE, que se puedan presentar en el cultivo y que afecten drásticamente su productividad. Así como también con la vigilancia de umbrales de poblaciones de plagas que puedan tener una explosión epidémica que acabe con el cultivo a corto plazo.

La agricultura de precisión va más allá de tener datos georreferenciados para actuar eficientemente. Hace falta contar con sistemas de análisis espacial para explotar todo su potencial como los geoprocesos incluidos en los SIG, interpolaciones y patrones puntuales que permiten tomar decisiones fundamentadas. También hace uso de técnicas de teledetección que facilitan la observación de una plantación a nivel general, zonal o por palma para analizar fenómenos o problemas que limitan la producción.

Cenipalma emplea la teledetección de disturbios como una herramienta de reconocimiento temprano de problemas asociados a plagas, enfermedades y estrés hídrico, utilizando sensores multispectrales montados sobre plataformas aéreas no tripuladas (RPAS, por su sigla en inglés). Esto permite conocer con gran precisión los sitios donde se está presentando el mayor número de casos (focos) y dirigir el equipo humano técnico mitigante con mayor prontitud y efectividad.

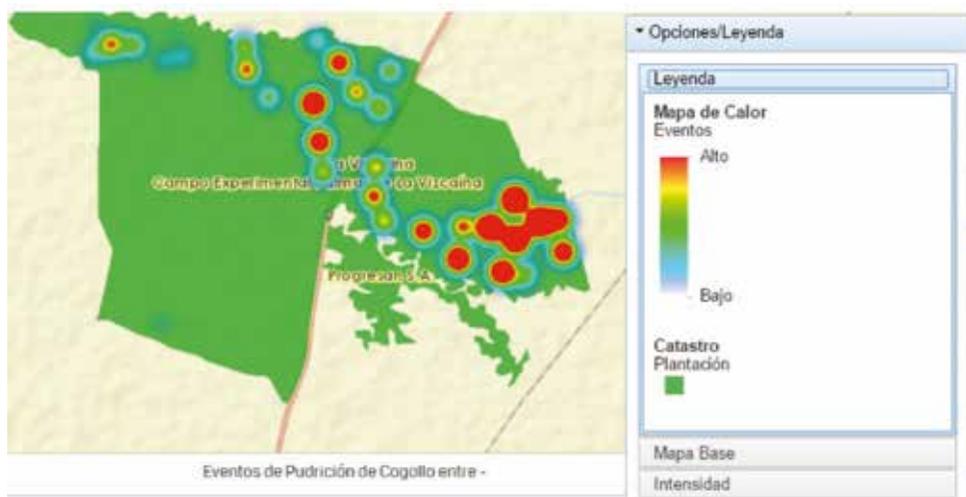


■ Vehículo aéreo no tripulado con sensor multispectral. Fotos: Molina, A., Zabala, A., y Rincón, V.

### Capítulo 3

Además de las tasas de desarrollo e incidencias en el cultivo, el reconocimiento de focos de plagas y enfermedades usando mapas agrega el componente espacial al estudio de estos fenómenos, permitiéndole al palmicultor emplear herramientas de control biológico o pesticidas químicos localizados y fraccionados, lo que también ayuda en la reducción de la huella o impacto ambiental del cultivo.

Cabe mencionar que la teledetección aplicada al cultivo de palma de aceite es una tecnología que está aún en adaptación, por lo tanto tiene límites en cuanto a los estudios que respaldan su uso a nivel comercial. Adicionalmente el procesamiento requiere experticia en el recurso humano.



- Focos de una enfermedad especializada. Fuente: Cenipalma - Sistemas de Información Geográfica.





## Autores

*Jesús Alberto García Núñez*

*Nidia Elizabeth Ramírez Contreras*

*Silvia Liliana Cala Amaya*

*César Augusto Díaz Rangel*

*Íngrid Lilliana Cortés Barrero*

*Kennyher Caballero Blanco*

*Juan Camilo Barrera Hernández*

*Anderson Guerrero Sánchez*

*Cristhian Peña Mejía*

# Capítulo

# 4

Mejores prácticas en  
plantas de beneficio





## 4.1. Materia prima



■ Racimos de palma de aceite en la planta de beneficio. Foto: Cala, S.

Una planta de beneficio se dimensiona con el área sembrada, la proyección de siembras y la producción de racimos de fruto del cultivo que ingresarán a la planta. Con base en esto, se selecciona el tipo de equipos y la capacidad de los mismos para el procesamiento del fruto, teniendo en cuenta el material a procesar (*Elaeis guineensis* o híbrido interespecífico OxG).

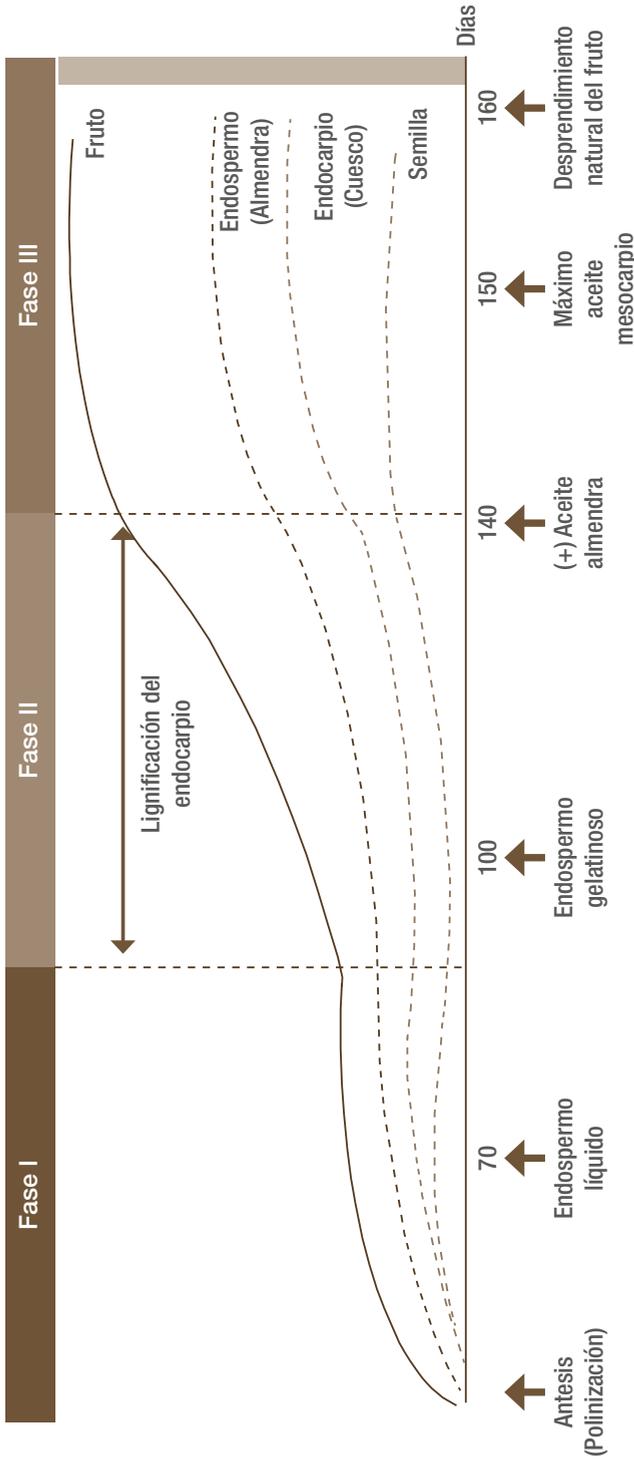
### 4.1.1. Descripción del fruto



■ Frutos de *Elaeis guineensis*. Foto: Ospitia, R.

Según Corley y Gray (1982), el fruto es una drupa sésil, compuesta por el pericarpio o cáscara, el mesocarpio o pulpa, el endocarpio o cuesco y el endospermo o almendra, el espesor de la pulpa varía entre 2 y 10 mm y contiene de 45 a 50 % de su peso fresco de aceite, y 15 a 20 % de fibras celulósicas, azúcares y sales liofilizadas.

### 4.1.2. Crecimiento del fruto y formación del aceite



■ Fuente: Corley y Gray (1982); Hartley (1988).

De acuerdo con Corley y Gray (1982), y Hartley (1988), después de la polinización inicia el crecimiento del fruto en un tiempo aproximado de 150-160 días, periodo necesario para la formación de aceite en el fruto, y luego ocurre la abscisión o desprendimiento del fruto en forma natural en *E. guineensis*, lo que es posible tomar como indicador de criterio de cosecha. Por lo anterior, en *E. guineensis* es importante esperar hasta el desprendimiento natural de frutos, ya que en los últimos días es cuando se sintetiza la mayor cantidad de aceite en el mesocarpio.

### 4.1.3. Criterios de calidad de los racimos en tolva



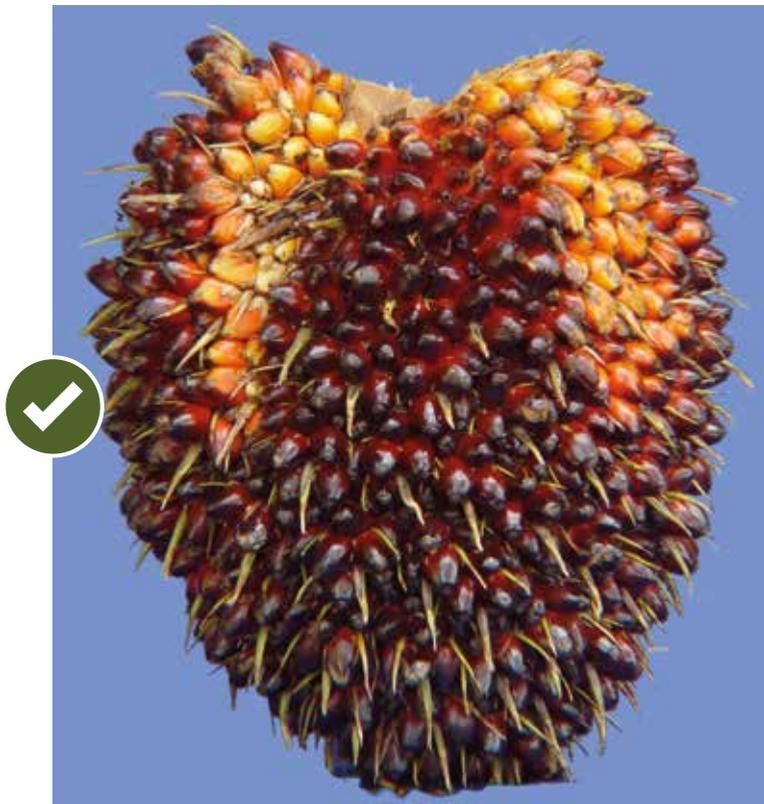
■ Evaluación de racimos en tolva. Foto: Toro, F.

Una vez cosechados los racimos de fruta fresca, se deben transportar hasta la planta de beneficio en menos de 24 horas para conservar su calidad. Durante la recepción de la fruta en tolva se realiza la inspección visual de los racimos usando pautas y procedimientos propios de cada planta de beneficio. Como orientación al proceso se proponen los siguientes criterios: racimo maduro (óptima condición), racimo verde, racimo sobremaduro, racimo podrido y racimo con pedúnculo largo.

## Capítulo 4

### 4.1.4. Parámetros de calidad de los racimos en tolva para *Elaeis guineensis*

Racimo maduro



■ Racimo maduro. Foto: Ospitia, R.

#### Características físicas

- Culminó completamente su crecimiento de fruto y formación de aceite.
- Fue cosechado cuando se presentó el desprendimiento de fruto de forma natural.

#### Conveniencia

- La formación y acumulación de aceite en el fruto es del 100 %.
- Facilita su proceso de beneficio.
- Se obtiene el grado de acidez requerido.
- Es el tipo de parámetro óptimo para procesar.

## Racimo verde



■ Racimo verde. Foto: Pérez, P.

### Características físicas

- Es aquel que fue cosechado sin presentar desprendimiento natural de frutos.
- Aún no culmina su etapa de crecimiento de fruto y síntesis del aceite.
- Se observan frutos de color negro o violeta oscuro.

### Inconveniencia

- Al cosecharlo en este estado, se interrumpe el proceso de la formación de aceite en el fruto y su potencial de extracción podría ser menor a 15 %.
- Se dificulta su proceso de manejo y se generan reducciones de capacidad asociadas al reproceso de estos racimos, causando pérdidas económicas y retrasos.

## Racimo sobremaduro



■ Racimo sobremaduro. Foto: Pérez, P.

### Características físicas

- Fue cosechado de manera tardía o en ciclo de cosecha atrasado.
- Sus frutos se desprenden con gran facilidad, (superior a 50 % de los frutos del racimo).

### Inconveniencia

- Aumenta el grado de acidez del aceite.
- Disminuye el rendimiento en el proceso de cosecha.
- Baja la tasa de extracción de aceite, en la medida que no se recoge el 100 % de frutos en campo.

## Racimo podrido



■ Racimo podrido. Foto: Pérez, P.

### Características físicas

- Fue cosechado en ciclo de cosecha muy atrasado.
- Se observa un desprendimiento de frutos superior al 80 % en el racimo.
- Su olor es fétido.
- El pedúnculo presenta una consistencia blanda, fibrosa y de tonalidad oscura.

### Inconveniencia

- Se evidencian mayores pérdidas de aceite de palma durante el proceso de extracción y, en especial, se aumenta la pérdida de aceite en tusa y condensados.
- Se afecta la calidad del aceite de palma extraído, ya que aumenta el contenido de ácidos grasos libres (AGL), presencia de peróxidos, fijación del color y olor desagradable.

## Racimo con pedúnculo largo



■ Racimo con pedúnculo largo. Foto: Toro, F.

### Características físicas

- Una vez cosechado el racimo, se observa que conserva más de 1 cm de pedúnculo por encima de los hombros o superficie basal.

### Inconveniencia

- Baja el porcentaje de extracción de aceite ya que este se impregna en el pedúnculo, en la fase de esterilización en la planta de beneficio.

#### 4.1.5. Acumulación de pérdidas de aceite en campo (Aceite/RFF): Caso plantaciones Zona Central - Colombia



■ Frutos sueltos sin recoger. Foto: Pérez, P.

Sitios / Variables	Comparativo entre plantaciones con pérdidas de aceite (%Ac/RFF)				
	A	B	C	D	E
Plato	0,13	0,36	0,14	0,28	0,31
Entrelínea	0,08	0,21	0,17	0,11	0,22
Bases	0,01	0,04	0,02	0,03	0,02
Corona	0,02	0,06	0,04	0,03	0,03
Centro de acopio	0,04	0,02	0,01	0,07	0,02
Total	0,27	0,68	0,37	0,53	0,59

■ Fuente: Cenipalma

La labor de cosecha y recolección del fruto es la última fase del proceso productivo en campo. Desde la aparición de los primordios florales hasta cuando se cosecha el racimo han transcurrido aproximadamente tres años de muchos esfuerzos económicos y técnicos, que se pueden perder por no realizar un proceso óptimo y oportuno de cosecha de racimos frescos y, en especial, de la no recolección del fruto suelto que, en la mayoría de los casos se queda en el plato de la palma, entrelíneas, bases peciolares, corona, plataformas o centros de acopio, generando bajos porcentajes de extracción de aceite, ocasionando pérdidas económicas, como lo muestra la tabla anterior.

## Capítulo 4

### 4.1.6. Potencial de aceite calculado por calidad de fruto: caso Zona Central, Colombia

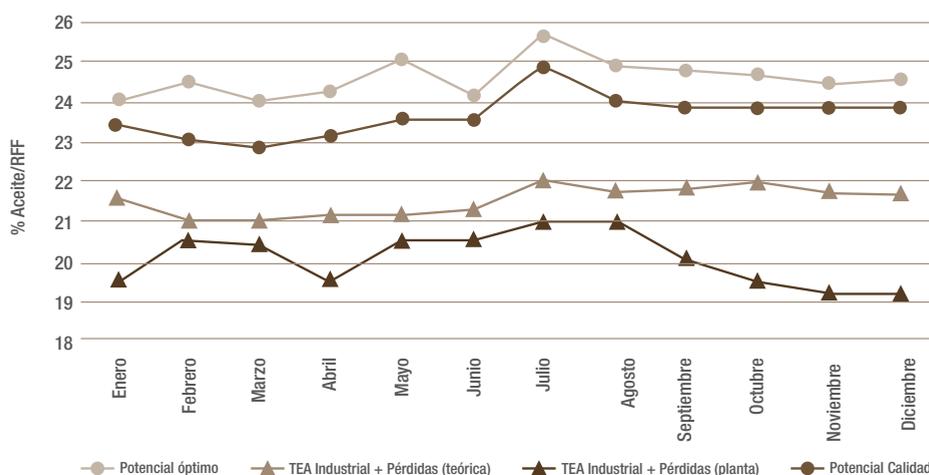
Estado racimo	Potencial (% aceite/RFF)	Calificación en calidad (%) Ensayo I	Calificación en calidad (%) Ensayo II
Maduro	28,89	71	72
Sobremaduro	24,67	23	26
Verde	22,91	3	1
Podrido	14,07	3	1
Potencial calculado de acuerdo con la calidad		27,29	27,58

Diferencia promedio de acuerdo con potencial= 1,45.

■ Fuente: Cenipalma

El potencial de aceite en el racimo depende directamente de su estado de madurez. El alto potencial de los racimos maduros se debe a: mayor cantidad de frutos en el racimo; mayor cantidad de pulpa en el fruto y mayor contenido de aceite en la pulpa.

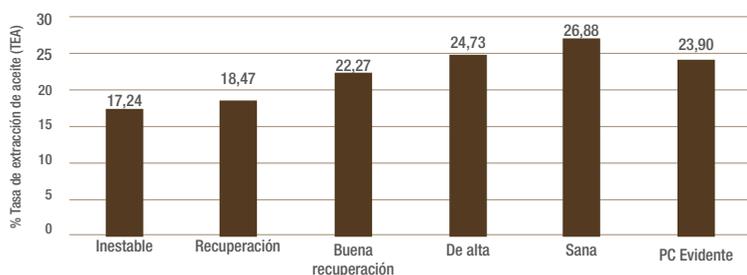
### 4.1.7. Comportamiento del potencial de aceite en el fruto y la tasa de extracción en planta de beneficio: caso Zona Central, Colombia



■ Fuente: Cenipalma

La gráfica muestra que la reducción de la Tasa de Extracción de Aceite (TEA) en plantas de beneficio puede ser superior a un punto en la extracción por una deficiente calidad de fruto, generando problemas de viabilidad y sostenibilidad económica de una planta de beneficio.

#### 4.1.8. Comportamiento del porcentaje de extracción de aceite con relación al estado fitosanitario del cultivo de la palma de aceite



■ Fuente: Acevedo, N., Buritica, P., García, J., y Galvis, N. (2000).

La gráfica muestra que la reducción de la Tasa de Extracción de Aceite (TEA) en palmas afectadas fitosanitariamente frente a palmas sanas, marcan una diferencia de 9,64 % en la extracción. Esto se debe a factores como menor número de racimos, menor cantidad de aceite en la pulpa y racimos mal formados y en estado de degradación.

#### 4.1.9. Comportamiento del porcentaje de Ácidos Grasos Libres (AGL) en palmas con problemas fitosanitarios



Estado fitosanitario	Porcentaje de Ácidos Grasos Libres (%AGL)
Inestable	1,82
Recuperación	1,58
Buena recuperación	1,07
Alta recuperación	1,02
Sana	0,90
PC evidente	1,45

■ Frutos en palmas con problemas fitosanitarios. Foto: Pérez, P. Fuente: Acevedo, N., Buritica, P., García, J., y Galvis, N. (2000).

De acuerdo con Corley y Tinker (2003), en los Ácidos Grasos Libres (AGL) en presencia del agua ocurre una reacción catalítica por la enzima lipasa que se encuentra en el mesocarpio del fruto de la palma de aceite. Esta hidrólisis puede ser indeseable para la calidad del aceite y debe ser reducida al mínimo durante toda la cadena de extracción, purificación y transporte. En palmas afectadas por enfermedades, el porcentaje de AGL es mayor que en palmas sanas. La tabla anterior muestra que para el estado fitosanitario inestable el porcentaje de AGL es 1,82 %, en recuperación 1,58 % y con PC evidente 1,45 %.

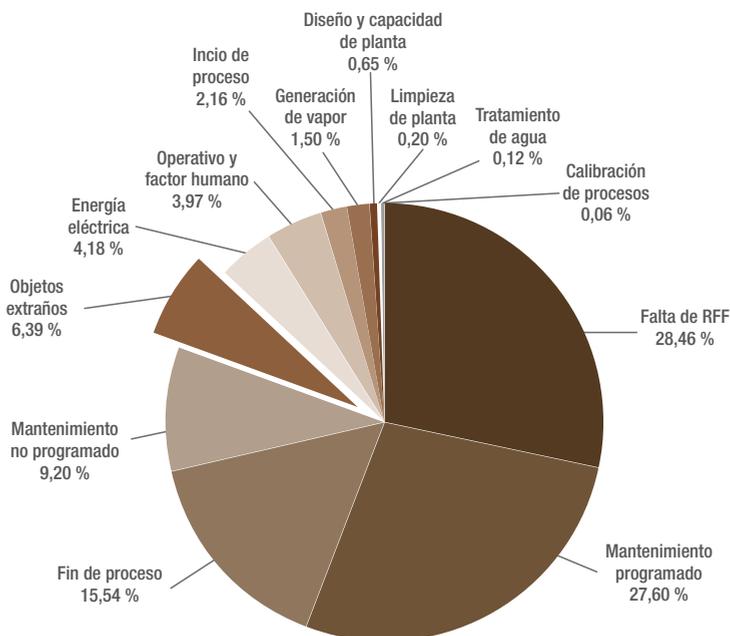
#### 4.1.10. Impurezas que afectan el proceso de beneficio del fruto



■ A. Daño de tornillo sinfín. B. Impurezas o materiales extraños que afectan el proceso de beneficio del fruto. Fotos: Guerrero, A., y Díaz, C.

Las impurezas son todos aquellos objetos extraños, diferentes al fruto de la palma de aceite, que inciden de manera negativa en su proceso de beneficio, causando daños mecánicos y pérdidas significativas tanto en tiempo de operación como económicas. Existen diferentes tipos de impurezas como: residuos vegetales (hojas, espatas, trozos de pedúnculo, inflorescencias masculinas, malezas, trozos de madera); rocas; sedimentos o suelo; materiales metálicos (varillas, tuercas, tornillos, palas y trozos metálicos).

### 4.1.11. Impacto negativo de impurezas provenientes de proveedores de fruto sobre el desempeño de una planta de beneficio en la Zona Central durante 2015



En una planta de beneficio de la Zona Central en Colombia, el 6,39 % de las paradas y problemas equivalente a 99 horas perdidas, ocurrieron debido a impurezas y objetos extraños presentes en el fruto proveniente del cultivo. Estos

## Capítulo 4

inconvenientes generaron que el costo de oportunidad fuese de alrededor de 3.478 t RFF, que corresponde a la materia prima no procesada dentro del tiempo programado de operación al año, y por ende, fue necesario incurrir en sobrecostos y tiempo extra para poder procesar esta cantidad de fruto que equivale a cerca de 757 t APC (García, J. 2015).

### 4.1.12. Consolidado de pérdidas que afectan el potencial de aceite de palma crudo

Parámetro	Ac /RFF (%)	TEA (%)
Potencial ideal	27	27
Pérdida de aceite en campo	0,5	26,5
Pérdidas por problemas fitosanitarios	2,0	24,5
Pérdida por impurezas	0,5	24
Pérdida por pedúnculo largo	0,3	23,7
Pérdidas en planta de beneficio	1,7	22
Pérdidas por calidad de fruto (grado de madurez)	1,2	20,8



Tasa de extracción de aceite de palma crudo obtenido al final del proceso

Potencial ideal de extracción de aceite de palma antes del proceso	Tasa real de extracción obtenida en el proceso	Porcentaje de diferencia que se dejó de obtener como beneficio
27 %	20,8 %	6,2 %

## 4.2. Mejores prácticas de laboratorio



■ Análisis de calidad de aceite de palma crudo en laboratorio. Foto: Toro, F., y Munar, D.

Es fundamental estandarizar los procedimientos de muestreo y análisis realizados en laboratorio para la determinación de la calidad de los productos y control de pérdidas de aceite de palma, almendra y aceite de palmiste, con el fin de generar información acertada, identificar los puntos críticos y dar soluciones oportunas.

### 4.2.1. Calidad del aceite



■ Análisis de calidad del aceite en el laboratorio. Fotos: Toro, F.

Los principales parámetros de calidad de aceite de palma crudo son: contenido de ácidos grasos libres, humedad y materia volátil, impurezas insolubles, índice de peróxidos e índice de deterioro a la blanqueabilidad (DOBI) (Cala, S., Yáñez, E. y García, J. 2011).

## Capítulo 4

### 4.2.2. Calidad de almendra



■ Almendra del fruto de la palma de aceite. Fotos: Ospitia, R.

De acuerdo con Cala, S., Yáñez, E. y García, J. (2011), la calidad de almendra se determina con base en los siguientes análisis:

1. Muestreo de la almendra para análisis de calidad.
2. Ácidos grasos libres (AGL) en almendra.
3. Humedad de la almendra.
4. Contenido de aceite en la almendra.

### 4.2.3. Calidad de torta de palmiste



■ Torta de palmiste. Foto: Ospitia, R.

La torta de palmiste generalmente es comercializada para la fabricación de concentrados para animales. Los principales parámetros de calidad son la humedad y el contenido de aceite (Cala, S., Yáñez, E. y García, J. 2011).

#### 4.2.4. Balance de pérdidas del aceite y almendra de palma



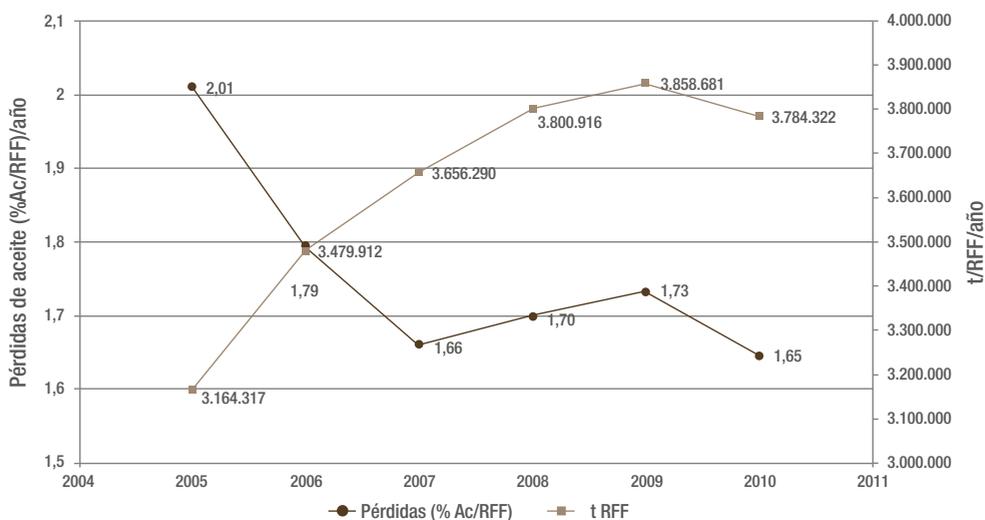
■ Análisis de calidad de aceite por el método Soxhlet. Foto: Munar, D.

Las pérdidas de aceite de palma en el proceso de extracción deben ser cuantificadas a través de un balance másico, determinando los flujos y composiciones en cada una de las corrientes de salida. Las pérdidas totales de aceite de palma son por contenido de aceite en tusa, en frutos adheridos a tusa, en fibras de

## Capítulo 4

mesocarpio, en nueces y efluentes. Para el caso de estos últimos se debe tener en cuenta el análisis individual de los condensados de esterilización y los lodos de descarga de centrifugas, con el fin de identificar el comportamiento interno en las etapas del proceso involucradas. La pérdida total de almendra está conformada por contenido de almendras en fibra y de almendras en cáscaras secas y húmedas (Cala, S., Yáñez, E. y García, J. 2011).

### 4.2.5. Producción de fruto frente al cálculo anual de pérdidas de aceite a nivel nacional



La estandarización y/o unificación de los criterios de análisis y determinación de calidad del proceso (pérdidas de aceite y almendra), así como el desarrollo de actividades de investigación y la generación de actividades de referenciación e identificación de buenas prácticas operativas, permitió lograr una reducción en el porcentaje de pérdidas de aceite (promedio nacional) de 0,8 % de RFF aceite, disminuyendo de 2,2 % (1995) a 1,7 % (2007) y 1,4 % (2015). Con esto se evidencia un mejoramiento significativo en los niveles de eficiencia de las plantas extractoras de aceite, teniendo en cuenta el crecimiento en la producción de RFF durante los últimos años en el país.

### 4.3. Descripción y mejoramiento de procesos en la extracción de aceite de palma



■ A. Aceite de palma crudo. B. Aceite de palmiste. Fotos: Toro, F.

La palma de aceite produce dos tipos de aceite que son químicamente diferentes: uno que proviene del mesocarpio (pulpa del fruto) y el de la almendra, denominado láurico o palmiste. Los aceites son semisólidos a temperatura ambiente y pueden ser separados en sus fracciones sólida (estearina) y líquida (oleína). También pueden ser procesados por refinación física o química para obtener aceite de palma o palmiste refinado, blanqueado y deodorizado (RBD), o neutralizado, blanqueado y deodorizado (NBD). La combinación de estos conlleva a la obtención de varios productos de aceites de palma y de palmiste (Cala, G. y Bernal, G. 2008).

## Capítulo 4

### 4.3.1. Recepción de racimos de fruta fresca (RFF)



■ Fotos: Toro, F. y Fedepalma.

El proceso de extracción de aceite de palma inicia con la recepción de la materia prima. Los racimos de fruta fresca (RFF) que ingresan a la planta de beneficio son pesados en básculas camioneras y, posteriormente, dirigidos a las tolvas de recibo para el descargue de la fruta. En este punto se realiza el control de calidad de la materia prima (Urueta, J. 2015).

### 4.3.2. Esterilización



Autoclave vertical automatizada. Foto: Fernández, C.

La esterilización es una de las principales etapas del proceso de extracción de aceite de palma debido a que inactiva la lipasa, facilita el desprendimiento de los frutos, ablanda los tejidos del mesocarpio para permitir el rompimiento de las celdas de aceite, deshidrata parcialmente la almendra para facilitar su desprendimiento del cuesco y coagula las proteínas contenidas en el aceite de palma (Wambeck, N. 1999; Cala, G. y Bernal, G. 2008).

## Capítulo 4

### 4.3.2.1. Tipos de tecnología en el proceso de esterilización



■ Autoclave horizontal para el proceso de esterilización de fruto. Foto: Fedepalma

Existen diferentes tipos de esterilización. En la esterilización convencional los RFF se someten a la acción de vapor de agua en recipientes cilíndricos, mediante el uso de autoclaves horizontales o verticales. Los factores a tener en cuenta son el tiempo de cocción y la temperatura, ya que estos dependen del tamaño de los racimos y del grado de madurez de los mismos. Este proceso requiere de vagonetas que transportan el fruto dentro y fuera del esterilizador, rieles, cambiavías, cabrestantes, cadenas o posicionadores hidráulicos (Cala, G. y Bernal, G. 2008).

## 4.3.2.1.1. Esterilización convencional



■ Esterilización convencional de fruto. Foto: Fedepalma

Condiciones de proceso en la esterilización	
Temperatura	20 – 130 °C
Presión	2 – 3 bar
Tiempo total de esterilización por bache	Cerca de 2 horas
Tiempo de sostenimiento	45 a 60 minutos
Consumo total de vapor	250 kg/t/RFF
Pérdida de vapor a la atmósfera	50 kg/t/RFF
Condensados	Cerca de 200 kg/t/RFF
Pérdida de aceite	Cerca de 0,5 kg/t/RFF

■ Fuente: Cala, G. y Bernal, G. (2008).

La esterilización de los racimos de fruta fresca (RFF) se realiza por baches en autoclaves de 10 a 30 toneladas por hora o de acuerdo con su capacidad de recepción de vagonetes en el esterilizador. El proceso requiere de ciertas condiciones como: temperatura, presión, tiempo total de esterilización por bache, tiempo de sostenimiento, consumo total de vapor, pérdida de vapor a la atmósfera, condensados y pérdida de aceite (Cala, G. y Bernal, G. 2008).

## Capítulo 4

### 4.3.2.1.2. Esterilización continua



■ Esterilizador continuo de una planta de beneficio de aceite de palma. Foto: Ramírez, N.

La esterilización continua se realiza usando vapor a presión atmosférica. Se ha demostrado un mejoramiento en la separación de los frutos, que además, permite mantener un flujo constante de fruta. Sin embargo, el inconveniente de este tipo de tecnología es la recuperación deficiente de almendra de palma y el consumo de vapor por tonelada de fruta procesada que es mayor al utilizado en el sistema convencional (Cala, G. y Bernal, G. 2008; Urueta, J. 2015).

### 4.3.2.2. Automatización en el proceso de esterilización

#### Autoclaves horizontales con válvulas de control



#### Tablero de mandos y/o automatización



■ Automatización del proceso de esterilización. Fotos: Díaz, C.

La automatización en el proceso de esterilización permite minimizar la cantidad de condensados, ejecutar los picos de presión con más celeridad, establecer ciclos más estables de esterilización, garantizar el desaireado antes de iniciar el proceso, abrir y cerrar compuertas con mayor confiabilidad, mejorar el movimiento de las vagonetas con una mínima utilización de mano de obra, y supervisar y monitorear presiones y temperaturas en tiempo real (Urueta, J. 2015).

## Capítulo 4

### 4.3.2.3. Expansión de vapor por la tubería de condensados de esterilización



■ Conexión para desfogue/alivio de vapor por tubería de condensados de esterilización.  
Foto: Díaz, C.

Cenipalma identificó y evaluó que al realizar la evacuación del vapor por la parte inferior del autoclave, se obtienen incrementos en la eficiencia debido a que disminuye la impregnación de aceite en tusa. Adicionalmente, al hacer la evacuación de condensados utilizando el sistema de electrodos de nivel con evacuación automática, se elimina el condensado en el momento que se genera, garantizando la salida oportuna y adecuada del autoclave.

### 4.3.3. Desfrutado



■ Salida del tambor giratorio y banda transportadora de tusas. Fotos: Fedepalma

Residuos generados en el proceso	
Racimos de frutos vacíos (RFV) (Residuos sólidos)	200 – 230 Kg/t/RFF
Contenido de humedad	150 Kg/t/RFF
Pérdida de aceite	4,5 Kg/t/RFF
Vapor de agua	30 Kg/t/RFF
Residuos líquidos	Ninguno

■ Fuente: Cala, G. y Bernal, G. (2008).

Una vez los racimos han sido esterilizados pasan a la etapa de desfrutado. Este proceso se realiza en un tambor rotatorio donde la fruta es depositada a través de la tolva. El suministro de la fruta cocida generalmente se hace de forma automática a través del uso de mesas de volteo o por medio de una grúa. Los racimos que ingresan al desfrutador se golpean repetidas veces hasta desprender los frutos. Estos son enviados a los digestores por medio de un transportador de cadena o redler. Las tusas vacías salen del tambor a través de una banda transportadora (Wambeck, N. 1999).

## Capítulo 4

### 4.3.3.1. Dosificación de racimos al tambor desfrutador



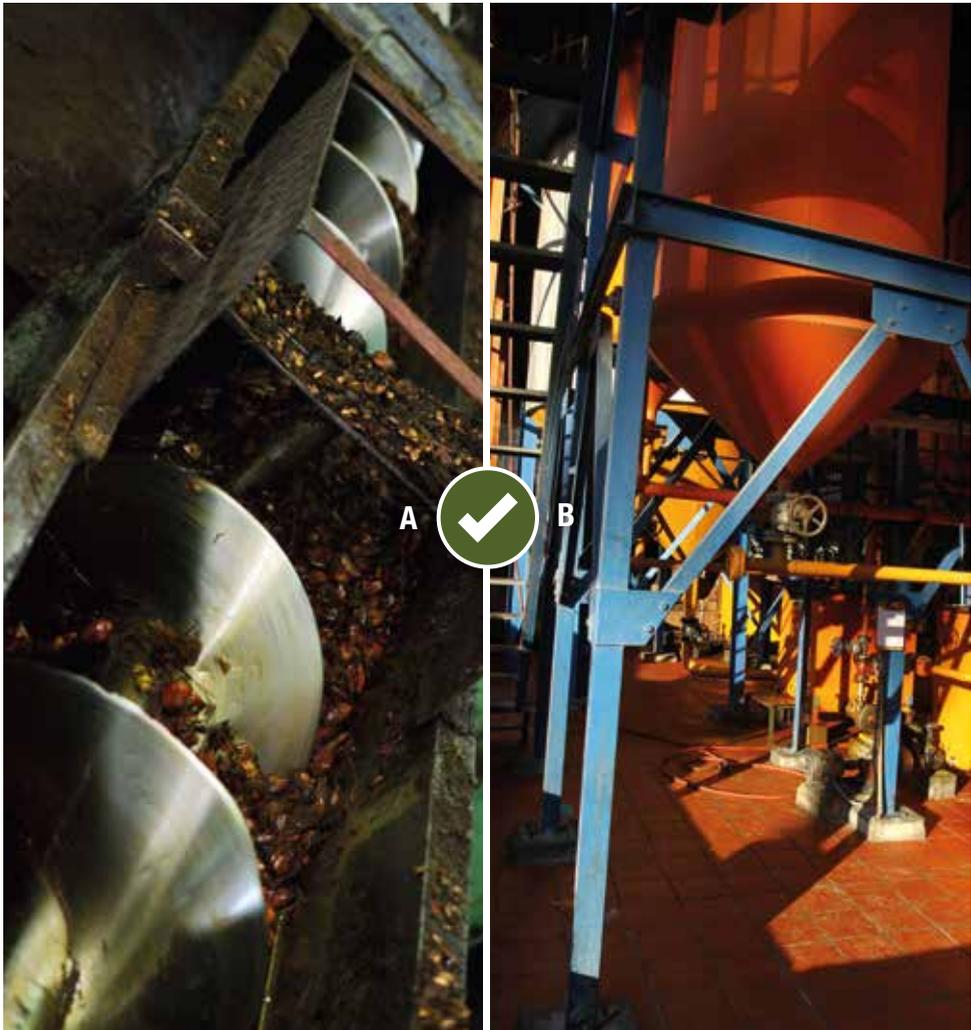
■ Tambor dosificador. Fotos: Toro, F.

La dosificación de racimos al desfrutador se puede entender como el cambio en la velocidad de los racimos alimentados o en el flujo de los mismos. Es muy importante calcular la velocidad óptima del dosificador a partir del promedio del peso de las vagonetas y con base en la capacidad del prensado de la planta.

Un exceso en la dosificación de racimos al desfrutador tiende a saturarlo, incrementando por tanto la impregnación de aceite en tusas. Esto sucede hasta un punto en el que el efecto se invierte, debido al bajo tiempo de residencia que tienen las tusas dentro del desfrutador, evitando el contacto excesivo entre ellas.

Ensayos realizados por Cenipalma y plantas de beneficio encontraron que logrando una óptima dosificación se pueden reducir las pérdidas en impregnación en tusa hasta 0,13 % (Aceite/ RFF).

#### 4.3.4. Digestión y prensado



■ A. Tomillo sinfín. B. Tanque. Fotos: Fedepalma

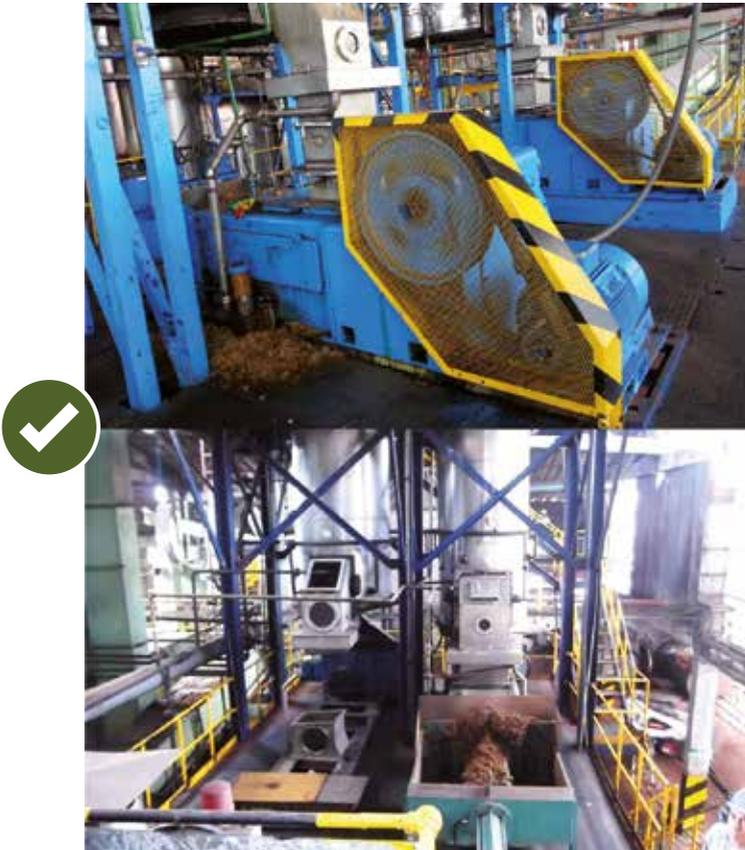
En la digestión la fruta es preparada para la extracción del aceite de palma en la prensa. El digestor debe trabajar siempre lleno y cumplir con un tiempo cercano a 25 minutos y una temperatura entre 85 y 95 °C para reducir los problemas en la extracción. En el prensado de la fruta se busca extraer la fracción líquida de la masa digestada (aceite de palma crudo, lodos livianos, lodos pesados y agua) para ser enviada a la sección de clarificación, y pasar la fracción sólida (fibra de mesocarpio, nuez, cáscaras y almendras) a la sección de palmistería.



■ Prensa industrial utilizada en el proceso de extracción. Foto: García, J.

La extracción de aceite de palma se realiza por medio de una prensa continua con sistemas de tornillos de paso variable. La fase aceitosa extraída se recoge y descarga en la sección de purificación. El propósito principal del proceso es obtener la mayor cantidad de licor con la dilución adecuada y minimizar el aceite residual en la fibra y en las nueces del fruto. Los controles básicos en el prensado son: temperatura del agua de alimentación entre 95 y 100 °C, velocidades angulares entre 10 y 14 RPM, porcentaje de rotura de nueces entre 30 y 35 %, y operación automática del sistema hidráulico (sincronizando la presión de este con el amperaje del motor de prensa) (Cala, G. y Bernal, G. 2008; Urueta, J. 2015).

#### 4.3.4.1. Mejoras en la digestión y prensado



■ Prensas. Fotos: García, J.

Ensayos de Cenipalma han demostrado que se pueden realizar las siguientes mejoras:

- Reducir la presión en el prensado manteniendo las pérdidas de aceite en fibras (MIPAA, Manejo Integrado de Pérdidas de Aceite y Almendra).
- Sintonización de la columna neumática de fibras y de cáscaras.
- Manejo del prensado para equilibrar el porcentaje de rotura de nuez y las pérdidas de aceite de palma.
- Tecnología radar para determinar el nivel de fruto en digestores. Lo que permitiría controlar eficientemente la dosificación de fruto por prensa.
- Tecnología radar para determinar el nivel de fruto en digestores. Esto permitiría controlar eficientemente la dosificación de fruto por prensa.

## Capítulo 4

### 4.3.4.2. Automatización del prensado



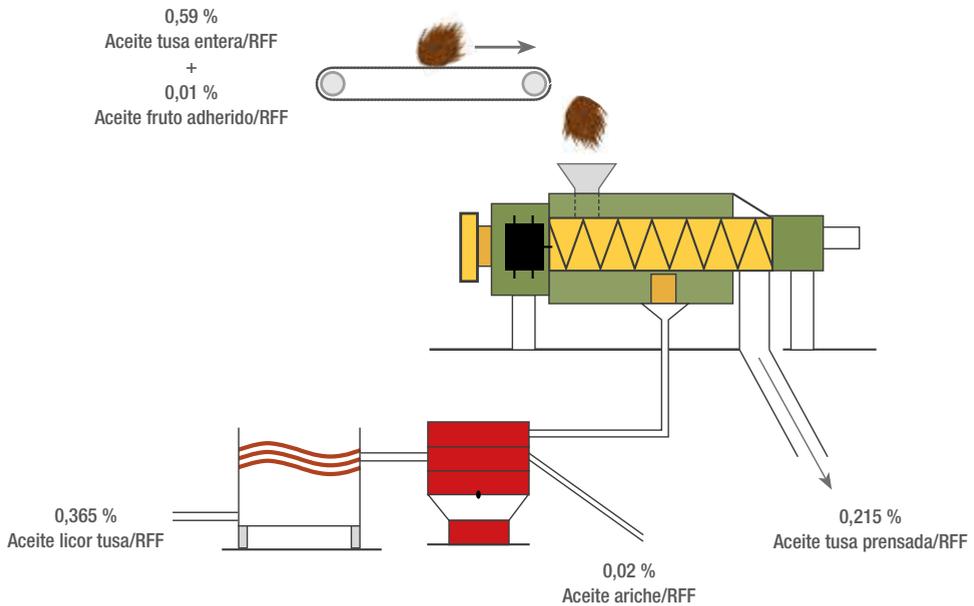
■ Fotos: Aroca, F.

La etapa de prensado, por sus características mecánicas e importancia dentro del proceso, es la de mejor control, razón por la que su nivel de pérdidas está por debajo de las tusas y efluentes líquidos. Sin embargo, muchas plantas extractoras han desarrollado un método de automatización con el fin de permitir una regulación más apropiada del sistema hidráulico y además posibilitar la optimización del proceso por determinación del punto óptimo de prensado. Este proceso está basado en la determinación del *set point* del control automático por amperaje del motor de la prensa, teniendo en cuenta la pérdida de aceite en fibra y el rompimiento de almendra, causante principal de la mayor reducción de almendra en el proceso.

Algunas de las ventajas de la implementación de la automatización en la etapa de prensado son:

- Disminuye la probabilidad de fallas en el sistema debido a errores humanos (atascamiento) y facilita la operación.
- Contribuye a la disminución de pérdidas de aceite por impregnación en fibra.
- Ayuda a reducir pérdidas de almendra por rompimientos excesivos de nueces en la prensa.
- Incrementa la vida útil de los equipos al evitar someterlos a presiones superiores a las recomendadas para su operación.

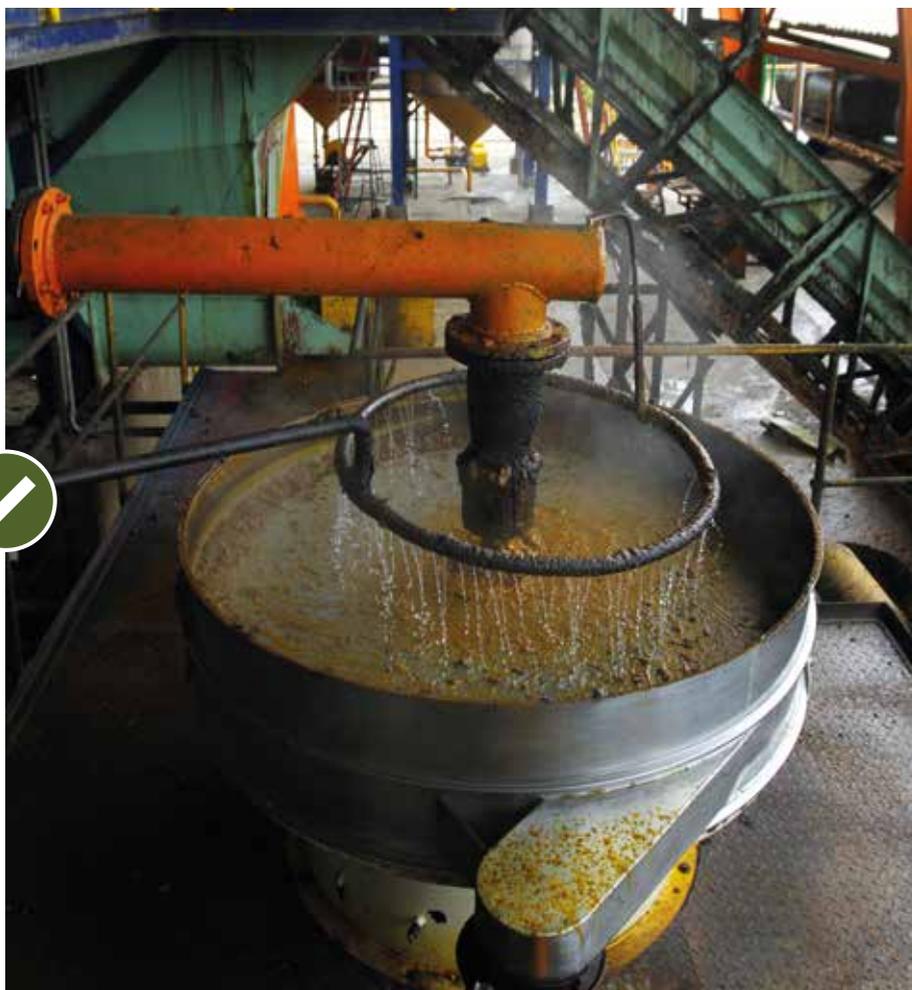
### 4.3.4.3. Prensado de tusa



■ Fuente: Documento interno Cenipalma, Informe Anual 2016.

Estudios preliminares realizados por Cenipalma muestran la viabilidad del proceso de recuperación de aceite por medio de prensado de tusa. La figura presenta el balance de aceite de los flujos de entrada y salida en el prensado. Dependiendo del contenido de aceite impregnado, el sistema puede recuperar entre el 43 % y 61 % de la cantidad de aceite en la tusa entera. Así mismo, en términos económicos se ha estimado la recuperación de la inversión en periodos inferiores a dos años.

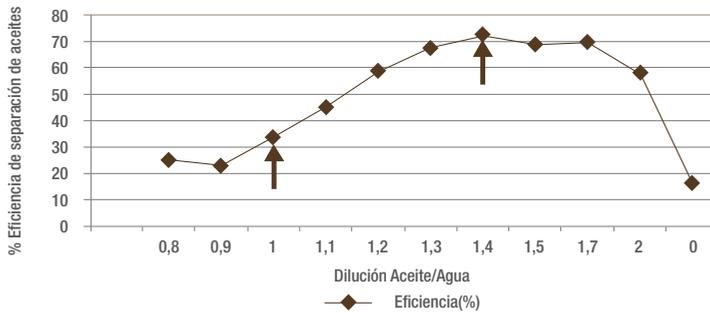
### 4.3.5. Clarificación



■ Tamiz. Foto: Fedepalma

La clarificación tiene como propósito separar y limpiar el aceite de palma crudo proveniente del licor de prensas. La separación se puede hacer a través de tanques estáticos o con el uso de equipos para clarificación dinámica. En los tanques se debe tener en cuenta que la relación del contenido aceite/agua (V/V) es 1,4 (según resultados de investigación de Cenipalma). La temperatura tiene que estar en un rango de 90 a 95 °C. En caso de tener agitadores, la velocidad es de máximo 4 rpm. El punto de alimentación del clarificador tiene que estar a  $\frac{2}{3}$  partes de la altura cilíndrica del equipo y se deben realizar purgas continuas para mejorar la temperatura del cono del tanque.

#### 4.3.5.1. Mejoramiento en la dilución de licor de prensas



Se obtuvo una eficiencia del 70 % de separación de aceite con una relación del aceite contenido en agua (v/v) de 1,4. La dilución debe estar en un rango de 1 a 1,4.

#### 4.3.5.2. Preclarificadores

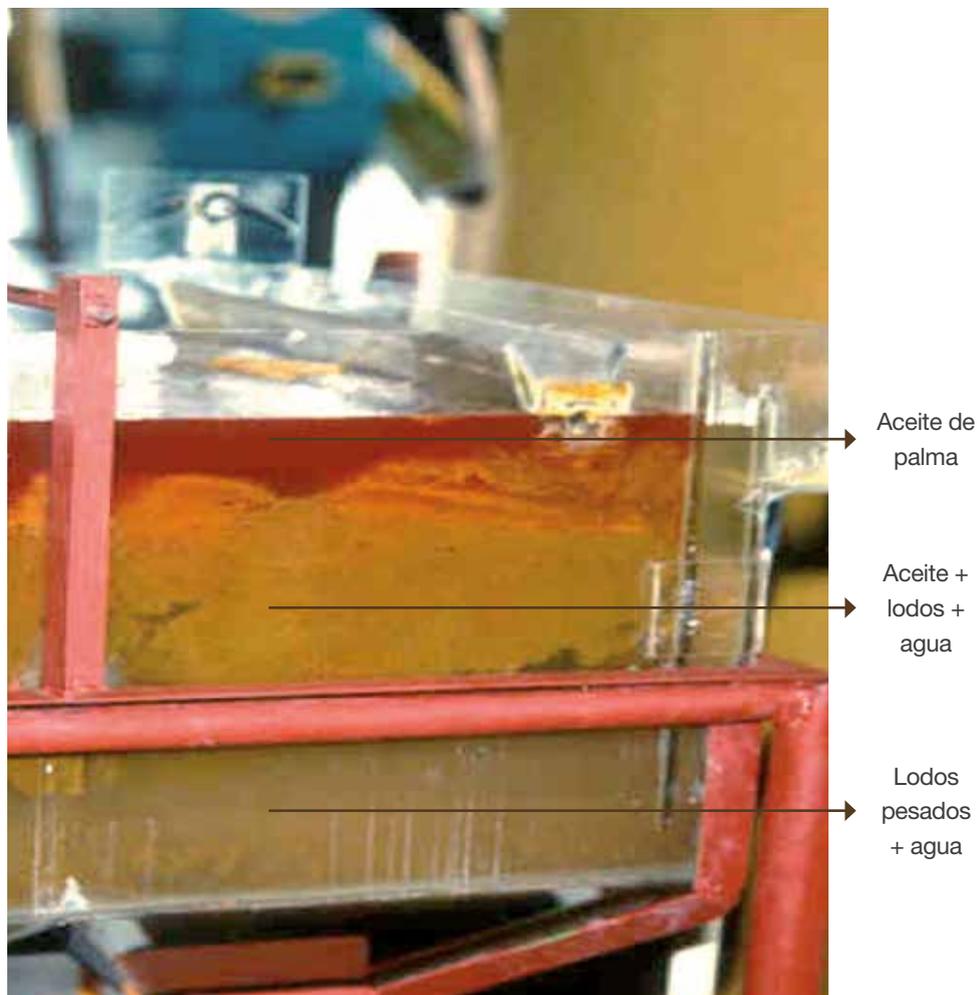


■ Fotos: Díaz, C.

El uso de tanques preclarificadores se está implementando en la mayoría de las plantas de beneficio en Colombia, ya que trae ventajas como: disminución del tiempo de recuperación de aceite de palma (aprox. 15 min.); mejora en la calidad del aceite por disminución de los ácidos grasos libres (AGL); reducción del esfuerzo físico del operario encargado de la clarificación; menor cantidad de aceite contenido en lodos en el clarificador convencional y mayor facilidad para trabajos básicos de mantenimiento. Sin embargo, para el uso de este equipo se debe tener la precaución de vigilar la capa de aceite ya que por descuido es posible el paso de lodos livianos en la salida de aceite, y por tanto, el aumento de impurezas y de agua en el secador.

## Capítulo 4

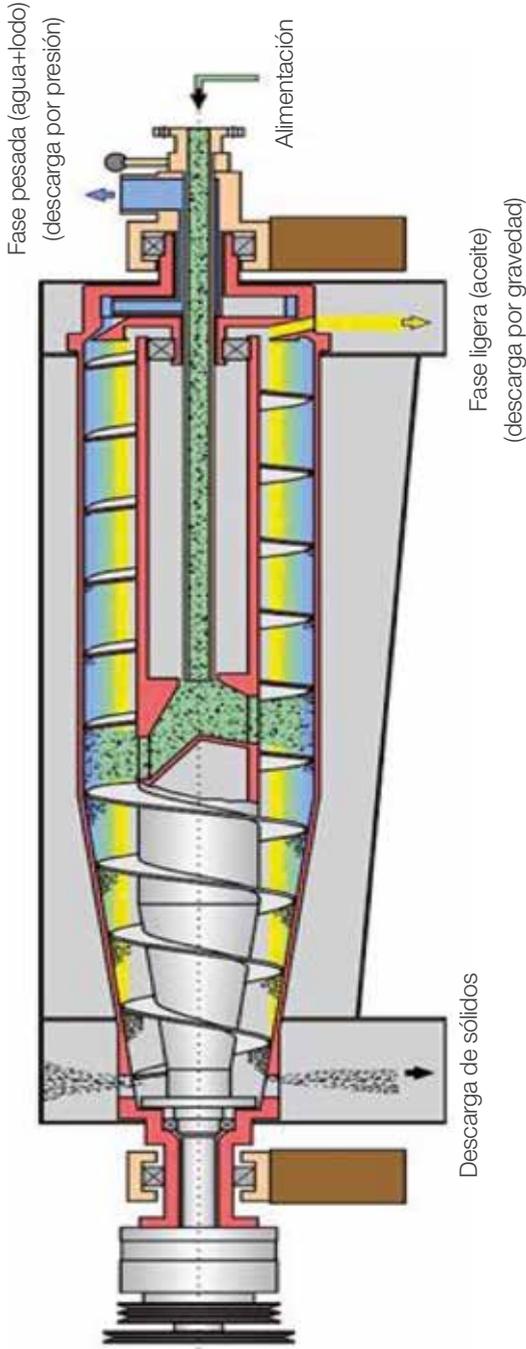
### 4.3.5.3. Clarificación estática



■ Modelo didáctico de la clarificación estática. Foto: García, J.

La clarificación estática es el procedimiento convencional para separar el aceite del agua y los sólidos suspendidos en el tanque de clarificación. El aceite de palma crudo se calienta por la introducción de vapor vivo como por serpentines cerrados de calentamiento con vapor que facilitan la separación por gravedad. Al cabo de cuatro a seis horas del proceso se forman tres capas: la superior contiene aceite de palma rojo con un bajo contenido de humedad, una capa intermedia con aceite, agua y lodos en proporciones similares, y la tercera con lodos más pesados. Este método solo tiene una eficiencia de separación del 50 % (Cala, G. y Bernal, G. 2008).

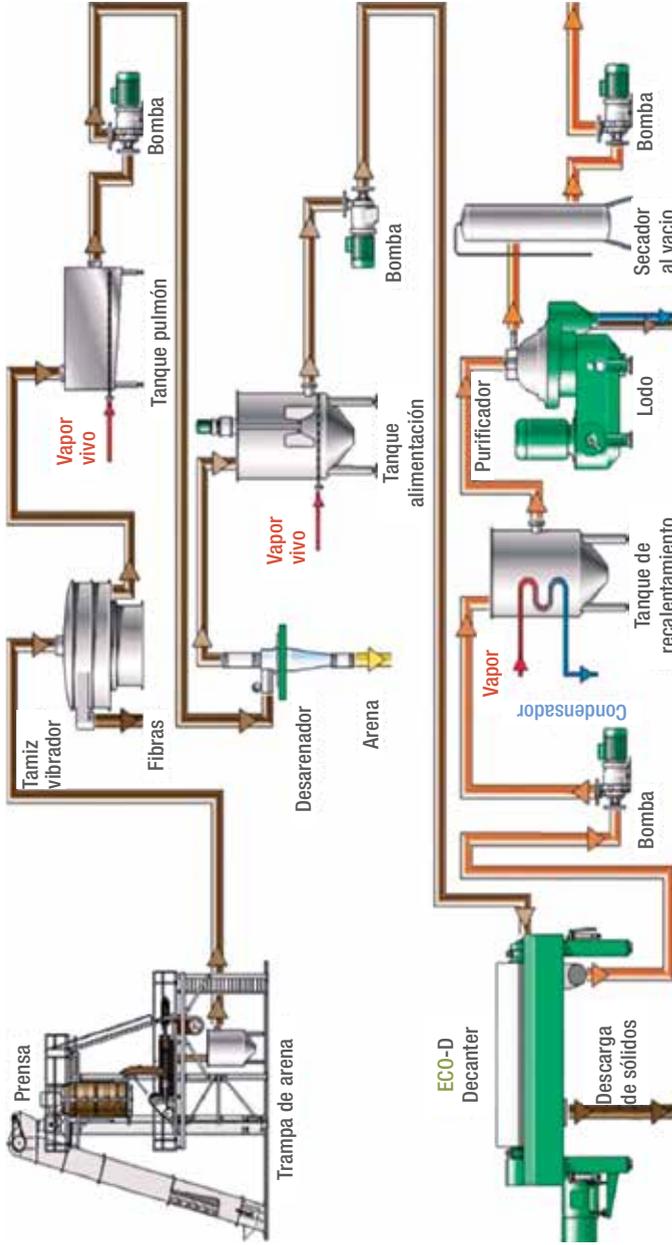
#### 4.3.5.4. Clarificación dinámica



■ Separador dinámico de fase. Foto: García, J.

La separación por medio de decantadores es más rápida y eficiente que usando la sedimentación por gravedad. El licor de prensa proveniente del tamiz circular o de un sistema de preclarificación es calentado. Luego pasa por el hidrociclón desarenador y llega a un tanque pulmón de poco volumen. De allí pasa al decantador donde se separan dos fases o al triclanter en tres fases. El tanque pulmón cumple las funciones de darle cabeza al equipo y hacer más homogénea la alimentación. El aceite separado es enviado al secador al vacío (fase ligera), el agua y lodos (fase pesada) a las lagunas de oxidación y los sólidos semisecos se utilizan para la elaboración de compostaje (Cala, G. y Bernal, G., 2008).

### 4.3.5.5. Esquema y ventajas del proceso de clarificación dinámica



■ Fuente: MPOB.

La clarificación dinámica brinda ventajas como el mantenimiento de la calidad del producto, alto rendimiento (aceite con pureza mayor al 99,5 %), gran eficiencia en la producción, menor duración de residencia, el tiempo de retención en el decantador es de segundos comparado con las horas en el clarificador, compatible con el medioambiente y de fácil automatización. Vale la pena anotar que la instalación inicial de estos sistemas tiene un costo elevado.

### 4.3.6. Secado del aceite de palma crudo



■ Secador de aceite. Foto: Ramírez, N.

El proceso de secado se utiliza para reducir la humedad en el aceite clarificado. Algunas plantas de beneficio cuentan con equipos sedimentadores para separar las partículas pesadas que contiene el aceite y, posteriormente, lo pasa a los secadores para reducir la humedad. Para la comercialización del aceite de palma crudo se debe tener en cuenta la norma NTC 431 que especifica los requisitos a cumplir y los métodos de ensayo para los análisis de calidad.

### 4.3.7. Almacenamiento de aceite de palma crudo



■ Tanques metálicos para almacenamiento de aceite de palma crudo. Foto: Fedepalma

El almacenamiento se hace en tanques metálicos, provistos con serpentines de vapor que permiten mantener la temperatura del aceite de palma crudo entre 45 y 60 °C.

### 4.3.8. Desfibración



■ A. Columna desfibradora. B. Fibra. C. Nueces. Fotos: Ramírez, N. y Fedepalma.

La desfibración es el proceso que permite la recuperación, pulida y acondicionamiento de las nueces del fruto de la palma de aceite, separando la fibra para disponerla en otros usos. La división de la fibra y la nuez se realiza a través de un proceso de separación neumático que consiste en hacer circular una corriente de aire a través de una columna, arrastrando con ella la fase más liviana de la torta de prensa (fibras) y depositando por gravedad la fase más pesada (nueces) (Cala, G. y Bernal, G. 2008).

### 4.3.9. Palmistería



■ Almendra de calidad disponible para la extracción de aceite de palmiste. Foto: Ospitia, R.

El objetivo principal de la palmistería es recuperar la mayor cantidad de almendra con un porcentaje de humedad más impurezas que no exceda el 12 % en peso. Luego de hacer la división de las fibras y las nueces, estas últimas se disponen en un silo para su acondicionamiento (secado), que permite mejorar la calidad del rompimiento y, por tanto, la separación de cáscaras y almendras. La almendra recuperada es enviada finalmente a una etapa de secado adicional y dispuesta para su venta y/o para un posterior proceso de extracción de aceite de palmiste (Cala, G. y Bernal, G. 2008).

### 4.3.10. Mejoras en el proceso de palmistería

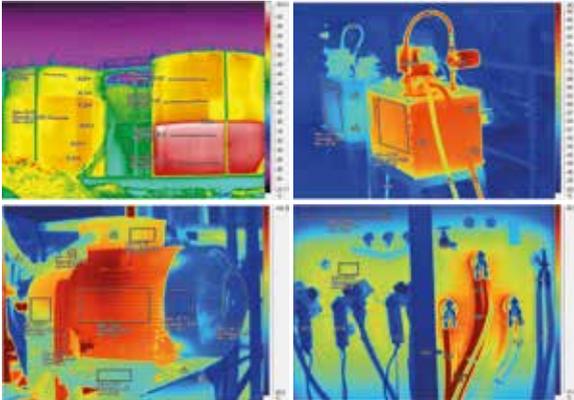


■ Columna piloto. Foto: García, J.

Se desarrollaron trabajos colaborativos entre Cenipalma y algunas plantas de beneficio para realizar mejoras en el proceso de recuperación de almendra, y se determinaron, a nivel piloto, las velocidades de sustentación, fluidización y arrastre de partículas como cáscaras, almendras y fibras. A partir de los resultados experimentales se estableció una metodología para realizar ajustes operativos en las columnas de separación neumática, logrando mejorar la eficiencia de separación (sintonización de columnas neumáticas). Igualmente, la técnica desarrollada incluyó el ajuste operativo de las columnas de acuerdo con la capacidad de procesamiento de la planta, mediante la ubicación de las compuertas en las zonas de separación y en los ventiladores, para aprovechar al máximo el potencial de separación del sistema. Los resultados se evidenciaron en una mejora en la eficiencia de operación de los equipos y la reducción de los porcentajes de pérdidas de almendra posibles (Cala, S., Yañez, E. y García, J. 2011).

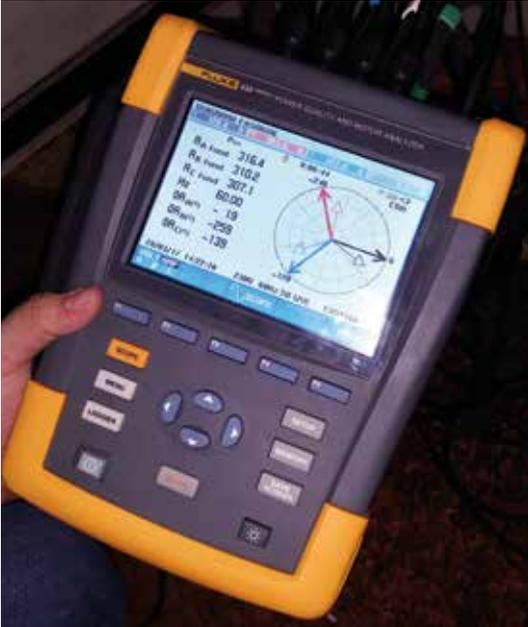
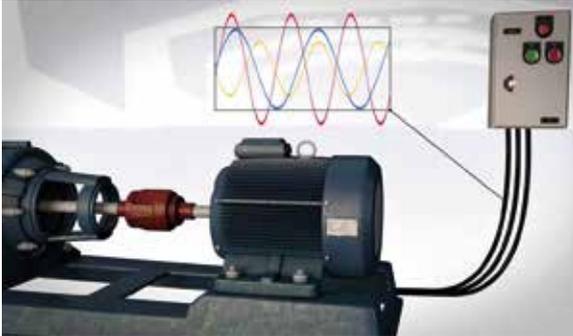
### 4.3.11. Evaluación preliminar de nuevas tecnologías en planta de beneficio

El Programa de Procesamiento de Cenipalma, en conjunto con empresas y casas comerciales, ha logrado evaluar tecnologías de forma preliminar, con equipos avanzados para la industria en general. La implementación de estas herramientas está a discreción de las plantas de beneficio, permitiendo finalmente contribuir con la optimización de los procesos industriales, impactando positivamente sobre la rentabilidad y estabilidad de la agroindustria.

Equipo/tecnología	Productos obtenidos
<p data-bbox="190 629 519 657">Cámara termográfica/termogramas</p> 	
<p data-bbox="303 1021 407 1048">Fluke ti400</p>	<p data-bbox="551 1033 1063 1061">Fuente: Díaz, C. en plantas evaluadas de la Zona Central.</p>
<p data-bbox="602 1075 696 1102" style="text-align: center;"><b>Beneficios</b></p>	

- Mantenimiento predictivo a equipos.
- Detección de puntos débiles y de sobreesfuerzo mecánico, puntos de inflexión, entre otros.
- Identificación de presencia de fluidos en tanques.
- Problemas de cobertura en aislamientos y recubrimientos.
- Problemas de transferencia de calor y eficiencia térmica.
- Detección de calentamiento excesivo en equipos eléctricos y electrónicos por posible sobrecarga eléctrica, corto circuito, corrientes parásitas por inducción, entre otros.
- Análisis predictivo de confiabilidad, mezclando termografías y análisis de vibraciones.

## Capítulo 4

Equipo/tecnología	Productos obtenidos
<p data-bbox="188 278 493 329">Analizador de calidad de energía eléctrica y calidad en motores</p>  <p data-bbox="284 1243 396 1266">Fluke 438-II</p>	  <p data-bbox="537 1257 772 1281">Fuente: Fluke Corporation.</p>
<p data-bbox="587 1297 683 1321"><b>Beneficios</b></p> <ul data-bbox="168 1355 928 1603" style="list-style-type: none"><li>• Mantenimiento predictivo a equipos.</li><li>• Diagnóstico de distribución de potencial y calidad de energía en planta.</li><li>• Cálculo de eficiencia eléctrica en motores.</li><li>• Identificación de armónicos y corrientes de neutro.</li><li>• Reconocimiento de tierras desbalanceadas.</li><li>• Establecimiento de línea base para Uso Racional de Energía Eléctrica.</li></ul>	

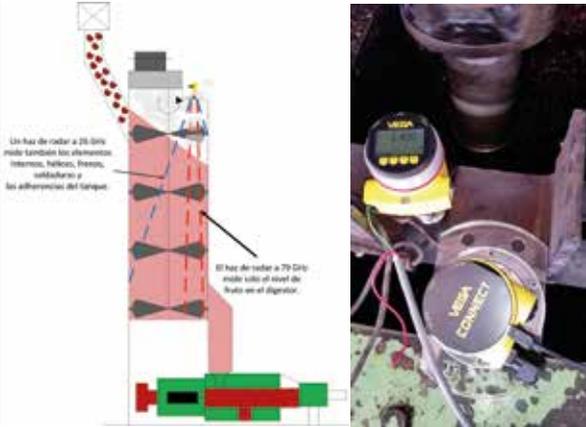
Equipo/tecnología	Productos obtenidos
<p data-bbox="177 274 530 329">Análisis de vibraciones mecánicas en motores y máquinas de rotación</p> 	  
<p data-bbox="306 1215 401 1243">Fluke 810</p>	<p data-bbox="551 1224 698 1252">Fuente: Díaz, C.</p>
<p data-bbox="602 1266 698 1294" style="text-align: center;"><b>Beneficios</b></p>	

- Detección predictiva con semanas, incluso meses de antelación para posibles fallas por desequilibrio, holgura, alineación incorrecta y averías en los rodamientos de motores y máquinas de rotación.
- Aplicación en el 60% de los equipos en planta: motores, ventiladores, correas y cadenas de transmisión, cajas de cambios y engranajes, acoplamientos, bombas, compresores de pistón, compresores, máquinas con acoplamientos compactos, husillos.
- Diagnósticos rápidos indicando gravedad de la falla potencial (leve, moderada, grave, crítica), detalles de reparación, picos experimentados, espectros para tareas de alineación y balanceo.

## Capítulo 4

Equipo/tecnología	Productos obtenidos
<p data-bbox="226 274 454 329">Escáner en 3D con láser de alta precisión</p>  <p data-bbox="269 1124 413 1152">FARO Focus 3D</p>	   <p data-bbox="535 1135 873 1162">Fuente: Díaz, C. Fotos: FARO Andina.</p>
Beneficios	

- Detección de abolladuras y daños estructurales en tanques de almacenamiento.
- Determinación de volumen interno real en tanques.
- Parametrización (medidas) con alta precisión (1 mm) y generación de planos en 3D.
- Medición detallada de infraestructura de plantas.
- Gestión avanzada de proyectos de ampliación y modificación de plantas.
- Parametrización detallada de equipos, partes y elementos con alta precisión (0.5 mm).
- En conjugación con el escáner láser 3D, se generan planos parametrizados de planta y de equipos.
- Identificación automatizada de elementos en planta (tipos y medidas de tuberías, bridas, válvulas, etc.)

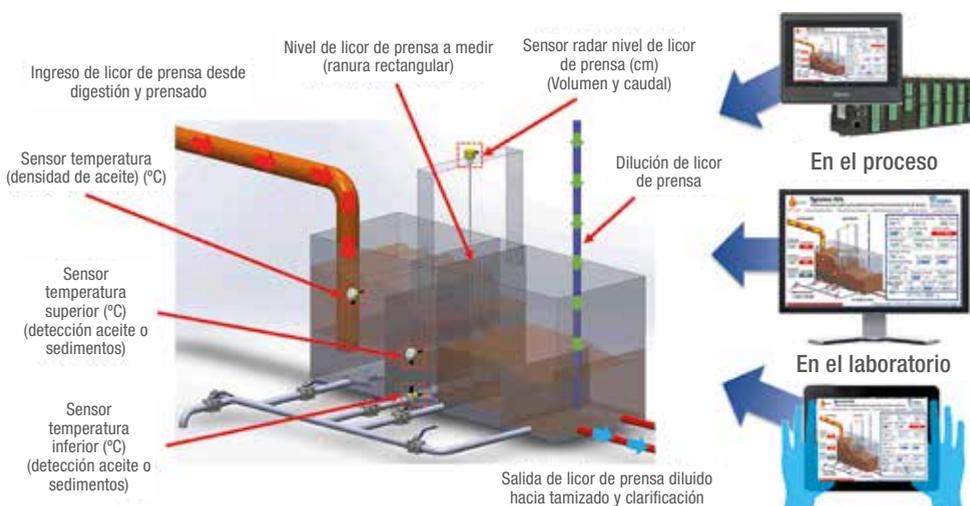
Equipo/tecnología	Productos obtenidos
<p data-bbox="197 278 512 333">Sensores radar para medición del nivel de fruto en digestores</p> 	
<p data-bbox="258 700 449 724">VEGAPULS SR 68/69</p>	<p data-bbox="547 709 692 733">Fuente: Díaz, C.</p>
<p data-bbox="598 751 699 775" style="text-align: center;"><b>Beneficios</b></p>	

- Aforo de las prensas en toneladas de RFF por hora, minuto o segundo.
- Seguimiento al rendimiento de prensado en tiempo real.
- Ajuste automático en la velocidad y por ende del flujo másico de RFF hacia las prensas.
- Al identificar el nivel de fruto en los digestores se optimiza el tiempo de proceso en las áreas siguientes (ej. clarificación).
- Se reduce el tiempo de parada en prensado a causa de la falta de fruto, generalmente en la última prensa del sistema.

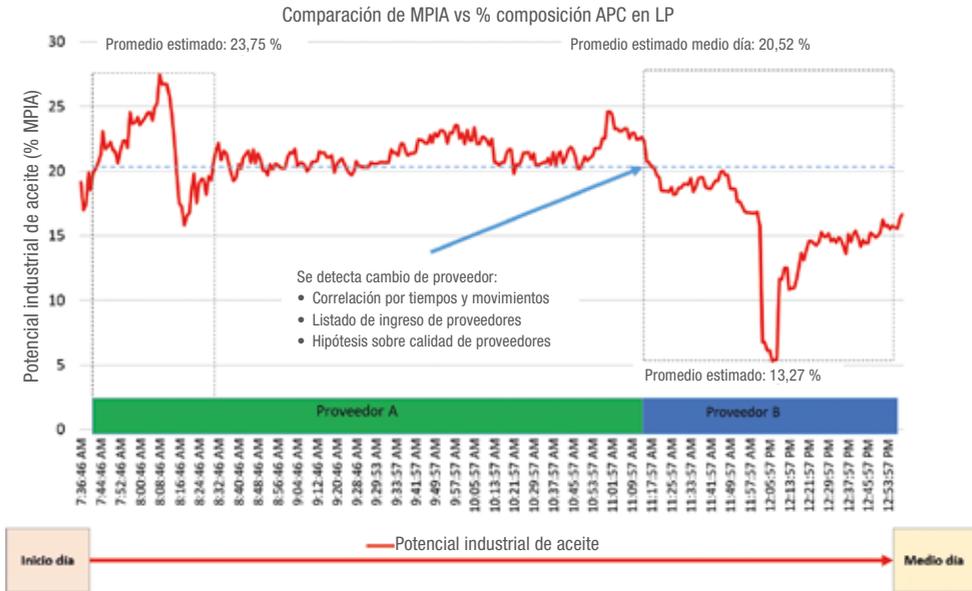
### 4.3.12. Optimización de la medición del Potencial Industrial de Aceite

Una de las metodologías para determinar el potencial industrial de aceite se encuentra en etapa de investigación en la planta Agroince en la Zona Central. Este sistema de determinación en tiempo real podría permitir:

- a. Mejorar las condiciones de proceso y conocer en tiempo real su comportamiento (control automatizado de la dilución del licor de prensa y optimización de tiempo en clarificación).
- b. Determinar el potencial industrial de aceite de acuerdo con el proveedor de fruto y establecer rangos según la caracterización de los mismos, con el fin de buscar el mejoramiento continuo desde campo.
- c. Establecer la tasa de extracción de aceite del día (sin discriminar proveedores), generando un nuevo referente para posteriores comparaciones con los métodos convencionales usados en planta.



■ Sistema de monitoreo en tiempo real del Potencial Industrial de Aceite a través de instrumentación en el canal abierto, instalado en Agroince. Fuente: Díaz, C.



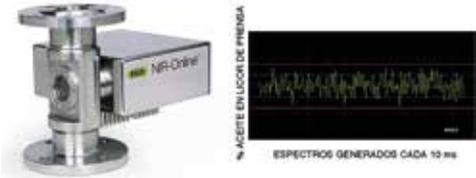
■ Monitoreo en tiempo real de la determinación del Potencial Industrial de Aceite para un proveedor específico. Fuente: Díaz, C.

Proveedor:	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
Cantidad de datos registrados por el sistema	252 (21 min)	541 (45 min)	252 (21 min)	253 (21 min)	252 (21 min)	538 (45 min)	303 (25 min)	252 (21 min)	252 (21 min)	300 (25 min)	300 (25 min)	388 (32 min)	227 (19 min)	356 (30 min)
Masa de aceite (Kg)	2.531,74	3.918,82	1.951,70	2.215,63	2.135,52	4.544,85	2.022,16	2.270,53	2.331,86	2.414,71	2.327,56	2.482,22	2.029,28	3.072,39
Kg RFF Procesado	10.580	16.800	10.500	10.500	10.500	16.800	12.600	10.500	10.500	10.500	12.600	12.600	8.400	12.600
% Potencial Industrial de Aceite (PIA) a través del sistema	23,93 %	23,33 %	18,59 %	21,10 %	20,34 %	27,05 % (Más alto)	16,05 % (Más bajo)	21,62 %	22,21 %	23,00 %	18,47 %	19,70 %	24,16 %	24,38 %

■ Resultados parciales de clasificación de proveedores de acuerdo con rangos de Potencial Industrial de Aceite en planta. Fuente: información parcial generada por proyecto en Agroince.

## Capítulo 4

- d. Determinar en línea parámetros específicos con mayor velocidad en tiempo de respuesta y repetitividad (evaluación tecnología NIR Flex y NIR Online, convenio Cenipalma – Büchi Suiza).

Equipo NIR Online	Equipo NIR Flex N500
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación temporal en planta piloto para determinar % aceite y % humedad en línea. Este equipo se conectará al sistema existente tipo canal abierto.</li> <li>• Equipo para completar esquema de control automatizado de dilución del licor de prensa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación temporal en el laboratorio de Procesamiento (zona oriental) para determinar acidez, DOBI, Humedad, Impurezas, Pérdidas de aceite.</li> <li>• Identificación de otros beneficios en planta (ahorro en insumos químicos, rapidez de resultados, ahorro en personal, etc)</li> </ul>
 <p data-bbox="155 1088 404 1112">Fuente: Büchi labortechnik.</p>	 <p data-bbox="645 1088 890 1112">Fuente: Büchi labortechnik.</p>

#### 4.4. Procesamiento de materiales híbridos OxG



■ Racimos de palma de aceite híbrido OxG en la planta de beneficio. Foto: Fedepalma

Ante el desconocimiento de algunos requerimientos y características del proceso de extracción de aceite de palma provenientes de racimos de fruta fresca (RFF) de materiales híbridos OxG, se han identificado cambios y condiciones que se presentan en las etapas de la cadena productiva del sistema de beneficio para mantener o incrementar la eficiencia al procesar esta clase de RFF.

El material OxG no solo presenta mayor tolerancia a enfermedades y plagas, sino también importantes diferencias en la composición de su aceite (Mondragón, A., y Pinilla, C. 2015), y en el procesamiento de sus RFF con respecto a *E. guineensis* (DxP) en las plantas de beneficio.

## Capítulo 4

### 4.4.1. Calidad de fruto materiales híbridos OxG, proceso de unificación de criterios



■ Cuarteamiento

■ Desprendimiento

■ Racimos materiales híbridos OxG. Foto: Cortes, I.



Nombre	Sigla	Descripción
<b>Maduración a cosecha</b>		
Verde	RV	Racimos sin desprendimiento, sin cuarteamiento.
Maduro cuarteado sin desprendimiento	RMC	Racimos que no han desprendido frutos de manera natural y presentan cuarteamiento.
Maduro desprendido	RMD	Racimos que presentan desprendimiento desde 1 fruto suelto hasta el 25 % de frutos sueltos en su capa externa y pueden presentar o no cuarteamiento.
Sobremaduro	RS	Racimos que han desprendido más de 25% de los frutos en su capa externa.
Podrido y tusas vacías	RPT	Racimos deshidratados, pedúnculo blando, olor fétido, con desprendimiento de más del 50 % del fruto de forma natural y tusas vacías.
<b>Externos</b>		
Impurezas	Imp	Elementos extraños al racimo limpio, como piedras, espatas, materiales de cosecha, arena, etc.
Pedúnculo largo	PL	Racimos que presentan más de 3 cm por encima del hombro del racimo.
<b>Conformación</b>		
Clase 1	C1	> 90
Clase 2	C2	Entre 70 y 89 %
Clase 3	C3	Entre 50 y 69 %
Clase 4	C4	Menor a 49 %
<b>Malogro</b>		
Malogro	RMA	Racimo polinizado que presenta más del 25 % de frutos con secamiento del ápice hacia la base o viceversa, pérdida de brillo y fácilmente se desprende la raquilla.
Asincronía	AF	Racimos que presentan frutos con diferentes grados de maduración en su capa externa mayor al 25 %, asociado al fenómeno de asincronía floral.

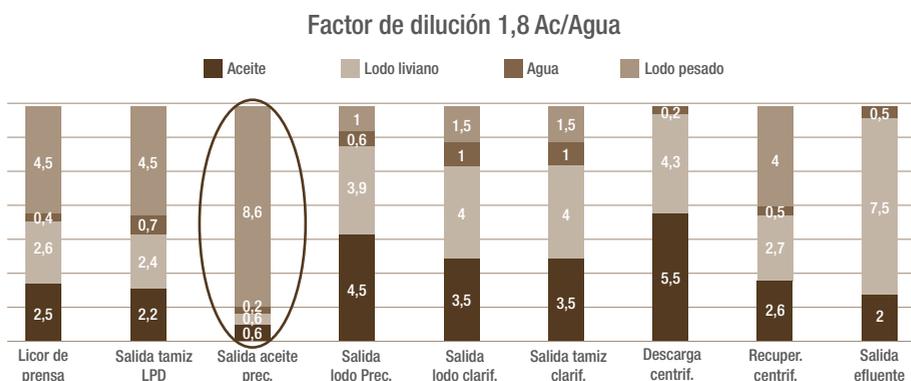
Cuadro de proceso de unificación de criterios, calidad de fruto materiales híbrido OxG. Comité Zona Suroccidental.

## Capítulo 4

### 4.4.2. Factor de dilución de licor de prensa de materiales híbridos OxG



■ Montaje del factor de dilución a escala de laboratorio. Fotos: Fedepalma



En la etapa de clarificación del proceso de extracción de aceite crudo de palma se recupera la mayor cantidad de aceite luego de la extracción mecánica que realizan los equipos de prensado. Al licor crudo proveniente de las prensas se le adiciona agua con el fin de favorecer la separación del aceite de los lodos presentes en la mezcla. La adición de esta nueva corriente al proceso ha permitido desarrollar el factor de dilución como parámetro de operación, que básicamente es la relación volumétrica entre las cantidades de aceite y agua presentes en la corriente que ingresa a los equipos de sedimentación gravitacional.

Tradicionalmente la dilución usada en clarificación en palma *E. guineensis* es de 1,4 aceite/agua, con eficiencias del 75 %. Sin embargo, con la incursión en el proceso de materiales híbridos OxG, se realizó el estudio de identificación de factor de dilución con mejor potencial de recuperación de aceite, y los resultados indican: en dilución 1,4 eficiencias de 52 % y en 1,8 de 86 %.

La dilución 1,8 aceite/agua mejora ostensiblemente la separación del aceite en materiales híbridos generando menor consumo de agua y mayor tiempo de residencia en equipo de sedimentación.

## 4.5. Mejores prácticas de gerencia integral en plantas de beneficio

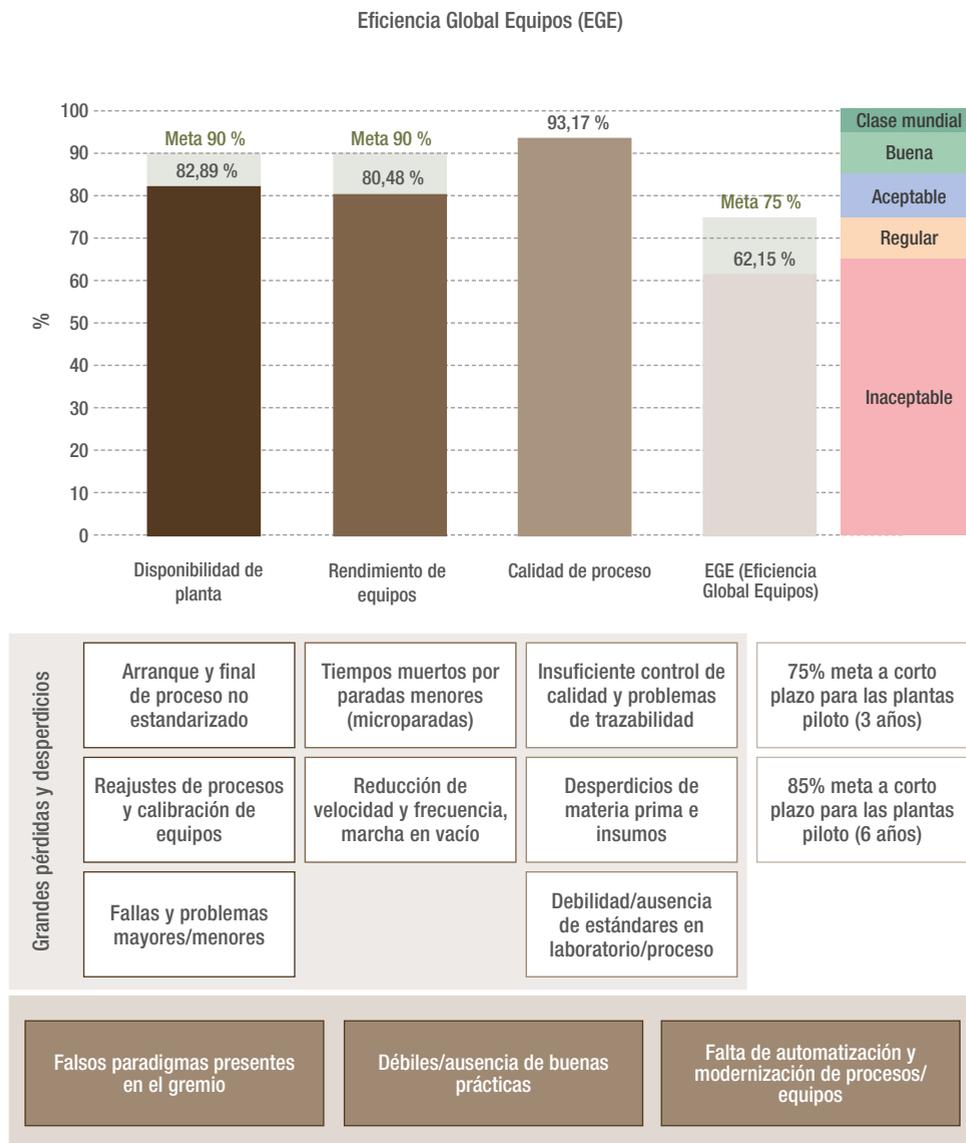


■ Panorámica interna de una planta de beneficio que aplica las mejores prácticas de gerencia integral. Foto: Díaz, C.

Una de las causas de la baja productividad en la agroindustria de la palma de aceite, es la débil coherencia entre las estrategias productivas, las competencias laborales de la mano de obra vinculada y la falta de modernización de sus procesos tecnológicos. Por lo anterior, cada organización debe propender por cumplir su misión y visión empresarial en todos los niveles laborales con creatividad, innovación, pertinencia y mentalidad competitiva.

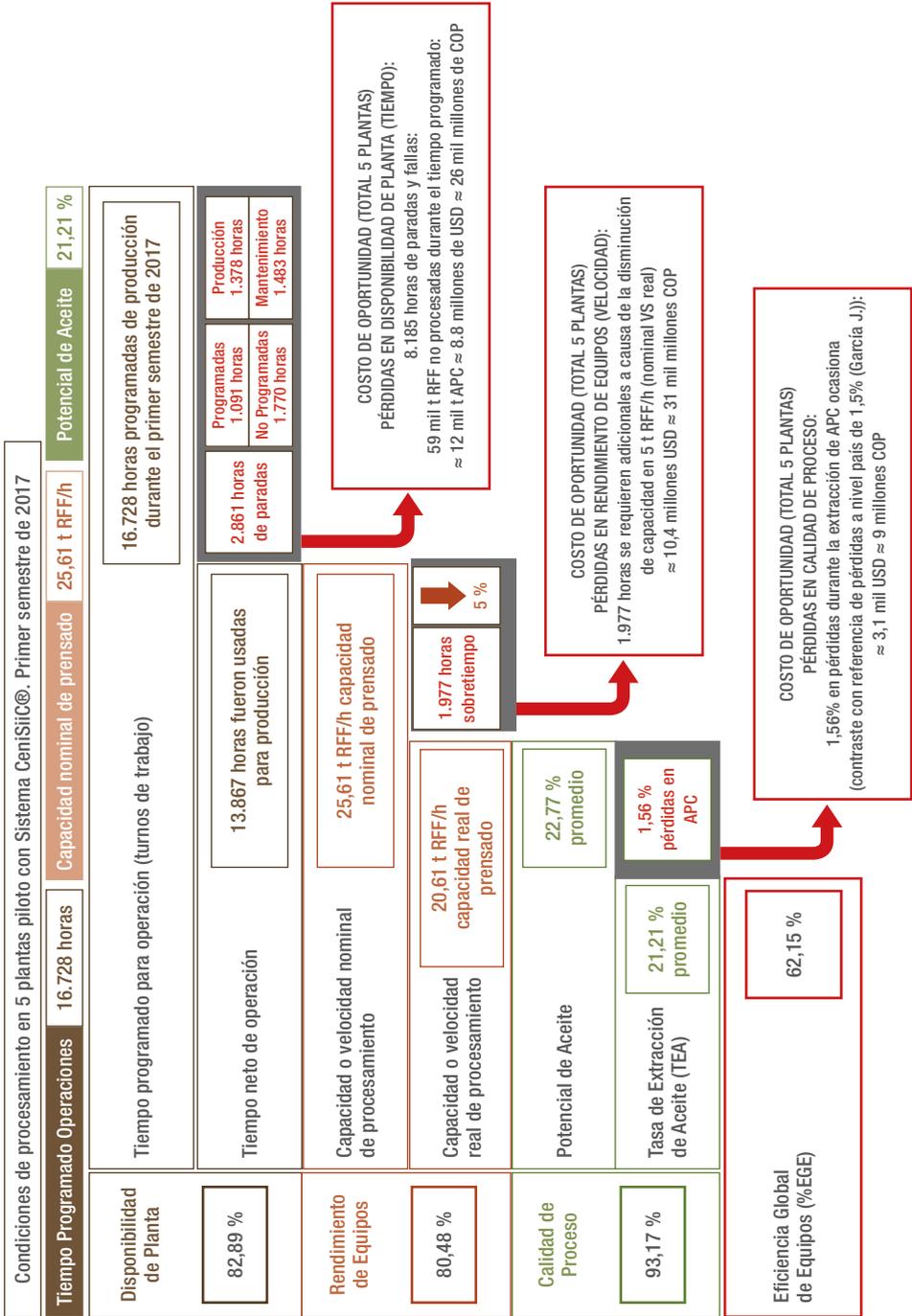
## Capítulo 4

### 4.5.1. Plan de excelencia industrial: programa de mejoramiento continuo

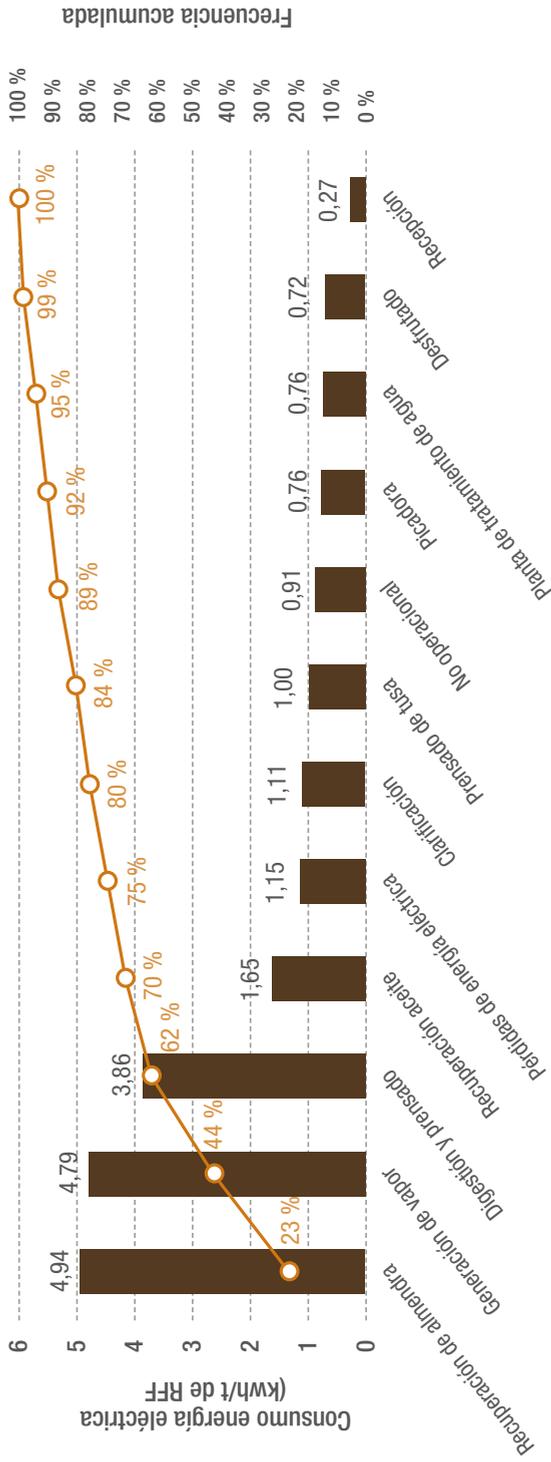


■ Fuente: Cenipalma

### 4.5.2. Diagnóstico e identificación de potenciales de mejora



### 4.5.3. Identificación del consumo de energía eléctrica en planta de beneficio



Áreas de la planta de procesamiento

■ Fuente: Barrera, J., Ramírez, N., García-Núñez, J. A., & Guevara, F. (2016).

Un diagnóstico del consumo de energía permite identificar y priorizar las áreas del proceso que demandan mayor cantidad de energía. La figura presenta la distribución promedio del consumo en plantas de beneficio. En un plan de uso racional y eficiente de la energía, se recomienda enfocar las acciones de control y reducción en las áreas de recuperación de almendra, generación de vapor y digestión y prensado.

#### 4.5.4. Estrategias de uso eficiente de energía eléctrica

##### Obstrucción de ventilación



La ventilación de los motores eléctricos es indispensable para mantener la temperatura óptima de operación. Un enfriamiento pésimo o nulo promueve el aumento del consumo de energía y la reducción de la vida útil del motor.

##### Limpieza de motores



Una adecuada limpieza del motor eléctrico asegura un buen desempeño para la tarea asignada. La acumulación de suciedad en los rodamientos y/o eje genera la necesidad de aplicar mayor potencia mecánica, para desplazar el eje.

■ Fuente: Documento interno Cenipalma, Informe Anual 2016.

### Buenas prácticas de mantenimiento



Las rutas de lubricación y el uso de motores de alta eficiencia aseguran un bajo consumo de energía y el prolongamiento de la vida útil del motor eléctrico. Es importante contar con rutinas de mantenimiento predictivo y preventivo, usando análisis termográfico y de vibraciones.

### Acoplamiento del sistema



La verificación de sistemas de acoplamiento mecánicos ya sea por correas o por cadenas es necesaria para promover el desempeño energético. Un buen acople transfiere la potencia mecánica requerida para la aplicación, así mismo su continua verificación puede evitar posibles accidentes en los operarios.

Es importante contar con rutinas de mantenimiento predictivo y preventivo, usando el análisis termográfico y de vibraciones.

■ Fuente: Documento interno Cenipalma, Informe Anual 2016.



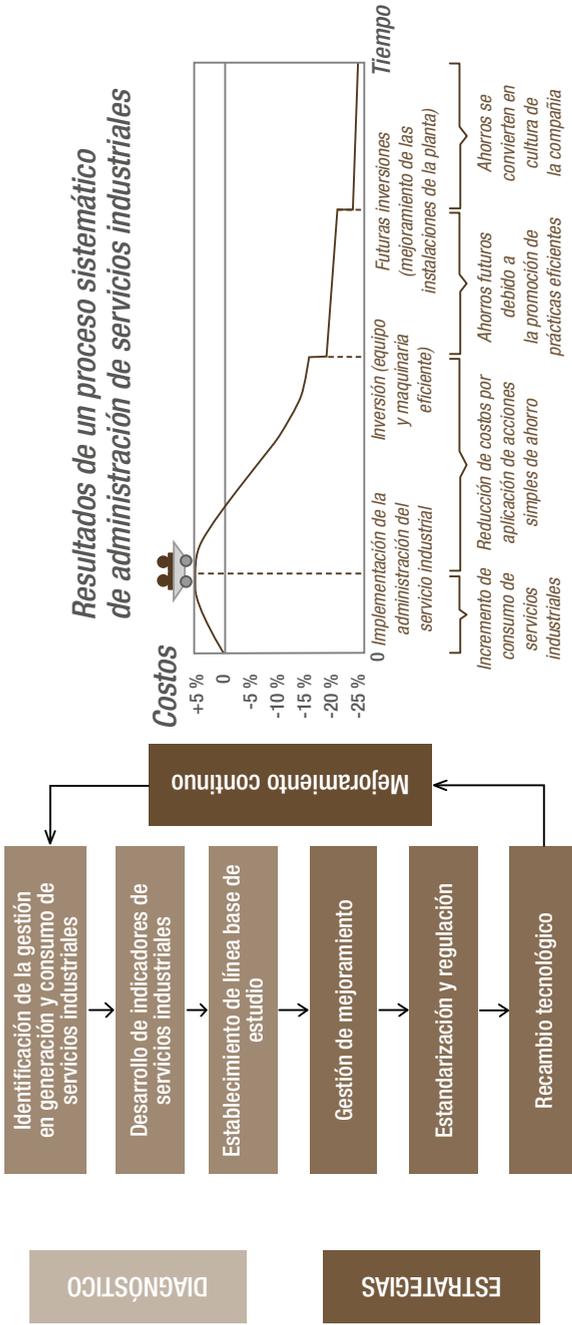
### 4.5.6. Estrategias de aumento de eficiencia en generación de vapor

<p><b>Cámara de combustión</b></p> <p>Se debe garantizar una distribución homogénea de la biomasa dispuesta en las parrillas de la caldera. Los cúmulos de esta generan inquemados y promueven la formación de escoria y cenizas.</p>	<p><b>Mantenimiento</b></p> <p>El mantenimiento y limpieza de la caldera es una práctica fundamental para conservar su eficiencia y vida útil. La acumulación de cenizas y sales actúan como aislantes térmicos que restringen la transferencia de calor reduciendo así la eficiencia de la caldera.</p>	<p><b>Instrumentación y control</b></p> <p>Mantener una buena calidad de la información a través de la correcta operación y calibración de los sensores permite realizar un seguimiento continuo a la operación de la caldera y ofrece la oportunidad de anticiparse a eventos no programados.</p>
<p><b>Humedad de biomasa</b></p> <p>Un buen control de la humedad de la fibra y el cuesco permite aumentar la eficiencia de la caldera. Entre mayor sea el contenido de humedad en la biomasa mayor será el requerimiento energético para secarla para su posterior combustión.</p>	<p><b>Agua de alimentación</b></p> <p>La temperatura del agua de alimentación debe ser lo más alta posible. Esto se realiza con la intención de reducir el salto térmico en la generación del vapor. También se deben garantizar las condiciones de dureza y sedimentos para conservar la eficiencia de la caldera.</p>	<p><b>Exceso de aire</b></p> <p>Controlar la relación aire-combustible en el proceso de combustión permite asegurar la quema completa del mismo. El exceso de aire que supere los valores recomendados en la combustión puede generar problemas para el cumplimiento de las normativas ambientales.</p>

■ Fuente: Documento interno Cenipalma, Informe Anual 2014.

Barrera, J.; Ramírez, N., y García, J., Combustión de biomasa: conceptos, tecnologías y oportunidades de mejora para la agroindustria de la palma de aceite. (Artículo por publicar, 2018).

#### 4.5.7. Estrategias de alta dirección en plantas de beneficio



Basados en norma ISO 50001

■ Fuente: Barrera et al., 2016.

Una de las estrategias es examinar el desempeño en el uso de la energía eléctrica. Obtener el mayor potencial aprovechable de esta en plantas de beneficio puede derivar en la disminución de los costos de producción asociados a la extracción de aceite de palma y palmiste. Para aquellas plantas de beneficio que comercializan o están interesadas en la venta de energía eléctrica, reducir su consumo les permitirá disponer de mayor cantidad de energía para su comercialización. Por lo tanto, para determinar oportunidades de mejora, es necesario realizar un diagnóstico inicial para establecer el consumo de energía eléctrica en cada sección de la planta.



## Autores

*Mauricio Mosquera Montoya*

*Elizabeth Ruiz Álvarez*

*Carlos Andrés Fontanilla Díaz*

*Mabyr Valderrama Villabona*

*Daniel Felipe López Alfonso*

*Luis Enrique Castro Zamudio*

*María Alejandra González Arenas*

# Capítulo

# 5

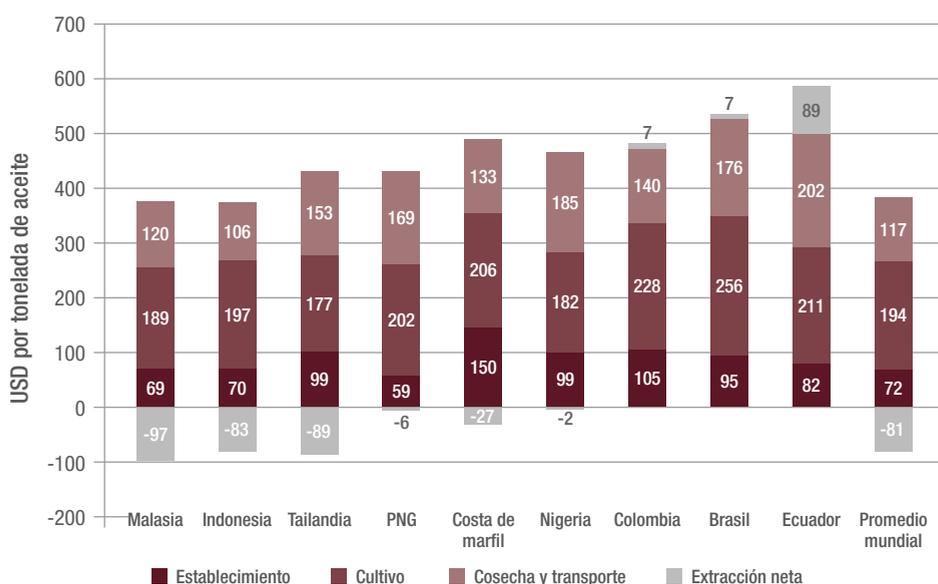
Costos de producción  
para el cultivo de la  
palma de aceite en  
Colombia





## 5.1 Contexto Mundial

Según LMC Internacional (2015), el costo promedio de producir una tonelada de aceite de palma en el mundo se estimó en USD 383. En la siguiente figura se observa el valor de generar una tonelada de aceite de palma por actividad en el 2015, para algunos países productores de esta oleaginosa. Es posible observar que el costo en Colombia resultó en este periodo 20 % superior al estimado en los mayores países productores (Malasia e Indonesia). Por ejemplo, el costo de establecimiento es superior en un 52 % en Colombia comparado con Malasia; 21 % mayor en los de cultivo y 17 % superior en los de cosecha y transporte.



■ Costos de producción de aceite de palma en algunos países productores, por actividad (2015/2016).

Fuente: Elaboración propia a partir de Información de LMC (2015).

Los mayores costos de producción estimados en Colombia, afectan la competitividad de los productores, sobre todo al considerar escenarios de exportación del aceite. Por ello, se hace necesario trabajar en la optimización de los factores de producción (Tierra, Capital y Trabajo) y una medida para lograrlo, es a través de la adopción de las mejores prácticas disponibles para los diferentes eslabones de la obtención de aceite.

### 5.2 Metodología para estimación de costos de producción

La palma de aceite es un cultivo perenne, por ello la metodología para la estimación de costos de producción se enfocó en el largo plazo. Así, se calcularon los costos de cultivo (producir una tonelada de racimos de fruta fresca, RFF) y extracción de aceite (producir una tonelada de aceite de palma crudo, APC), considerando un flujo de 30 años, en plantaciones referentes en términos de su adopción de tecnología en las diferentes zonas palmeras.

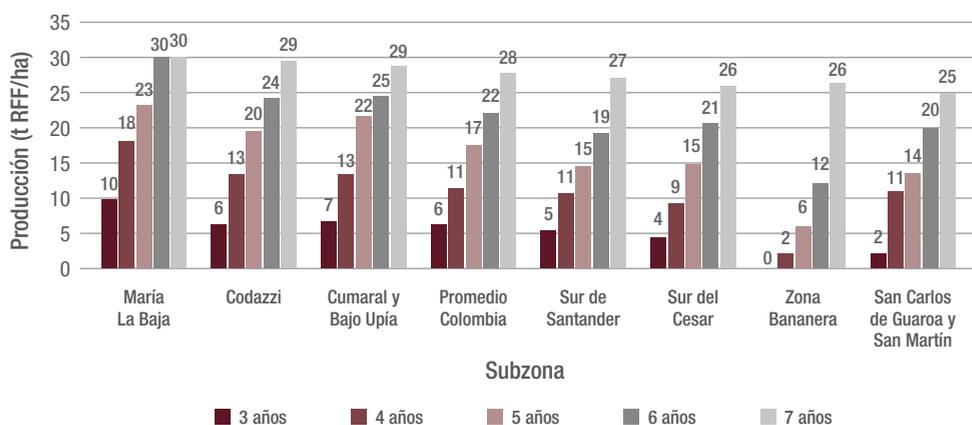
Los costos presentados en este capítulo, son el resultado del trabajo con 28 cultivadores de palma, cuya área sembrada suma 107.359 hectáreas (21,5 % del total de Colombia en 2015). Respecto a los costos de extracción, se contó con la información de 12 plantas de beneficio que alcanzaron una producción de 326.539 t APC, cifra que representó 26 % de la producción nacional en 2015 (1.274.833 t APC).

Metodológicamente, para estimar los costos de cultivo, se empleó información de las diferentes etapas productivas (establecimiento, improductiva, desarrollo y etapa adulta). Para cada una de estas fases, se usó información de las labores realizadas en los cultivos (frecuencias, rendimientos de la mano de obra y tarifas pagadas) y de los insumos utilizados (cantidades y precios). Igualmente, se evaluaron costos administrativos, de oportunidad por el uso de la tierra y de maquinaria. En lo relacionado con los costos de extracción de aceite, se consideró la tasa de extracción de aceite (TEA) y los valores reportados por las plantas de beneficio. Para un mayor detalle en lo relacionado con la captura y procesamiento de información se puede remitir a Mosquera *et al.*, 2016.

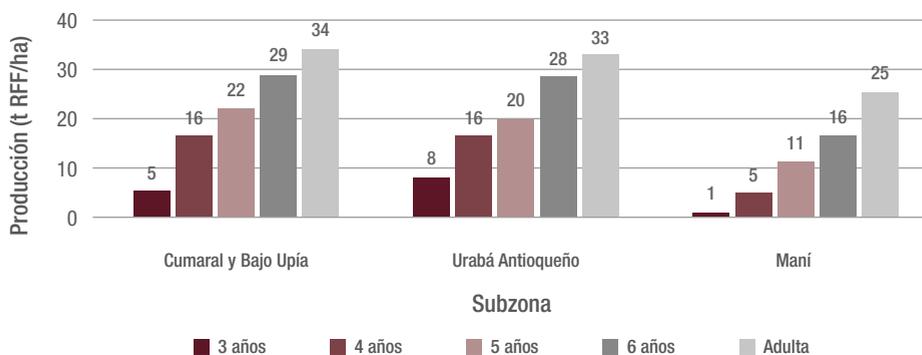
### 5.3 Productividad en plantaciones de palma colombianas

La productividad de las empresas resulta una de las variables que afecta de manera importante el costo unitario. Ello debido a que el cálculo de este indicador, se establece como la razón entre los costos totales y la cantidad total de fruta producida. Como se explicó previamente, las empresas a las que se les estimó el costo de producción, son aquellas que han adoptado en sus cultivos las mejores prácticas logrando obtener importantes ganancias. A continuación se presentan los rendimientos logrados en diferentes subzonas de Colombia, para materiales *E. guineensis* e híbrido, durante el 2015.

Respecto a los materiales *E. guineensis*, se observa una curva ascendente en el rendimiento con el pasar de los años en todas las subzonas. Esta curva alcanza estabilidad entre los años siete a diez, con rendimientos promedio en Colombia en etapa adulta de 28 t/ha de RFF. En lo concerniente a los materiales híbridos, las siembras más adultas se reportan en la Subzona de Cumaral y Bajo Upía. Posteriormente se puede observar una mayor productividad para estos materiales, alcanzando 34 t/ha de RFF en el año siete. Es importante aclarar que los datos sobre productividad del híbrido OxG que se reporta en este informe son prematuros ya que son materiales establecidos recientemente.



■ Productividad promedio por subzona en materiales *E. guineensis* durante el 2015.



■ Productividad promedio en materiales híbrido OxG.

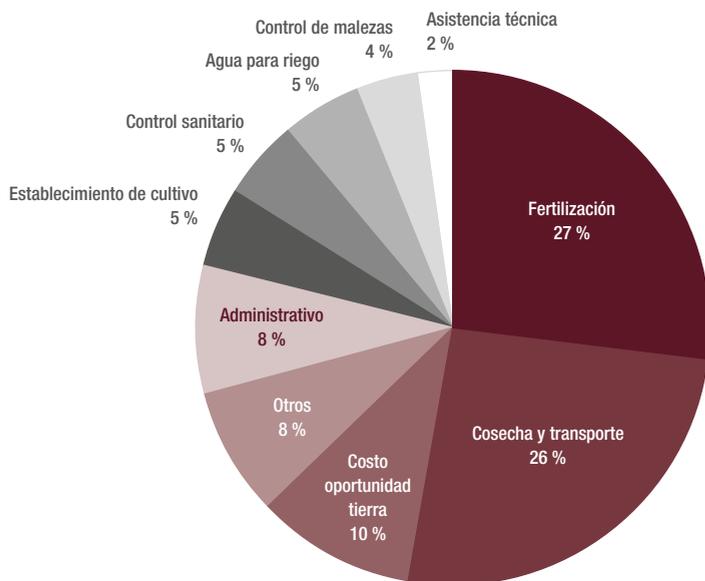
### 5.4 Participación de los rubros en el costo de producción por material

Los costos de producción se estimaron para las diferentes etapas del cultivo. La siguiente figura presenta la participación porcentual de los diversos rubros en el costo de largo plazo del cultivo para los materiales *E. guineensis*. Se puede observar que labores como la fertilización y la cosecha y el transporte de la fruta, suman el 50 % de los costos de producción para estos materiales, por lo que se recomienda adoptar buenas prácticas en estas actividades. En el caso de la fertilización, por ejemplo, un correcto diagnóstico de las necesidades de nutrientes, su aplicación fraccionada y en las épocas adecuadas, y la evaluación de la eficiencia de la fertilización pueden contribuir a optimizar el costo del fertilizante que representa el 85 % del valor de esta labor.

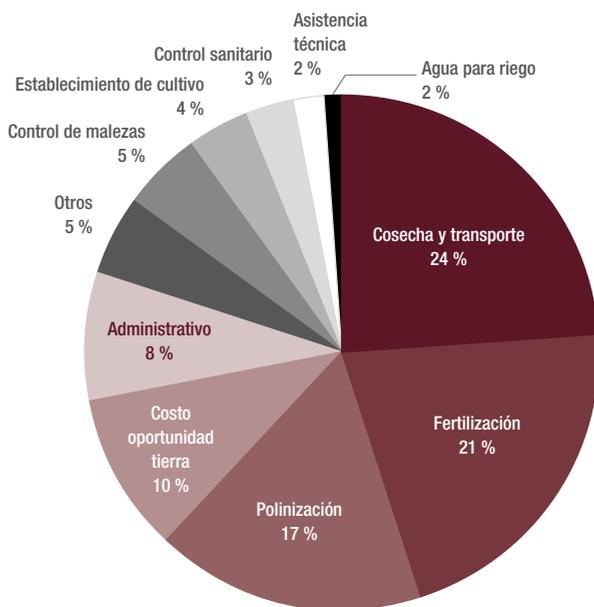
Para la cosecha y transporte de la fruta, aspectos como el manejo de ciclos oportunos, corte de fruta con los debidos criterios de calidad y una correcta logística del personal para el corte, alce y transporte de la fruta, se constituyen en medidas que proporcionan eficiencia al costo de la labor.

En el caso de los materiales híbridos, la participación de los rubros de costos es similar a la de los materiales *E. guineensis*. En este caso, las labores de fertilización, cosecha y transporte y polinización suman el 62 % del costo de producción de largo plazo. Adicional a las prácticas ya enunciadas para hacer eficiente el costo de las labores de fertilización y cosecha, para la polinización se recomienda disponer de una cantidad adecuada de trabajadores que realicen la labor y establecer una logística de trabajo adecuada, como por ejemplo, aprovechar su visita constante a las palmas para que ayuden a diagnosticar enfermedades y plagas en el cultivo (Mosquera *et al.*, 2016).

Costos de producción para el cultivo de la palma de aceite en Colombia



■ Participación de actividades en el costo de largo plazo de los cultivos establecidos con materiales *E. guineensis*.

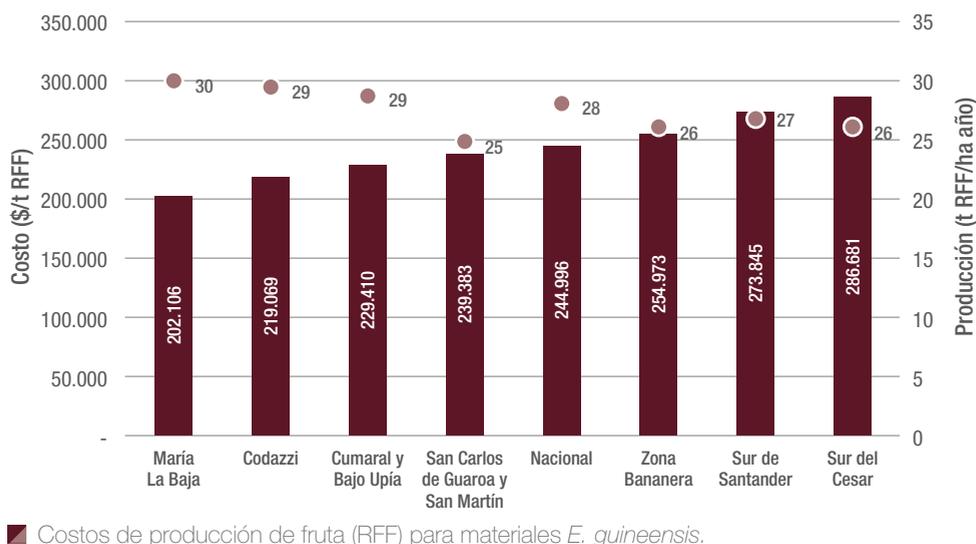


■ Participación de actividades en el costo de largo plazo de cultivos establecidos con materiales híbridos.

## 5.5 Costo de producción de RFF por subzona en el 2015

El costo de producción unitario (\$/t RFF) se estimó para materiales *E. guineensis*. en las diferentes subzonas que han sembrado estos materiales. En la siguiente figura se puede observar que osciló entre \$ 200.000 y \$ 280.000 por tonelada de fruta producida. El costo promedio nacional se estimó en \$ 244.996 por tonelada de fruta. Previamente se mencionó la importancia de la productividad en el costo unitario. En el 2015, los mayores rendimientos de fruta se registraron en María La Baja y Codazzi (29 y 30 t /ha), donde también se dieron los menores costos de producción (\$ 200.000 a \$ 220.000/Kg de fruta). Al compararlos con los estimados para el Sur del Cesar y Sur de Santander, en donde se obtuvieron menores rendimientos (26 y 27 t/ha de RFF), se determina que el costo fue inferior en un 30 % para las subzonas que registraron mayores rendimientos.

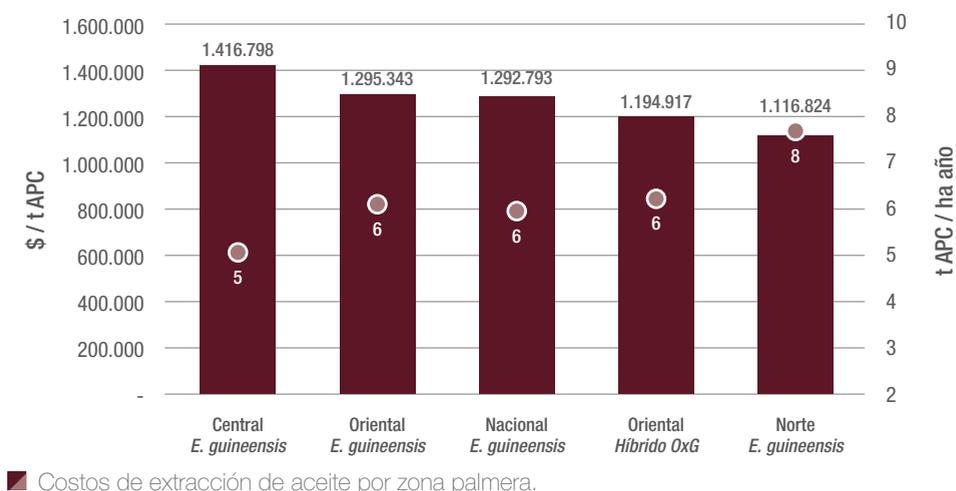
En el caso de los materiales híbridos, el costo promedio de producción de una tonelada de fruta en Cumaral y Bajo Upía (subzona con híbridos en etapa madura), se estimó en \$ 226.346 /t RFF.



## 5.6 Costos de producción de aceite de palma crudo

Respecto a los costos de extracción de aceite, debido a que no se contó con información de todas las subzonas para las que se estimaron los costos de producción de fruta, se presentan en la siguiente figura los costos de extracción de aceite por zona palmera. En 2015 el promedio nacional de producir una tonelada de APC fue cercano a \$ 1.3 millones para fruto proveniente de *E. guineensis* y de \$ 1.2 millones para materiales OxG en los Llanos Orientales.

En 2015, la TEA a nivel nacional se ubicó en 21,5 %, siendo la Zona Norte la que mostró una mayor tasa de extracción con 22,6 %, mientras que la Zona Central presentó la menor relación entre toneladas de APC y toneladas de RFF procesado, con una TEA de 20,9 %.







## Bibliografía



- Acevedo, N., Buritica, P., García, J., y Galvis, N. (2000). Valoración económica de las pérdidas de aceite generadas por la Pudrición del cogollo en los Llanos Orientales de Colombia. *Palmas* 21(2), pág. 53-62.
- Aldana de la Torre, J.A; Aldana de la Torre R.C; Calvache-Guerrero, H.H. (2002). Manejo de *Leptopharsa gibbicularina* Froeschner, Insecto inductor de la Pestalotiopsis. Cenipalma. Boletín técnico No. 16. 30 p.
- Aldana, R; Aldana J; Calvache, H; Franco, P. (2010). Manual de plagas de la palma de aceite en Colombia. Bogotá, D.C.
- Álvarez, O; Silva, J. y Garzón, E. (2006). Conceptos básicos para la realización del balance hídrico en el cultivo de la Palma de Aceite. Bogotá: Cenipalma.
- Arango, M; Sierra, I; Aldana, R; Martínez, G. (2011). Efecto de la aplicación de insecticidas y herbicidas en el desarrollo de la Marchitez letal de la palma de aceite en el Bajo Upía, Casanare. *Palmas* 32(1), pág. 11-23.
- Arias, N; Obando, O; Motta, D; Mosquera, M; Gómez, P; Franco, P; Álvarez, M; Betancourt, F; Díaz, D; Bernal, P. (2009). Principios agronómicos para el establecimiento de una plantación de palma de aceite. Bogotá, D.C.
- Arias, N., y Beltrán, J. (2010). Diseño y evaluación del programa de manejo nutricional en palma de aceite. Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite. Guía para facilitadores. En: Colombia 2010. Ed: Javegraf. ISBN: 978-958-8360-12-6 v. 0 pág. 112.
- Barrera, J., Ramírez, N., Garcia-Nunez, J. A., & Guevara, F. (2016). Diagnóstico del desempeño en consumo de energía eléctrica en plantas de beneficio en Colombia. *Palmas*, 37(4), 17-31.
- Barrios-Trilleras, C. E; Bustillo-Pardey, A. E; Ocampo, K. L; Reina, M. G; Alvarado, H. L. (2016). Eficacia de hongos entomopatógenos en el control de *Leptopharsa gibbicularina* (Hemiptera: Tingidae) en palma de aceite. *Revista Colombiana de Entomología* 42 (1): 22-27.
- Bradley, R.S. (1982). Manejo de las leguminosas forrajeras para los estudios de fijación de nitrógeno por *Rhizobium*. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT). Manual para la evaluación agronómica. CIAT.
- Cala, G; Bernal, G. (2008). Procesos modernos de extracción de aceite de palma. Bogotá, D.C.
- Cala, S; Yáñez, E; García, J. (2011). Manual de procedimientos de laboratorio en plantas de beneficio. Bogotá, D.C.
- Caliman, J.P.; Southworth, A. (1998). Effect of drought an haze on the performance or oil palm. In: *Proc. 1998 Int. Oil Palm Conf. 'Commodity of the past, today and the future'* (Ed. by A. Jatmika et al.), pp. 250-274, Indonesian Oil Palm Res. Inst., Medan, Indonesia.

## Bibliografía

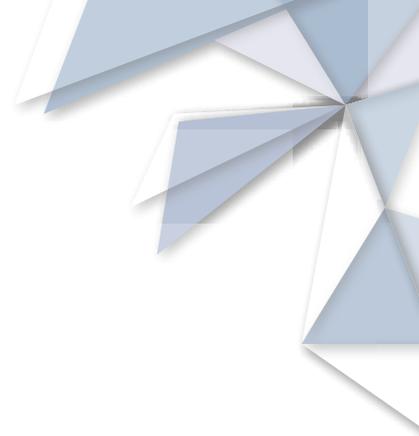
- Castro, H. (1998). Fundamentos para el conocimiento y manejo de suelos agrícolas. Instituto Universitario Juan de Castellanos. Tunja.
- Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma. (1998). Ciclo cursos de actualización de conocimientos sobre suelos con aplicaciones en el cultivo de palma de aceite. Cenipalma. Bogotá, D.C.
- Corley & Gray. B.S. (1982). Growth and morphology. In: R.V.H. Corley; J.J. Hardon; B.J. Wood (Eds.). Oil Palm Research. Elsevier, Amsterdam. p. 7-21.
- Corley, R. and Tinker, P. (2003). The oil palm. 4th. Blackwell Science, Oxford, UK.
- Corley, R.H.V; Tinker, P.B. (2009). La palma de aceite. Cuarta edición – versión en español. Fedepalma. Bogotá, D.C.
- Delgado, T., Rincón, A., y Molina, D., (2015). Establecimiento y manejo de leguminosas de cobertura en palma de aceite. Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite. Guía para facilitadores. En: Colombia 2015. Ed: Javegraf ISBN: 9789588360553. v. 1 pags. 98.
- Ernst, O. (2004). Leguminosas como cultivo de cobertura. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Uruguay.
- Fairhurst, T; Härdter, R. (2003). Palma de aceite. Manejo para rendimientos altos y sostenibles. IPNI, primera edición en español. 2012.
- Fairhurst, T; Caliman, J; Witt, C. (2005). Palma Aceitera – Desordenes nutricionales y manejo de nutrientes. IPNI – CIRAD Paris.
- Fedepalma. Sistema de información estadística del sector palmero, Sispa (2014). *Evolución histórica de los rendimientos de fruto, aceite de palma y palmiste*. Consultado en: <http://sispaweb.fedepalma.org/sispaweb/default.aspx?Control=Pages/produccion>
- Fedepalma. Sistema de información estadística del sector palmero, Sispa (2016). *Evolución histórica de los rendimientos de fruto, aceite de palma y palmiste*. Consultado en: <http://sispaweb.fedepalma.org/sispaweb/default.aspx?Control=Pages/produccion>
- Finck, A. (1982). Fertilizers and Fertilization. Verlag Chemie, Weinheim.
- Fontanilla, C.A; Pachón, S; Castiblanco, J; Mosquera, M; Sánchez, C.A. (2010). Referenciación competitiva a los sistemas de evacuación y alce de fruto. Boletín Técnico No. 25. Ed. Cenipalma-Colciencias. pp. 1-50.
- Franco-Bautista, P.N., Arias-Arias, N.A., y Beltrán Giraldo, J.A. (2012). Calificación del nivel tecnológico de las plantaciones de palma de aceite. Bogotá: Cenipalma-SENA.
- Genty, P; Ujueta, M. (2013). Relatos sobre el híbrido interespecífico de palma de aceite OxG – Coari x La Mé. Esperanza para el trópico. Bogotá, D.C.
- Giller, K. y Fairhurst, T. (2012). Plantas leguminosas de cobertura. En: Fairhurst, T. y Härdter, R. (eds.). Palma de aceite: Manejo para rendimientos altos y sostenibles. International Plant Nutritional Institute (IPNI) y International Potash Institute (IPI). 173-184.

- Goh (2000). Climatic requirements of the oil palm for high yields. *In: Managing oil palm for high yields: agronomic principles* (Ed. By Goh K.J.), pp.1-17, Malaysian Soc. Soil Sci. and Param Agric. Surveys, Kuala Lumpur.
- Hartley. C.W.S. (1977). The oil palm. Longmans Green. London.
- Hartley. C.W.S. (1988). The oil palm. Longmans Green. London. 761 p.
- Hartley. C.W.S. (1998). The oil palm. Longmans Green. London.
- Henson, I.E. (1990). Photosynthesis and source-sink relationships in oil palm (*Elaeis guineensis*). *Trans. Malay. Soc. Pl. Physiol.*, 1, 165-171.
- Henson, I.E. (1997). Analysis of oil palm productivity. I. *The estimation of seasonal trends in bunch dry matter production. Elaeis*, 9, 69-77.
- Henson, I.E. (1998). Notes on oil palm productivity. I. *Productivity at two contrasting sites. J. Oil Palm Res.*, 10, 57-67.
- Horrocks, R.D., & Valentine, J.F. (1999). *Harvested forages*. Academic Press.
- IGAC. (n.d.). Retrieved Dec. & jan., (2012), from <http://www.igac.gov.co/igac>
- Jaramillo, D. (2002). Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de ciencias. Medellín. 619 p.
- Lascano, C.; Rincón, A.; Plazas, C.; Ávila, P.; Bueno, G. & Argel, P. (2002). Cultivar veranera (*Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze). Villavicencio: Corpoica, CIAT.
- LMC International. (2015). The LMC Oilseeds & Oils Report. Executive Summary.
- Malavolta, E. (1992). ABC da análise de solos e folhas. São Paulo: Ceres, 124.
- Malavolta, E. (1993). Nutricao mineral e adubacao do cafeeiro. Colheitas económicas máximas. Sao Paulo, Brasil, Ed. Ceres. 210 p.
- Mathews, C. (2006). Introducción y establecimiento de una nueva cobertura leguminosa, *Mucuna bracteata*, para la palma de aceite en Malasia. Golden Hope Plantations Berhad, Tangkak Estate, P.O. Box 503, 84900 Tangkak, Johor Darul Takzim, Malasia <http://cheriachagemathews.tripod.com>
- Mosquera, M.; Valderrama, M.; Fontanilla, C.; Ruiz, E.; Uñate, M.; Rincón, F. y Arias, N. (2016). Costos de producción de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia en 2014. *Palmas* 37(2), pág. 37-53.
- Motta, D; Beltrán, J. (2010). Establecimiento y manejo de viveros de palma de aceite. Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite. Guía para facilitadores. En: Colombia. Ed. Cenipalma. ISBN: 978-958-8360-15-7 v. 0 pags. 164.
- Munévar, F; Romero, A; Cuellar, M. (2005). Pruebas de reactividad de enmiendas (PRE): ensayos de laboratorio que apoyan al palmicultor en la selección de fertilizantes efectivos. Cenipalma. Ceniavances No 131.
- Oil World. (n.d.). Retrieved April & may, (2014), from <https://www.oilworld.biz/t/publications/annual>

## Bibliografía

- 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.
- Pérez, P. (2012). Guía de prácticas agrícolas en el cultivo de palma de aceite ya establecido. Bogotá, D.C.
- Pérez, R; Rincón, A; Cipagauta, M; Schmidh, A; Plazas, C; Lascano, C. (2002). Maquenque (*Desmodium heterocarpon*) (L) DC. *subsp. Ovalifolium* (Prain) Ohashi CIAT 13651. Leguminosa de usos múltiples en sistemas agropecuarios en Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica. Villavicencio, Colombia. Centro de Investigación de agricultura Tropical CIAT, Cali, Colombia. 31 p.
- Peters, M; Franco, L; Schmidt, A. & Hincapié, B. (2003). Especies forrajeras multipropósito: Opciones para productores del trópico americano. Cali: CIAT.
- Pineda, B., Martínez, G. (2010). Reconocimiento de enfermedades en la palma de aceite. Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite. Guía para facilitadores En: Colombia. Ed: Javegraf. ISBN: 978-958-8360-11-9 v. 1 pág. 138.
- Pizarro, E. & Carvalho, M. (1997). Evaluation of a collection of *Calopogonium mucunoides* desv. for the cerrado ecosystem, Brazil. *Journal of Applied Seed Production* 15: 17 – 21.
- Rabbinge, R. (1993). The ecological background of food production. Pages 2-29 in: *Crop Protection and Sustainable Agriculture*. Ciba Foundation 77. D. J. Chadwick and J. Marsh, eds. John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- Rivera, Y., Cuenca, J.C., Romero, H.M. (2016). Physiological responses of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) seedlings under different water soil conditions. *Agronomía colombiana* 34(2): 163-171.
- Rodríguez, I; Guevara, E; Alvarado, D. (2009). Producción de semillas de leguminosas en el estado Anzoátegui. En: INIA Divulga. 8-12 p.
- Romero, H; Forero, D; Hormaza, P; Moreno, L; Ruíz, R. (2012). Generalidades sobre la morfología y fenología de la palma de aceite. Bogotá, D.C.
- Ruiz, E. (2014). Brechas de productividad entre productores de aceite de palma del Sur del Cesar. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Maestría en Ciencias Agrarias.
- Sánchez, A; Daza, E; Ruiz, R; Romero, H. (2011). Polinización asistida en palma de aceite. Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite: Guía para facilitadores. En: Colombia 2011. Ed: Javegraf. ISBN: 978-958-8616-44-5 v. 0 pág. 168.
- Torres, J. (2014). Principios básicos para identificar problemas de drenajes en el cultivo de la palma. Boletín técnico No. 34. Bogotá, D.C.
- Tropical Forages. (n.d.). Retrieved January, (2013), from <http://www.tropicalforages.info/>

- Urueta, J. (2015). Direccionamiento estratégico de plantas extractoras de palma de aceite. Barranquilla.
- Villegas, B; Ospina, M. (2013). Palma de aceite en Colombia. Bogotá D.C.
- Wambeck, N. (1999). Oil Palm Process Synopsis. Volume I. Oil palm mill, systems and process.



Esta publicación es propiedad del Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma, por tanto, ninguna parte del material ni su contenido, ni ninguna copia del mismo puede ser alterada en forma alguna, transmitida, copiada o distribuida a terceros sin el consentimiento expreso de Cenipalma. Al realizar la presente publicación, Cenipalma ha confiado en la información proveniente de fuentes públicas o fuentes debidamente publicadas. Contiene recomendaciones o sugerencias que profesionalmente resultan adecuadas e idóneas con base en el estado actual de la técnica, los estudios científicos, así como las investigaciones propias adelantadas. A menos que esté expresamente indicado, no se ha utilizado en esta publicación/presentación información sujeta a confidencialidad ni información privilegiada o aquella que pueda significar incumplimiento a la legislación sobre derechos de autor. La información contenida en esta publicación es de carácter estrictamente referencial y así debe ser tomada y está ajustada a las normas nacionales de competencia, Código de Ética y Buen Gobierno de la Federación, respetando en todo momento la libre participación de las empresas en el mercado, el bienestar de los consumidores y la eficiencia económica.