




**PREGUNTAS SOBRE PALMA DE ACEITE *Elaeis Guineensis* Jacq.,
PALMA NOLÍ *Elaeis oleifera* (Kunth) CORTÉS Y LOS HÍBRIDOS
INTERESPECÍFICOS NOLÍ X PALMA DE ACEITE
(*E. oleifera* x *E. guineensis*)**





**Preguntas sobre
Palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq.,
palma Nolí *Elaeis oleifera* (Kunth) Cortés y
los híbridos interespecíficos Nolí x Palma
de aceite (*E. oleifera* x *E. guineensis*)**

**Sistema de Bancos de Germoplasma de la Nación
Colombiana para la Alimentación y la Agricultura**

Silvio Bastidas Pérez.

Investigador Master, Corpoica
C.I. Palmira. Contiguo a la Penitenciaria, Palmira, Valle del Cauca.
sbastidas@corpoica.org.co

Eduardo Peña Rojas.

Investigador Master, Corpoica hasta diciembre de 2012
epenarojas@gmail.com

Rafael Reyes Cuesta.

Coordinador de Investigación y Transferencia C.I. Palmira. Corpoica.
C.I. PALMIRA. Contiguo a la Penitenciaria, Palmira, Valle del Cauca.
rreyes@corpoica.org.co

Bogotá D.C., Colombia 2013

Bastidas, Silvio; Peña, Eduardo; Reyes, Rafael /Preguntas sobre Palma de aceite
Elaeis guineensis Jacq., palma Nolí *Elaeis oleifera* (Kunth) Cortés y los híbridos interespecíficos
Nolí x Palma de aceite (*E. oleifera* x *E. guineensis*).

Bogotá (Colombia): CORPOICA, 2013. 264 p.

Palabras Claves: PALMAS ACEITERAS, PALMA AFRICANA, HÍBRIDOS INTERESPECÍFICOS,
MORFOLOGÍA, PLAGAS, ENFERMEDADES, VARIABILIDAD, VIVEROS, POLINIZACIÓN ASISTIDA,
FISIOLOGÍA DE LA PALMA, DEFICIENCIAS NUTRICIONALES.



Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - CORPOICA - ,
Línea de atención al cliente: 018000121515
atencionalcliente@corpoica.org.co

www.corpoica.org.co

ISBN: 978-958-740-161-5
Primera edición: Diciembre 2013
Tiraje:

Impreso por Carvajal Soluciones de Comunicación S.A.S.
Impreso en Colombia
Printed in Colombia

DISEÑO, DIAGRAMACIÓN & CORRECCIÓN DE ESTILO
Oficina Asesora de Comunicaciones, Identidad y Relaciones Corporativas // Corpoica

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	15
Sección I. PALMA DE ACEITE	16
1. ORIGEN DE LA PALMICULTURA EN COLOMBIA	17
2. MORFOLOGÍA DE LA PALMA DE ACEITE	23
2.1. Raíces	24
2.2. Tallo o estípite	26
2.3. Hojas	28
2.4. Inflorescencias y Flores	33
2.5. Frutos y Semillas	41
3. CONCEPTOS GENERALES SOBRE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE LA PALMA DE ACEITE	45
3.1. Mejoramiento genético de la palma de aceite en Corpoica	85
4. CONCEPTOS GENERALES SOBRE FISIOLOGÍA DE LA PALMA DE ACEITE	104
5. MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS EN EL SISTEMA PALMA DE ACEITE DE LA ZONA PALMERA OCCIDENTAL	114
5.1. Enfermedades asociadas con el sistema palma de aceite	114
5.2. Insectos asociados con el sistema palma de aceite	134
6. MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE LA PALMA DE ACEITE	141
6.1. Establecimiento del cultivo	141
6.1.1. <i>Establecimiento y manejo de viveros</i>	143
6.2. Labores de mantenimiento del cultivo	150
6.2.1. <i>Conceptos sobre cosecha de racimos</i>	161
6.3. Conceptos técnicos sobre la fertilización del cultivo	166
6.3.1. <i>Bases técnicas para el diagnóstico foliar de la fertilidad</i>	177
6.3.2. <i>Bases técnicas para los análisis químicos de suelos</i>	186
6.4. Criterios sobre polinización asistida en palma de aceite	191

CONTENIDO

Sección II.		
PALMA NOLÍ		200
7. CENTRO DE ORIGEN, CENTROS DE DISPERSIÓN, CLASIFICACIÓN BOTÁNICA		201
8. MORFOLOGÍA Y DIFERENCIAS CON LA PALMA DE ACEITE		205
9. CONSIDERACIONES PARA EL MEJORAMIENTO GENÉTICO		209
9.1. Inicio de las investigaciones con la palma nolí en Colombia		219
Sección III.		
HÍBRIDOS INTERESPECÍFICOS NOLÍ X PALMA DE ACEITE		222
10. HÍBRIDOS INTERESPECÍFICOS COMO RESULTADO DEL MEJORAMIENTO GENÉTICO DE LAS ESPECIES <i>E. guineensis</i> y <i>E. oleífera</i>		223
11. INVESTIGACIONES QUE ORIGINARON LOS HÍBRIDOS		225
12. POLINIZACIÓN ASISTIDA EN LOS HÍBRIDOS <i>E. oleífera</i> x <i>E. guineensis</i>		236
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		245

TABLA DE FIGURAS

figura 1	Palmas de aceite a. Ejemplar de palma africana de aceite de la especie <i>Elaeis guineensis</i> b. Ejemplar de palma americana de aceite de la especie <i>Elaeis oleífera</i>	24
figura 2	Diferentes estados del desarrollo de una hoja juvenil a partir de la germinación de la semilla. a. Semilla germinada en la cual se observa la plúmula y la radícula b. Inmediatamente después de la siembra en bolsas de previvero, la plúmula se transforma en espuela. c. Hojas lanceoladas d. Hojas bifurcadas e. Hojas pinnadas	29
figura 3	Diferentes estados del desarrollo de una hoja adulta a partir del meristemos a. Corte transversal de meristemo, en el cual se observan los primordios de hojas e inflorescencias b. Corte vertical del meristemo apical d. La hoja flecha está detrás de la hoja 1 c. Hojas adultas	21
figura 4	Pulvínulos, protuberancias de coloración más clara que los folíolos y el raquis; unen los folíolos con el raquis	33
figura 5	Inflorescencia femenina en antesis, estado receptivo de la palma de aceite	34
figura 6	Inflorescencia masculina en antesis, liberando polende la palma de aceite	35
figura 7	Diferentes tipos de inflorescencia a. Inflorescencia femenina normal b. Inflorescencia hermafrodita	36
figura 8	Diferentes tipos de inflorescencia a. Inflorescencia masculina normal b. Inflorescencia andrógina c. Inflorescencia andrógina en proceso de maduración de sus frutillos	36
figura 9	Diferentes estados de la diferenciación de inflorescencias a. Corte transversal del meristemo, pueden observarse los primordios florales de color amarillento b. Yema floral en proceso de diferenciación. En este estado la yema tiene dos opciones, transformarse en femenina o masculina	37

TABLA DE FIGURAS

figura 10	El aborto de inflorescencias ocurre en el interior de la palma a. Espata de la yema floral en proceso de descomposición b. Detalle de la descomposición de la yema floral. El malogro de racimos ocurre en el exterior de la palma	38
figura 11	Inflorescencias malogradas a. Se observa una inflorescencia malograda entre dos normales transformadas en racimos b. Se observa una inflorescencia malograda aún colgando de su pedúnculo	39
figura 12	Hábitos de floración de la palma de aceite y sus híbridos a. Palma dioica en ciclo femenino b. Palma dioica en ciclo masculino c. Palma monoica; esta palma está en ciclo de transición, posee los dos sexos	40
figura 13	Tipos de palma según el color de la epidermis a. Frutos tipo <i>Nigrescens</i> en estado inmaduro b. Frutos tipo <i>Nigrescens</i> en estado maduro	47
figura 14	Tipos de palma según el color de la epidermis a. Frutos tipo <i>Virescens</i> en estado inmaduro b. Frutos tipo <i>Virescens</i> en estado maduro	47
figura 15	Formas de palma según la estructura interna de los frutos a. Frutos tipo Dura b. Frutos tipo Ténera c. Frutos tipo Pisífera d. Frutos tipo <i>Macrocaria</i> . Este tipo de fruto está desapareciendo por efecto de los procesos de selección; se caracteriza por los cuescos de 4 a 8 milímetros de espesor.	49
figura 16	Palma Pisífera en ciclo femenino. Todas sus flores están malogradas, porque pasó su periodo de antesis y ninguna produjo frutos	55
figura 17	Ejemplo típico de segregación en palma de aceite. Los descendientes de las palmas Ténera segregan en las siguientes proporciones teóricas: 25% Dura; 50% Ténera y 25% Pisífera	57
figura 18	Representación esquemática del tipo de dominancia del carácter cualitativo presencia de cuesco	63
figura 19	Representación esquemática del tipo de dominancia del carácter cuantitativo Espesor del cuesco	65

TABLA DE FIGURAS

figura 20	Palma Idolátrica, caracterizada por producir hojas con folíolos fusionados	70
figura 21	Palma Variegada o albina. Se caracteriza por producir hojas con algunos folíolos carentes de clorofila.	71
figura 22	Algunas diferencias entre palmas de origen según su origen a. Palma de origen asiático, con pocos racimos pesados; las espigas de racimo terminan en espinas gruesas y romas b. Palma de origen africano, con alto número de racimos livianos; las espigas de racimo terminan en espinas largas, delgadas y puntiagudas	75
figura 23	Evolución de la sintomatología de la enfermedad conocida como pudrición del cogollo a. Amarillamiento de las hojas jóvenes b. El amarillamiento progresa y ocurre la pudrición de la hoja flecha c. Colapso de la hoja flecha y hojas juveniles d. Disección de una palma enferma, se observa la formación de un cráter e. Detalle del cráter comprometiendo la zona meristemática	115
figura 25	Síntomas característicos de la mancha anular a. Los folíolos de la hoja presentan manchas amarillentas alargadas y paralelas a la nervadura b. Manchas alargadas en el raquis de la hoja c. Pudrición seca de los folíolos de la flecha	126
figura 26	Palma de aceite en etapa de vivero con síntomas característicos del disturbio conocido como Anillo clorótico	130
figura 27	Corte longitudinal de una espiga de inflorescencia masculina. En las cavidades de algunas flores se observan larvas del insecto <i>Elaeidobius kamerunicus</i> Faust.	134
figura 28	Insectos plaga de la palma de aceite a. <i>Strategus aloeus</i> L., junto al orificio de entrada en el suelo. Este orificio indica la presencia del insecto en el interior de la palma en el bulbo radical b. <i>Rhynchophorus palmarum</i>	137
figura 29	Selección de palmas óptimas en vivero a. Vivero con plantas listas para el trasplante a sitio definitivo b. Después de trasplante	149

TABLA DE FIGURAS

figura 30	Labores de mantenimiento en plantación joven a. Manejo de malezas con machete b. Manejo de malezas con guadaña c. Manejo de malezas con pases de rolo d. Estado del lote después de los pases de rolo	152
figura 31	Labores de mantenimiento en plantación joven a. Plateos con machete. b. Plateos con guadaña. c. Plateos con herbicidas.	154
figura 32	Labores de mantenimiento en plantación joven a. Limpieza y recaba de drenajes b. Limpieza de drenajes naturales c. Aporque de materia vegetal en la base de la palma para evitar entrada de plagas y roedores d. Aplicación de una capa de raquis vacíos para evitar el ataque de <i>Sagalassa</i> y favorecer el desarrollo de raíces	160
figura 33	Hoja de palma joven con síntomas de deficiencia de Nitrógeno.	170
figura 34	Hoja de palma joven con los pulvínulos de color violáceo, síntoma deficiencia de Fósforo.	171
figura 35	Síntomas de deficiencia de Potasio. Foliolos con pecas de color naranja distribuidas a lo largo de la lámina foliar.	172
figura 36	Los síntomas de deficiencia de Magnesio se presentan en tres niveles de la planta a. Coloración amarillo y luego amarillo rojizo en los bordes de los foliolos b. Coloración amarillo y luego amarillo rojizo en los ápices de los foliolos; en conjunto el amarillamiento se nota en los bordes de la hoja c. Amarillamiento de las hojas del tercio inferior de la palma	173
figura 37	El Boro presenta diferentes síntomas de deficiencia en la planta a. Puntas de los foliolos en forma de gancho b. Del ápice del foliolo cuelga la un hilo o trozo de lámina foliar c. Corrugado de la lámina foliar d. Banda blanca y un hilo en el ápice del raquis, entre los dos foliolos terminales e. Corrugado, hilo y gancho f. Bandas blancas paralelas. Estas bandas también están asociadas con desbalance nutricional	175

TABLA DE FIGURAS

figura 38	Una característica típica de la palma americana de aceite o palma Nolí <i>Elaeis oleifera</i> es crecimiento semi postrado de su tallo. La parte del tallo que entra en contacto con el suelo emite raíces.	205
figura 39	Ejemplares de palmas americanas de aceite <i>Elaeis oleifera</i> del tipo prolífica. Esta característica es de tipo genético. Algunas palmas de progenies híbridos heredan esta característica.	210
figura 40	Ejemplares de palma americana de aceite a. Palma del tipo rojo en estado inmaduro b. Palma del tipo rojo en plena madurez c. Palma del tipo verde en estado inmaduro d. Palma del tipo verde en estado maduro	212
figura 41	Inflorescencias de la palma americana de aceite a. Inflorescencia expuesta antes de antesis b. Inflorescencia cubierta aún después de antesis	215
figura 42	Ejemplares de los híbridos OxG después de tres y medio años de sembrados en campo. Nótese su precocidad y tamaño de los racimos.	223
figura 43	Ejemplo de Dominancia parcial o incompleta en algunas características de los frutos y del aceite. Los descendientes híbridos manifiestan características diferentes a las de sus progenitores, acercándose más a uno de los progenitores, incluso superándolos, como en el tamaño de la almendra	229
figura 44	La disposición de los foliolos y el vigor de las hojas son un ejemplo de sobre dominancia en los híbridos inter específicos a. Hoja de palma de aceite <i>E. guineensis</i> b. Hoja de una palma del híbrido OxG. La disposición de foliolos de la palma americana de aceite es similar a la de los híbridos, pero la hoja es corta y menos vigorosa	230
figura 45	Color y consistencia de los aceites a. Palma americana de aceite tipo Amarillo b. Palma americana de aceite tipo Rojo c. Palma del híbrido interespecífico OxG d. Palma africana de aceite tipo Ténera	232

NUMERACIÓN DE TABLAS

tabla 1	Clasificación botánica	23
tabla 2	Distribución de raíces de la palma de aceite en los horizontes de suelo	25
tabla 3	Diferencias entre Inflorescencias femeninas y masculinas	35
tabla 4	Posibles combinaciones entre cuatro atributos de la palma de aceite	50
tabla 5	Combinaciones más comunes en las plantaciones comerciales	51
tabla 6	Diferencias cualitativas entre los tipos de palma de aceite	52
tabla 7	Tipos de cruzamiento y proporciones	62
tabla 8	Tipos de cruzamiento y proporciones	64
tabla 9	Tipos de cruzamiento y proporciones	65
tabla 10	Tipos de cruzamiento y proporciones	67
tabla 11	Tipos de cruzamiento y proporciones	68
tabla 12	Tipos de cruzamiento y proporciones	69
tabla 13	Diferencias entre palmas según su origen	75
tabla 14	Ventajas y desventajas de la Metodología para el Mejoramiento Acelerado.	89

NUMERACIÓN DE TABLAS

tabla 15	Correlaciones negativas en progenies de autofecundaciones	96
tabla 16	Correlaciones positivas en progenies Dura	97
tabla 17	Coefficientes de repetibilidad para algunas características de progenies Dura	100
tabla 18	Indicadores de variabilidad para algunas características de progenies Dura	101
tabla 19	Requerimientos nutricionales de la palma de aceite según su productividad	111
tabla 20	Microrganismos asociados con la enfermedad Pudrición del cogollo.	118
tabla 21	Absorción de nutrientes (Kg/ha)	167
tabla 22	Niveles críticos de nutrientes según la edad de la palma	177
tabla 23	Clasificación botánica Palma Nolí	204
tabla 24	Paralelo entre algunas características de palmas de la especie <i>Elaeis oleifera</i> de diferente origen	207
tabla 25	Composición ácidos grasos (w/w) de las especies <i>Elaeis guineensis</i> , <i>Elaeis oleifera</i> y sus híbridos	231
tabla 26	Composición del aceite de las especies <i>Elaeis guineensis</i> , <i>Elaeis oleifera</i> y sus híbridos	232
tabla 27	Diferencias en las características del polen de diferentes especies de palma de aceite y sus híbridos <i>Elaeis oleifera</i> y sus híbridos.	233
tabla 28	Diferencias básicas entre palma de aceite, palma nolí y el Híbrido interespecífico.	234



AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los investigadores del C.I. Palmira por la revisión técnica del escrito, en especial a: DEMIAN TAKUMASA KONDO RODRÍGUEZ, I. A. Ph. D., por sus valiosos aportes en taxonomía de insectos, plantas y microorganismos, por las correcciones y sugerencias en cuanto a redacción. Igual reconocimiento a MARIO LOBO ARIAS, I. A. M. Sc., Ph. D., y CLARA MEDINA CANO, M. Sc. Ph. D., por la revisión del escrito, pero especialmente por su apoyo y motivación para la escritura del mismo.

INTRODUCCIÓN

El libro actual, de una manera didáctica, hace un recorrido por todos los aspectos del cultivo de la palma de aceite, conocida como palma africana, *Elaeis guineensis* Jacq., originaria del África, y de la palma nolí, *Elaeis oleifera* (Kunth) Cortés, de Centroamérica y el norte de Suramérica, así como del híbrido interespecífico entre estos dos taxones. Cada sección se basa en respuestas a preguntas formuladas de manera organizada, divididas en tres secciones correspondientes a: la palma de aceite, la palma nolí y el híbrido interespecífico entre estas dos especies. El texto inicia con el origen de la palmicultura en Colombia, la historia de ésta, con inclusión de aspectos morfológicos, continuando con el mejoramiento de la especie en el país, temas fisiológicos de la especie, manejo integrado de insectos y enfermedades y el manejo agronómico del cultivo desde la siembra hasta la cosecha. Luego, se presenta la información relacionada sobre la palma nolí, lo que incluye: origen; clasificación botánica; morfología y aspectos de su empleo en programas de mejoramiento; finalizando con el desarrollo de híbridos interespecíficos: nolí x palma de aceite, como consecuencia del mejoramiento genético previo de ambas especies y las investigaciones que condujeron a la conformación de los híbridos.

La importancia del escrito radica en que, es un texto que reúne información histórica y aportes de múltiples investigaciones realizadas en Colombia, publicadas muchas de ellas, en la literatura científica, explicado de una forma clara al lector, lo cual permite conocer y comprender la importancia de la palma, al igual que la problemática y soluciones que se han logrado dar a ésta.

Adicionalmente, incluye tópicos ecológicos demostrando que el cultivo puede considerarse un agroecosistema tipo bosque, con prestación de servicios ambientales, lo cual es una mirada integral de éste y no una enumeración clásica de manejo de cultivo. Con ello, se logra integrar la información publicada y, eventualmente, reconocer futuros temas de investigación y desarrollo, relacionados con los usos actuales y potenciales del cultivo y, la solución de problemas limitantes. Además, es conveniente anotar que los autores dan una visión integral de la función productiva, correspondiente al genotipo, el ambiente y la interacción genotipo X ambiente.

MARIO LOBO A.

Investigador Titular, Ph.D, Corpoica

Palma de Aceite

Elaeis guineensis Jacq.

1. ORIGEN DE LA PALMICULTURA EN COLOMBIA

¿Cuál es el centro de origen de la palma de aceite?

Esta especie se originó en el continente africano. Geográficamente su centro de origen ocupa una extensa área que se extiende desde el Golfo de Guinea hacia el interior del continente.

¿Cómo se prueba que su centro de origen está en África?

Diferentes pruebas lo demuestran:

- **Indicios fósiles:** Se ha encontrado polen en suelo del río Níger perteneciente al mioceno de la era terciaria y grasa de palma en un jarrón de una tumba en Abydos, Egipto.
- **Indicios lingüísticos:** El nombre común de la palma de aceite en Brasil es Dendê, nombre derivado de la palabra aborigen Ndende de Angola.
- **Indicios históricos:** Se dispersó y apareció como un cultivo silvestre en otros continentes por causa de la trata de esclavos hasta Suramérica.
- **Indicios biológicos:** La mayor parte de especies que conforman el género *Elaeis* se encuentra en África. En este continente existe mayor variabilidad de la especie *E. guineensis*. Por lo general, se encuentra una mayor variación de plantas de una especie en su centro de origen.

Sección 1

Palma de Aceite

Elaeis guineensis Jacq.



¿Por qué se la conoce como palma africana?

Precisamente porque su centro de origen está situado en ese continente. Sin embargo, debido a su dispersión y buen comportamiento en otros continentes es más práctico el nombre palma de aceite o palma aceitera.

¿Con cuáles nombres es conocida la palma africana?

El nombre común depende del lugar, región o país donde se cultiva. En los países de América, los nombres más conocidos para esta palma son:

- Palma de aceite
- Palma africana
- Palma africana de aceite
- Dendê
- Palma aceitera

¿Cuál es el nombre más apropiado?

El nombre palma de aceite es el más apropiado para referirse a la especie *Elaeis guineensis*, por tres razones:

- 1 Es una especie que se adaptó bien en varios países de otros continentes fuera de África.
- 2 Los genotipos asiáticos se han dispersado en mayor proporción que los genotipos africanos.
- 3 Los países con mayor producción de aceite de esta palma son asiáticos.



¿Cuál es el centro de dispersión de esta especie?

Corresponde a la franja ecuatorial de clima cálido tropical, desde los 15° de latitud norte hasta los 15° de latitud sur, a lado y lado de la línea ecuatorial, de los continentes de África, Asia, América y Oceanía.

¿Dónde y cuándo se originó la palmicultura moderna?

El origen de la palmicultura se inició con 4 palmas, dos procedentes de Bourbon (Islas Reunión, Mauricio) y dos del jardín botánico de Ámsterdam, sembradas en 1848 en los jardines botánicos de Buitenzorg, Bogor, Java.

¿Cómo llegó la palma de aceite al continente americano?

En 1948, V. M. Patiño citando al Diccionario de plantas útiles del Brasil escribió: "Hasta donde es posible saberlo, la especie *Elaeis guineensis* pasó al continente americano en el siglo XVI a raíz de la trata de esclavos. Las Antillas, las Guayanas y el Brasil, figuran como probables centros de aclimatación".

Está confirmado que Nicholas Josep Jacquin encontró ejemplares en la isla de Martinica, que le sirvieron para clasificar la especie; que en Haití fue un cultivo de subsistencia y que en el estado de Bahía en Brasil, se encontró domesticada, indicando que a este país se introdujo primero (Patiño, 1948; Hartley, 1988).

¿Cómo fue el proceso de introducción de la palma de aceite al continente americano?

Los artículos "La historia del mejoramiento genético de la palma aceitera en la compañía United Fruit en América" de Richardson (1995) y "ASD, Costa Rica" de Escobar et al. (1996), documentan en detalle el proceso de introducción de la especie y su establecimiento como cultivo en América. De estos escritos se extraen los siguientes apartes, indicando al inicio de cada uno, el año de ocurrencia:

1926. La United Fruit, División Panamá, importó las primeras semillas de origen conocido desde Malasia.
1927. Se estableció un vivero con 130 semillas Dura Deli importadas del Jardín Botánico de Buitenzorg, Bogor, Java, y 80 semillas de Serdag, Sumatra, en campos de la United Fruit en Almirante, Panamá. Este proyecto fue abandonado porque una "pudrición del cogollo" acabó con el 27% de las palmas.

La Estación Experimental de Lancetilla, en Tela, Honduras, recibió semilla colectadas en el Lejano Oriente. Una siembra adicional se hizo en 1928.



- 1928.** Fueron transferidas 135 plantas de vivero desde Almirante, Panamá a la Estación Experimental de Siquirés, Costa Rica.

Una carta fechada el 4 de mayo de 1928, puede ser el primer documento oficial que prueba la introducción de la palma de aceite a Centroamérica. Según esta carta, las primeras semillas de polinización abierta fueron sembradas como ornamentales en las instalaciones de United Fruit en el distrito de Bobos, Guatemala. Las semillas llegaron de Freetown, Sierra Leona.

- 1929.** Semillas de polinización abierta de tres palmas de Nigeria, tres de Sierra Leona y una de Angola, fueron sembradas en Lancetilla. En este año también se importaron semillas de Zaire.

Cuatro introducciones de Dura y dos de Ténera fueron realizadas a Lancetilla desde el jardín botánico de Eala, Zaire. Otras introducciones de Zaire fueron obtenidas del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

En Lancetilla se plantaron 1.000 semillas del mismo material introducido desde Sierra Leona a Guatemala.

- 1931.** Se establecieron en Almirante, Panamá, 6.100 palmas del tipo Deli, colectadas de las 10 mejores palmas de la Estación Experimental de Serdang, Sumatra.

- 1951.** Materiales colectados en Camerún se establecieron en Lancetilla. En este año Lancetilla contaba con materiales procedentes de Sierra Leona, Malasia, Java, Sumatra, Zaire, Nigeria, Angola, Camerún y otros, identificados como del Lejano Oriente y de África Occidental.



¿Cuál fue la causa que motivó la introducción de la palma de aceite como cultivo en América?

La United Fruit Co. abandonó extensas plantaciones de banano debido a la rápida diseminación de la enfermedad conocida como marchitez de la palma, causada por *Fusarium*. Parte de esta área fue utilizada para otros cultivos como la palma de aceite. Fue así como a partir de 1926 hasta 1940, la colección de palma de aceite se manejó en Lancetilla, Honduras, desde donde se dispersó a otros países de América (Richardson, 1995).

¿Cuál fue el primer país americano dónde se estableció como cultivo comercial?

Como cultivo comercial ingresó oficialmente a Centroamérica gracias a la iniciativa de la multinacional bananera "United Fruit Company". Esta compañía fijó como objetivo: la introducción y evaluación de nuevos cultivos tropicales en su Estación Experimental de Lancetilla, ubicada en Tela, Honduras (Richardson, 1995).

¿Cuál es la cronología de la dispersión de la palma de aceite como cultivo en las Américas?

La distribución de semillas desde la Estación Experimental de Lancetilla a otros países de América, se hizo a partir de palmas Dura Deli de polinización abierta, según la siguiente secuencia:

- 1936.** Se estableció una pequeña plantación en la hacienda Birichichi, Honduras.

- 1937.** Se enviaron semillas a una Estación Experimental en Cuba.

Primera venta de semillas de palma a una compañía de Guatemala.

- 1943.** La United Fruit Co. sembró plantaciones comerciales de palma de aceite en San Alejo (Honduras) y Quepos (Costa Rica). Los resultados de estas siembras estimularon a la compañía a establecer pruebas de campo en sus divisiones bananeras localizadas en otros países.

- 1944.** Se enviaron semillas a la Estación Experimental de Tingo María, Perú.



1945. Se despacharon semillas para siembras en La Esperanza, Nicaragua.

1946. En Guatemala, la palma de aceite se estableció en la plantación La Bananera, Costa Atlántica y en la plantación Tiquisate, Costa Pacífica. En 1948 había 360 hectáreas en esta última plantación.

1949. En la Hacienda Patuca, Sevilla, en el departamento del Magdalena (Colombia), se establecieron 172 hectáreas con palmas tipo Dura Deli de polinización abierta. Patuca se convirtió en uno de los centros de dispersión de la palma de aceite en Colombia.

Se estableció la plantación Scott, en Santo Domingo de los Colorados, Ecuador.

1950. Se inició una plantación en Tepachula, Chiapas (México).

¿Por qué la dispersión inicial en las Américas se hizo con semillas Dura Deli?

La distribución de semillas en las Américas se hizo a partir de palmas Dura Deli de polinización abierta, originadas en Java y Sumatra, porque estas palmas demostraron mejor comportamiento que las africanas en pruebas de campo.



2. MORFOLOGÍA DE LA PALMA DE ACEITE

¿Cuál es su clasificación botánica?

La palma de aceite es una planta monocotiledónea clasificada como se indica a continuación: (tabla 1)

Tabla 1. Clasificación botánica

Clase	Equisetopsida C. Agardh
Subclase	Magnoliidae Novák ex Takht
Superorden	Lilianaes Takht.
Orden	Arecales Bromhead
Familia	Arecaceae Bercht. & J. Presl
Género	<i>Elaeis</i> Jacq.
Especie	<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.

¿Quién clasificó botánicamente a la palma de aceite y en qué año?

La palma de aceite recibió el nombre botánico *Elaeis guineensis* del científico **Nicholas Joseph Jacquin**, quien la describió en 1763 con base en unos ejemplares encontrados en la isla de Martinica.

¿Qué significa *Elaeis guineensis* Jacq.?

Es el nombre científico de la palma de aceite. Es como el nombre y el apellido que permiten distinguirla de otras palmas. Existen varias palmas dentro del género *Elaeis*, pero únicamente la palma de aceite corresponde a la especie *E. guineensis*.

Jacq. es la abreviación de Jacquin, apellido del científico que la describió, con el nombre de *Elaeis guineensis*.

- El género *Elaeis* es derivado de la palabra griega **Elaion** que significa aceituna.
- El epíteto específico *guineensis* se debe a que Jacquin consideró que la palma de aceite se había originado en las Costas de Guinea.



¿Cuántas especies conocidas conforman el género *Elaeis*?

Actualmente, el género *Elaeis* incluye dos especies: *Elaeis guineensis* y *Elaeis oleifera*, conocidas por su importancia como productoras de aceite. (figura 1)



Figura 1. Palmas de aceite
a. Ejemplar de palma africana de aceite de la especie *Elaeis guineensis*
b. Ejemplar de palma americana de aceite de la especie *Elaeis oleifera*

2.1. Raíces

¿Cómo está conformado el sistema radical de la palma de aceite?

Como toda monocotiledónea, la palma de aceite tiene un sistema de raíces fasciculadas, en éste caso compuesto por raíces adventicias, raíces primarias, secundarias, terciarias y cuaternarias; distribuidas en forma radial alrededor de la base del tallo. Es un sistema radical bastante superficial que se concentra en los primeros 60 cm del perfil del suelo.



¿Cómo es el crecimiento del sistema radical?

En conjunto, el crecimiento del sistema radical de la palma de aceite es vertical y longitudinal. El primero está limitado por el nivel freático; la mayor concentración de raíces está en los primeros 60 cm de profundidad del suelo, mientras que el segundo, depende de las condiciones físicas del suelo. En palmerales adultos es fácil encontrar raíces primarias de más de 10 metros de largo; pero hay mayor concentración de raíces en los primeros 2 metros a partir de la base del tallo.

¿De dónde nace el sistema radical?

En la base que soporta al tallo se desarrolla una especie de “bulbo radical” que alcanza un diámetro de hasta 80 cm y una profundidad de 40 y hasta 50 cm, a partir del cual, nace el verdadero sistema radical. Las primarias y terciarias nacen en todas direcciones, predominando las de crecimiento horizontal; mientras que las secundarias y cuaternarias siempre tienden a buscar un crecimiento vertical, tanto en dirección ascendente como descendente.

¿Hasta dónde profundizan las raíces primarias en el horizonte del suelo?

Es muy difícil encontrar raíces primarias a más de 1 metro de profundidad. La mayoría está en los primeros 60 cm del perfil del suelo. Algunas raíces primarias profundizan más, pero estas sirven únicamente de anclaje a la palma. En el siguiente cuadro se presenta la distribución radical de la palma de aceite bajo las condiciones de Corpoica, en El Mira, Tumaco: (tabla 2)

Tabla 2. Distribución de raíces de la palma de aceite en los horizontes de suelo

Horizonte de Muestreo	Edad del cultivo después de la siembra en sitio definitivo					
	1 año	5 años	10 años	15 años	20 años	25 años
0 – 30 cm	0.13	10.71	37.14	69.28	96.87	65.65
30 – 60 cm	0.14	5.78	23.01	15.32	28.51	24.99
60 – 90 cm	0.01	1.06	10.89	9.94	9.00	11.70
TOTAL	0.28	17.55	71.04	94.54	134.38	102.34

(Peso de las raíces por palma expresado en kilogramos de materia seca)

Fuente: Reyes, Bastidas, Peña (1997)



¿Es verdad que la palma de aceite carece de pelos absorbentes?

Los pelos absorbentes son una característica de la plantas dicotiledóneas. Las monocotiledóneas como la palma de aceite carecen de pelos absorbentes, pero la función de absorción de nutrientes y agua la cumplen principalmente las raíces terciarias y cuaternarias.



¿El sistema radical contiene gran cantidad de raíces absorbentes?

La cantidad de raíces absorbentes es relativamente pequeña en comparación con el gran volumen de raíces de la planta. La gran mayoría de las raíces cumplen con la función de anclaje y sostén de la palma, en especial todas aquellas muertas y en proceso de lignificación o endurecimiento.

¿Qué son los neumatóforos y dónde se encuentran?

Las palmáceas se caracterizan por la presencia de neumatóforos. Los neumatóforos son pequeños órganos localizados en las raíces primarias y adventicias. La función de estos órganos es almacenar oxígeno, cualidad que faculta a la palma de aceite para soportar frecuentes inundaciones de corta duración.

2.2. Tallo o Estípite

¿Cuáles son las partes que conforman el tallo?

En la parte exterior del tallo, sin las bases peciolares, es fácil distinguir las cicatrices de las hojas, pero en la parte interna no se observa ninguna clase de división como ocurre en la caña de azúcar o el maíz. Internamente, haciendo cortes longitudinales y transversales se observa un cilindro central de médula blanquecina entrecruzada por fibras de haces vasculares, limitado por una corteza muy delgada. Los haces vasculares forman una densa red en cercanías de la corteza formando una especie de anillo, mientras que hacia el interior éstas se hacen menos frecuentes y aisladas. Longitudinalmente las fibras se acomodan en varias direcciones dando la apariencia de una red con formación helicoidal.

¿Cómo es y dónde está ubicado el meristemo apical?

El meristemo apical es cónico y está encerrado entre un grupo de hojas jóvenes que aún no han entrado en la fase de rápido crecimiento, bien protegido por la corona de hojas. Está formado por unas 50 hojas bien diferenciadas que permanecen en forma de primordios foliares. Está limitado por el meristemo y el primordio foliar próximo a iniciar su fase de elongación rápida para formar la flecha.

¿Cuál es la función del meristemo apical?

La palma de aceite tiene un solo punto de crecimiento o meristemo apical situado en el ápice del tallo, en el interior de un grupo de primordios foliares llamado Cogollo. El meristemo es el responsable del crecimiento del tallo, de la emisión de hojas e inflorescencias y la producción de frutos.

¿Cuáles son las fases de crecimiento del tallo?

El crecimiento del tallo o estípite ocurre en dos fases: la primera se llama **fase de crecimiento transversal**. En los materiales Ténera, esta fase finaliza entre 2 a 3 años después del transplante a sitio definitivo. En ésta fase ocurre la formación de una estructura más ancha que larga, que servirá de base al tallo llamada bulbo radical, y que también determina el grosor máximo que tendrá el tallo. La segunda, es la **fase de crecimiento longitudinal**, que empieza después que ha finalizado la primera. En esta fase el tallo inicia su crecimiento columnar indefinido. Durante esta fase, y bajo condiciones adversas, tiende a disminuir su diámetro.



El crecimiento del tallo o estípite ocurre en dos fases: fase de crecimiento transversal y fase de crecimiento longitudinal



¿Es verdad, que el crecimiento del tallo determina la duración de una explotación comercial?

Verdad.

La vida útil de una explotación comercial se estima alrededor de los 25 años para los materiales Ténera comerciales, con variaciones que pueden ir desde los 20 hasta los 30 años, dependiendo de la tasa de crecimiento. Cuanto mayor es la tasa de crecimiento menor es la vida útil de una plantación. La tasa de crecimiento para los diferentes materiales varía entre 30 y 70 centímetros por año.



¿Según la pregunta anterior, una palma de aceite deja de producir racimos de fruta fresca después de 25 años?

Falso.

Una palma de aceite nunca deja de producir racimos porque es una especie perenne que puede vivir muchos años. El fin de la explotación comercial lo determina la altura del tallo, por la dificultad para la cosecha, no la edad de la palma.



2.3. Hojas

¿Cuáles son las etapas de crecimiento de una hoja de palma de aceite?

Para entender la diferenciación y desarrollo de una hoja es necesario distinguir dos etapas de crecimiento completamente diferentes. La primera puede llamarse **desarrollo de la hoja juvenil**, que corresponde a las distintas formas que adquiere la hoja a partir del embrión después de la germinación de la semilla hasta la formación de una hoja pinnada juvenil. Esta etapa ocurre una sola vez en la vida de una palma y es de corta duración, aproximadamente entre 6 a 7 meses. La segunda, llamada **desarrollo de la hoja adulta**, inicia con la diferenciación de la hoja a partir del meristemo apical y termina con la muerte natural o por la poda. Esta etapa se repite con frecuencia constante a lo largo de la vida de la palma.

¿Cómo es el proceso de desarrollo de una hoja juvenil?

El proceso es el siguiente:

Al momento de la germinación de la semilla, el embrión emerge a través del poro germinativo formando una protuberancia llamada hipocotilo, del cual nacen por lados opuestos, primero la radícula y luego la plúmula que es la futura parte aérea de la planta.

Inicialmente la plúmula adquiere la forma de una espuela que abraza completamente a otras hojas en formación. Un mes después de la germinación emerge la primera hoja cotiledonal angosta, con lámina gruesa, generalmente crece muy poco con relación a la siguiente. Luego sigue una serie de 3 hojas lanceoladas, aproximadamente 1 por mes. Posteriormente sigue una serie de 3 hojas bifurcadas y finalmente la serie definitiva de hojas pinnadas, la primera de las cuales aparece entre 6 y 7 meses después de la germinación de la semilla. (figura 2)

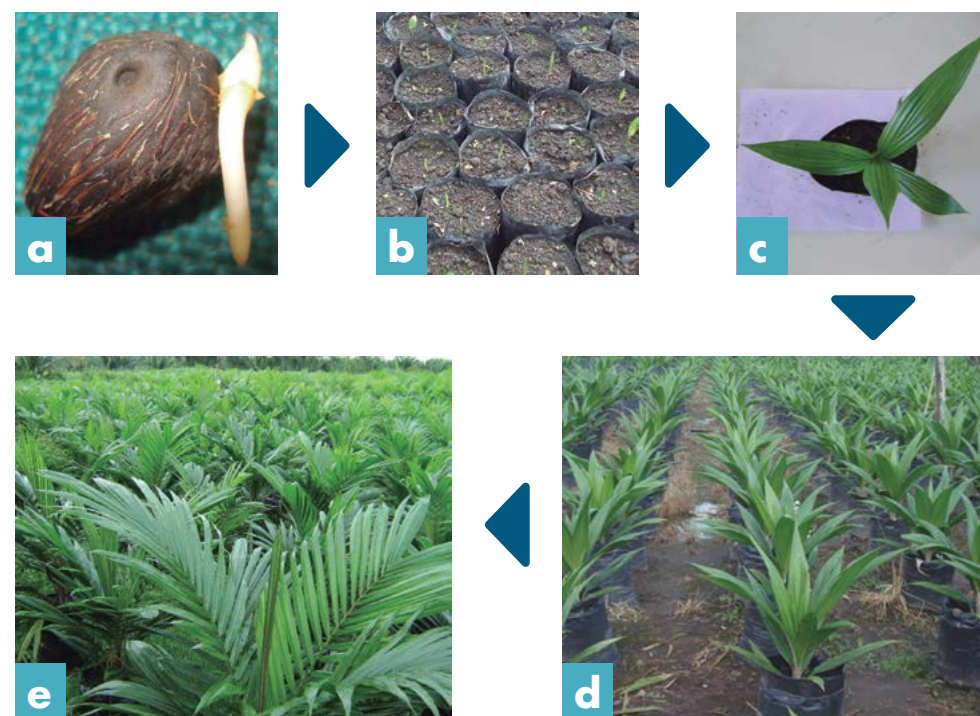


Figura 2. Diferentes estados del desarrollo de una hoja juvenil a partir de la germinación de la semilla.
 a. Semilla germinada en la cual se observa la plúmula y la radícula.
 b. Inmediatamente después de la siembra en bolsas de previvero, la plúmula se transforma en espuela.
 c. Hojas lanceoladas.
 d. Hojas bifurcadas.
 e. Hojas pinnadas



¿Cómo ocurre la transformación de una hoja lanceolada en bifurcada?

Una hoja lanceolada tiene una nervadura central que va desde el peciolo hasta el centro de la lámina foliar; del extremo de ésta nervadura suben dos nervaduras más delgadas, casi paralelas, hasta el ápice de la hoja. El excesivo crecimiento de la lámina foliar, mayor que el crecimiento de bordes de la hoja y nervaduras, ejerce presión sobre estas nervaduras hasta que se dividen formando la hoja bifurcada.

¿Cómo ocurre la transformación de una hoja bifurcada en pinnada?

Se requiere que la nervadura central de la hoja se transforme en raquis, a partir del cual, nacen nervaduras paralelas hacia el borde del limbo de la hoja, por diferencia de crecimiento entre lámina foliar, bordes y nervaduras, aparecen hendiduras produciendo la típica hoja pinnada.



¿Cuál es el proceso de desarrollo de una hoja adulta?

El desarrollo inicial de una hoja adulta es lento, entre la formación de la yema foliar y la muerte natural de la hoja transcurren 4 años, durante los cuales la hoja pasa por 3 fases diferentes de crecimiento:

- **Fase Juvenil:** Durante ésta fase ocurre la diferenciación de las hojas dentro del meristemo apical; la hoja diferenciada crece de unos pocos milímetros hasta cerca de 10 centímetros, pero aún permanece encerrada en el corazón de la palma. Esta fase tarda 24 meses.
- **Fase de rápido crecimiento:** Esta fase también llamada de fase de elongación rápida requiere únicamente de 4 meses; en éste corto tiempo la hoja pasa de 10 cm a más de 5 metros de longitud, adquiriendo la forma de flecha. En la flecha los folíolos están unidos entre sí, plegados hacia arriba.
- **Fase Adulta:** Esta fase dura 20 meses, transcurre desde el momento en que la flecha despliega sus folíolos formando la hoja pinnada típica hasta su muerte. Esta fase se caracteriza por la ausencia de crecimiento, la hoja muere del mismo tamaño como emergió de la flecha. (Figura 3)

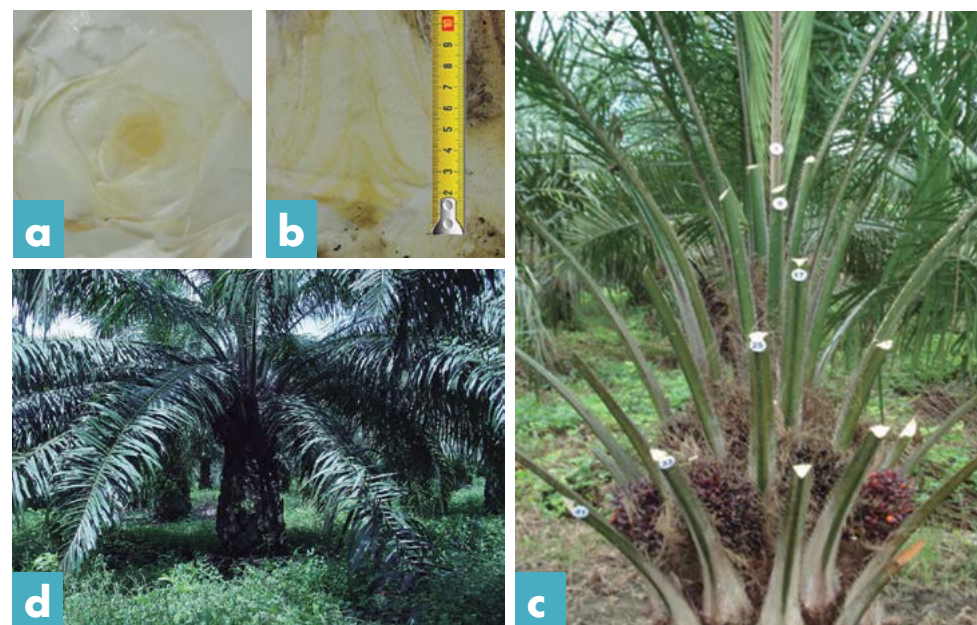


Figura 3. Diferentes estados del desarrollo de una hoja adulta a partir del meristemos
 a. Corte transversal de meristemo, en el cual se observan los primordios de hojas e inflorescencias
 b. Corte vertical del meristemo apical
 d. La hoja flecha está detrás de la hoja 1
 c. Hojas adultas



¿Cuáles son las partes de una hoja de palma de aceite?

- **Base peciolar:** La base del pecíolo es una fuerte lámina curvada y fibrosa que sostiene la hoja pegada al tallo.
- **Pecíolo:** El pecíolo mide entre 80 cm y 1,70 m de largo; es fibroso, robusto y se ensancha para formar la base; tiene forma asimétrica con la cara inferior redondeada y la superior prácticamente plana; cada borde está lleno de espinas finas (restos de fibra) hacia el tallo y más gruesas cerca de los folíolos.
- **Raquis:** Es la continuación del pecíolo. El límite entre estos, se marca por unos pequeños folíolos y espinas con vestigios de lámina foliar. El raquis es asimétrico, tiene 4 caras, en las dos laterales se insertan los folíolos.
- **Folíolos:** Técnicamente llamados pinnas completan el conjunto de la hoja. En la palma adulta se encuentran entre 200 y 320 folíolos dispuestos en diferentes planos a cada lado del raquis sobre los pulvínulos; los de la parte central de la hoja alcanzan una longitud promedio de 90 a 115 cm, con anchos que fluctúan entre 4 y 6 cm.
- **Espinas:** Son de dos clases: las espinas ubicadas en los bordes del raquis y en los bordes del pecíolo. Las primeras son robustas con una base fuerte, son pigmentadas y generalmente son más visibles cerca del límite entre el pecíolo y el raquis; están ubicadas uniendo el folíolo con el raquis y hacen que éste tome una forma acanalada. Técnicamente se conocen como pulvínulos. Las espinas del pecíolo, terminan en una fibra de largo variable. Son delgadas cerca del tallo, en algunos materiales se observan más que en otros.



¿Qué son los pulvínulos, para qué sirven o qué función desempeñan?

Son pequeños órganos situados sobre las caras laterales del raquis de la hoja, justo en la base de cada uno de los folíolos. Son masas de células esponjosas conectadas a conductos vasculares. Su función es mantener la turgencia y humedad adecuada de las células. Según el contenido de agua de los pulvínulos, las células de los folíolos ganan o pierden turgencia. Es por esto, que en sequías prolongadas los folíolos tratan de enrollarse sobre su nervadura central. (figura 4)



Figura 4. Pulvínulos, protuberancias de coloración más clara que los folíolos y el raquis; unen los folíolos con el raquis

¿Es verdad que las palmas Pisífera producen más hojas que las Ténera?

Falso.

Si existe alguna diferencia, esta corresponde a una variación normal entre genotipos. La diferencia observada entre palmas Dura, Ténera y Pisífera se debe al manejo en cuanto a poda y cosecha. Las palmas Dura y Ténera presentan menos hojas que las palmas Pisífera debido a que se podan continuamente en la cosecha, mientras que las Pisífera acumulan mayor cantidad de hojas porque no producen cosecha.

2.4. Inflorescencias y Flores

¿Cómo está conformada una inflorescencia de palma de aceite?

La inflorescencia es un espádice compuesta formada por pedúnculo, raquis y raquídeos o espigas. En conjunto es compacta, internamente es fibrosa; nace encerrada entre dos espatas, una exterior y otra interior, que se desfilan poco tiempo después de su apertura. Las primeras inflorescencias aparecen entre 16 a 18 meses después de sembrada la palma en sitio definitivo. De aquí en adelante habrá una inflorescencia por cada hoja producida, a menos que ocurra aborto de inflorescencias.



¿Cómo es una inflorescencia femenina?



Figura 5. Inflorescencia femenina en antesis, estado receptivo de la palma de aceite

Una inflorescencia femenina está compuesta por: pedúnculo, raquis, espigas o raquídeos, espigas y flores femeninas. La inflorescencia está sostenida por un pedúnculo robusto y corto. Alrededor del raquis de la inflorescencia se acomodan las espigas, las cuales terminan en una espina gruesa y puntiaguda. El número de espigas por inflorescencia varía según las condiciones ambientales, la edad y el tipo de material. El rango de variación de espigas por inflorescencia es muy amplio, entre materiales y dentro de materiales. En promedio, el número de espigas aumenta con la edad de la palma y cada espiga porta entre 10 y 30 flores femeninas. (figura 5)

¿Cuántas flores femeninas contiene una espiga?

Cada espiga alberga en promedio de 10 a 30 flores femeninas, dependiendo de la posición que ocupe la espiga en la inflorescencia. Las espigas de la parte central de la inflorescencia siempre contienen más flores que las superiores o inferiores. Las flores están dispuestas en espiral alrededor de la espiga, protegidas de una pequeña bráctea espinosa.

¿Cuáles son las características de una flor femenina?

Cada flor femenina nace dentro de una cavidad denominada alvéolo, junto con dos flores masculinas acompañantes que mueren rudimentarias. No tiene pedúnculo. El ovario de la flor es tricarpelar, está rodeado por un perianto de 6 segmentos sepaloides dispuestos en dos verticilos. El estigma de la flor termina en tres lóbulos que permanecen visibles en el ápice del fruto después de la maduración. El estigma exuda un líquido con olor anisado que atrae insectos polinizadores durante su período receptivo. El androceo es rudimentario.

¿Cómo es una inflorescencia masculina?

Una inflorescencia masculina está compuesta por: pedúnculo, raquis, espigas o raquídeos y flores masculinas. En comparación con la inflorescencia femenina, la masculina posee un pedúnculo más largo y delgado, mide cerca de 45 cm; las espigas son cilíndricas, delgadas y no terminan en espina; están cubiertas totalmente por cientos de flores masculinas diminutas, en promedio 700 – 1.200 flores. Cada espiga mide entre 10 y 20 cm. El número de espigas es muy variable en una inflorescencia masculina, desde menos de 50 hasta más de 300 espigas, dependiendo del material y la edad de la palma. (figura 6)



Figura 6. Inflorescencia masculina en antesis, liberando polen de la palma de aceite

¿Cuáles son las características de una flor masculina?

Una flor masculina individual está encerrada en un perianto de 6 segmentos dispuestos en dos verticilos, el androceo es tubular con 6 anteras y el gineceo rudimentario. Una inflorescencia masculina proporciona entre 20 y 100 gramos de polen. La mayor parte del polen se libera entre 2 y 4 días después de la antesis, debido a la maduración escalonada de las flores en la inflorescencia.

¿Cuáles son las diferencias entre las inflorescencias masculinas y las femeninas?

Las principales diferencias son: (tabla 3)

Tabla 3. Diferencias entre Inflorescencias femeninas y masculinas

Partes de la Inflorescencia	Tipo de inflorescencia	
	Femenina	Masculina
Pedúnculo	Robusto y corto	Delgado y largo
Raquis	Robusto	Delgado
Raquídeos	Gruesos, espigas gruesas	Cilíndricos, sin espigas
Flores	10 a 30 por raquídeo	Varios cientos por espiga
Espatas	Dos espatas	Dos espatas



¿Cómo son las inflorescencias hermafroditas?

Las inflorescencias hermafroditas tienen la apariencia típica de una inflorescencia femenina, sin embargo estas contienen algunas espigas masculinas en el ápice de la inflorescencia. Esta anomalía es pasajera y se presenta durante las primeras floraciones de una palma joven. (figura 7)



Figura 7. Diferentes tipos de inflorescencia
a. Inflorescencia femenina normal
b. Inflorescencia hermafrodita

¿Cómo son las inflorescencias andróginas?

También se llaman **andromorfos**. Son inflorescencias con las características morfológicas de una inflorescencia masculina, en la cual, muchas de las diminutas flores tienen un gineceo funcional. Producen frutos extremadamente pequeños. Este tipo de inflorescencia se presenta con frecuencia en palmas jóvenes al inicio de su etapa productiva, durante las primeras floraciones; este fenómeno pasajero es más frecuente en cruzamientos interespecíficos con la palma nolí *Elaeis oleifera*, es decir en los híbridos *E. oleifera* x *E. guineensis*. (figura 8)



Figura 8. Diferentes tipos de inflorescencia
a. Inflorescencia masculina normal
b. Inflorescencia andrógina
c. Inflorescencia andrógina en proceso de maduración de sus frutillos

¿Cómo es el proceso de diferenciación de las inflorescencias?

La diferenciación de hojas e inflorescencias ocurren a nivel de primordio foliar. La vida de una inflorescencia también es cercana a los 4 años. Inicialmente es un primordio elíptico rodeado por dos espatas diminutas, donde no hay diferencia de sexos. La diferenciación se hace en 3 fases: (figura 9)

- Fase 1:** Después de la diferenciación de los primordios foliares, la yema floral tarda 24 meses hasta que la hoja que la porta llega al estado de flecha.
- Fase 2:** Del estado de flecha hasta la antesis de las flores transcurren entre 9 y 10 meses.
- Fase 3:** Desde la antesis hasta la maduración de los frutos transcurren 6 meses.

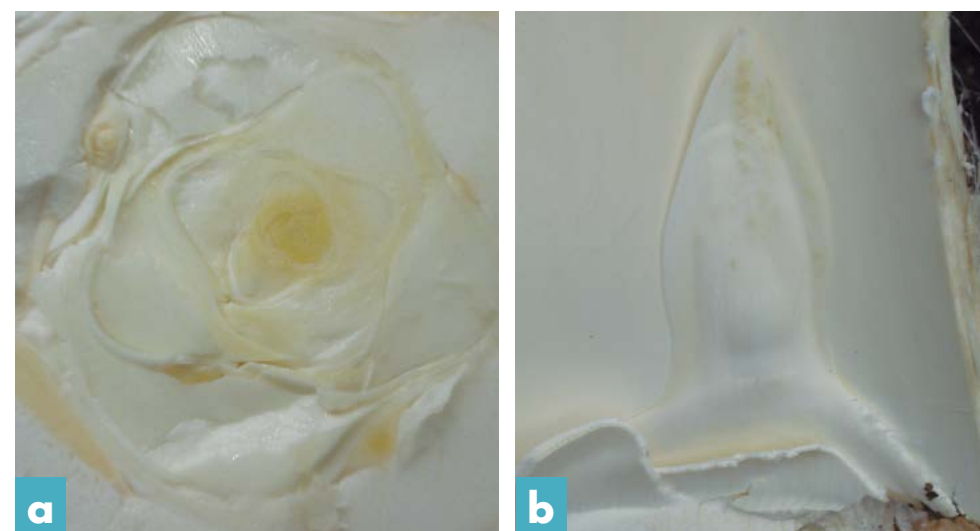


Figura 9. Diferentes estados de la diferenciación de inflorescencias
a. Corte transversal del meristemo, pueden observarse los primordios florales de color amarillento
b. Yema floral en proceso de diferenciación. En este estado la yema tiene dos opciones, transformarse en femenina o masculina

¿Qué se entiende por diferenciación de sexos en la palma de aceite?

Es el proceso mediante el cual el primordio floral en proceso de desarrollo define su sexo. Antes que ocurra la diferenciación sexual cada yema floral está en capacidad de ser una inflorescencia masculina o femenina; cuando una de las dos se forma, la otra se inhibe automáticamente.



¿Cuáles son los factores que causan la diferenciación de sexos?

Los ciclos de floración, masculinos o femeninos, obedecen a la influencia de factores externos como: temperatura, luminosidad, estado nutricional, precipitación y genotipo. Por ejemplo, buenas condiciones climáticas y buen manejo agronómico inducen la floración femenina, mientras que la sequía, la poda excesiva y alta producción de racimos propician la floración masculina. La diferenciación de sexos hace posible la ocurrencia de ciclos de floración alternos.

¿Qué significa la expresión aborto de inflorescencias?

Esta expresión se refiere a la pérdida de una inflorescencia en las fases 1 y 2 de su desarrollo. Las inflorescencias se abortan con mayor frecuencia en la fase de rápido crecimiento, entre 4,5 y 5,5 meses antes de la antesis, cuando las espatas protectoras de la inflorescencia miden de 6 a 12 cm de largo. Los abortos se presentan con mayor frecuencia en época de verano. Cuando una hoja emerge sin inflorescencia significa que ha ocurrido un aborto. (figura 10)



Figura 10. El aborto de inflorescencias ocurre en el interior de la palma
a. Espata de la yema floral en proceso de descomposición
b. Detalle de la descomposición de la yema floral. El malogro de racimos ocurre en el exterior de la palma

¿Qué significa la expresión malogro de racimos?

Esta expresión se refiere a la pérdida de racimos por ausencia de fructificación causado por diferentes factores. Ocurre después que las flores femeninas entran en periodo de receptividad, por causa de algún impedimento físico, fisiológico o genético, como: falta de polen, cubierta fibrosa, enfermedades, esterilidad femenina, impidiendo la fecundación de las flores causando el aborto de los frutos en formación o malogro del racimo. (figura 11)



Figura 11. Inflorescencias malogradas
a. Se observa una inflorescencia malograda entre dos normales transformadas en racimos
b. Se observa una inflorescencia malograda aún colgando de su pedúnculo

¿Diferencias entre aborto de inflorescencias y malogro de racimos?

El aborto de inflorescencias ocurre en el interior de la palma, antes de la emergencia de las inflorescencias; mientras el malogro de racimos ocurre después que las inflorescencias se hacen visibles y entran en periodo de antesis. El aborto puede ser de una inflorescencia femenina o de una masculina, en cambio es obvio el tipo de inflorescencia perdida en el malogro de racimos.





¿Según el hábito de floración cómo se clasifica la palma de aceite?

Por el hábito de floración la palma de aceite se clasifica como **dioica**, es decir, que las flores masculinas están en una planta y las femeninas en otra. Sin embargo, en los períodos de transición o cambio de ciclo de floración es **monoica** (flores masculinas y femeninas en la misma planta). (figura 12)



Figura 12. Hábitos de floración de la palma de aceite y sus híbridos
a. Palma dioica en ciclo femenino
b. Palma dioica en ciclo masculino
c. Palma monoica; esta palma está en ciclo de transición, posee los dos sexos

¿Según el sistema de polinización cómo se clasifica la palma de aceite?



Por la forma como ocurre la polinización de las flores se cataloga como planta **alógama**. Para que ocurra la fecundación, la flor femenina de una palma necesita del polen de una flor masculina situada en otra palma. Esta característica es causante de la variabilidad existente, incluso entre materiales emparentados; así que una población natural de palmas es heterogénea heterocigota.

¿Cuál es la proporción de hojas con respecto a las inflorescencias?

En una palma adulta la relación debería ser una a una (1:1) una inflorescencia en cada hoja, ya que cada hoja es portadora de una inflorescencia. Esta proporción no se cumple debido al aborto de inflorescencias, por lo cual bajo condiciones naturales una palma siempre producirá más hojas que inflorescencias (1:<1).

2.5. Frutos y Semillas

¿Cómo se clasifican los frutos de una palma de aceite?

El fruto de la palma se clasifica como una **drupa** sésil, es decir, que es un fruto sin pedúnculo. Su forma y tamaño depende del tipo de palma y de la posición que ocupa en el racimo; los frutos ubicados hacia el exterior del racimo generalmente son de forma ovoide y alargada, esféricos en el ápice, mientras que los interiores son de forma irregular debido a la presión entre ellos. Miden entre 3 y 5 cm de largo. El fruto encierra una sola nuez (endocarpio) con una, dos o tres almendras. Los estigmas de la flor permanecen en el ápice en forma de 3 apéndices arqueados después de la maduración de los racimos.

El fruto maduro se desprende del racimo.





¿Cuáles son las partes de un fruto?

En un corte transversal de un fruto normal de palma de aceite se encuentran las siguientes partes:

- **Piel, exocarpio o epidermis:** Es lisa y brillante, su color varía según el tipo y contenido de antocianina. Antes de la maduración el fruto de tipo común (Nigrescens) es de color negro violáceo en la mayor parte del cuerpo del fruto, más claro en la base, al momento de la maduración adquiere diversas tonalidades de rojo anaranjado, pero en el ápice se conserva una aureola de color violeta oscuro.
- **Pulpa o mesocarpio:** Es una masa amarilla anaranjada entrecruzada longitudinalmente por fibras de haces vasculares; es rica en ácidos grasos, carotenos, azúcares, agua y sales minerales. El espesor de la pulpa y el contenido de aceite son características que dependen de la forma de fruto (Dura, Ténera o Pisífera) y del origen del material. El contenido de aceite fluctúa entre 45-70% de su peso fresco, mientras que el espesor de la pulpa se cifra entre 2 y 10 mm y representa entre 35 y 90% con relación al peso del fruto. Las fibras constituyen en promedio del 11 al 21% del peso del fruto. Últimamente se usa esta característica como patrón de selección por su correlación con el contenido de aceite.
- **Endocarpio o Cuesco:** Es de consistencia muy dura, su espesor también depende de la forma del fruto y del origen genético. La función principal del cuesco es proteger al endospermo y al embrión; junto con estos, constituyen la semilla. Es frecuente encontrar que el cuesco alberga hasta tres endospermos cada uno con su respectivo embrión.



¿Cómo es el crecimiento y desarrollo de los frutos?

Se realiza en 3 fases:



Fase de crecimiento en volumen y peso: Ocurre durante los 3 primeros meses inmediatamente después de la polinización. En esta fase el fruto crece en tamaño y aumenta de peso porque acumula materia seca y agua.



Fase de endurecimiento del Cuesco: Cuando se detiene el crecimiento en volumen, empieza el endurecimiento del cuesco, inicialmente es blanco crema luego se torna en el café oscuro característico. Poco tiempo antes del completo endurecimiento del cuesco comienza la formación de ácidos grasos y glucocidos en la almendra y su consecuente endurecimiento. Este proceso dura hasta los 5,5 meses.



Fase de acumulación de aceite en la pulpa: Solo después que el cuesco se ha endurecido y la almendra está totalmente formada se inicia la acumulación de aceite en el mesocarpio. Así que el período de acumulación de aceite es bastante corto, aproximadamente 15 días, siendo en los últimos 8 días cuando se acumula mayor cantidad de aceite. Esta es una buena razón para estimar con bastante precisión la madurez del racimo.

¿Por qué la palma de aceite está dentro de las monocotiledóneas?

La palma de aceite es una planta monocotiledónea porque el embrión es acompañado y protegido por un solo cotiledón. En la palma de aceite al cotiledón se lo conoce con el nombre de almendra, endospermo o palmiste.

¿Si es una monocotiledónea, entonces por qué algunas semillas tienen dos o más almendras o cotiledones?

El hecho que una semilla de palma de aceite contenga dos o tres almendras no significa que sea dicotiledónea, simplemente significa que tiene dos o tres embriones, cada uno con su respectivo cotiledón; una semilla de palma con dos o tres almendras es una semilla poliembriónica.



¿Cómo se clasifican las semillas de una palma de aceite?



La semilla se clasifica como una nuez y está rodeada por un mesocarpio aceitoso; su tamaño varía dependiendo del espesor del cuesco, del tamaño de la almendra y del tipo de fruto. La semilla como tal se obtiene mediante la remoción del mesocarpio; que como se mencionó antes, está encerrada dentro de una coraza protectora llamada cuesco.

¿Cuáles son las partes de una semilla de palma de aceite?

Una semilla está compuesta por las siguientes partes:

- **Pericarpio, cáscara o cuesco:** Es la parte externa de la semilla, muy dura, de color café oscuro, rodeada y atravesada por fibras que se recogen en un mechón en la base de la semilla.
- **Tapón de fibra:** Es un tapón que cubre el poro germinativo y protege al embrión hasta que inicia el proceso de germinación. Solo está presente en el poro germinativo funcional.
- **Poro germinativo:** Orificio de la cáscara por donde emerge la futura plántula justo después de iniciado el proceso de germinación.
- **Embrión:** Es la futura planta en estado de reposo o latencia. En el embrión se distinguen la plúmula, la radícula y el haustorio en estado microscópico. Está ubicado justo detrás del tapón de fibra.
- **Endospermo o almendra:** Tejido cartilaginoso rico en carbohidratos y sustancias de reserva. Su función principal es satisfacer las necesidades nutritivas de la nueva planta después de la germinación hasta que la planta emite raíces funcionales. Contiene entre 45 y 50% de su peso en aceite y su beneficio constituye lo que se conoce como palmistería.
- **Tegumento:** Tejido muy delgado que rodea al endospermo, es de color café oscuro en plena madurez de la semilla.

3. CONCEPTOS GENERALES SOBRE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE LA PALMA DE ACEITE

¿Qué se entiende por mejoramiento genético de las plantas?

En términos generales, mejoramiento genético es el arte de conservar, mejorar y cambiar la herencia de las plantas cultivadas, formando nuevas variedades, líneas, híbridos o mejorando algunas características de los cultivos actuales. También se llama fitomejoramiento.



¿Cuál es el objetivo del mejoramiento genético de la palma de aceite?

Todas las acciones que se hacen para mejorar genéticamente la palma de aceite apuntan al logro de un solo objetivo general: obtener la máxima producción de aceite por unidad de área, que es equivalente a obtener el **máximo valor productivo** (aceite de pulpa + aceite de almendra) con el fin de obtener mayor rentabilidad en la inversión.

¿Qué es un ciclo biológico en las plantas?

Como su nombre lo indica, es un ciclo cerrado que empieza con la unión del polen con los óvulos (polinización natural) para formar los frutos que contienen las semillas. Pasa por diferentes etapas: germinación de las semillas, crecimiento y desarrollo de las plantas, floración, hasta llegar nuevamente a la producción de semillas, cerrando un ciclo continuo e indefinido.

¿Bajo condiciones naturales, cuánto tarda un ciclo biológico en la palma de aceite?

Un ciclo biológico natural en la palma de aceite, sin la intervención del hombre, tarda entre 4 y 5 años, representado cronológicamente por: un año entre polinización natural y germinación de las semillas; dos a cuatro años en fase juvenil creciendo en forma silvestre y un año entre polinización natural y la formación de racimos y semillas; estas últimas originan un nuevo ciclo.



¿Qué es un ciclo genético en las plantas?

Es un ciclo cerrado, manipulado por la intervención del hombre, que empieza con la polinización controlada para formar los frutos que contienen las semillas (primera intervención del hombre), pasa por diferentes etapas, como germinación de las semillas, crecimiento y desarrollo de las plantas, floración y fructificación. En este punto se interrumpe el ciclo biológico natural por la segunda intervención del hombre, que consiste en valorar por varios años el comportamiento de las palmas para seleccionar aquellas que van a originar la próxima generación. El ciclo se reanuda con la nueva producción controlada de semillas, cerrando un ciclo genético.

¿Cuánto tarda un ciclo genético en la palma de aceite?

La palma de aceite es un cultivo perenne de tardío rendimiento, por lo cual cada ciclo genético, bajo condiciones controladas tarda entre 9 y 10 años.

Cronológicamente un ciclo genético se cumple con las siguientes etapas:

- Un (1) año entre polinización controlada y germinación de semillas.
- Un (1) año en vivero.
- Dos (2) a tres (3) años en fase juvenil en campo.
- Cinco (5) años de registros de producción y análisis de racimos para seleccionar los gametos (padres) que van a originar un nuevo ciclo.

¿Qué significan los términos variable, variabilidad y varianza?

Toda característica que presenta variación o variabilidad en su forma de manifestarse es una **variable** y puede tomar cualquier valor de un conjunto determinado de "grados" de expresión, por ejemplo, peso del fruto; así que, **variabilidad** es la variación propia de una característica, por ejemplo, el peso del fruto maduro varía desde 2 a 13 gramos de peso y **varianza** es un estimador de qué tan grande es la variabilidad de una característica.

¿Cuál es la variabilidad del fruto según el color de la epidermis?

Según la pigmentación de la piel de los frutos, que obedece a la presencia de antocianina, existen dos tipos básicos:

Nigrescens: Cuando el fruto está inmaduro presenta un color negro violáceo, fácil de distinguir; es el tipo más común en las plantaciones. (figura 13)

Virescens: Presenta frutos de color verde antes de la maduración. (figura 14)

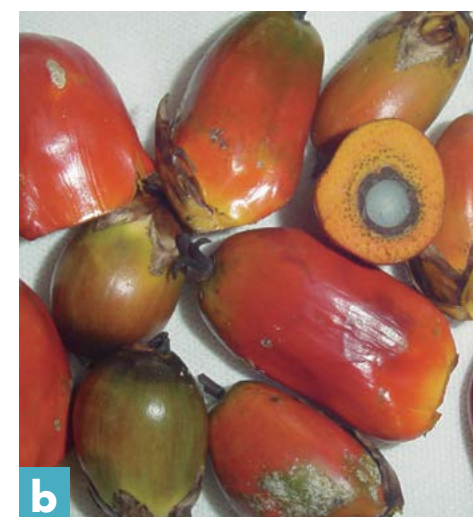
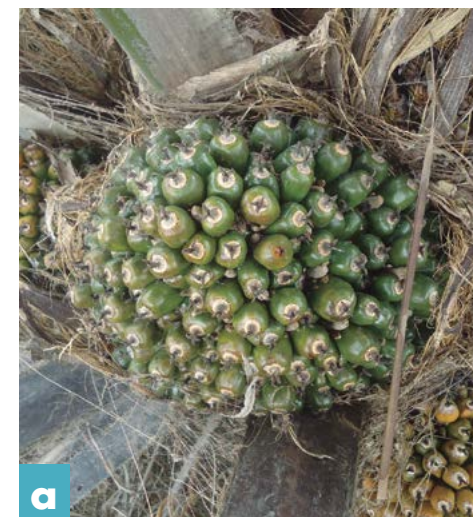
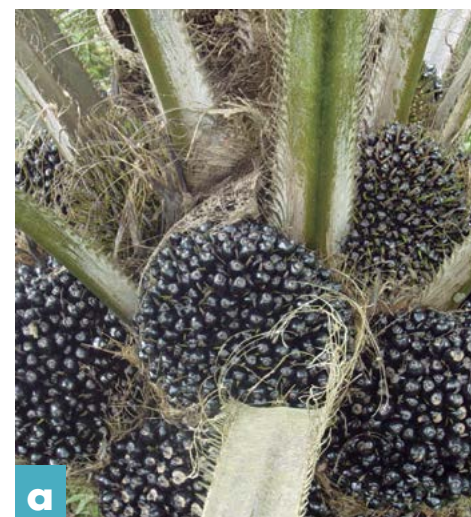


Figura 13. Tipos de palma según el color de la epidermis
a. Frutos tipo Nigrescens en estado inmaduro
b. Frutos tipo Nigrescens en estado maduro

Figura 14. Tipos de palma según el color de la epidermis
a. Frutos tipo Virescens en estado inmaduro
b. Frutos tipo Virescens en estado maduro



¿Cuál es la variabilidad del fruto según la presencia de una envoltura carnosa?

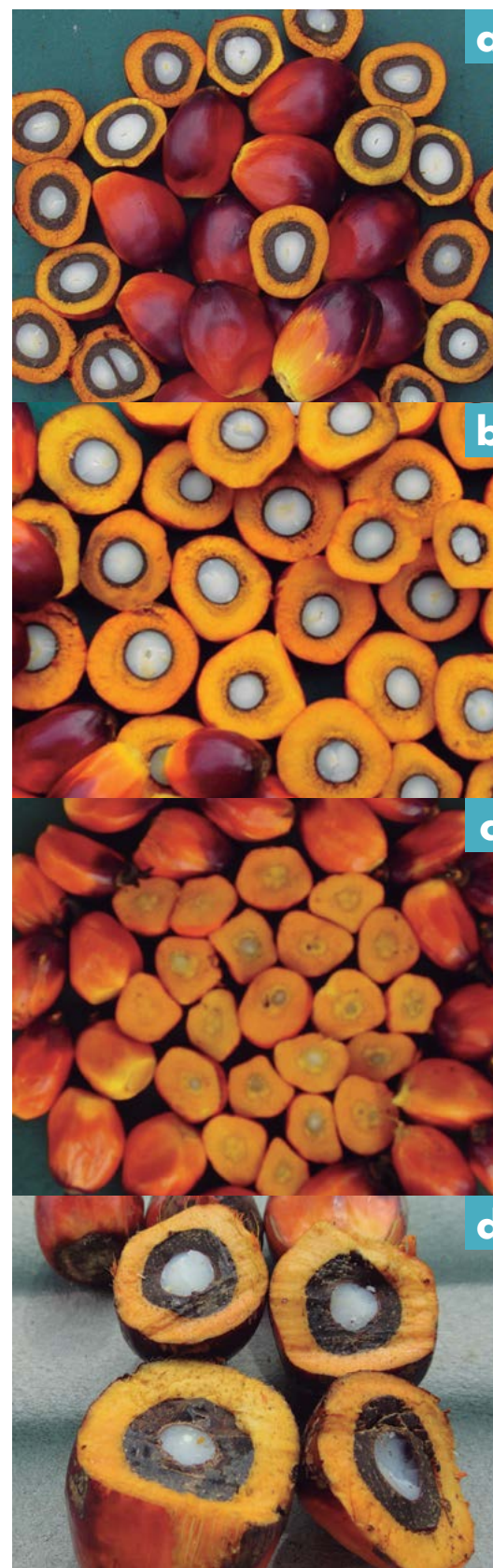
La presencia de un manto carnoso que envuelve al fruto se presenta como resultado del desarrollo anormal de los estaminodios de la flor. Esta anomalía determina dos tipos de fruto:

- **Poissoni:** Frutos con la presencia de una capa carnosa.
- **Común:** Frutos en los cuales no existe la envoltura carnosa; es el tipo más común en las plantaciones.

¿Cuál es la variabilidad del fruto según la presencia de carotenos en su pulpa?

El color amarillo anaranjado característico de la pulpa de los frutos se debe a la acumulación de diferentes cantidades de carotenos, promotores de vitamina A. Esta cualidad determina dos tipos de fruto:

- **Común:** Carotenos presentes en diferentes proporciones en la pulpa de los frutos; es el tipo más común en las plantaciones.
- **Albescens:** Es un tipo de fruto con bajas cantidades de carotenos en la pulpa. Son frutos con pulpa de color amarillo pálido.



¿Cuál es la variabilidad del fruto según su estructura interna?

Las características, presencia de fibras alrededor de la semilla y espesor del endocarpio, más conocido como cuesco, determinan tres formas de fruto:

Dura: Que se caracteriza por presentar fibras dispersas en la pulpa y un cuesco grueso, con variación de 2 a 4 mm de espesor.

Pisífera: La característica más común del fruto Pisífera es la ausencia de cuesco y presencia de fibras agrupadas en el centro del fruto. En ocasiones, la presencia de una almendra del tamaño de una arveja, rodeada por un anillo de fibras.

Ténera: La característica que determina esta forma de fruto es la presencia de un anillo de fibras alrededor del cuesco y en segundo lugar, la presencia de un cuesco delgado, con menos de 2 mm de espesor; sin embargo, existen frutos Ténera con cuesco grueso. La forma Ténera es un híbrido "Intra específico" entre palmas Dura y palmas Pisífera. (figura 15)

Figura 15. Formas de palma según la estructura interna de los frutos
 a. Frutos tipo Dura
 b. Frutos tipo Ténera
 c. Frutos tipo Pisífera
 d. Frutos tipo Macrocaria. Este tipo de fruto está desapareciendo por efecto de los procesos de selección; se caracteriza por los cuescos de 4 a 8 milímetros de espesor.



¿De acuerdo con las preguntas anteriores, cuáles son las posibles combinaciones entre tipos y formas de fruto?

En el cuadro que sigue se observan 24 posibles combinaciones: (tabla 4)

Tabla 4. Posibles combinaciones entre cuatro atributos de la palma de aceite

Nº	Cuesco	Color epidermis	Espata carnosa	Color pulpa
1	Dura	Nigrescens	Poissoni	Albescens
2	Dura	Nigrescens	Poissoni	Común
3	Dura	Nigrescens	Común	Albescens
4	Dura	Nigrescens	Común	Común
5	Dura	Virescens	Poissoni	Albescens
6	Dura	Virescens	Poissoni	Común
7	Dura	Virescens	Común	Albescens
8	Dura	Virescens	Común	Común
9	Ténera	Nigrescens	Poissoni	Albescens
10	Ténera	Nigrescens	Poissoni	Común
11	Ténera	Nigrescens	Común	Albescens
12	Ténera	Nigrescens	Común	Común
13	Ténera	Virescens	Poissoni	Albescens
14	Ténera	Virescens	Poissoni	Común
15	Ténera	Virescens	Común	Albescens
16	Ténera	Virescens	Común	Común
17	Pisífera	Nigrescens	Poissoni	Albescens
18	Pisífera	Nigrescens	Poissoni	Común
19	Pisífera	Nigrescens	Común	Albescens
20	Pisífera	Nigrescens	Común	Común
21	Pisífera	Virescens	Poissoni	Albescens
22	Pisífera	Virescens	Poissoni	Común
23	Pisífera	Virescens	Común	Albescens
24	Pisífera	Virescens	Común	Común

* Aporte de los autores

¿Cuáles son las combinaciones más comunes en las plantaciones comerciales?

Las combinaciones más comunes en las plantaciones comerciales, en orden de importancia, son: (tabla 5)

Tabla 5. Combinaciones más comunes en las plantaciones comerciales

Nº	Cuesco	Color epidermis	Espata carnosa	Color pulpa
1	Ténera	Nigrescens	Común	Común
2	Dura	Nigrescens	Común	Común

* Aporte de los autores

¿Por qué son importantes las características del fruto?

Hasta ahora la variabilidad de la especie se distingue por la variación de las características del fruto, restando importancia a la parte vegetativa de la planta. La variación del fruto se analiza en dos aspectos:

- Según la apariencia externa
- Según la estructura interna

La variación en cuanto a la estructura interna es más importante, por cuanto determina 3 formas definidas:

- Palmas Dura
- Palmas Ténera
- Palmas Pisífera





¿Cuáles son las diferencias básicas entre Dura, Ténera y Pisífera?

En el cuadro que sigue se sintetizan las diferencias básicas entre palmas de las formas Dura, Ténera y Pisífera, expresadas en forma cualitativa: (tabla 6)

Tabla 6. Diferencias cualitativas entre los tipos de palma de aceite

CARACTERÍSTICA	DURA	TÉNERA	PISÍFERA
Cantidad de inflorescencias masculinas por palma	Alta	Media	Baja
Viabilidad del polen	Viable	Viable	Viable
Duración del ciclo masculino	Largo	Corto	Muy corto
Cantidad de inflorescencias femeninas por palma	Baja	Media	Muy alta
Viabilidad flores femeninas	Viable	Viable	Estéril
Aborto de inflorescencias	Bajo	Bajo	Muy bajo
Duración del ciclo femenino	Corto	Largo	Muy largo
Malogro de racimos	Muy bajo	Bajo	Muy alto
Cantidad de racimos por palma	Bajo	Alto	No produce
Peso promedio por racimo	Pesado	Liviano	No produce
Producción de RFF por palma	Alta	Alta	No produce
Cantidad de aceite por palma	Bajo	Alto	No produce
Cantidad de aceite por racimo	Bajo	Alto	No produce
Número de hojas por palma	Normal	Normal	Normal ¹
Pulpa en fruto	Bajo	Alto	Alto ²
Cuesco en fruto	Alto	Bajo	Ausente ³
Almendra en fruto	Bajo	Alto	Raro
Ubicación de las fibras en la pulpa	Dispersas	Anillo	Centradas

¹ Aparentemente mayor, porque no se podan con regularidad

² Los escasos frutos que eventualmente produce una palma Pisífera contienen entre 95 y 100% de pulpa

³ Los frutos Pisífera fértiles contienen una pequeña almendra sin cuesco

¿Cuántas especies de palma aceitera existen?

Se conocen varios géneros y varias especies dentro de cada género, de palmas productoras de aceite, pero las más conocidas a nivel mundial son: la especie palma de aceite *Elaeis guineensis*, la especie palma americana de aceite *Elaeis oleifera*, también conocida como nolí, la palma de coco *Cocos nucifera* L. y la palma mil pesos *Jessenia bataua* (Mart.) Burret

¿De las especies del género *Elaeis* cuál se cultiva a nivel comercial?

Hasta el presente, a nivel comercial solo se cultiva la especie *Elaeis guineensis*, mientras que la especie *E. oleifera* se explota en forma artesanal en las poblaciones naturales.

¿Existen variedades en la especie *Elaeis guineensis*?

No existen variedades. Según concepto de investigadores en botánica vegetal, con excepción de algunas características de los frutos descritas en preguntas anteriores, no existen detalles morfológicos importantes que ameriten subdividir la especie en variedades. Dentro de la especie existen tipos y formas, esto significa que estas palmas comparten una característica del fruto, pero pueden ser diferentes en otras características morfológicas.

¿Cuál es la manera correcta de nombrar los diferentes tipos y formas de palma de aceite?

Como se mencionó antes, por las características del fruto dentro de la especie *E. guineensis* no existen variedades, únicamente palmas agrupadas en tipos y formas. La manera correcta de nombrarlas es:

- Palma de aceite de la forma Dura
- Palma de aceite de la forma Pisífera
- Palma de aceite de la forma Ténera
- Palma de aceite tipo virescens
- Palma de aceite tipo nigrescens, etc.



¿Entonces, por qué se dice que las palmas Ténera son híbridos?

Porque se obtienen a través del cruzamiento natural o artificial entre palmas de la forma Dura (usadas como madres) con polen de palmas de la forma Pisífera (usadas como padres). Técnicamente las palmas de la forma Ténera corresponden a un híbrido intraespecífico.

¿Generalizando, a qué se refiere el término híbrido intraespecífico?

El término híbrido intraespecífico hace referencia a la palma que se obtiene mediante cruzamiento natural o artificial entre palmas de la misma especie. La condición híbrida se denota en su genotipo, que contiene las dos formas alternativas del padre y la madre en su genotipo. Ejemplos de híbridos intraespecíficos resultan de los siguientes cruzamientos: Dura x Pisífera; Nigrescens x Virescens; Poissoni x Normal, etc.



¿A qué se refiere el término híbrido interespecífico?

Cuando se habla de un híbrido interespecífico se hace referencia a la palma que se obtiene mediante cruzamiento artificial entre palmas de la especie *Elaeis oleifera* usadas como madres, con polen de palmas de la especie *Elaeis guineensis* usadas como padres y viceversa. En general, es el cruzamiento entre palmas de diferente especie, por ejemplo, *Elaeis oleifera* x *E. guineensis*; *E. guineensis* x *E. oleifera*.

¿Cuáles son las características que diferencian las formas Dura y Pisífera del híbrido Ténera?

Los frutos de las palmas Dura se caracterizan porque poseen un cuesco (endocarpo) grueso que protege a una o más almendras y **fibras dispersas en la pulpa**; mientras que los frutos de las palmas Pisífera se caracterizan por la ausencia de cuesco y **presencia de fibras agrupadas en el centro del fruto**; en ocasiones contienen una almendra del tamaño de una arveja. El híbrido Ténera combina las dos características, produciendo frutos con cuesco delgado y un **anillo de fibras** alrededor del mismo.

¿Existen palmas masculinas y palmas femeninas en la especie *Elaeis guineensis*?

No. En la especie palma de aceite, cualquier palma puede estar en ciclo masculino, en ciclo femenino o en ciclo de transición (masculino y femenino); por lo tanto, no existen palmas masculinas o palmas femeninas como tal. Las palmas de aceite cambian de ciclo de floración constantemente en ciclos sucesivos masculino-femenino o viceversa.

¿Es verdad que las palmas Dura son femeninas?

Falso.

Las palmas Dura pueden estar en ciclo masculino, en ciclo femenino o tener ciclos superpuestos (masculino-femenino) en determinada época del año; por lo tanto pueden actuar como machos o como hembras. La confusión se genera porque en los programas de mejoramiento genético siempre se utilizan palmas Dura como madres.



¿Es verdad que las palmas Pisífera son masculinas?

Falso.

Las palmas Pisífera pueden estar en ciclo masculino, en ciclo femenino o tener ciclos superpuestos (masculino-femenino) en determinada época del año. La confusión se genera porque en los programas de mejoramiento genético siempre se utilizan palmas Pisífera como padres, ya que estas no pueden actuar como madres debido a su esterilidad femenina. (figura 16)



Figura 16. Palma Pisífera en ciclo femenino. Todas sus flores están malogradas, porque pasó su periodo de antesis y ninguna produjo frutos



¿Cuál es la proporción ideal de palmas en ciclo masculino y palmas en ciclo femenino en una plantación?

La proporción ideal es 0.6, esto significa que de cada 100 palmas, 60 deben estar en fase de producción o ciclo de floración femenina, mientras que las 40 restantes están en ciclo de transición y en ciclo de floración masculina. Se considera que 10% de palmas en ciclo masculino son suficientes para polinizar las palmas de una hectárea, debido a la abundancia de polen que provee una inflorescencia masculina.

¿Por qué en los programas de mejoramiento se utilizan palmas Pisífera como padres y no como madres?

La razón es de tipo funcional; porque las palmas Pisífera son altamente estériles en su parte femenina, en cambio el polen de las inflorescencias masculinas es fértil normal. Una característica propia de las palmas Pisífera es que tienen la tendencia a permanecer más tiempo en ciclo femenino que en ciclo masculino, sin embargo, casi el 100% de las inflorescencias femeninas se malogran, no fructifican; en ocasiones ocurre la formación de pocos frutos fértiles y otros partenocápicos por inflorescencia.

¿Qué significa el término segregación?

Segregación es sinónimo de separación. Técnicamente es la separación de los cromosomas homólogos durante la formación de las células sexuales, polen y óvulos, trayendo como consecuencia la reaparición de genotipos de los ancestros (abuelos).



¿Por qué los palmicultores no pueden producir semillas de palma de aceite a partir de buenas palmas de su plantación?

Por razones de tipo técnico, los palmicultores no pueden hacerlo; porque el material comercial Ténera es un híbrido intraespecífico producido cuando se cruzan artificialmente palmas Dura con polen de palmas Pisífera. Cuando se hacen germinar semillas de una palma Ténera, ocurre un proceso genético conocido como segregación, que consiste en que los genotipos de los progenitores vuelven a aparecer en las semillas germinadas; por lo tanto, en campo aparecen palmas Dura, Ténera y Pisífera en diferentes proporciones, que en nada se parecen a la palma Ténera de donde se tomaron las semillas. Además porque se arriesga una inversión de 25 años. (figura 17)

Ejemplos de Segregación

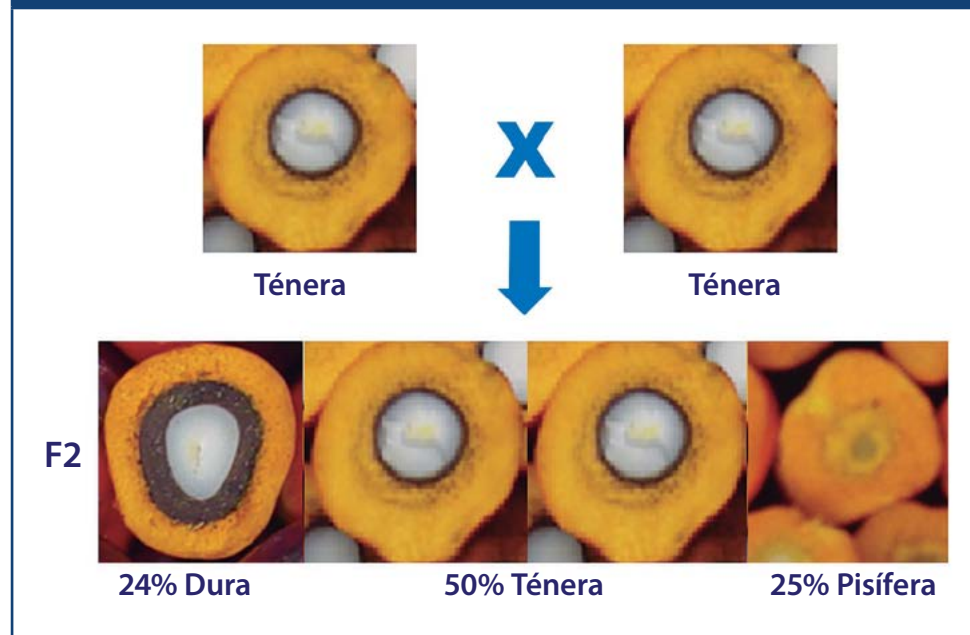


Figura 17. Ejemplo típico de segregación en palma de aceite. Los descendientes de las palmas Ténera segregan en las siguientes proporciones teóricas: 25% Dura; 50% Ténera y 25% Pisífera.

¿Cuál es el sistema natural de polinización de la palma de aceite?

La polinización cruzada es el sistema de fecundación natural de la palma de aceite. Técnicamente se dice que la palma es una especie **alógama**, es decir, que una palma en ciclo femenino necesita el polen de otra palma en ciclo masculino para que se produzca la fecundación y posterior formación del fruto.



¿Cuál mecanismo de polinización predomina en la palma de aceite?

Como la palma de aceite es una especie de polinización cruzada natural, requiere de un mecanismo que permita transportar el polen desde una palma en ciclo de floración masculina hasta una palma en ciclo de floración femenina, siendo el más predominante el **entomófilo**, donde los insectos transportan el polen; y sigue en importancia el sistema **anemófilo**, cuando el viento es el que transporta el polen.

¿Qué implicaciones tiene la polinización cruzada o alogamia en la palma de aceite?

Por su condición de alogama en las poblaciones naturales se la encuentra en forma heterogénea heterocigota (híbridos naturales) demostrando una gran variabilidad; otra razón por la cual nunca se deben recoger plantas germinadas del campo.

¿A qué se debe el comportamiento agronómico de la palma de aceite?

El comportamiento agronómico de la palma está determinado tanto por el genotipo (constitución genética de la planta) como por el ambiente (clima, suelo, nutrientes, plagas, enfermedades, etc.). Esta ecuación se puede representar con la siguiente fórmula básica:

$$\text{Fenotipo} = \text{Genotipo} + \text{Ambiente}$$

Donde:

- **Fenotipo:** es la apariencia externa de la palma como resultado de la expresión de su constitución genética (genotipo) y de la forma como el ambiente lo afecta o lo modifica.
- **Genotipo:** Es la constitución genética de la palma, heredada por partes iguales de sus progenitores.
- **Ambiente:** Son una serie de factores externos a la palma, que modifican la expresión del genotipo.

¿Cuál de los dos componentes, genotipo o ambiente, pesa más sobre la variación en palma de aceite?

Depende de la característica; por ejemplo:

1. La producción de fruto depende en mayor proporción de los factores ambientales (clima, suelo, nutrientes, plagas, enfermedades, manejo agronómico, riego, drenajes, etc.) y en menor proporción del genotipo.
2. La variación en los tipos de fruto (Dura, Ténera, Pisífera) se debe en un 100% al genotipo de la palma, independiente de los factores ambientales.

¿Se puede generalizar lo expresado en la pregunta anterior?

En palma de aceite como en cualquier otro cultivo, se puede generalizar que las características de tipo cuantitativo (pesos, medidas, volúmenes) como: peso de los racimos, producción de aceite, tasa de crecimiento, número de racimos, porcentaje de aceite en racimo, etc., dependen en mayor grado de las condiciones ambientales y de los aportes externos en fertilización, riegos, incidencia de plagas y enfermedades; en síntesis del manejo agronómico y en menor grado del genotipo. Mientras que entre las características de tipo cualitativo (cualidades) existen tales como: presencia o ausencia de cuesco, color de la epidermis del fruto, etc., y estas dependen casi exclusivamente del genotipo.

¿Lo anterior con respecto a características de la producción, pero qué pasa con las características vegetativas de la palma de aceite?

Igual, la mayoría de las características vegetativas de la palma de aceite se pueden medir o cuantificar. Generalmente están gobernadas por varios pares de genes que las hacen características de baja heredabilidad, en las cuales el ambiente ejerce la mayor parte del control. Investigaciones realizadas al respecto indican que las características vegetativas y parámetros de crecimiento, como emisión foliar, área foliar, producción de materia seca, tasa de crecimiento del tallo, etc., presentan amplia variación entre progenies y entre palmas individuales dentro de cada progenie. La variación es mucho mayor entre palmas de diferente origen genético.



¿La característica presencia o ausencia de cuesco en los frutos presenta alta variación en las palmas Ténera?

La pregunta hace referencia a una **calidad** (presencia o ausencia de cuesco) por lo tanto, la respuesta es: la característica **no es variable**. En los frutos Ténera, la característica carece de variabilidad porque presenta una de las dos formas alelomórficas (presencia de cuesco) con excepción de los frutos partenocárpicos donde la característica está ausente.



¿El espesor del cuesco de los frutos, presenta alta variación en las palmas Ténera?

En este caso la pregunta hace referencia a una característica cuantitativa (milímetros de espesor) por lo tanto, la respuesta es: el espesor del cuesco en los frutos Ténera presentan alta variabilidad entre materiales y entre plantas; dicha variación se presenta incluso entre frutos del mismo racimo.

¿Es posible diferenciar morfológicamente palmas Dura, Ténera y Pisífera en vivero?

No. Es prácticamente imposible diferenciar este tipo de palmas por características vegetativas. Morfológicamente son iguales en vivero, la diferencia radica en las características del fruto; la diferenciación solo es posible después que inician su etapa productiva.

¿Cuáles son los componentes relacionados con la producción de racimos?

Son aquellos componentes que intervienen en la producción de racimos de fruta fresca, como:

- Número de racimos por palma por año
- Peso promedio de cada racimo
- Producción por palma por año

¿Cuáles son los componentes con la extracción de aceite?

Son los componentes que potencian y permiten la máxima extracción de aceite de los frutos. Estos son:

- Porcentaje de frutos en racimo
- Porcentaje de pulpa en fruto
- Porcentaje de almendra en fruto
- Porcentaje de cuesco en fruto
- Porcentaje de aceite en la pulpa
- Porcentaje de aceite en almendra

¿Cuáles son los factores que determinan la producción de aceite?

La producción de aceite depende de los siguientes factores:

- Origen genético de los materiales
- Tipo de material
- Número de racimos
- Peso promedio por racimo
- Producción de palma por año
- Cantidad de pulpa en fruto
- Cantidad de aceite en pulpa
- Cantidad de aceite en racimo
- Cantidad de almendra
- Cantidad de aceite en almendra
- Cantidad de cuesco en fruto

¿La característica presencia del cuesco en el fruto es de importancia económica?

Sí. La presencia de cuesco en el fruto si es económicamente importante porque junto con otras características determina el contenido de aceite en el fruto.



¿Cómo es la herencia de la característica presencia del cuesco en el fruto?

Desde el punto de vista cualitativo (presencia o ausencia de cuesco) este carácter es gobernado por un solo par de genes con **dominancia completa** que determinan tres formas aleomórficas: Dura con cuesco presente ($Sh^+ Sh^+$); Ténera con cuesco presente ($Sh^+ Sh^-$) y Pisífera sin cuesco ($Sh^- Sh^-$) como se ilustra a continuación: (tabla 7 y figura 18)



Tabla 7. Tipos de cruzamiento y proporciones

Generación	TIPO DE CRUZAMIENTO Y PROPORCIONES		
	Representación fenotípica		Representación genotípica
P1	Dura x Pisífera (Con cuesco) x (Sin cuesco)		$Sh^+ Sh^+ \times Sh^- Sh^-$
F1	Ténera (Con cuesco)		$Sh^+ Sh^-$ (100%)
P2	Ténera x Ténera (Con cuesco) x (Con cuesco)		$Sh^+ Sh^- \times Sh^+ Sh^-$
F2	25 % Dura con cuesco	50 % Ténera con cuesco	25% Pisífera sin cuesco
			25 % $Sh^+ Sh^+$
			50 % $Sh^+ Sh^-$
			25% $Sh^- Sh^-$

* Sh = son las letras iniciales de la palabra inglesa Shell (cáscara en español) sugeridas por Beirnaert en 1940, para el gen que determina el carácter presencia de cuesco en el fruto.

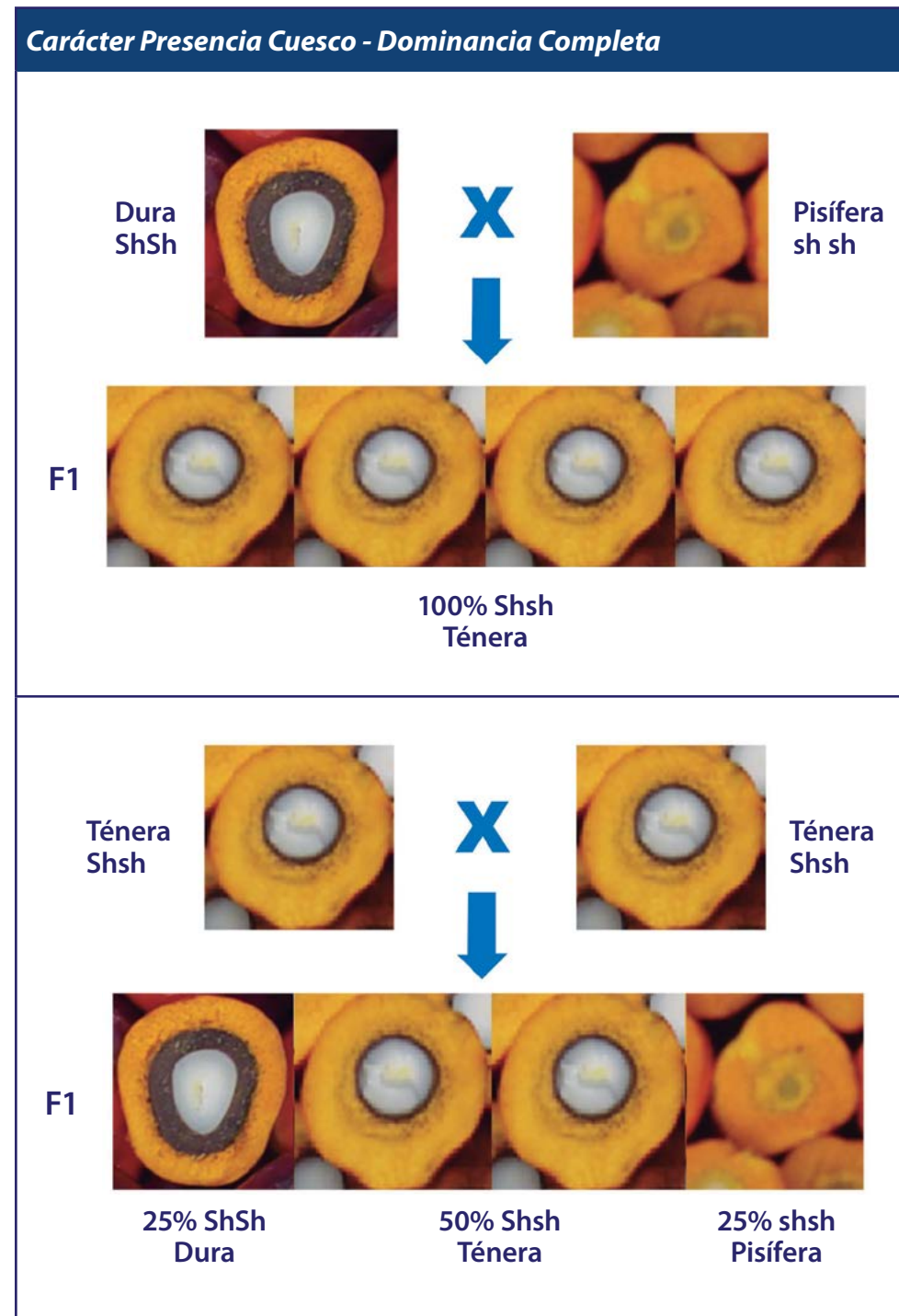


Figura 18. Representación esquemática del tipo de dominancia del carácter cualitativo presencia de cuesco



¿La característica espesor del cuesco también está determinada por un solo par génico?

Aunque la característica **espesor del cuesco** es de tipo cuantitativo, puede ser explicada por la acción de un solo par de genes, en los cuales el grado de intensidad de la relación corresponde a la **dominancia parcial o incompleta**, porque el espesor del cuesco expresado en milímetros, no es exactamente igual a uno de los progenitores, como tampoco es intermedio entre el par de progenitores sino que tiende a acercarse a uno de ellos; es una característica que varía entre los valores del par de progenitores.

Esta variación se nota aún entre los frutos de un racimo polinizado en forma controlada. En este caso las formas alternativas son: Dura (CC) con cuesco que puede variar desde 2 hasta 8 mm; Ténera (Cc) con cuesco que varía desde 0,5 hasta a 4 mm y Pisífera (cc) sin cuesco, como se ilustra a continuación: (tabla 8 y figura 19)

Tabla 8. Tipos de cruzamiento y proporciones

Generación	TIPO DE CRUZAMIENTO Y PROPORCIONES		
	Representación fenotípica		Representación genotípica
P1	(4 mm) Dura x Pisífera (0 mm)		CC x cc
F1	↓ Ténera (2 a 4 mm)		↓ Cc (100%)
P2	(2 mm) Ténera x Ténera (2 mm)		Cc x Cc
F2	↓ (2 a 4 mm) Dura (0,5 a 2 mm) Ténera (0 mm) Pisífera		↓ 25 % CC 50 % Cc 25 % cc

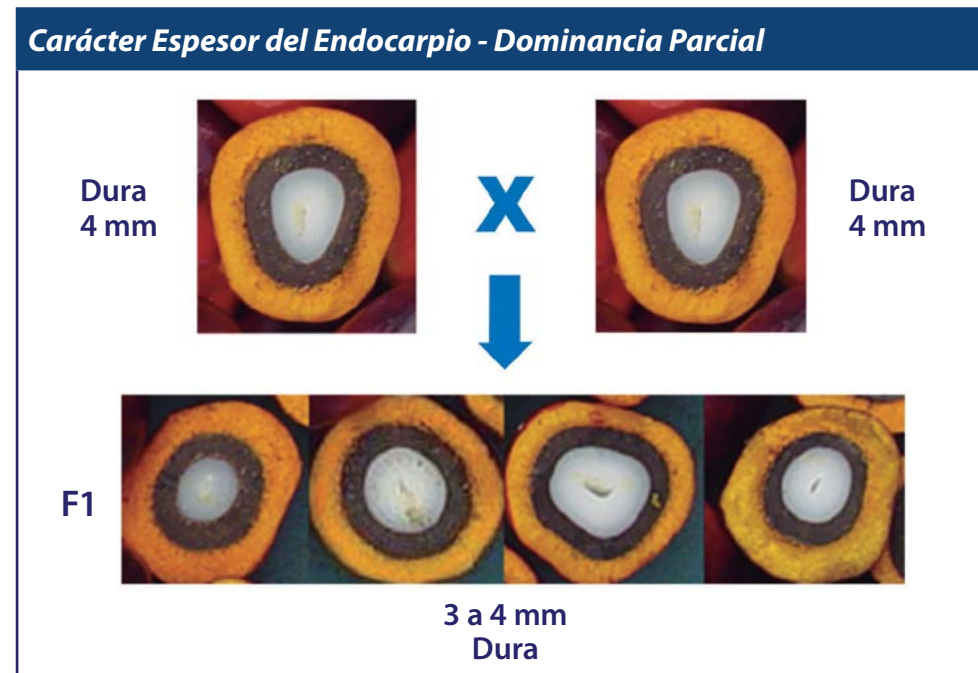


Figura 19. Representación esquemática del tipo de dominancia del carácter cuantitativo Espesor del cuesco

La dominancia parcial de la característica espesor del cuesco se hace evidente aún en los cruzamientos controlados Dura x Dura, puesto que los descendientes manifiestan diferentes grados de espesor del cuesco, aunque todos ellos son de la forma Dura, como puede observarse en el ejemplo que sigue: (tabla 9)

Tabla 9. Tipos de cruzamiento y proporciones

Generación	TIPO DE CRUZAMIENTO Y PROPORCIONES	
	Representación fenotípica	Representación genotípica
P1	(4 mm) Dura x Dura (4 mm)	CC x CC
F1	↓ Dura (2 a 4 mm)	↓ CC (100%)

Nota: Las palmas Dura con cuesco de 4 a 8 mm de espesor constituyen otra forma de fruto llamada Macrocaria; estas palmas son raras en las poblaciones Dura.



¿Si la variabilidad del espesor del cuesco es amplia, entonces cómo se distingue una palma Dura de cuesco delgado de una palma Ténera de cuesco grueso?

La característica cualitativa que marca la diferencia entre un fruto Dura de otro fruto Ténera es la **presencia de un anillo de fibras alrededor del cuesco** y no el espesor del cuesco, como erróneamente se creía. En algunas plantaciones con frecuencia se encuentran palmas Ténera que producen frutos con cuesco grueso, parecidos a los frutos Dura; esto sucede cuando se propagan plantas de ilegítima procedencia o cuando el grosor del cuesco no fue tomado como criterio de selección por la casa productora de semillas. También se encuentran palmas Dura que producen frutos de cuesco delgado.

¿La característica presencia de un anillo de fibras en el fruto es otro criterio de selección?

Evidentemente, la presencia y distribución de las fibras en el fruto es una característica discriminante entre las diferentes formas de fruto. Esta característica se reconoció como criterio esencial de selección durante la última mitad del siglo pasado. En la respuesta anterior se indicó que el espesor del cuesco por sí solo no sirve para discriminar una palma Dura de otra Ténera.



¿Cómo es la herencia de la característica presencia de fibras en el fruto?

Se deduce que la distribución de fibras en el fruto depende de un solo par de genes y que se hereda ligada con la característica presencia de cuesco en el fruto. El grado de intensidad de la relación genética corresponde a una **codominancia** con las siguientes formas alélicas:

- Dura (FF) con fibras dispersas en la pulpa del fruto.
- Ténera (Ff) con un anillo de fibras alrededor del cuesco de la semilla.
- Pisífera (ff) con fibras agrupadas en el centro del fruto cuando el fruto es partenocárpico o alrededor de la almendra cuando el fruto es fértil, según se ilustra a continuación: (tabla 10)

Tabla 10. Tipos de cruzamiento y proporciones

Generación	TIPO DE CRUZAMIENTO Y PROPORCIONES		
	Representación fenotípica		Representación genotípica
P1	Dura x Pisífera (Fibras dispersas) x (Fibras en el centro)		FF x ff
F1	↓ Ténera (Anillo de fibras)		↓ Ff (100%)
P2	Ténera x Ténera (Anillo de fibras) x (Anillo de fibras)		Cc x Cc
F2	25 % Dura Fibras dispersas	50 % Ténera Anillo de fibras	25% Pisífera Fibras en el centro
			25 % FF
			50 % Ff
			25% ff



¿Cómo es la herencia de la característica que determina los frutos Virescens y Nigrescens?

En Zaire se comprobó que la herencia del carácter presencia o ausencia de antocianina que genera las formas alternativas Nigrescens y Virescens es monofactorial. El grado de intensidad de la relación corresponde a la llamada **dominancia completa**, donde el tipo Virescens (GG, Gg) es dominante sobre el Nigrescens (gg) como se indica a continuación: (tabla 11)

Tabla 11. Tipos de cruzamiento y proporciones

Generación	TIPO DE CRUZAMIENTO Y PROPORCIONES	
	Representación fenotípica	Representación genotípica
P1	Virescens x Nigrescens ↓	GG x gg ↓
F1	Virescens	Gg (100%)
P2	Virescens x Virescens ↓	Gg x Gg ↓
F2	75% Virescens: 25% Nigrescens	25% GG + 50% Gg: 25% gg

G = Green (verde)

¿Si la característica Virescens es dominante sobre la Nigrescens, entonces por qué son escasas las palmas virescens en las plantaciones?

Porque la palmicultura mundial se desarrolló a partir de cuatro palmas ornamentales con frutos tipo Nigrescens, característica recesiva que no segrega en tipos diferentes. Además, durante su propagación y distribución se generalizó la idea que los frutos Nigrescens son la forma común, descartando las palmas de frutos Virescens de los programas de mejoramiento. Como la característica Virescens es dominante fue fácil eliminarla por selección directa, en cualquiera de sus estados, homocigótico (GG) o heterocigótico (Gg). El hecho que ocasionalmente aparezca la característica en grupos de semillas comerciales, hace suponer que algún factor adicional (extracromosomal?) está involucrado en su manifestación; esta suposición también está sustentada porque los cruzamientos Virescens x Virescens nunca han producido todos los descendientes de tipo virescens.

¿A qué se debe la escasa coloración de los frutos Albescens?

Se debe al bajo contenido de carotenos en la pulpa. La acumulación de diferentes concentraciones de carotenos en el mesocarpio de los frutos son los que confieren el color amarillo anaranjado característico a la pulpa y al aceite de los frutos de la palma. Esta cualidad determina dos tipos de fruto: El tipo **Común**, en el cual los carotenos están presentes en diferentes concentraciones y el tipo **Albescens** con escasas concentraciones de carotenos.

¿Cómo es la herencia de los frutos Albescens?

Desde el punto de vista cuantitativo, la concentración de carotenos en la pulpa de los frutos se hereda con base en una relación genética de **dominancia parcial o incompleta**, porque en las dos formas alternativas la concentración de carotenos es variable; el tipo Común presenta amplia gama de diferentes concentraciones de carotenos; en cambio, en el tipo Albescens la variación es estrecha y la concentración es muy baja.

¿Cómo es la herencia de los frutos Poissoni?

El carácter pluricarpelar "Poissoni" o presencia de carpelos suplementarios en el fruto es de herencia monofactorial **dominante** sobre la forma Común. Janssens en 1927, quien estudió el carácter lo llamó gen M, haciendo referencia a los frutos con una cubierta "Mantled fruit". (tabla 12)

Tabla 12. Tipos de cruzamiento y proporciones

Generación	TIPO DE CRUZAMIENTO Y PROPORCIONES	
	Representación fenotípica	Representación genotípica
P1	Poissoni x Normal ↓	MM x mm ↓
F1	Poissoni	Mm (100%)
P2	Poissoni x Poissoni ↓	Mm x Mm ↓
F2	75% Virescens: 25% Nigrescens	25% MM + 50% Mm: 25% mm

M = Poissoni, Mantled fruit

Otras investigaciones evidencian que la presencia de carpelos suplementarios y otras anomalías del fruto responden a un tipo de herencia extracromosómica.



¿Qué es una palma idolátrica?

Son palmas consideradas una quimera, es decir, una rareza dentro de la especie. Las palmas idolátricas se caracterizan por poseer y producir hojas con foliolos fusionados. (figura 20)



Figura 20. Palma Idolátrica, caracterizada por producir hojas con foliolos fusionados

¿Cómo es la herencia del carácter palma idolátrica?

Según Hartley (1988), las investigaciones realizadas con respecto a la forma idolátrica no dan claridad sobre la forma como se hereda esta característica; antes por el contrario, presentan contradicciones pues en unos se comporta dominante sobre la forma Común, mientras que en otros casos aparece como si fuera recesiva.

¿Qué es una palma "Dumpy"?

Es un tipo de palma mutante que se caracteriza por su baja tasa de crecimiento y tallo grueso. La característica Dumpy es la primera referencia de las palmas compactas (palmas de tallo corto y robusto). Según Hartley (1988), el carácter Dumpy se considera de gran importancia, por ser fuente para la producción de materiales con baja tasa de crecimiento y altas densidades de siembra dentro de la especie *E. guineensis*.

Desde finales del siglo pasado se habla de otro tipo de palmas compactas, las cuales involucran a las especies *E. guineensis* y *E. oleífera*, específicamente en Costa Rica.



¿Cómo es la herencia de la característica Dumpy en palma de aceite?

Los estudios realizados aportan evidencia en el sentido que, la característica Dumpy es gobernada por varios factores genéticos de tipo cuantitativo con homocigosis recesiva, puesto que los descendientes de autofecundaciones son los que manifiestan dicha característica. Es posible seleccionar palmas compactas dentro de la especie *guineensis* en generaciones sucesivas de autofecundación. En este caso, la importancia del carácter recesivo significa que al cruzar dos palmas compactas de la misma especie todos sus descendientes serán compactos.

¿Qué es una palma "Variegada"?

Las palmas variegadas se caracterizan por presentar en algunas hojas, partes de color amarillo pálido hasta amarillo intenso que contrasta con el verde normal de las hojas. La característica se presenta generalmente en algunos foliolos de uno de los lados de la hoja o en los foliolos del tercio final de la hoja; en ocasiones la despigmentación de los foliolos aparece en forma de bandas alternas con bandas del verde normal de los foliolos. Es una manifestación parcial del albinismo característico de los vegetales. (figura 21)



Figura 21. Palma Variegada o albina. Se caracteriza por producir hojas con algunos foliolos carentes de clorofila.

¿Cómo es la herencia del carácter variegado en la palma de aceite?

Hasta la fecha no existen evidencias de la forma como se hereda esta característica. Por la baja frecuencia, como aparece en las plantaciones comerciales, se deduce que es un carácter gobernado por varios pares de genes en homocigosis recesiva. En la Estación Experimental El Mira de Corpoica se ha observado que la característica aparece eventualmente con baja frecuencia en cruzamientos controlados entre palmas normales, las cuales necesariamente deben ser heterocigotas para la característica.



¿Cuáles son las características que debe poseer el genotipo ideal de palma de aceite?

El genotipo ideal de palma de aceite varía constantemente de acuerdo a la manera cómo cambian las necesidades de la industria y la demanda por parte de los consumidores. A la fecha, y bajo las actuales circunstancias, el genotipo ideal de palma de aceite debe reunir las siguientes características:

- Alta producción de fruta (> 35 ton/ha)
- Alto porcentaje de extracción de aceite de pulpa (> 25%)
- Alto porcentaje de almendra en fruto (> 5%)
- Alto porcentaje de extracción de aceite de palmiste
- Alto porcentaje de ácidos grasos insaturados (> 45%)
- Tolerante a enfermedades (Podrición del cogollo, marchitez sorpresiva y letal)
- Buena adaptación específica
- Alto índice de Yodo (>50)
- Alto contenido de carotenos (> 1.300 mg/kg)
- Alto contenido de tocoferoles (> 1.500 ppm)

¿Cuándo y dónde se determinó el carácter híbrido de las palmas Ténera?

El investigador **A. Beirnaert** identificó en 1939 la naturaleza híbrida de las palmas Ténera, estudiando la herencia de la forma del fruto en las descendencias de autofecundaciones y cruzamientos de palmas Ténera en el Congo Belga (ahora Zaire). Los resultados de sus investigaciones indicaron que las descendencias de los cruzamientos Ténera x Ténera se ajustaban a la proporción 1:2:1, es decir, 25% Dura: 50% Ténera: 25% Pisífera; mientras que en los cruzamientos Dura x Ténera la proporción fue 1:1, esto es 50% Dura y 50% Ténera, proporciones típicas de los híbridos monofactoriales.

¿A qué se refiere la “teoría del Congo” en palma de aceite?

Básicamente a la explicación científica de la naturaleza híbrida de la palma Ténera. Fue postulada en 1940 cuando Beirnaert publicó el artículo *“El problema de la esterilidad de la palma de aceite”*, en el cual explica la herencia del carácter presencia del cuesco en el fruto y demuestra que las palmas Ténera no son una forma anormal, que no producen palmas estériles como se creía hasta esa fecha, sino que estas segregaban en las tres formas de fruto, Dura, Ténera y Pisífera.

¿Qué significa el término antesis de las flores?

Es un término técnico que indica que los órganos florales están en plena madurez fisiológica para fecundar y ser fecundados. Con respecto a la palma de aceite, la antesis femenina indica que las flores están receptivas, listas para ser polinizadas y fecundadas por el polen, mientras que la antesis masculina indica que las flores están liberando polen maduro y fértil.



¿En qué rango de hoja se produce la antesis de las flores?

Las inflorescencias femeninas entran en período de receptividad a nivel de las hojas de rango 17 a 20. El periodo receptivo de las flores femeninas se llama antesis femenina y el periodo de liberación de polen se llama antesis masculina.

¿Cuánto tiempo dura la antesis de las flores femeninas?

El periodo receptivo puede durar entre 36 y 48 horas considerando todas las flores femeninas de la inflorescencia, pero la vida receptiva de una flor individual es muy corta, es de 1 a 2 horas.

¿Cuánto tiempo dura la antesis de las flores masculinas?

El período de liberación de polen de una inflorescencia masculina es más corto que la antesis femenina. En condiciones normales el periodo de antesis dura entre 24 y 36 horas; esto es, liberando polen. Investigaciones realizadas en Malasia reportan que el polen puede permanecer fértil sobre las inflorescencias femeninas hasta por 6 días indicando que la viabilidad natural del polen es bastante larga bajo condiciones naturales.





¿Qué es la relación sexual o proporción de sexos en palma de aceite?

Proporción de sexos es la relación matemática entre las inflorescencias femeninas con respecto al total de inflorescencias: femeninas, masculinas y hermafroditas. La proporción de sexos se estima con la siguiente fórmula:

$$RS = (IF / (IF+IM+IH))$$

En dónde:

- RS** = Relación sexual
IF = Inflorescencias femeninas
IM = Inflorescencias masculinas
IH = Inflorescencias hermafroditas

La relación óptima es 0,6 o 60%. Esto significa que el 60% de las palmas de la plantación deben estar en ciclo femenino, el 40% restante en ciclo masculino y en ciclo de transición.

¿La proporción de sexos es igual en las palmas Dura, Ténera y Pisífera?

No. La proporción sexual es diferente según el tipo de palma. Bajo condiciones de campo, las palmas Pisífera tienen mayor proporción de inflorescencias femeninas que las palmas Ténera y estas a su vez, más inflorescencias femeninas que las palmas Dura. Por el contrario, las palmas Dura producen mayor número de inflorescencias masculinas que las Ténera, y éstas a su vez, más que las palmas Pisífera.

- **Inflorescencias femeninas:** Pisífera > Ténera > Dura
- **Inflorescencias masculinas:** Pisífera < Ténera < Dura
- **Proporción de sexos:** Pisífera > Ténera > Dura

¿Existen algunas diferencias entre palmas de origen Africano y palmas de origen Asiático, tipo Deli? (figura 22)

Tabla 13. Diferencias entre palmas según su origen.

Característica	Origen Africano	Origen Asiático (Deli)
Espinas de los raquídeos del racimo	Largas, finas y punta aguda	Cortas, gruesas y punta roma
Forma de la nuez	Irregular	Ovoide, circular
Emisión hojas por palma (und)	24	19
Peso de la hoja No. 17 (kg)	4.8	8.1
Longitud de la hoja 17 (m)	5.6	6.6

Datos tomados de Hartley (1987)



Figura 22. Algunas diferencias entre palmas de origen según su origen
a. Palma de origen asiático, con pocos racimos pesados; las espigas de racimo terminan en espinas gruesas y romas
b. Palma de origen africano, con alto número de racimos livianos; las espigas de racimo terminan en espinas largas, delgadas y puntiagudas



¿Es igual la proporción de sexos entre las palmas de origen africano y las palmas de origen asiático tipo Deli?

No. Las palmas de origen africano presentan mayor proporción de sexos o flores femeninas, por lo tanto, producen mayor número de racimos que las palmas tipo Deli, aunque los racimos son más livianos.

¿Cómo se clasifican las palmas Pisífera en los procesos de selección?

Las palmas Pisífera se clasifican con base en el grado de fertilidad de las flores femeninas, según se indica a continuación:

- **Pisífera Fértiles:** Palmas que producen alto número de racimos con alto número de frutos fértiles en cada racimo.
- **Pisífera Medianamente fértiles:** Palmas que producen alto número de racimos con bajo número de frutos fértiles por racimo.
- **Pisífera Estériles:** Ocasionalmente producen pocos frutos partenocárpicos, la mayoría de los racimos se malogran; esto es, que las flores entran en antesis pero la fecundación falla. Se caracterizan por su desarrollo vegetativo excesivo.

¿Es posible que aparezcan palmas Pisífera entre los descendientes de los cruzamientos Dura x Pisífera y Dura x Dura?

No. Genéticamente no es posible que estos tipos de cruzamientos produzcan palmas Pisífera, puesto que, tanto las palmas Dura como las Pisífera son homocigotas para la característica. Analizando los genotipos de los descendientes en los cruzamientos planteados, no existe ninguna posibilidad para que aparezcan palmas Pisífera, como se indica a continuación:

a) Dura (DD) x Pisífera (dd)



100% Ténera (Dd)

b) Dura (DD) x Dura (DD)



100% Dura (DD)

¿Entonces por qué ocasionalmente aparecen en campo palmas Pisífera entre los descendientes de los cruzamientos Dura x Pisífera?

No es así. Lo que ocurre es que con baja frecuencia se presentan en las plantaciones un porcentaje insignificante de palmas Ténera estériles semejantes a las Pisífera, pero genéticamente diferentes; su genotipo es Ténera (Dd).



¿Cuál es el origen primario de la serie La Mè de palma de aceite?

La Serie La Mè se originó a partir de 29 palmas seleccionadas en un palmar natural de Bingerville, Costa de Marfil.

¿Cuál es el origen primario de la serie Pobé de palma de aceite?

La serie Pobé se originó por 38 palmas Ténera seleccionadas en palmerales naturales de Porto Novo, Dahomey (ahora Benin).

¿Cuál es el origen primario de la serie Yangambi de palma de aceite?

La serie Yangambi se originó con las semillas de 10 racimos Ténera de libre polinización, uno (1) de la famosa palma Djongo (La Mejor) de Eala y nueve de Yawenda, en la plantación "Palmeraie de la Rive", establecida en Yangambi, Congo Belga en 1922 (ahora Zaire).

¿Cuál es el origen primario de la serie Deli de palma de aceite?



El origen genético de las palmas de la serie Deli de Buitenzorg no es claro; se cree que llegaron del Jardín Botánico de Ámsterdam, y estas a su vez, habrían llegado de África. Independiente de dónde llegaron a Buitenzorg, el origen de las palmas Deli lo constituyen las descendencias de cuatro (4) palmas llevadas desde el jardín de Buitenzorg, Java hasta Deli en Sumatra, Indonesia.



¿En cuál población debe ser más riguroso el proceso de selección, en la población Dura o en la Pisífera, y por qué?

En las dos poblaciones el proceso de selección debe ser estricto, sin embargo, contrario a lo que se podría pensar, la selección de los progenitores Pisífera requiere el máximo de rigor y cuidado, porque con el polen de una sola inflorescencia Pisífera se pueden polinizar varias palmas Dura.

¿Según la pregunta anterior, cuál es el potencial de una palma Dura seleccionada para dejar descendencias?

Considerando la polinización controlada de 6 inflorescencias por palma por año; un promedio de 1.500 semillas por racimo y 60% de sobre vivencia hasta llegar a campo, la producción de descendencias de una palma Dura es de solo 5.400 por año.

¿Cuál es el potencial de una palma Pisífera seleccionada para dejar descendencias?

En promedio una inflorescencia masculina produce 50 gramos de polen, con los cuales se pueden polinizar 100 inflorescencias femeninas, equivalente a 540.000 descendientes en sitio definitivo por cada inflorescencia de una palma Pisífera. Si como en el caso anterior, una palma Pisífera produce 6 inflorescencias por año, el potencial se eleva a la cantidad de 3.240.000 descendientes por año.

Las palmas Pisífera tienen significativamente mayor potencial para producir descendientes y por consiguiente su proceso de selección debe ser muy riguroso y estricto



¿El tamaño de los frutos individuales es una característica relevante para mejorar la producción de aceite?

No. Como se indicó antes, la producción de aceite depende de todos los componentes del fruto y de todos los componentes de los racimos, de los cuales, los más importantes son la producción total de racimos y el porcentaje de aceite en cada racimo, independiente del tamaño y peso del fruto.

Por ejemplo:

La cantidad de aceite es igual en 100 toneladas de racimos con frutos pequeños, que en 100 toneladas de racimos con frutos grandes, cuando en ambos casos el porcentaje de aceite en racimo es igual. La composición del fruto es más importante que el tamaño del mismo, la compensación está en la relación inversa entre número de frutos y tamaño de los frutos.

¿Cambia la expresión de algunas características con la edad de la palma?

Sí. El grado como se manifiestan algunas características cambia con respecto a la edad de la palma, ya sea en forma negativa como en forma positiva; por ejemplo, el número de racimos disminuye a medida que envejece la palma, debido a la reducción en la producción de hojas; en cambio, el peso de los racimos y la tasa de extracción de aceite aumentan con la edad de la palma.

¿El espesor del cuesco es un buen criterio de selección?

El espesor del cuesco como tal, diferente del porcentaje, no es un buen criterio de selección. Dentro de los rangos de variabilidad existen palmas Dura con cuesco delgado y palmas Ténera con cuesco grueso, independiente del contenido de pulpa. El porcentaje del cuesco es un mejor criterio de selección, porque involucra directamente a los otros dos componentes, almendra y pulpa.





¿Cuáles son las características más difíciles de manejar en los programas de mejoramiento genético de la palma de aceite?

En general, todas las características relacionadas con la producción de racimos y con la producción de aceite son difíciles de manejar, principalmente debido a que cada uno de los componentes de la producción son gobernados por un alto número de genes, bastante influenciados por el ambiente incluyendo el manejo agronómico; son características de baja heredabilidad, no transmisibles fielmente de padres a hijos. Estas características requieren un riguroso sistema de selección y pruebas de campo por varios años y localidades para eliminar el efecto ambiental.

Dentro de estas características, un pequeño grupo está correlacionado negativamente, por ejemplo, el peso de los racimos con el número de racimos. En este caso, cuando se intenta mejorar una de las dos características la otra se deprime. Otros ejemplos de correlación negativa:

- Producción de aceite con resistencia a enfermedades .
- Porcentaje de almendra con porcentaje de pulpa.
- Número de racimos con biomasa (materia seca vegetativa).

¿Dónde y cuándo se originó la palmicultura moderna?

La palmicultura moderna se inicia con 4 palmas, dos de Bourbon (Islas Reunión y Mauricio) y dos del jardín botánico de Ámsterdam, sembradas en 1848 en los jardines botánicos de Buitenzorg, Bogor, Java.

¿Cuáles fueron las consecuencias inmediatas de la aparición en el mercado del híbrido intraespecífico Ténera?

La adopción universal de las semillas Ténera en todos los países que cultivan palma de aceite causó dependencia de los proveedores de semillas asentados en los países africanos, especialmente Costa de Marfil, hasta que los programas de mejoramiento de los países productores de palma de Asia y América estuvieron en capacidad de producir sus propios materiales de siembra. La demanda de semillas Ténera fue tan grande que se bajaron los estándares de calidad, puesto que gran parte del suministro de semilla provenía de palmas seleccionadas sin las correspondientes pruebas de progenies.

¿Podría volverse a repetir esta dependencia?

La posibilidad de que esto ocurra existe. Los programas de mejoramiento genético de las principales empresas productoras de semillas continuamente están innovando, trabajan con visión de largo plazo, en la búsqueda del genotipo que se adapte a las nuevas exigencias de la demanda y en nuevas alternativas de uso (diversidad de productos) o simplemente como respuesta a un potencial peligro fitosanitario.

Un ejemplo real de dependencia está sucediendo en la zona palmera occidental de Colombia, donde se requieren con urgencia semillas del híbrido interespecífico *E. oleífera* x *E. guineensis*, por su tolerancia al complejo pudrición del cogollo. En Colombia existen pocas empresas productoras de semillas del híbrido *E. oleífera* x *E. guineensis* para atender parte de la demanda. A su vez, esta dependencia obliga a los usuarios a aceptar semillas que no cumplen con todas las normas de calidad.

¿Económicamente es viable realizar mejoramiento para palmiste?

La prioridad en el mejoramiento de la palma siempre ha sido el aceite de pulpa. La producción de almendras no cuenta con la atención necesaria para considerarse un criterio de selección; sin embargo, dependiendo del precio y de la demanda, su importancia puede cambiar. Un aumento en el porcentaje de almendra manteniendo los otros componentes del fruto constantes, aumenta los ingresos; además, con la tecnología actual las nueces (almendras + cuesco) son necesarias para aumentar el beneficio del fruto y para alcanzar el máximo valor productivo (aceite de pulpa + aceite de almendra).





¿Qué se sabe de la heterosis con respecto a la palma de aceite?

La palma de aceite se parece mucho al maíz en cuanto a la forma de reproducción; se caracterizan por ser especies alógamas, es decir, que su forma natural para reproducirse es a través de la fecundación cruzada donde una planta aporta el polen y en otra se produce el fruto. Los incrementos más notables en la producción del maíz se han logrado a través de la hibridación entre plantas superiores.

Está comprobado que las progenies más productivas se obtienen a través de cruzamientos entre palmas con orígenes bastante diferentes en varias características, es decir materiales contrastantes. Esto demuestra la importancia de la heterosis o vigor híbrido. Es de esperar mayor producción, mayor tasa de crecimiento, etc.

- Cruzamientos inter origen Dura asiática x Pisífera africana y Dura africana x Pisífera asiática
- Cruzamientos intra origen Dura asiática x Pisífera asiática y Dura africana x Pisífera africana.

En mejoramiento es importante aumentar la variabilidad en poblaciones genéticamente contrastantes para aprovechar el vigor híbrido.

¿Qué se sabe de la endogamia con respecto a la palma de aceite?

Estudios realizados en palma de aceite demuestran que generaciones continuas de autofecundación producen descendencias irregulares, con anomalías y susceptibles a enfermedades, por ejemplo, a la enfermedad conocida como arco defoliado o mal de juventud. La tasa de crecimiento de las progenies obtenidas por autofecundación es menor con respecto a los cruzamientos. Esto es parte de lo que se conoce como depresión por endogamia. La depresión es mayor en las autofecundaciones de Dura que en las autofecundaciones de Ténera, sin embargo, es importante realizar algunas autofecundaciones dentro de cada población genéticamente contrastante, para concentrar genes o fijar alguna característica de importancia en la población.



¿Qué es el valor máximo productivo (VMP) en palma de aceite?

El valor máximo productivo se refiere a la mayor cantidad de aceite que una palma puede producir en óptimas condiciones de manejo. Es la sumatoria del aceite de pulpa y el aceite de palmiste.

$$\text{VMP} = \text{cantidad de aceite de pulpa} + \text{cantidad de aceite de almendra}$$

¿Cuáles son los métodos para evaluar el potencial productivo de las palmas Pisífera?

Las palmas Pisífera no se pueden evaluar directamente con base en su propia producción, debido a que son altamente estériles en su parte femenina. Para estimar el potencial productivo de estas palmas y su habilidad para heredar dicho potencial, es necesario aplicar métodos indirectos pero efectivos. Básicamente se usan dos:

1. A través del valor productivo de las palmas Dura y Ténera dentro de la misma descendencia, esto es valorando la producción y el comportamiento de las palmas Dura y Ténera hermanas de las Pisífera que resultan en cada cruzamiento Ténera x Ténera.
2. A través de pruebas de progenies, también llamadas pruebas de descendencias; que consiste por una parte, en valorar el potencial productivo de los progenitores Pisífera con base en el comportamiento de sus descendencias Ténera y por otra, para certificar la transmisión del potencial a los descendientes Ténera.

¿Es correcta la expresión pruebas de progenies con respecto a su propósito?

No es correcta. Como se indicó antes, el propósito de las pruebas de progenies es evaluar y seleccionar a los progenitores Pisífera, por lo tanto, la expresión correcta debería ser "pruebas de progenitores", donde los probadores son las descendencias.



¿Cuál es la dotación cromosómica de la palma de aceite?

El genoma de la especie *E. guineensis* en estado diploide contiene 32 cromosomas ($2n = 32$) igual en número que la dotación cromosómica de la especie *E. oleífera*; sin embargo, los cromosomas de las dos especies difieren mucho en tamaño y forma, lo cual aunque no dificulta su cruzamiento, es causa de frecuentes anomalías, especialmente en la floración al inicio de la etapa productiva.

¿Cuáles son los pasos para la producción de semillas con genealogía?

La producción de plantas con identidad genética es un proceso que requiere medidas especiales de control para evitar contaminaciones; en términos generales son necesarios los siguientes pasos:

- Establecimiento de las poblaciones parentales en lotes separados
- Selección de progenitores padre y madre
- Aislamiento de inflorescencias femeninas
- Aislamiento de inflorescencias masculinas
- Recolección y procesamiento de polen
- Polinización controlada
- Identificación de cruzamientos
- Cosecha individual de racimos (identificación)
- Procesamiento de semillas
- Aplicación de tratamientos pregerminativos con calor, oxígeno y humedad
- Germinación y diferenciación de semillas de genealogía conocida

3.1. Mejoramiento genético de la palma de aceite en Corpoica

¿Cuál es el sistema de selección adoptado por Corpoica El Mira para el mejoramiento genético de la palma de aceite?

El Sistema de selección adoptado por ICA, continuado por Corpoica, para el mejoramiento genético de la palma de aceite en Colombia es el Sistema de Selección Recurrente Modificado.

¿Cuál es la característica principal de este sistema de selección?

El mejoramiento simultáneo de dos poblaciones contrastantes paralelo a las pruebas de progenies interpoblacionales, es la principal característica de este sistema de selección. Esto es, en el mismo periodo de tiempo se realiza un ciclo de evaluación para cada población parental y las pruebas de progenies. La selección recurrente se usa en las especies de polinización cruzada, como el maíz y la palma de aceite, con el fin de concentrar genes favorables para características cuantitativas sin mayor pérdida de variabilidad genética.

¿Podría indicar cuáles son algunas de las ventajas que justifican el uso del sistema de selección recurrente?

La selección recurrente se diseñó para efectuar selecciones repetidas, generación tras generación, mediante cruzamientos de las plantas superiores para producir recombinaciones genéticas dentro de cada población; es un sistema destinado a aumentar la frecuencia de genes favorables.

En la selección recurrente siempre serán seleccionados pares de genotipos, uno en cada población, haciendo máximo uso de los efectos no aditivos de los genes y donde el objetivo principal es el comportamiento de los descendientes de combinaciones interpoblacionales específicas.

Este sistema fue propuesto en 1957 para el mejoramiento de la palma, ya que buena parte de los factores responsables de la producción (porcentaje de aceite en racimo, peso de los racimos, número de racimos, producción de racimos, etc.) son de baja heredabilidad y de acción génica aditiva; donde la efectividad de la selección depende del control genealógico y de las pruebas de progenies.



¿Cuáles son las poblaciones contrastantes del proyecto mejoramiento genético de la palma de aceite de Corpoica?

En Corpoica el Sistema de Selección Recurrente se aplica sobre la **Población Dura** de la cual salen las madres Dura y sobre la **Población Ténera/Pisífera** aportante de padres Pisífera. Estas dos poblaciones contrastan, respectivamente, en su origen (Asiático, Africano), peso de los racimos (pesados, livianos), número de racimos (bajo número, alto número), peso y forma del fruto, peso y forma de la nuez, peso de la almendra, forma del cuesco, tasa de crecimiento, fertilidad de las flores femeninas, entre otras.

¿Dentro de cada población contrastante, qué sistema de selección se aplica?

En la práctica cada población se maneja en forma independiente y físicamente en lotes bastante distanciados. En las poblaciones parentales originales se aplicó una selección masal, pero a partir de las generaciones F1, en cada población se aplica un Sistema de Selección Combinado, que se basa en la selección de familias y la selección de palmas dentro de cada familia seleccionada, se complementa con una selección masal dentro de las familias descartadas con el fin de corregir defectos de familia. Igual sistema se aplica en las pruebas de progenies interpoblacionales.

¿Existe alguna diferencia entre el sistema de selección utilizado para mejorar la población Dura y el sistema para mejorar la población Pisífera?

Según la pregunta anterior, el sistema de selección es el mismo; sin embargo, existe una diferencia metodológica con respecto a la valoración de las dos poblaciones. El comportamiento agronómico y productivo de las palmas Dura es valorado directamente por su propio desempeño en campo; por lo tanto, la selección de palmas Dura es por su propio mérito; en cambio el comportamiento de las palmas Pisífera es valorado indirectamente por el desempeño en campo de sus hermanas Dura y Ténera, segregantes de los cruzamientos Ténera x Ténera y Ténera x Pisífera, es decir, por pruebas de progenies. Es importante anotar que el verdadero valor de las palmas seleccionadas Dura y Pisífera (habilidad combinatoria) se conoce después de las pruebas de progenies.

¿En qué consiste la metodología para el mejoramiento acelerado de la palma de aceite?

Es una metodología de rápida ejecución aplicable a palma de aceite y otras especies perennes. Básicamente consiste en utilizar progenitores previamente probados para producir generaciones sucesivas en el menor tiempo posible, en las cuales la valoración agronómica y productiva se realiza únicamente con base en el comportamiento de la primera generación (F1).

¿En la práctica como se realiza la metodología para el mejoramiento acelerado?

La metodología acelerada consiste en ejecutar en secuencia las siguientes actividades:

1. Producir la generación F1 con progenitores valorados en pruebas de progenies.
2. Seleccionar progenitores entre las progenies F1 con base en alguna característica de alta expresión y fácil de valorar, como calidad de aceite, baja tasa de crecimiento y por tolerancia a enfermedades.
3. Producir la generación F2 intrafamiliar con los progenitores seleccionados en el numeral anterior (cruzando palmas seleccionadas de la misma familia).
4. Repetir los pasos 2 y 3 hasta alcanzar la generación deseada (Fn).
5. Analizar el comportamiento agronómico y productivo de las progenies F1 para seleccionar **familias** (selección de familias en la F1).
6. Extrapolar esta selección hasta la generación Fn, esto es, seleccionar en la generación Fn las mismas **familias** seleccionadas en la generación F1.
7. Finalmente, en las **familias** Fn seleccionadas practicar el sistema de selección tradicional con el fin de realizar la selección definitiva de **palmas progenitoras** (selección individual dentro de familias seleccionadas).

La metodología exige dos requisitos: partir de progenitores seleccionados por pruebas de progenies y llevar un riguroso control de las genealogías, para extrapolar la selección de familias.



¿En qué se fundamenta la metodología para el mejoramiento acelerado?

El desarrollo de la metodología acelerada se basó en la siguiente hipótesis: *el genotipo de cualquier organismo es inmutable desde la unión de los gametos masculino y femenino en la fecundación hasta la muerte del organismo*. En otras palabras, el paquete genético que un organismo hereda no cambia con la edad; tomando en cuenta que la expresión de cada gen puede ser modificada por su propia acción, por el medio ambiente o por la interacción genotipo ambiente.

Según la hipótesis, cuando una palma adulta es excelente, es porque su constitución genética así lo determina. Las leyes de la herencia aseguran que parte de sus descendientes van a resultar iguales o superiores a ella; por lo tanto, palmas jóvenes iniciando producción, son aptas para utilizarlas en procesos de mejoramiento.

¿Dónde se desarrolló la metodología para el mejoramiento acelerado?

La metodología de selección acelerada se desarrolló entre 1991 y 1992 en la Estación Experimental El Mira de Corpoica en Tumaco. Desde 1993 se viene aplicando en el proyecto "Introgresión de genes entre las especies *Elaeis guineensis* y *Elaeis oleífera*". En menos de diez años fue posible producir dos generaciones de retrocruzamiento (RC1 y RC2) realizando con éxito la transferencia de genes que codifican para baja tasa de crecimiento, resistencia a enfermedades y alta proporción de ácidos grasos insaturados, desde la especie *E. oleífera* hasta la especie *E. guineensis*. La metodología tradicional hubiera requerido más de 30 años para alcanzar estos logros.



Tabla 14. Ventajas y desventajas de la Metodología para el Mejoramiento Acelerado.

Metodología para el Mejoramiento Acelerado	
Ventajas	Desventajas
La metodología acelerada acorta hasta en 50% el tiempo requerido en cada ciclo de selección, porque un ciclo genético dura entre 4 y 5 años.	No se puede aplicar en poblaciones desconocidas. La población parental debe ser mejorada y valorada en pruebas de progenies.
Reduce en 66% las necesidades de área experimental, porque se pueden emplear altas densidades de siembra y reutilizar lotes experimentales.	La selección de plantas a partir de la F2 es por fenotipo.
La metodología acelerada reduce los costos de investigación (menos años de trabajo y menor área experimental por mantener).	La metodología acelerada requiere que las características a mejorar sean de alta expresión y que se manifiesten en corto tiempo, como: resistencia a enfermedades, tasa de crecimiento, consistencia del aceite, precocidad, etc.

¿Cuál es el origen del germoplasma africano del proyecto Mejoramiento genético de la palma de aceite de Corpoica El Mira?

El artículo "Información preliminar sobre la palma de aceite africana *Elaeis guineensis* en Colombia" de Patiño (1948) es la historia de la introducción y del establecimiento de esta especie como cultivo en Colombia; por esto, los autores hacen el respectivo reconocimiento.

1923. Florent Claes¹ sugiere al gobierno colombiano introducir el cultivo de la palma de aceite al país.

1931. F. Claes introdujo las primeras semillas de la especie *Elaeis guineensis* desde el Jardín Botánico de Eala, Zaire; dichas semillas las entregó en Bogotá a Monseñor Monconill², quien las distribuyó para su siembra en Florencia (Caquetá), Mocoa y Puerto Asís (Putumayo). De este material, 206 palmas se plantaron como ornamentales en la Estación Experimental de Palmira en 1933, las cuales sirvieron como fuentes de semilla para siembras posteriores en el litoral pacífico.

¹ Florent Claes, Biólogo, por la época Director del Jardín Botánico de Bruselas, Bélgica.

² Florent Claes entregó las semillas a Monseñor Monconill, quien a su vez las entregó a sus misioneros de Florencia, Mocoa y Puerto Asís.



¿Cuál es el origen del germoplasma asiático del proyecto Mejoramiento genético de la palma de aceite de Corpoica El Mira?

1936. Otras 40 palmas de una segunda introducción de semillas Ténera de polinización abierta, también originarias de Eala, Zaire, fueron sembradas en Palmira por M. J. Rivero³.

1945. Patiño V. M. seleccionó palmas sobresalientes en Palmira usando como criterios de selección un espesor de pulpa superior a 7 mm y frutos con más de 13 gramos de peso.

1947. Se establece una pequeña plantación en la Estación Agroforestal del Bajo Calima, Buenaventura, Departamento del Valle, con semillas obtenidas mediante cruzamientos controlados entre palmas Ténera seleccionadas en Palmira.

- Existe la probabilidad que el material Ténera sembrado en Palmira descienda de la palma SP-540T, porque la remesa de semillas se registró como variedad **Djongo**⁴, indicando que descendía de la famosa palma Ténera Djongo⁵ de Eala, que dio origen a la línea Sungei Pantjur 540T en Indonesia y a una gran proporción de las Ténera y Pisífera localizadas en Asia, África y América; además porque las semillas introducidas en Colombia sin duda alguna produjeron descendencias del tipo Ténera Yangambi⁶ en Calima, Buenaventura, departamento del Valle del Cauca (Hartley 1974).
- Los materiales sembrados en la Estación Agroforestal del Bajo Calima constituyeron la **población parental** de origen africano, fuente de padres Pisífera, una de las bases del proyecto de mejoramiento genético de la palma de aceite a nivel nacional.

1970. Se establecen las descendencias de 16 cruzamientos Ténera x Ténera y de 3 autofecundaciones Ténera de la serie Calima, Buenaventura, en la Estación Experimental El Mira, Tumaco, departamento de Nariño, sede del proyecto Mejoramiento genético de la palma de aceite de Corpoica.

³ M. J. Rivero, Ingeniero Agrónomo, encargado del vivero y del trasplante de las palmas a sitio definitivo.

⁴ Djongo en dialecto del antiguo Congo Belga significa La mejor.

⁵ Semillas de polinización abierta de la palma Ténera Djongo fueron sembradas en Palmeraie de la Rive en Yangambi, Zaire en 1922. Más del 70% de las palmas seleccionadas en esta plantación son descendientes de la palma Djongo (Hartley, 1988).

⁶ El tipo Ténera Yangambi, se caracteriza por producir alto número de racimos, con frutos grandes, ovoides, con nueces grandes y cuesco delgado, localizadas hacia el centro de la parte basal del fruto (Hartley 1988).

1949. Una introducción de provecho para Colombia fue realizada desde la Estación Experimental de Lancetilla, Honduras. La United Fruit Co., importó a Colombia semillas Dura tipo Deli de libre polinización, con origen previo en Sumatra. Con estas semillas se plantaron 172 hectáreas en la Hacienda Patuca, localizada en Ciénaga, Sevilla, Departamento del Magdalena.

1953. Una pequeña plantación se estableció en la Estación Experimental La Pepilla, Aracataca, Departamento del Magdalena, con material Dura tipo Deli de libre polinización introducido de Surinam, también con origen previo en Sumatra.

- Los materiales sembrados en Patuca y Pepilla conforman la **población parental** de origen asiático, fuente de madres Dura, otra de las bases del proyecto Mejoramiento genético de la palma de aceite en el país.
- Las primeras semillas que se distribuyeron desde Lancetilla hacia otros países de América fueron del tipo Dura Deli de **polinización abierta**; por lo tanto, el material corresponde a una mezcla de genotipos africanos y asiáticos, dado el carácter alógamo de la especie (Hartley 1969; Richardson 1995). Por esta razón, en el proyecto de mejoramiento se enfatiza la selección de madres Dura tipo Deli, descartando las palmas que produzcan progenies del tipo Africano.

1972. Se establecen en la Estación Experimental El Mira, Tumaco, departamento de Nariño, las progenies de 28 cruzamientos Dura x Dura y tres (3) autofecundaciones de Dura de la serie Patuca, Sevilla, Magdalena.





¿Cuáles son las nuevas fuentes de germoplasma africano del Proyecto Mejoramiento genético de la palma de aceite de Corpoica El Mira?

1977. Siembra de 12 cruzamientos Ténera x Ténera, Ténera x Pisífera y autofecundaciones Ténera, de las series La Mè, Costa de Marfil y Pobé, Benin, producidas por el IRHO, Francia.

1978. Siembra de una mezcla de progenies Ténera producidos por el IRHO, Francia en Costa de Marfil.

1986. Siembra de progenies Ténera sin registro genealógico, procedentes de Zaire.

Siembra de progenies Dura sin registro genealógico, procedentes de Camerún.

¿Cuáles son las nuevas fuentes de germoplasma asiático del proyecto Mejoramiento genético de la palma de aceite de Corpoica El Mira?

1981. Siembra de 13 progenies Ténera producidos por FELDA, Malasia.

Siembra de 5 descendencias Dura Deli de la serie B, de Surinam.

1983. Siembra de 10 cruzamientos Dura x Dura y tres autofecundaciones Dura, procedentes de La Pepilla, Aracataca, Colombia, cuyo origen previo es Sumatra.

1985. Siembra de una mezcla de progenies Ténera Papua, de genealogía desconocida, procedentes de Nueva Guinea.

1995. Siembra de progenies Ténera sin registro genealógico, procedentes de Zaire.

2003. Siembra de materiales Ténera de Golden Hope, Guthrie y Applaid Agricultural Research de Malasia.

¿En qué se refleja el buen uso del germoplasma por parte de Corpoica El Mira?

Con la introducción de germoplasma africano al Bajo Calima, Valle del Cauca y asiático a Patuca y Pepilla, Magdalena, se inicia el proyecto de mejoramiento genético de la especie *Elaeis guineensis* en Colombia, conformando las dos poblaciones parentales, involucradas en el Sistema de Selección Recurrente adoptado por Corpoica para el mejoramiento de la especie.

La norma que rige en el proyecto de mejoramiento de Corpoica El Mira, es el uso de la población asiática para la selección de madres Dura tipo Deli y la población africana para la selección de padres Pisífera de los tipos Yangambi, La Mè y Pobé, con el objetivo de producir el híbrido intraespecífico Ténera.

Trabajos de selección sobre cada una de las poblaciones parentales y en las nuevas introducciones permitieron formar las líneas El Mira (EM), con las cuales se concluyó el primer ciclo de selección recurrente en el año 2002. En el 2004 se ponen al alcance del palmicultor colombiano las primeras semillas Ténera de palma de aceite producidas en el país, de tres tipos básicos de cruzamiento:

1. Dura Deli x Pisífera Yangambi
2. Dura Deli x Pisífera La Mè
3. Dura Deli x Pisífera Pobé

¿Cuál es la vida útil productiva del material Corpoica El Mira de palma de aceite?

La vida útil de una plantación con el material Corpoica El Mira puede llegar a los 30 años después de la siembra en sitio definitivo, debido a que presenta una tasa promedio de crecimiento de 46 centímetros por año, además es un material producido en Colombia a partir de progenitores con una y dos generaciones de adaptación a las condiciones agroclimáticas del país.





¿Cuáles son las características que diferencian al material Ténera de Corpoica El Mira de otros materiales Ténera de palma de aceite?

- Presenta ciclos alternos de floración masculina y femenina, menores a 6 meses.
- En promedio presenta una proporción de sexos de 0,58. La proporción óptima en las plantaciones debe ser 0,60.
- Alta proporción de palmas monoicas (con inflorescencias masculinas y femeninas en la misma palma).
- Las tres características anteriores permiten abastecimiento permanente de polen, por lo cual no requiere polinizaciones asistidas.
- El tallo crece en promedio 46 cm por año.
- Presenta hojas con pecíolos cortos, de 1,20 m en promedio. Esta característica permite mantener la densidad de siembra en 143 palmas por hectárea.

¿Cómo inició el segundo ciclo de selección recurrente del proyecto mejoramiento genético de la palma de aceite de Corpoica El Mira?

El segundo ciclo de selección recurrente inició con la formación de la segunda generación en la población Dura (F2) mediante cruzamiento de las palmas superiores de la población F1 y algunas autofecundaciones de estas palmas; también se realizaron cruzamientos con palmas de las últimas introducciones de germoplasma asiático. El segundo ciclo de selección se complementa formando la tercera generación en la población Pisífera (F3) mediante cruzamiento de las palmas Ténera superiores de la población F2, además de algunos cruzamientos con palmas de las últimas introducciones de origen africano.

¿Cuál es el objetivo del segundo ciclo de selección recurrente del proyecto de mejoramiento genético de Corpoica El Mira?

El propósito de este segundo ciclo será producir y poner a disposición de los palmicultores la **segunda generación** del material Ténera de Corpoica El Mira; un material mucho más productivo y uniforme que su antecesor. A la par que se genera variabilidad en las poblaciones parentales, se introduce nuevo germoplasma al programa y se refuerzan algunas características para que el sistema siga siendo operativo.

¿Cuál es el origen de la serie La Mè del proyecto de mejoramiento de Corpoica El Mira?

La fuente de germoplasma La Mè de Costa de Marfil, llegó al programa de mejoramiento genético en 1977 gracias al establecimiento de las pruebas de habilidad combinatoria general y habilidad combinatoria específica de los híbridos interespecíficos Oleífera x Guineensis en la E. E. El Mira, Tumaco, puesto que paralelo a estas pruebas se establecieron dos lotes con descendientes de los progenitores que dieron origen a estos híbridos, uno con progenies Ténera x Ténera y Ténera x Pisífera de la serie La Mé y otro con progenies de Nolí, provenientes de Cereté, Córdoba, con el propósito de reproducir las mejores combinaciones híbridas (propósito no logrado debido a que en su época los híbridos no fueron competitivos con respecto a los materiales Ténera)

¿Cuál es el origen de la serie Pobé del proyecto de mejoramiento de Corpoica El Mira?

Igual respuesta que en la pregunta anterior. Las progenies de una autofecundación de Ténera de la serie Pobé de Benin fueron sembradas junto con las progenies La Mè, de Costa de Marfil.

¿Cuál es el origen de la serie Yangambi del proyecto de mejoramiento de Corpoica El Mira?

La fuente de germoplasma Yangambi de Zaire, llegó al programa de mejoramiento genético en 1970 a través del establecimiento en la E. E. El Mira de una prueba con 16 cruzamientos Ténera x Ténera y 3 autofecundaciones de Ténera de la serie Calima, Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia, con el propósito de seleccionar progenitores Pisífera de origen africano.

¿Cuál es el origen de la serie Deli del proyecto de mejoramiento de Corpoica El Mira?

La fuente de germoplasma Deli de Sumatra, llegó al programa de mejoramiento genético en 1972 a través del establecimiento en la E. E. El Mira de 28 cruzamientos Dura x Dura y 3 autofecundaciones de Dura de la serie Patuca, Sevilla, Magdalena, con el propósito de seleccionar progenitores Dura de origen asiático.



¿Qué se entiende por correlación y cómo se correlacionan algunas características de las palmas Dura de Corpoica El Mira?

El concepto correlación significa la tendencia que tienen dos características a estar relacionadas de alguna forma definida. El grado de esta relación se estima mediante el Coeficiente de Correlación. Algunos pares de características de las palmas Dura están relacionados de dos formas:

1. Una **Correlación directa o positiva** significa que un cambio en una de las variables correlacionadas ocasiona un cambio en el mismo sentido en la otra variable, por ejemplo: Número de racimos/Producción de fruto (cuanto más racimos produce una palma mayor es la producción de fruto).
2. **Correlación inversa o negativa** significa que un cambio en una de las variables ocasiona un cambio en sentido contrario en la otra variable, por ejemplo: Número de racimos/Peso promedio del racimo (a mayor número de racimos menor es el peso de cada uno de ellos).

¿Indicar algunas correlaciones negativas entre pares de características de las palmas Dura de Corpoica El Mira?

Lista de correlaciones negativas entre pares de características en progenies de autofecundaciones Dura de Corpoica El Mira avaladas estadísticamente: (tabla 15)

Tabla 15. Correlaciones negativas en progenies de autofecundaciones

Características asociadas negativamente	Coefficiente de correlación
Número de racimos/Peso promedio del racimo	- 0,297 **
Peso promedio del racimo/Relación de área foliar	- 0,375 **
Emisión de hojas/Diámetro del tallo	- 0,242 *
Materia seca vegetativa/Relación de área foliar	- 0,473 **
Materia seca vegetativa/Índice de racimos	- 0,273 *
Área sección pecíolo/Relación de área foliar	- 0,611 **
Tasa de crecimiento del tallo/Relación de área foliar	- 0,388 **

* Relación estadísticamente significativa al 5%
 ** Relación estadísticamente significativa al 1%

¿Cuáles son algunas correlaciones positivas entre pares de características de las palmas Dura de Corpoica El Mira?

Lista de correlaciones positivas entre pares de características en progenies de autofecundaciones Dura de Corpoica El Mira avaladas estadísticamente: (tabla 16)

Tabla 16. Correlaciones positivas en progenies Dura

Características asociadas positivamente	Coefficiente de correlación
Número de racimos/Producción de racimos	0,752 **
Número de racimos/Peso seco del racimo	0,778 **
Número de racimos/Tasa de crecimiento del tallo	0,442 **
Número de racimos/Índice de racimos	0,815 **
Peso promedio del racimo/Producción de racimos	0,336 **
Peso promedio del racimo/Altura del tallo	0,367 **
Peso promedio del racimo/Diámetro del tallo	0,344 **
Peso promedio del racimo/Materia seca vegetativa	0,437 **
Peso promedio del racimo/Área sección pecíolo	0,444 **
Peso promedio del racimo/Tasa de crecimiento del tallo	0,430 **
Peso promedio del racimo/Área de la hoja 17	0,319 **
Peso promedio del racimo/Índice de área foliar	0,397 **
Producción de racimos/Altura del tallo	0,371 **
Producción de racimos/Área sección pecíolo	0,339 **
Producción de racimos/Peso seco del racimo	0,970 **
Producción de racimos/Tasa de crecimiento del tallo	0,775 **



Características asociadas positivamente	Coefficiente de correlación
Producción de racimos/Área de la hoja 17	0,378 **
Producción de racimos/Índice de racimos	0,784 **
% de pulpa en fruto/% de aceite en pulpa	0,259 *
% de pulpa en fruto/Producción de aceite por palma	0,291 *
% de aceite en pulpa/Producción de aceite por palma	0,406 **
Emisión de hojas/Número de hojas por palma	0,306 **
Altura del tallo/Diámetro del tallo	0,259 *
Materia seca vegetativa/Área sección pecíolo	0,819 **
Materia seca vegetativa/Peso seco del racimo	0,292 *
Materia seca vegetativa/Tasa de crecimiento del tallo	0,798 **
Materia seca vegetativa/Área de la hoja 17	0,512 **
Materia seca vegetativa/Área foliar por palma	0,518 **
Materia seca vegetativa/Índice de área foliar	0,588 **
Área sección pecíolo/Peso seco del racimo	0,335 **
Área sección pecíolo/Tasa de crecimiento del tallo	0,714 **
Área sección pecíolo/Área de la hoja 17	0,686 **
Área sección pecíolo/Área foliar por palma	0,518 **
Área sección pecíolo/Índice de área foliar	0,517 **
Tasa de crecimiento del tallo/Área de la hoja 17	0,538 **
Tasa de crecimiento del tallo/Área foliar por palma	0,450 **
Tasa de crecimiento del tallo/Índice de área foliar	0,460 **

¿Qué implicaciones tienen las correlaciones negativas para el mejoramiento genético?

Una relación inversa o negativa significa que un cambio positivo en una de las características afecta negativamente a la otra. Por ejemplo, cuesco/pulpa (a medida que aumenta la cantidad de cuesco disminuye la cantidad de pulpa). Las implicaciones de este tipo de relación están en la dificultad que presentan las características asociadas para su mejoramiento genético, puesto que al mejorar una característica se pierde en la otra, como es el caso de las palmas seleccionadas por producir racimos pesados, que son palmas que producen bajo número de racimos.

¿Qué implicaciones tienen las correlaciones positivas para el mejoramiento genético?

Una relación directa o positiva significa que un cambio (positivo o negativo) en una de las características causa un cambio en la misma dirección en la otra; esto es, un aumento en una característica causa un aumento equivalente en la otra; una reducción en una característica causa una reducción equivalente en la otra. Las implicaciones de una relación directa están en la oportunidad que presentan pares de características para su mejoramiento simultáneo, puesto que al mejorar una automáticamente se mejora la otra; por ejemplo, palmas seleccionadas por producir frutos con alto porcentaje de pulpa, también tienen alto porcentaje de aceite en la pulpa; palmas seleccionadas por alta producción son palmas con alta tasa de crecimiento, son palmas que crecen demasiado rápido.

¿Qué significa el concepto de repetibilidad en mejoramiento genético de las plantas?

En la práctica, el coeficiente de repetibilidad es un estimador de la capacidad que tiene una planta para repetir la misma expresión de un carácter sucesivamente. Por ejemplo, alta producción de racimos todos los años, alto número de racimos todos los años, racimos pesados en cada cosecha, alta cantidad de aceite, etc. Técnicamente se calcula mediante la relación entre las expresiones sucesivas de una característica (peso, cantidad, medición) de una planta sobre el promedio de todas las plantas.





¿Cuáles son los coeficientes de repetibilidad de las autofecundaciones Dura de palma de aceite de Corpoica El Mira?

Los coeficientes de repetibilidad se utilizan para estimar la capacidad que tiene una palma para repetir la expresión de un carácter con frecuencia. Por ejemplo, una palma de alta producción siempre será de alta producción si su coeficiente de repetibilidad es alto. El coeficiente de repetibilidad varía entre 0 y 1 siendo más repetible y heredable cuanto más se acerca a 1.

A continuación algunos coeficientes de repetibilidad estimados para las progenies de autofecundaciones de Dura. (tabla 17)

Tabla 17. Coeficientes de repetibilidad para algunas características de progenies Dura

Características	Coefficiente de Repetibilidad
Número de racimos (und)	0,01
Peso promedio del racimo (kg)	0,28
% de pulpa en fruto	0,03
Emisión de hojas (und)	0,16
Número de hojas por palma (und)	0,16
Altura del tallo (m)	0,43
Tasa de crecimiento del tallo (cm)	0,43
Diámetro del tallo (cm)	0,38
Materia seca vegetativa (kg)	0,06
Área sección pecíolo (m ²)	0,30
Área de la hoja 17 (m ²)	0,03
Área foliar por palma (m ²)	0,12
Índice de área foliar (und)	0,12
Relación de área foliar (und)	0,29

¿Cuáles son los indicadores de variabilidad de las autofecundaciones Dura de palma de aceite de Corpoica El Mira?

A continuación algunos estimadores de variabilidad: (tabla 18)

Tabla 18. Indicadores de variabilidad para algunas características de progenies Dura

Características	Media	Dispersión entre palmas	Varianza entre familias	CV entre familias (%)
Número de racimos (und)	9	1 – 19	0,09	41,0
Peso promedio del racimo (kg)	12,2	1,8 – 19,4	3,58	24,6
Producción de racimos/palma (kg)	105,1	3,6 - 204,4	ND	40,7
% de pulpa en fruto	60,1	47,7 - 69,8	0,52	7,1
% de aceite en pulpa	49,7	33,5 - 59,5	ND	11,6
Producción aceite por palma (kg)	27,0	10,5 - 56,1	ND	39,8
Emisión de hojas (und)	16	10 – 26	1,30	15,9
Número de hojas por palma (und)	33	24 – 40	2,73	11,8
Altura del tallo (m)	9,5	5,6 – 10,9	0,62	10,6
Tasa de crecimiento del tallo (cm)	50,1	32,9 - 64,1	21,31	10,6
Diámetro del tallo (cm)	46,0	26,9 - 69,5	22,66	13,3
Materia seca vegetativa (kg)	86,87	51,0 – 170,8	30,50	24,1
Área sección pecíolo (m ²)	38,1	21,8 - 57,4	24,70	10,2
Peso seco de los racimos (kg)	56,4	1,9 - 108,3	ND	39,3
Área de la hoja 17 (m ²)	10,0	6,4 - 13,1	0,43	12,8
Área foliar por palma (m ²)	326,8	199- 488	457,90	17,7
Índice de área foliar (und)	4,7	2,8 - 7,0	0,09	17,8
Relación de área foliar (und)	1,9	1,4 - 3,1	0,03	15,2
Índice de racimos (und)	0,4	0,1 - 0,6	ND	11,1

ND = Dato no disponible



¿Cuál es la heredabilidad de algunas características determinantes de la producción en palma de aceite?

- **Cantidad de frutos en racimo:** Es un carácter importante pero presenta alta variabilidad entre plantas y entre familias. Su heredabilidad se estima entre 0,3 y 0,5 considerado bajo para la característica.
- **Peso del fruto:** Es el carácter con mayor aptitud para la herencia. Se hereda fielmente de padres a hijos.
- **Cantidad de pulpa en fruto:** Es un carácter afectado por el tamaño del fruto, tamaño de la almendra y espesor del cuesco, todos con buena aptitud para la herencia; la heredabilidad para el carácter es alta, se estima en 0,6.
- **Cantidad de cuesco en fruto:** El porcentaje de cuesco tiene alta heredabilidad, especialmente de las madres Dura a las descendencias Dura (0,8). Es un carácter negativo para el mejoramiento, porque disminuye la cantidad de pulpa y el tamaño de las almendras.
- **Cantidad de almendra en fruto:** Las estimaciones de heredabilidad para el porcentaje de almendra están alrededor de 0,5, considerada baja en comparación con los otros componentes del fruto.
- **Cantidad de aceite en pulpa:** Esta característica depende de todos los componentes del fruto. Aunque es un carácter de baja heredabilidad, es un carácter de selección importante.
- **Producción de racimos:** La heredabilidad estimada es baja, indicando que depende de otros factores y en mayor grado de las buenas prácticas agronómicas. La heredabilidad de las madres Dura a los descendientes Ténera es 0,3 y a los descendientes Dura 0,4.
- **Número de racimos:** El número de racimos por palma al año tiene mayor aptitud para la herencia (0,5) que el peso promedio de cada racimo (0,2).
- **Peso de los racimos:** La heredabilidad para el peso promedio de cada racimo se considera baja. Este coeficiente está entre 0,1 y 0,2 y depende mucho del ambiente (manejo agronómico).

¿Qué implicaciones tienen para el mejoramiento genético de la especie las características de baja heredabilidad?

Las características de baja heredabilidad, como cantidad de aceite en pulpa o la producción de racimos, etc., dificultan y hacen más lento el proceso de mejoramiento genético, en parte porque estas características al no transmitirse fielmente de padres a hijos hace que sea necesario recurrir a sistemas de selección más complicados que la selección directa, además, la selección de buenos progenitores debe estar soportada por pruebas de progenes, lo que implica un ciclo adicional de selección.





4. CONCEPTOS GENERALES SOBRE FISIOLÓGÍA DE LA PALMA DE ACEITE

¿Cuál es el indicador de cosecha más usado en palma de aceite?

El indicador más común es el desprendimiento de frutos maduros del racimo. Se considera que la madurez adecuada es cuando el desprendimiento oscila entre 6 y 8 frutos del racimo. Pero normalmente la orden de cosecha varía entre 1 y 3 frutos desprendidos por racimo.

¿Cuál es el potencial actual de producción de la palma de aceite?

Con los materiales actuales se considera que el potencial de producción está rondando las 40 toneladas de racimos de fruto fresco, equivalentes a 8 toneladas de aceite por hectárea al año.

¿Todos los materiales Ténera de palma de aceite se producen exitosamente en todas las regiones?

No. Las condiciones intrínsecas de cada genotipo hace que sus requerimientos ambientales sean diferentes y por consiguiente su respuesta productiva a ellos. Un genotipo puede comportarse diferente en cada una de las zonas productoras. Uno puede comportarse bien en una zona pero mal en otra. Igual ocurre con el tipo de manejo agronómico que se les proporcione.



¿Cuáles son las zonas aptas para el cultivo de la palma de aceite?

Las zonas tropicales ubicadas entre los 15 grados de latitud norte y 15 grados de latitud sur, que reúnan las siguientes condiciones agroclimáticas son aptas:

- Altura sobre el nivel del mar inferior a 500 metros.
- Precipitación mayor a 2.000 milímetros bien distribuidos durante el año.
- Temperatura máxima 33 grados centígrados.
- Temperatura mínima 22 grados centígrados.
- Brillo solar 5 horas por día.
- Radiación solar de 350 a 360 calorías por centímetro cuadrado por día.
- Humedad relativa 75%

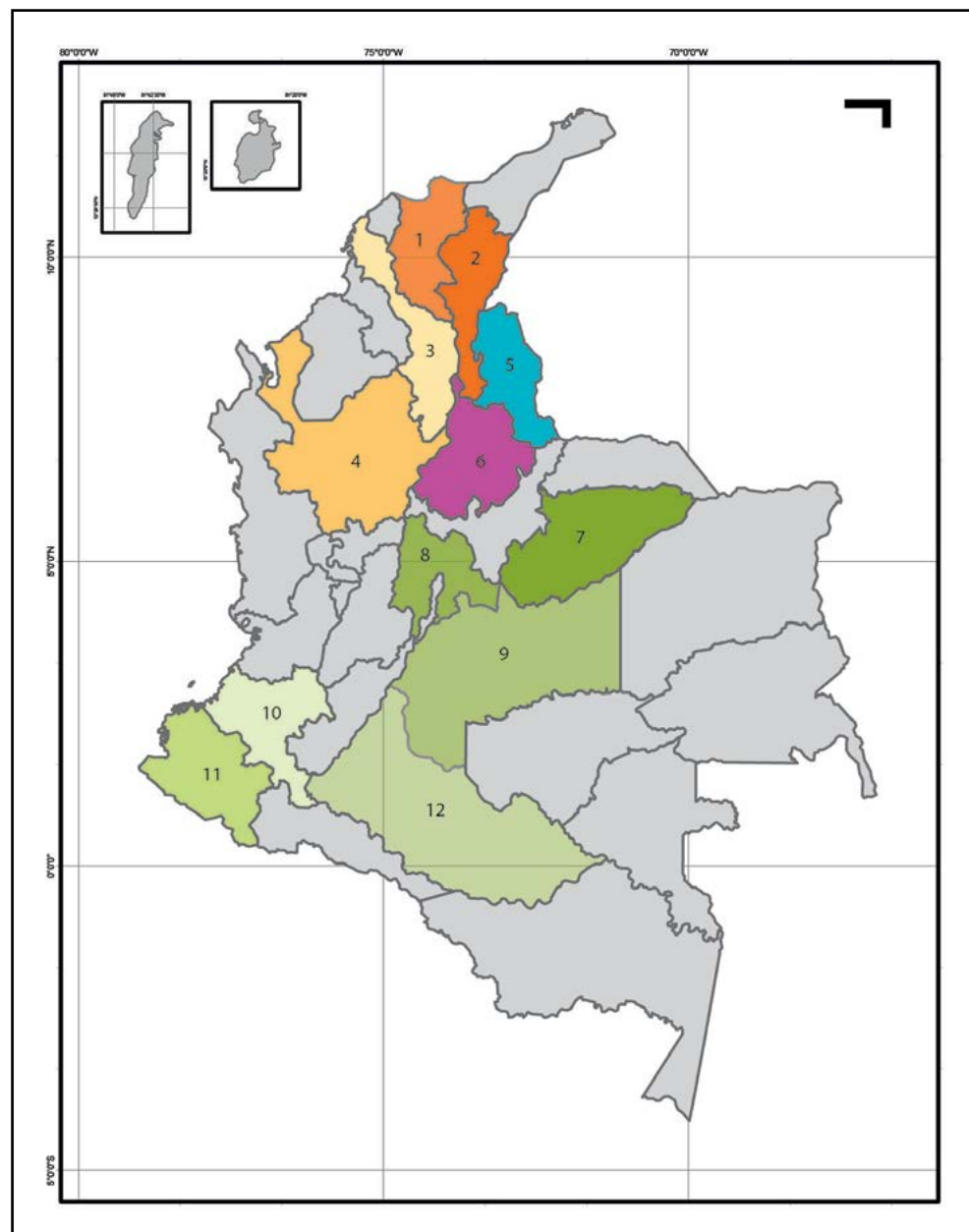
¿Al momento de seleccionar una futura zona palmera, qué es más importante, el brillo solar o la radiación solar?













La radiación solar es más importante porque este parámetro corresponde a la energía que la palma utiliza para la fotosíntesis; además, porque la radiación trabaja aún bajo condiciones de sombra cuando las nubes obstaculizan el brillo solar.

¿En Colombia cuáles son las zonas palmeras?

En la actualidad son cuatro:

- Zona Norte (*Antioquia, Bolívar, Cesar, Magdalena*)
- Zona Central (*Sur del Cesar, Norte de Santander y Santander*)
- Zona Oriental (*Caquetá, Casanare, Cundinamarca, Meta*)
- Zona Occidental (*Nariño y Cauca*)



1. 	Magdalena	9. 	Meta	5. 	Norte de Santander
2. 	Cesar	10. 	Cauca	6. 	Santander
3. 	Bolívar	11. 	Nariño	7. 	Casanare
4. 	Antioquia	12. 	Caquetá	8. 	Cundinamarca

¿Un cultivo de palma de aceite bien manejado, a qué edad en campo inicia producción de fruto?

Dependiendo de las condiciones ambientales y del tipo de material, la primera cosecha se debe producir entre los 24 a 30 meses después de la siembra en campo partiendo de palmas de vivero de 12 meses de edad.

¿Por qué una plantación de palma de aceite puede ser considerada un agroecosistema?

El incremento del área de cultivo de una especie vegetal perenne como lo es la palma de aceite, conduce al paulatino establecimiento de lo que algunos autores denominan "agroecosistema", que identifica a todo sistema ecológico natural transformado en área utilizada para la producción agrícola de acuerdo con diferentes tipos y niveles de manejo.

Esta situación favorece la creación de nichos para los diferentes organismos que entran a explorar el nuevo ambiente, al cual se adaptan y relacionan directa o indirectamente; el efecto de sus poblaciones puede ser benéfico o perjudicial a los individuos que conforman el agroecosistema.

Considerando la conversión de áreas de bosque a plantaciones de palma de aceite, siempre y cuando las prácticas culturales y de manejo sean apropiadas, los cultivos de palma de aceite pueden emular al bosque en muchas formas y en este sentido es superior a otras alternativas agrícolas (Henson 2004).

¿El cultivo de la palma de aceite puede reemplazar a un bosque natural?

Según la respuesta anterior, el cultivo de la palma de aceite es considerado como un agroecosistema y aunque nunca llegará a reemplazar a un bosque natural, es la actividad agrícola que más se acerca a este sistema.





¿Qué efectos ambientales positivos presenta el cultivo de la palma de aceite?

Investigaciones realizadas en Malasia indican que un cultivo de palma de aceite produce una tasa neta anual de biomasa (materia seca vegetal) superior a 29 toneladas por hectárea al año, superior a la producida por un bosque natural que es cercana a 25 toneladas.

En comparación con la soya, el girasol y la colza, es el cultivo que tiene los requerimientos más bajos de nutrientes y plaguicidas por tonelada de aceite producido; a su vez, presenta emisiones más bajas de nutrientes y plaguicidas al suelo y al agua.

La palma de aceite presenta buena captura y almacenamiento de dióxido de carbono, contribuyendo a mitigar los cambios climáticos del planeta.

¿Por qué en algunas zonas del pacífico colombiano, como Chocó y Valle del Cauca, no se puede sembrar comercialmente palma de aceite?

Porque presentan fallas en dos de los factores básicos para la zonificación del cultivo: exceso de humedad y baja radiación solar. Estos factores limitan seriamente su productividad.

¿Qué es índice de área foliar en palma de aceite?

El índice de área foliar (IAF) es la proporción entre el área de las hojas de todas las palmas de una hectárea con respecto a una hectárea de terreno. Se considera un parámetro determinante del nivel de competencia entre plantas.

(IAF = Área foliar total de las palmas de una hectárea / 10.000).

¿Cuál es el índice de área foliar óptimo para la palma de aceite y cómo se podría mantener un índice de área foliar adecuado?

En palmas adultas que presentan 40 hojas y densidad de siembra de 143 palmas por hectárea su índice de área foliar óptimo promedio es de seis (6). Corley (1973) demostró que la máxima producción de racimos por hectárea se alcanza con índices de área foliar entre 6 y 7. En Colombia aún no se ha determinado el índice foliar óptimo para obtener alta producción comercial.

Es posible mantener un IAF óptimo mediante la poda periódica y consecutiva de hojas viejas o poco funcionales, eliminando aquellas que están por debajo de los racimos maduros, porque éstas consumen elaborados fotosintéticos que deben ir a los racimos en formación, es decir, eliminando hojas que ya cumplieron con su función.

¿En qué parte de la hoja se localizan los estomas en la palma de aceite?

En el envés de la lámina foliar de los foliolos. Están presentes con una densidad promedio de 146 estomas por milímetro cuadrado de lámina foliar.

¿Por qué la palma de aceite requiere tanta agua?

Porque su consumo promedio es de 6 milímetros por día. Además, su mecanismo de fijación de CO₂ es de categoría C3, significando que la palma de aceite es ineficiente en el uso de agua.

¿Se sabe con exactitud, cuándo empieza la formación de aceite en los frutos de la palma de aceite?

La acumulación del aceite en la pulpa de los frutos empieza 4 meses después de la polinización de las flores, pero la mayor cantidad se forma entre el 5° y el 6° mes. El momento exacto de la máxima acumulación de aceite en los frutos está entre los 175 y 185 días después de la antesis. Cuando el fruto se desprende o cuando el racimo se corta se detiene la producción de aceite.

Una vez se produce la máxima cantidad de aceite, los frutos empiezan a desprenderse del racimo.



¿Cómo es la dinámica de formación del fruto en palma de aceite?

El fruto crece en volumen y peso durante los tres primeros meses de su formación; hasta el tercer mes, el fruto está constituido por tejidos ricos en agua. El crecimiento en volumen continúa hasta el cuarto mes. Cuando detiene su crecimiento se inicia la acumulación de sustancias orgánicas que propician el endurecimiento del cuesco. Después del quinto mes ocurre la formación de aceite en la almendra y entre el 5° y el 6° mes, en la pulpa.

¿Qué se entiende por madurez del fruto en la palma de aceite?

Madurez es la máxima acumulación de aceite en el fruto y desde luego, en el racimo. Se dice que los frutos están en plena madurez cuando empiezan a desprenderse del racimo.

¿Del sistema de raíces de una palma qué se debe tener en cuenta para hacer más eficiente la fertilización?

Para aprovechar al máximo los beneficios de los fertilizantes, su aplicación se debe dirigir a la zona de mayor absorción radical. En palma de aceite esta zona se localiza en los primeros 30 cm de profundidad del perfil del suelo y en un radio creciente con la edad de la palma.

¿Teniendo en cuenta el sistema de raíces, dónde se deben aplicar los fertilizantes para el mejor aprovechamiento de la palma?

En palma joven la fertilización debe efectuarse cerca del estípote y dentro de un área que corresponda aproximadamente al círculo demarcado por la gotera de las hojas. Los fertilizantes se aplican en franja circular variable con la edad de la palma, a 0,5 metros de radio durante el primer año, hasta alcanzar los 2 metros a los tres años.

¿Cuáles son las características del suelo que más afectan el sistema de raíces de una palma?

La proliferación de raíces en el perfil del suelo es gobernada por factores externos a la planta, como las características físicas y químicas del suelo, por el nivel freático, por la concentración de materia orgánica y por la disponibilidad de nutrientes.

¿Es posible aumentar el rendimiento de fruta fresca con la fertilización?

Sí es posible aumentar la producción de fruto en cantidad y peso mediante buenas prácticas de fertilización. Por lo general, el potencial de producción de los diferentes materiales se alcanza siempre y cuando se le suministre un buen plan de fertilización.

¿Los requerimientos nutricionales cambian según el rendimiento del cultivo?

Sí. En general los requerimientos de nutrientes son directamente proporcionales al rendimiento del cultivo; entre más productivo es el cultivo mayor es la necesidad de fertilizantes. Los cultivares mejorados de alta productividad tienen requerimientos nutricionales más altos, como se indica en el ejemplo que sigue: (tabla 19)

Tabla 19. Requerimientos nutricionales de la palma de aceite según su productividad

Producción de racimos	ABSORCIÓN DE NUTRIENTES (Kg/ha)					
	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre
15 ton/ha ¹	90	15	90	25	20	ND
25 ton/ha ²	190	60	300	ND	100	30

¹ Tomado de Owen, B. E. (1993); ² Tomado de Guerrero, R. R. (1993); ND No disponible

¿La respuesta de la palma de aceite a la fertilización es directamente proporcional a la dosis de fertilizantes?



No. La mayor o menor respuesta a la fertilización no solo depende de las dosis de fertilizante, sino de una serie de factores relacionados con la producción, como los factores ambientales, genéticos, de las características físicas y químicas del suelo, etc. Si uno solo de estos factores falla la respuesta a la fertilización también cambia. Por lo tanto, la aplicación de fertilizantes únicamente se debe recomendar cuando los demás factores se cumplen adecuadamente.



¿Cuáles son los parámetros a tomar en cuenta para la fertilización de una palma adulta?

Esta labor debe ser ejecutada de acuerdo con los parámetros de producción establecidos por cada empresa, previo análisis de suelos y foliares de laboratorio. Las aplicaciones de los fertilizantes se efectúan en el área del plato o en las interlíneas, de acuerdo a la conveniencia de cada plantación. En esta labor es fundamental el asesoramiento de profesionales expertos en la materia para obtener la mayor eficiencia de la fertilización y reducción de costos.

¿Cuál es la función del nitrógeno en la palma de aceite?

El **nitrógeno (N)** forma parte de la clorofila, por lo tanto, participa en el proceso de fotosíntesis que es donde ocurre la formación de esta molécula. La falta de clorofila (clorosis) significa que el cultivo no utiliza la luz del sol como fuente de energía para llevar a cabo funciones esenciales como la absorción de nutrientes. El N es también un componente básico de vitaminas, ácidos nucleicos y proteínas; aumenta el crecimiento y desarrollo de todos los tejidos vivos; y es esencial para promover el crecimiento vegetativo de la planta (Ver síntomas de deficiencia, en Numeral 6.3 sección I).



¿Cuál es la función del fósforo en la palma de aceite?

El **fósforo (P)** es uno de los nutrientes esenciales para el crecimiento de la palma de aceite. Sus funciones no pueden ser ejecutadas por ningún otro nutriente. A través de reacciones químicas que se realizan en la planta, el P se incorpora a varios compuestos orgánicos, como ácidos nucleicos ADN y ARN, fosfoproteínas, fosfolípidos y enzimas. El P participa en todos los procesos de la planta que requieren transferencia de energía. Los compuestos fosfatados ricos en energía, como el adenosin difosfato (ADF) y el adenosin trifosfato (ATF) son la fuente de energía que hacen posible todas las reacciones químicas esenciales para la planta. Un bajo suministro de P puede reducir el tamaño, número y viabilidad de las semillas. La concentración total de P en los cultivos varía de 0,1 a 0,5%. (Ver síntomas de deficiencia, en Numeral 6.3 sección I).

¿Cuál es la función del potasio en la palma de aceite?

El **potasio (K)** es necesario para casi todas las funciones metabólicas de la planta, como fotosíntesis, equilibrio de la respiración, síntesis de proteínas, metabolismo del nitrógeno y translocación de los hidratos de carbono. El K es importante para controlar el agua en la planta y para regular la tasa de asimilación de CO₂. La principal función del K es activar varios sistemas enzimáticos (Ver síntomas de deficiencia, en Numeral 6.3 sección I).

¿Cuál es la función del magnesio en la palma de aceite?

Entre las funciones del **magnesio (Mg)** las más importantes son: es el núcleo de la molécula de clorofila y por tanto, esencial para el proceso de fotosíntesis. El Mg activa varios procesos enzimáticos vinculados al metabolismo de los carbohidratos y la síntesis de ácidos nucleicos, también facilita la absorción y translocación del fósforo. El Mg ayuda al desplazamiento de los azúcares dentro de la planta (Ver síntomas de deficiencia, en Numeral 6.3 sección I).

¿Cuál es la función del calcio en la palma de aceite?

Entre las funciones del **calcio (Ca)** están: forma parte de las paredes celulares en forma de pectato cálcico y es necesario para la división celular. El Ca contribuye a la estabilidad de las membranas de la célula y mantiene la estructura de los cromosomas; es activador de varias enzimas, entre ellas, la fosfolipasa y adenosin trifosfato. Actúa como agente desintoxicante al neutralizar los ácidos orgánicos de la planta (Ver síntomas de deficiencia, en Numeral 6.3 sección I).

¿Cuál es la función del boro en la palma de aceite?

Entre los elementos menores, el **boro (B)** es el de mayor importancia para el crecimiento de la palma, afectando las actividades de algunas enzimas. Aumenta la permeabilidad en las membranas, por lo tanto, facilita el transporte de carbohidratos. Participa en la síntesis de lignina, y por ende, en la formación de la pared celular. El B es esencial para la división celular y síntesis de proteínas. Está asociado a la absorción del calcio y regula la relación potasio/calcio en las plantas. (Ver síntomas de deficiencia, en Numeral 6.3 sección I).



5. MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS EN EL SISTEMA PALMA DE ACEITE DE LA ZONA PALMERA OCCIDENTAL

5.1. Enfermedades asociadas con el sistema palma de aceite

¿En Colombia el sistema de producción palma de aceite es afectado por problemas sanitarios?

Sí. Con frecuencia se presentan diferentes tipos de problemas fitosanitarios, como enfermedades, insectos y plagas que ocasionan pérdidas de importancia económica.

¿Cuáles son las enfermedades de importancia económica que afectan al cultivo de la palma de aceite?

En las plantaciones colombianas las enfermedades de mayor importancia económica son las conocidas como pudrición de cogollo, marchitez sorpresiva, marchitez letal, anillo rojo, mancha anular y pudrición basal. Algunas debido a su complejidad, se las conoce como disturbios o complejos, porque implican una serie de factores para su manifestación.



¿Cuáles son los síntomas del Complejo Pudrición de Cogollo (CPC) de la palma de aceite?

Los síntomas generales son: las hojas de la corona toman una coloración verde amarillenta y se secan progresivamente. En este estado, una o varias flechas pueden estar afectadas y ocasionalmente pueden volcarse. Con el tiempo puede extenderse a las hojas de mayor edad. En ocasiones se presenta pudrición húmeda cerca de la base de las flechas afectadas. Los síntomas se desarrollan rápidamente y se presenta pudrición del meristemo. Generalmente los racimos de las palmas afectadas alcanzan la madurez, pero también se puede presentar pudrición y secamiento de los racimos. (figura 23)



Figura 23. Evolución de la sintomatología de la enfermedad conocida como pudrición del cogollo
 a. Amarillamiento de las hojas jóvenes
 b. El amarillamiento progresa y ocurre la pudrición de la hoja flecha
 c. Colapso de la hoja flecha y hojas juveniles
 d. Disección de una palma enferma, se observa la formación de un cráter
 e. Detalle del cráter comprometiendo la zona meristematica



¿Cuáles son las hipótesis estudiadas hasta la fecha como posibles causas del Complejo Pudrición del Cogollo?

Dos clases de hipótesis se han estudiado hasta el presente como causales de la enfermedad: hipótesis de origen biótico y de origen abiótico, pero hasta ahora con ninguna se ha podido reproducir la enfermedad.

1. Hipótesis de origen biótico. El CPC puede ser causado por:

- **Insectos**
- **Bacterias**
- **Fitoplasmas**
- **Hongos**
- **Virus, viroides**
- **Nematodos**

2. Hipótesis de origen abiótico. El CPC se presenta como consecuencia de:

- **Naturaleza de los suelos**
- **Prácticas culturales**
- **Nutrición mineral**
- **Potencial de producción**

¿Cuáles han sido las temáticas investigadas con respecto a la relación insecto - Complejo Pudrición del Cogollo?

Los trabajos del IRHO se basaron en la suposición de un insecto vector, debido a la expresión aérea de los síntomas, del patrón de diseminación a partir de los bordes de la plantación y en dirección de los vientos y por la semejanza con enfermedades transmitidas por insectos, como la marchitez sorpresiva de la palma de aceite transmitida por el insecto *Lincus* sp.

Esta suposición facilitó los siguientes estudios:

- Inventario de la fauna insectil en las plantaciones de palma de aceite y su entorno. Más de 400 especies colectadas tanto en Brasil como en Ecuador siendo las tres familias más numerosas: Cicadellidae 56%, Membracidae 15% y Derbidae 13%.
- En Ecuador y Brasil se realizaron ensayos de transmisión con miles de insectos en cientos de jaulas y mangas de malla, con el propósito de identificar las especies relacionadas directamente con la incidencia de CPC. No arrojó resultados positivos.

- En Brasil una mezcla de Cicadellidae y Delphacidae liberados en una jaula que contenía 4 plantas sanas y una planta enferma, produjeron señales de pudrición en la base de la flecha de la palma sana, sin confirmar si se trataba de CPC.
- En Colombia los inventarios de entomofauna asociada a la palma de aceite no permiten establecer una correlación entre los insectos y la incidencia de CPC.
- Ensayos con insecticida monocrotophos aplicado por absorción radicular en 50 hectáreas, en dosis de 8 ml de producto por palma al mes, durante más de dos años, no redujeron la incidencia y dispersión del CPC, en comparación con áreas no tratadas. Estos ensayos colocan en duda el papel de los insectos en la transmisión de la enfermedad.
- En el oriente ecuatoriano se realizan trabajos para probar la hipótesis según la cual el CPC es transmitido por un insecto del género *Scaptocoris*, que coloniza las raíces de la palma.

¿Qué papel ejercen los insectos polinizadores y el polen en la incidencia y diseminación del CPC?

Son pocas las investigaciones con rigor científico al respecto. El consenso es que nada tienen que ver con la presencia del CPC. La Arenosa en Colombia y Denpasa, en Brasil, fueron drásticamente afectadas antes de la introducción de los insectos polinizadores.

- **¿Se puede decir lo mismo de los polinizadores nativos?**
En Shushufindi, Ecuador, los polinizadores fueron introducidos antes de la fase exponencial
- **¿Los polinizadores, nativos e introducidos, contribuyen a agilizar la aparición de la fase exponencial del CPC?**
En Brasil, más de 1.000 inflorescencias femeninas de palmas aparentemente sanas fueron polinizadas con polen obtenido de 500 palmas enfermas. No hubo resultados positivos (Franqueville 2001).



¿Cuáles especies de hongos y bacterias han sido encontradas en palmas enfermas con el Complejo Pudrición del Cogollo?

Tabla 20. Microorganismos asociados con la enfermedad Pudrición del cogollo.

Especie de hongo	Investigador - Año	Lugar
<i>Fusarium moniliforme</i> , <i>Phytophthora</i> sp., y bacterias	Reinking, 1928	Almirante, Panamá
<i>Fusarium</i> sp.	Sánchez, 1967	Colombia
<i>Fusarium moniliforme</i>	Ochoa y Bustamante, 1974	Colombia
<i>Fusarium oxysporum</i> y <i>Fusarium solani</i>	Renard, 1976	Turbo, Colombia
<i>Fusarium oxysporum</i> ; <i>Fusarium roseum</i>	Figueroa, 1977	Ecuador
<i>Fusarium</i> spp.	Harper y Gudauskas, 1981 y 1982	Shushufindi, Ecuador
Complejo de virus y viroides	Universidad de Dusseldorf, Alemania 1983	Shushufindi, Ecuador
Complejo de hongos y bacterias	Renard, 1983 – 1986	Shushufindi, Ecuador
Virus transmitidos por insectos	Pertius, 1986	Ecuador
<i>Fusarium</i> sp. y <i>Phoma</i> sp.	Chávez, 1986	Ecuador
<i>Phytophthora</i> sp.	Lourd, 1986	Shushufindi, Ecuador
<i>Colletotrichum</i> sp.	Martins, 1990	Brasil
<i>Fusarium</i> sp.	Renard, 1991	Shushufindi, Ecuador
<i>Fusarium solani</i> ; <i>F. oxysporum</i>	Nieto y Gómez, 1991	Colombia
<i>Fusarium solani</i> ; <i>Fusarium</i> sp. y <i>Thielaviopsis</i> sp.	Buitrago, 1993	Colombia
<i>Fusarium solani</i> ; <i>F. oxysporum</i> ; <i>Fusarium</i> sp.; <i>Thielaviopsis</i> sp. y <i>Pythium</i> sp.	Nieto, 1995	Colombia
<i>Phytophthora</i> sp.	Sánchez et al., 1999	Colombia
<i>Thielaviopsis paradoxa</i>	Gómez et al., 2000	Colombia, Ecuador y Brasil
<i>Phytophthora</i> sp.	Martínez et al., 2008	Colombia

¿Qué se ha dicho sobre el papel de los virus y fitoplasmas en la manifestación del CPC?

Observaciones realizadas por el IRHO en Montpellier, Francia, entre 1983 y 1990, en más de 200 plántulas obtenidas por clonación de palmas enfermas con CPC del Ecuador, indican que ninguna desarrolló los síntomas típicos del CPC. Muestras de palmas enfermas observadas en microscopio electrónico indican la presencia de partículas filiformes flexibles, pero estas no pertenecen a ningún grupo conocido de virus. En Brasil han sido negativos los intentos por identificar fitoplasmas.



¿Entre los factores abióticos, cuál es el papel de los suelos con respecto al CPC?

A continuación, algunas conclusiones con respecto a la naturaleza de los suelos y la presencia de CPC:

- En Quepos, Costa Rica, las pudriciones de flecha estaban asociadas a un sistema radicular escasamente desarrollado por las pobres condiciones de los suelos. La severidad de las infecciones depende de varios factores, incluyendo los climáticos, entre los que sobresalen: baja aeración de los suelos; desbalances nutricionales; bajos niveles de fósforo y potasio; altos niveles de calcio y magnesio; exceso de nitrógeno; así como bajos niveles de cinc, hierro y manganeso.
- La pudrición del cogollo se presenta en todo tipo de suelos. Hasta ahora ningún tipo de suelo ha frenado la incidencia y diseminación del CPC.
- Varios investigadores consideran que el complejo está relacionado con factores predisponentes: falta de drenajes, suelos compactados, suelos pesados, acumulación de nitritos, escasa aireación y baja conductividad hidráulica.
- En Turbo, Colombia, la falta de drenaje y fertilización inadecuada fueron considerados como la causa de CPC.



- La acidez de los suelos y la compactación se han considerado como posibles factores que predisponen al CPC. Sin embargo, el subsolado y la aplicación de enmiendas para corregir la acidez no han sido efectivos contra el CPC.
- Una evidencia en contra de los factores relacionados con la fertilidad y los suelos surge cada vez que palmas vigorosas y bien fertilizadas situadas en suelos fértiles, son afectadas por CPC.

¿La nutrición mineral ejerce algún efecto protector contra el CPC?

- Ensayos sobre nutrición mineral en Ecuador no permiten relacionar la aplicación de abonos con la presencia o la ausencia del CPC.
- En Brasil, ensayos con abonos desde 1968 hasta 1987, mostraron que no había ningún efecto de los tratamientos sobre el CPC y que N, P, K, Mg y Ca no intervenían en la predisposición de la planta al complejo.
- Varios intentos se han realizado para comparar las concentraciones de nutrientes entre palmas sanas y palmas enfermas. Los resultados indican que los niveles de Cu, Mn, Zn fueron inferiores en las palmas enfermas, al contrario que en las sanas, independientemente de la posición de la hoja analizada. En cambio los niveles de Fe en la hoja 17 fueron superiores en las palmas enfermas. Estos resultados permiten suponer que unos elementos por exceso y otros por deficiencia, predisponen a la palma a ser afectadas por CPC.
- En los llanos orientales de Colombia se llegó a la conclusión que ningún macro o micro elemento está asociado al CPC. Cenipalma en 1999 comparó las concentraciones de diferentes elementos en la hoja 9 de palmas enfermas y palmas sanas, encontrando diferencias en las concentraciones de P, K, Ca, Mg y Cu, así como en las relaciones CA/B, N/K, Ca/K y N/P; sin embargo, los resultados no fueron concluyentes.
- Existe consenso en que los elementos menores podrían jugar un papel decisivo en la expresión del complejo, más no así los elementos mayores.

¿Es verdad que la producción exagerada de racimos puede predisponer a la palma para que adquiera el CPC?

Una hipótesis postulada al respecto indica que el potencial de producción de racimos es la causa que predispone a la palma para adquirir el CPC. En Zaire observaron que la aparición de los síntomas de Fusariosis, estaba precedida por una producción particularmente elevada de la palma durante varios meses consecutivos (Franqueville 2001).



¿Cuáles son las especies de hongos encontrados en palmas enfermas con Pudrición de Cogollo?

Hasta la fecha, se ha establecido que los hongos *Thielaviopsis paradoxa*, *Fusarium solani*, *F. roseum*, *F. moniliforme*, *F. oxysporum*, *Phytium p.*, *Phytophthora sp.*, *Colletotrichum sp.*, y *Phoma sp.*, intervienen en la manifestación de la enfermedad, porque siempre aparecen asociados con palmas enfermas; sin embargo, no se ha podido comprobar su verdadero papel patogénico.

¿De los anteriores, cuáles son considerados agentes causales del CPC?

Los investigadores que defienden la hipótesis del origen fungoso de la enfermedad consideran que el CPC es causado por *Fusarium spp.*, por *Thielaviopsis sp.*, o por *Phytophthora sp.* El problema es que nadie lo ha podido demostrar. Todos los intentos para reproducir el CPC mediante inoculación carecen de confiabilidad estadística. Otra razón en contra: hasta ahora ningún tratamiento fungicida frena su diseminación.

¿Cuáles son los factores predisponentes de la enfermedad conocida como Complejo Pudrición de Cogollo de la palma de aceite?

Los principales factores predisponentes estudiados son: desbalance nutricional, alto nivel freático, baja oxigenación, mala conductividad hidráulica y compactación de los suelos. Razón en contra: el CPC se presenta en cualquier tipo de suelos y bajo diversas condiciones.



¿Qué relación puede existir entre el Complejo Pudrición de Cogollo y el insecto *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae)?

Se presenta una relación complementaria por cuanto las palmas afectadas por el CPC al presentar descomposición de los tejidos internos se convierten en una fuente de alta atracción para los adultos del insecto. Los huevos colocados por las hembras del insecto dan origen a una población de larvas que al alimentarse y destruir los tejidos internos del estípote, agravan el daño de la enfermedad CPC, ya que lesionan el meristemo produciendo la muerte de las palmas afectadas, las convierten en focos de reproducción del insecto y como resultado se produce un significativo incremento de las poblaciones de *Rhynchophorus*. (figura 24)



Figura 24. Sinergia entre la enfermedad pudrición del cogollo y el insecto *Rhynchophorus* sp
 a. Larva del insecto. Una palma con pudrición de cogollo es hospedero ideal para la reproducción del insecto
 b. Galería de salida del insecto adulto
 c. Uno de los tipos de trampa usada para captura de adultos del insecto
 d. Insectos adultos capturados en la trampa

¿Cuáles son los síntomas característicos de la enfermedad conocida como Marchitez Sorpresiva de la palma de aceite?

El primer síntoma visible de la enfermedad es una clorosis generalizada de la palma y un secamiento de los ápices de los folíolos de las hojas del tercio inferior de la palma. Posteriormente, el secamiento se extiende a todo el área de los folíolos y a las hojas del tercio medio. Simultáneamente se presenta aborto de inflorescencias, pudrición de flechas y raíces. Los frutos de los racimos inmaduros pierden su brillo normal y se desprenden con facilidad estando aún verdes. En estados avanzados se presenta secamiento total de la palma e internamente la zona meristemática se pudre y se forma una masa líquida de olor fétido. De esta última condición se origina el nombre de la enfermedad en Inglés "hartrot" (podredumbre amoniacal).

¿Cuál es el agente causal de la enfermedad Marchitez Sorpresiva de la palma de aceite?

El protozoario *Phytophthora staheli* (McGhee & McGhee) (Protozoa: Trypanozomatidae) es el organismo causal de la enfermedad y es transmitido por el insecto *Lincus* sp., perteneciente a la familia Pentatomidae del orden Hemiptera.

¿Cómo se maneja la enfermedad Marchitez Sorpresiva de la palma de aceite?

La enfermedad es letal, por lo tanto, una vez que la planta ha manifestado los primeros síntomas debe ser erradicada para evitar la diseminación de la enfermedad y su erradicación puede ser mecánica. Tanto las palmas eliminadas como las 6 vecinas que la rodean deben asperjarse con un insecticida recomendado por el asistente técnico. Cada lote de la plantación debe ser objeto de revisión periódica y estricta vigilancia, con el fin de localizar y reconocer palmas afectadas.

Los intervalos de revisión de cada lote deben ser menores de 45 días.



¿Cuáles son los síntomas característicos de la enfermedad conocida como Anillo Rojo de la palma de aceite?

Los síntomas se manifiestan al principio por una compactación anormal de las flechas y hojas jóvenes de la corona, paulatinamente, el color de estas hojas cambia de verde a amarillo. Las hojas bajas se tornan amarillas, luego toman una coloración bronceada rojiza, finalmente se secan y cuelgan quedando adheridas al tronco. Durante este proceso los frutos se secan y las inflorescencias abortan. Igualmente se puede presentar una disminución notable del tamaño de las hojas centrales de la corona, produciéndose así otro de los síntomas, la "hoja corta".

El síntoma característico que le da el nombre a la enfermedad, se observa al efectuar un corte transversal del tallo; es un anillo de 3 a 5 cm de ancho y cuya coloración varía de rojo pardo a marrón. En los cortes de los pecíolos de las hojas jóvenes se pueden apreciar manchas pardas y oscuras. En los tejidos decolorados se localiza gran cantidad de nematodos microscópicos, con cuerpo filiforme y translúcido, además, se caracterizan por su gran movilidad.

¿Cuál es el agente causal y el agente transmisor de la enfermedad del Anillo Rojo de la palma de aceite?

El organismo que causa la enfermedad es el nematodo *Bursaphelenchus cocophilus* (Cobb) y el agente transmisor, el insecto *Rhynchophorus palmarum* L. perteneciente al orden Coleoptera, familia Curculionidae, comúnmente conocido como cucarrón o gualpa.

¿Cómo se maneja la enfermedad Anillo Rojo de la palma de aceite?

Hasta la fecha no existe tratamiento curativo. El manejo de la enfermedad debe ser preventivo mediante erradicación de las palmas afectadas, ya que éstas no se recuperan con tratamiento alguno. Toda palma enferma se debe erradicar mediante inyección de un herbicida más un insecticida sistémico que aceleren el secamiento de la palma y la muerte de los nematodos. También se recomienda el uso de trampas con cebos atrayentes para capturar al insecto *Rhynchophorus palmarum*. En lo posible, no causar heridas innecesarias a las palmas ya que forman puertas de entrada para que el insecto inocule el nematodo.

¿Existe otro disturbio sanitario de la palma de aceite asociado con el nematodo *Bursaphelenchus cocophilus*?

Este nematodo se encuentra asociado con el disturbio conocido como **hoja corta** o como **hoja pequeña** de la palma de aceite; es un tipo de nematosis no letal presente con alguna frecuencia en las plantaciones de los llanos orientales de Colombia.

¿Cuáles son los síntomas del disturbio conocido como Hoja Corta de la palma de aceite?

El disturbio conocido como **hoja corta** de la palma de aceite consiste en que las hojas superiores de la palma se van acortando en su longitud paulatinamente hasta llegar a casi la mitad de una hoja normal. Los folíolos de estas hojas son cortos y en ocasiones presentan un rizado en la lámina y terminan en punta de bayoneta. En estados avanzados, las hojas centrales de cada palma afectada conforman una especie de cartucho, que envuelve las flechas. Las palmas enfermas no emiten inflorescencias ni racimos. Internamente, a lo largo del estípite ninguna de las palmas revela el síntoma clásico de anillo rojo.





¿Cuáles son los síntomas característicos de la enfermedad Mancha Anular de la palma de aceite?

La enfermedad se caracteriza inicialmente por un amarillamiento tenue de las hojas jóvenes correspondientes al tercio superior de las palmas. A medida que los síntomas progresan el amarillamiento se generaliza a toda la palma, siendo de mayor intensidad en las hojas del tercio superior. Paralelo a estos síntomas se observa acumulación de flechas sin abrir; hojas recién abiertas más cortas que en las palmas sanas; y pudrición seca de los folíolos plegados de una o varias flechas. Los folíolos presentan machas amarillentas alargadas y paralelas a la nervadura; estas manchas también se observan en el raquis de la hoja. El sistema radicular se deteriora. Un corte transversal del tronco a la altura del cogollo revela: (figura 25)

1. Necrosis parcial o total del meristemo apical.
2. Presencia de manchas púrpura que se localizan tanto en el tronco como en las bases peciolares de las hojas jóvenes.
3. Si el corte transversal se efectúa por debajo del meristemo apical se puede apreciar un anillo continuo o discontinuo de color púrpura en el "bulbo radical".



Figura 25. Síntomas característicos de la mancha anular
a. Los folíolos de la hoja presentan machas amarillentas alargadas y paralelas a la nervadura
b. Manchas alargadas en el raquis de la hoja
c. Pudrición seca de los folíolos de la flecha

¿Cuál es el agente asociado con la enfermedad Mancha Anular de la palma de aceite?

Se ha establecido que la enfermedad es de tipo viral y que se encuentra asociada con un virus perteneciente al grupo de los *Foveavirus*. Se desconoce su forma de transmisión.

¿Cómo se debe manejar el cultivo para prevenirlo contra la enfermedad Mancha Anular?

Con base en los conocimientos disponibles de la enfermedad en lo referente al agente causal y posibles agentes transmisores, se recomiendan las siguientes medidas preventivas:

- 1 Control de gramíneas y malezas de hoja ancha mediante el empleo de herbicidas apropiados.
- 2 Siembra de un cultivo de cobertura, el más común es el kudzú (*Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth.).
- 3 Realizar una revisión mensual a la plantación con el fin de reconocer, ubicar y eliminar las palmas enfermas.
- 4 Efectuar ploteo químico, evitando el uso de machete.



¿Cuáles son los síntomas característicos de la enfermedad Pestalotiopsis de la palma de aceite?

El primer síntoma es la aparición de manchas pardas o pardorrojizas en los folíolos de las hojas más viejas. Cuando estas manchas aumentan de tamaño el centro de la lesión se seca tomando una coloración pardo grisácea. Sobre las lesiones aparecen puntos negros correspondientes a las estructuras reproductivas del complejo de hongos causales de la enfermedad (las estructuras reproductivas se llaman acérvulos). Inicialmente las lesiones foliares son pequeñas y aisladas, con el tiempo crecen y se juntan llegando a destruir casi el 50% del área de un folíolo. Esto se refleja en la producción de racimos la cual puede sufrir una reducción mayor o igual al 30%.



¿Cuáles son los agentes causales de la enfermedad Pestalotiopsis de la palma de aceite?

Esta enfermedad de común ocurrencia en plantaciones de palma de aceite ubicadas en el Magdalena Medio y la Costa Atlántica, es ocasionada por los hongos *Pestalotia palmarum* Cooke y *P. glandicola* (Castagne) Steyaert. El nivel de daño ocasionado por los hongos en forma individual es bajo; sin embargo, su diseminación y penetración a los tejidos de los folíolos se ve favorecida por la acción del insecto conocido como “chinche de encaje” *Leptopharsa gibbicularina* F., originándose así el complejo hongos-insecto que junto a condiciones climáticas favorables aumenta la severidad de la afección.

¿Cómo se maneja la enfermedad Pestalotiopsis de la palma de aceite?

Los tratamientos dirigidos a combatir los hongos mediante aplicación de fungicidas no son efectivos, puesto que aparte de la ineficacia son demasiado costosos. El control del complejo *Pestalotiopsis* spp. – *Leptopharsa* sp., se debe enfocar a reducir las poblaciones de la chinche *Leptopharsa gibbicularina*. Actualmente se utiliza el método de absorción radicular de un insecticida sistémico de rápida dispersión a los tejidos foliares. El manejo integrado de este problema debe combinar diferentes prácticas agronómicas que conlleven a:



1. Disminución de la fuente de inóculo mediante la remoción de las hojas afectadas.



2. Aplicación de un plan de fertilización balanceada apoyado en análisis foliares.



3. Reducción de la población del insecto *L. gibbicularina* evaluando control biológico, químico o combinado.

¿En las plantaciones colombianas existen otras enfermedades que pueden considerarse de importancia económica?

El cultivo de la palma de aceite se encuentra afectado por varias enfermedades, aunque el número de casos aún no representa peligro para el establecimiento de plantaciones comerciales, sí se deben tener en cuenta para mantenerlas bajo un nivel que no represente costos adicionales. Bajo ciertas condiciones agroclimáticas e inadecuado manejo agronómico, como alta precipitación, presencia de malezas, etc., estas enfermedades pueden convertirse en verdaderos problemas fitosanitarios. Entre estas enfermedades se destacan la pudrición de la flecha y el anillo clorótico.

¿Cuáles son los síntomas de la enfermedad Pudrición de Flecha?

El primer síntoma consiste en la aparición y desarrollo de manchas necróticas y acuosas en los folíolos plegados de la flecha.

La **Pudrición de Flecha** consiste en que los tejidos de las flechas (hojas sin abrir) se encuentran afectadas por lesiones de color marrón rojizo con márgenes acuosos en el borde de los futuros folíolos. Es un disturbio que se presenta en cualquier edad de la palma, pero con mayor severidad en cultivos jóvenes, entre 1 y 5 años, en los cuales puede alcanzar niveles superiores al 15% de palmas afectadas/hectárea/año, especialmente en plantaciones donde no se efectúan limpiezas y rondas sanitarias oportunas. La gravedad del daño puede variar desde leve, cuando solo hay presencia de lesiones en los folíolos de la flecha, hasta severo, cuando la afección se extiende a la zona meristemática produciéndose la muerte de la palma. La flecha atacada se puede doblar cerca de su base cuando la mayoría de los tejidos está todavía verde. Si las lesiones se concentran solo en algunos folíolos la hoja eventualmente puede abrir pero aparece curvada, esto es lo que recibe el nombre de “mal de juventud”, arqueado foliar o arco defoliado, etc.

¿Cuál es el agente causal de la enfermedad Pudrición de Flecha?

Algunos investigadores señalan al hongo *Fusarium* sp. como el agente causal ya que siempre está presente en los tejidos de las palmas afectadas.



¿Cuáles son los factores que favorecen el desarrollo de la enfermedad Pudrición de Flecha?

Entre los factores que favorecen el desarrollo de la enfermedad se destacan los climáticos, tales como alta humedad relativa y alta precipitación. Por otra parte, se sospecha que los daños ocasionados a los tejidos de la flecha por insectos de hábito masticador (e.g., *Herminodes insulsa* Dognin; Lepidoptera: Noctuidae) o chupador, pueden predisponer a la planta a contraer la enfermedad. Algunos investigadores consideran que aplicaciones exageradas de nitrógeno también predisponen a la planta y se ha observado incremento de casos después de los abonamientos con este nutriente.

¿Cómo se controla la enfermedad Pudrición de la Flecha?

Para el manejo de esta enfermedad se debe proceder a eliminar mediante corte, el tejido afectado y aplicar una mezcla funguicida + insecticida + adherente. Se recomienda mancozeb (5 gr. i.a. /lt de agua) en intervalos de 10-15 días por 3-4 veces consecutivas. Las palmas tratadas se deben someter a revisión periódica por la posible reaparición de los síntomas en las nuevas flechas.

¿En qué consiste la enfermedad conocida como Anillo Clorótico?



Figura 26. Palma de aceite en etapa de vivero con síntomas característicos del disturbio conocido como Anillo clorótico

El Anillo Clorótico es una enfermedad de origen viral que afecta tanto a palmas de vivero como a palmas jóvenes de 1 a 3 años. A diferencia de la mancha anular no ocasiona la muerte de las plantas afectadas. El síntoma característico es la presencia de lesiones foliares redondeadas en forma de ojo o anillo. El centro de estos anillos conserva el color verde oscuro de la hoja normal, en las primeras etapas de la enfermedad, pero eventualmente, se torna amarillo claro (clorótico). A medida que las lesiones cubren la superficie foliar, los anillos pueden ser menos evidentes y la lámina foliar aparece totalmente "rayada". En el 2008 también fue reportada su presencia en palmas de los híbridos interespecíficos *E. oleífera* x *E. guineensis* (Morales et al., 2009). (figura 26)

¿Cuál es el agente asociado con el denominado Anillo Clorótico?

El virus asociado a esta enfermedad, pertenece al género de los 'potyvirus'. Este tipo de virus es transmitido por áfidos, insectos pertenecientes al orden Hemiptera, familia Aphididae. Aunque esta enfermedad no es letal, tiene un efecto negativo sobre el vigor y la productividad de las palmas afectadas. Como medida de control se recomienda la eliminación tanto de las plántulas de vivero como de las palmas jóvenes que resulten afectadas.

¿Cuáles son otras enfermedades que afectan a las plantaciones de palma de aceite en Colombia?

Las enfermedades conocidas como pudriciones basales, se han reportado como disturbios que pueden ocasionar pérdidas de importancia económica a los productores. Estas enfermedades se identifican como: pudrición basal húmeda, pudrición basal seca, pudrición basal corchosa y pudrición basal por Ganoderma.

¿Qué parte de la palma de aceite es afectada por la enfermedad conocida como Pudrición Basal?

La parte de la palma que es afectada por enfermedades de este tipo es el estípite o tronco de la palma.

¿Cuáles son los síntomas característicos de la enfermedad Pudrición basal húmeda?

De acuerdo con la literatura, la enfermedad se caracteriza porque los folíolos de las hojas del tercio inferior tienden a tomar una coloración café-rojiza, seguida por clorosis y posterior secamiento de la lámina foliar. La parte basal del estípite presenta una pudrición húmeda de mal olor como consecuencia de la acción de bacterias que acompañan la manifestación de la enfermedad.

¿Cuál es el agente causal de la enfermedad Pudrición basal Húmeda?

Hasta el presente se desconoce el agente causal involucrado en la manifestación de esta enfermedad. Sin embargo se la asocia con condiciones de alta humedad y pobre drenaje del suelo.



¿Cuáles son las medidas sanitarias recomendadas para el manejo de la enfermedad Pudrición basal Húmeda?



Ante el desconocimiento de la verdadera causa de la enfermedad, se recomienda que se ejecuten en forma cabal las labores culturales recomendadas para un manejo técnico del cultivo. Entre estas labores se destacan: establecer un sistema de drenajes adecuado a las condiciones físicas del lote, fertilización acorde con la edad y tipo de material sembrado, revisión sanitaria oportuna, tratamientos curativos en fase inicial de la enfermedad y si es del caso, erradicación de palmas enfermas.

¿Cuál es el agente causal de la enfermedad Pudrición basal Seca?

El hongo *Ceratocystis paradoxa* (De Seynes) Moreau (estado imperfecto *Thielaviopsis paradoxa*), ha sido identificado como el agente causal de esta enfermedad en África occidental.

¿Cuáles son los síntomas característicos de la Pudrición basal Seca?

Inicialmente se presenta un quiebre de las hojas bajas, que posteriormente abarca la totalidad de las hojas, incluyendo la hoja flecha. Adicionalmente se manifiesta pudrición de racimos e inflorescencias. La pudrición que se presenta en la base del tronco es seca y no despiden mal olor.

¿Qué tipo de medidas sanitarias se recomiendan para manejar la Pudrición basal Seca?

La siembra de materiales genéticos resistentes es la recomendación más usual para el manejo de esta enfermedad. Para esto se requiere efectuar una prueba de evaluación de descendencias para identificar los progenitores susceptibles.

¿Cuáles son los síntomas característicos de la enfermedad conocida como Pudrición basal por Ganoderma?

La enfermedad se presenta en la base del estípote. Produce síntomas idénticos a aquellos relacionados con déficit hídrico y mala nutrición de la palma, caracterizados por colgamiento de las hojas bajas, seguidas por la decoloración de las hojas jóvenes cuyo color pasa de verde a verde pálido o amarillento. Posteriormente, en la base del tallo se presentan exudaciones dando lugar a la aparición de fructificaciones del hongo *Ganoderma* que tienen forma de oreja y coloración café rojizo con un halo blanco.

¿Cuál es el agente causal de enfermedad Pudrición basal por Ganoderma?

Esta enfermedad es ocasionada por hongos del género *Ganoderma*, que se caracterizan por ser microorganismos habitantes del suelo y que producen enfermedades de importancia económica en diversos cultivos.

¿Cómo se maneja la enfermedad Pudrición basal por *Ganoderma spp.*?

El método de manejo más recomendado es la destrucción y quema de la palma enferma y sus restos vegetales, también se recomienda la desinfección del suelo.





5.2. Insectos asociados con el sistema palma de aceite

¿Entre los insectos asociados al sistema de producción de la palma de aceite, existen algunos cuya presencia es benéfica y que incidan en la producción?

Sí, es el caso de los insectos polinizadores, especialmente el insecto *Elaeidobius kamerunicus* Faust, que es un coleóptero perteneciente a la familia Curculionidae y que se considera el principal polinizador de las flores que conforman la inflorescencia femenina de la palma. La polinización de la palma de aceite es básicamente entomófila, término que indica que la polinización es principalmente ejecutada por la acción de insectos portadores de granos de polen.

¿En qué sitio se reproduce el insecto *Elaeidobius kamerunicus*, principal polinizador en palma de aceite en Colombia?

Este insecto se reproduce en las espigas de las inflorescencias masculinas de la palma de aceite. Las hembras de este insecto colocan los huevos en las diminutas flores masculinas y cuando las larvas emergen consumen los tejidos y estructuras de estas inflorescencias. En consecuencia, en un cultivo de palma de aceite, un alto número de racimos mal conformados, con muchos frutos partenocárpicos, se encuentra relacionado con una baja población de esta clase de insectos, lo que se traduce en una baja polinización de las flores femeninas y por ende en una reducción de los frutos normales. (figura 27)



figura 27. Corte longitudinal de una espiga de inflorescencia masculina. En las cavidades de algunas flores se observan larvas del insecto *Elaeidobius kamerunicus* Faust.

¿Dentro del grupo de insectos benéficos, cuales son de importancia para reducir las poblaciones de insectos plaga en el cultivo de la palma de aceite?

En el agroecosistema conformado por el cultivo de la palma de aceite y otras especies vegetales, se presentan poblaciones de insectos benéficos que se caracterizan por atacar a los insectos plaga siendo los principales, los entomoparásitos y los depredadores.

¿Los términos entomoparásito y depredador identifican al mismo tipo de insecto benéfico?

No. Los insectos entomoparásitos, también llamados parasitoides, son aquellos que necesitan del insecto plaga que atacan para poder cumplir su ciclo de vida; entre los insectos entomoparásitos se destacan las avispas de los géneros *Apanteles*, *Trichogramma*, *Casinaria* y *Spilochalcis* y dípteros de la familia Tachinidae. Estos insectos pueden afectar diferentes estados del insecto plaga, es decir, algunos son parásitos de huevos; otros afectan el estado de larva, otros el estado de pupa y otros parasitan al adulto. En cambio, los insectos depredadores son aquellos que cazan al insecto plaga y lo devoran; en este tipo de insectos benéficos se destacan las hormigas del género *Crematogaster*, avispas de los géneros *Polystes* y hemípteros o chinches de los géneros *Alcaeorrhynchus* y *Podisus*.

¿Qué tipo de vegetación natural es importante para el manejo de los insectos plaga de la palma de aceite?

En una plantación de palma de aceite, con el pasar del tiempo se establece una vegetación asociada que puede jugar un papel importante en el manejo de las poblaciones de algunos de los insectos plaga. En este tipo de vegetación existen plantas que se conocen como plantas arvenses cuya presencia no es perjudicial al cultivo, antes consideradas como malezas. Las plantas arvenses benéficas son aquellas que se caracterizan por presentar una alta cantidad de nectarios y por esto resultan atrayentes para insectos benéficos como los **dípteros** (moscas), **himenópteros** (avispa) y **hemípteros** (chinches) depredadores o parásitos de insectos plaga. Entre las plantas poseedoras de nectarios se presentan aquellas pertenecientes a las familias Malvaceae, Solanaceae y Verbenaceae entre otras y que ejercen una fuerte atracción a insectos benéficos.

¿Para reducir las poblaciones de insectos plaga, existen otras opciones diferentes a la aplicación de insecticidas sintéticos?

Sí. De acuerdo con el tipo de insecto plaga que se presente, se pueden aplicar formulaciones de organismos de acción entomopatogénica, es decir, que pueden ocasionar una enfermedad letal al insecto plaga. Entre este tipo de organismos, se destacan la bacteria *Bacillus thuringiensis* Berliner, los hongos *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill., *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin y el virus de la polyhedrosis nuclear. Estos organismos son específicos para algunos insectos plaga y sus formulaciones comerciales se encuentran disponibles en el mercado.



¿Cómo se clasifican los insectos plaga que afectan a la palma de aceite?

Los insectos plagas de la palma de aceite se pueden distribuir de acuerdo con la estructura de la palma que atacan. Es así como se presentan plagas del sistema de raíces, plagas del tronco y plagas del follaje.

¿Cuáles son los principales insectos plaga del sistema radicular de la palma de aceite?

Se considera que las principales plagas del sistema de raíces son:

- **Sagalassa valida** Walker (Lepidoptera: Glyphipterigidae). Denominado también barrenador de raíces. Ocasiona la destrucción de las raíces y su daño tiene serias consecuencias en el desarrollo y producción de las palmas afectadas. Afecta palmas de cualquier edad, incluyendo las de vivero.
- **Dysmicoccus brevipes** (Cockerell) y **Rhizoecus** sp. (Hemiptera: Pseudococcidae). Denominadas 'cochinillas harinosas'. Son homópteros que se establecen en las raíces donde se alimentan de la savia produciendo retardo en el crecimiento de las palmas de vivero y en palmas jóvenes en desarrollo bajo condiciones de campo.

¿En qué consiste la gravedad del daño del insecto *Sagalassa valida*?

La gravedad del daño del insecto *Sagalassa valida* se refleja en que las larvas al barrenar el sistema radicular de la palma, pasan desapercibidas y su presencia solo se manifiesta cuando han ocasionado daños que pueden alcanzar niveles de hasta el 80% de raíces destruidas en una palma afectada.

¿Cuáles son las consecuencias del daño del insecto *Sagalassa valida*?

Como consecuencia del ataque del insecto, las palmas afectadas pueden llegar a tener mal anclaje, lo que en casos extremos produce el volcamiento de la palma. Además, se presentan alteraciones fisiológicas que se reflejan en mal desarrollo y lento crecimiento, amarillamiento y secamiento prematuro de las hojas basales e intermedias y emisión continua y prolongada de inflorescencias masculinas unida a una reducción del tamaño de los racimos.

¿Cuáles son los principales insectos plaga del tallo de la palma de aceite?

Las principales plagas del estípite o tallo de la palma son:

- **Strategus aloeus** L. (Coleoptera: Scarabaeidae) Sus estados larvales ocasionan perforaciones al tronco o al bulbo radical. Sus poblaciones se incrementan en lotes de renovación ya que encuentran en los troncos en proceso de descomposición un medio ideal para su reproducción.
- **Rhynchophorus palmarum** (Coleoptera: Curculionidae). Sus larvas son conocidas con el nombre de 'gualpa'. Aparte de barrenar pecíolos y estípite, es el principal transmisor de la enfermedad del anillo rojo cuyo agente causal es el nematodo *Bursaphelenchus cocophilus*. (figura 28)



Figura 28. Insectos plaga de la palma de aceite
a. *Strategus aloeus* L., junto al orificio de entrada en el suelo. Este orificio indica la presencia del insecto en el interior de la palma en el bulbo radical
b. *Rhynchophorus palmarum*

¿Qué relación puede existir entre el insecto *Rhynchophorus palmarum* y el complejo de la pudrición de cogollo (CPC)?

Se presenta una relación muy estrecha por cuanto las palmas afectadas por el CPC al presentar descomposición de los tejidos internos se convierten en una fuente de alta atracción para los adultos del insecto. Los huevos colocados por las hembras en este tipo de palmas, dan origen a una población de larvas que al alimentarse y destruir los tejidos internos del estípite, agravan el daño de la enfermedad CPC, ya que lesionan el meristemo produciendo la muerte de las palmas afectadas, las convierten en focos de reproducción del insecto y como resultado, se produce un significativo incremento de las poblaciones del insecto.



¿Cuáles son los principales insectos plaga del follaje de la palma de aceite?

Las principales plagas del follaje de la palma son:

- **Atta** sp. (Hymenoptera: Formicidae). Hormiga arriera. Produce severas defoliaciones a las palmas y su severidad es mayor en lotes de palmas recién sembradas, ya que el daño se refleja en retraso de las palmas afectadas
- **Alurnus humeralis Rosenberg** (Coleoptera: Hispididae). Las larvas de este insecto conocido con el nombre de cogollero, consumen tejido de las hojas sin abrir (flechas) y las lesiones pueden servir de entrada a microorganismos patógenos.
- **Opsiphanes cassina** Felder (Lepidoptera: Nymphalidae). Las larvas consumen una gran masa de tejido foliar, por lo cual, su daño se refleja en reducción de la producción de racimos en los lotes afectados.
- **Brassolis sophorae L.** (Lepidoptera: Nymphalidae). Su daño es similar al de Opsiphanes, con la diferencia que las larvas son gregarias y al mantenerse en un nido o estuche construido con folíolos se facilita su control sin requerir aplicación de agroquímicos
- **Sibine fusca Stoll** (Lepidoptera: Limacodidae). Las larvas son gregarias y su detección es relativamente fácil. Cuentan con un adecuado control biológico natural, el cual debe ser protegido y mantenido. Existen otras especies de Sibine que se presentan afectando lotes de palma. Tal es el caso de Sibine nesea Stoll.
- **Stenoma cecropia** Meyrick (Lepidoptera: Elachistidae). Es una plaga de difícil manejo debido a que sus poblaciones se superponen. Las larvas se encuentran dentro de una especie de cartucho, lo cual permite su rápida detección. Son de difícil manejo debido al bajo efecto de sus enemigos naturales y al alto costo que implica su erradicación química.

¿Cuál es la forma más adecuada para manejar las poblaciones de insectos plaga que afectan al cultivo de la palma de aceite?

Establecer un plan de revisión sanitaria periódica que permita la oportuna localización e identificación de las poblaciones plaga. Igualmente, se debe impulsar una estrategia enfocada hacia el manejo integrado de plagas (MIP) en la que se destacan las siguientes acciones:

1. Reconocimiento de enemigos naturales.
2. Identificación de plantas hospedantes de enemigos naturales.
3. Conocimiento del ciclo de vida, hábitos y dinámica poblacional de cada insecto plaga.
4. Descarte de prácticas de manejo nocivas que favorezcan el desborde de las poblaciones de los insectos plaga.
5. Aplicación de prácticas culturales benéficas a los insectos parásitos y depredadores de insectos plaga.
6. Multiplicación y manejo de microorganismos entomopatógenos (causantes de enfermedades a los insectos plaga).

¿Aparte de los insectos, el cultivo de la palma de aceite puede ser afectado por otros tipos de plagas?



En plantaciones jóvenes en desarrollo, entre 1 y 2 años, las ratas (*Rattus* spp.) o ratones de campo, ocasionan daños de importancia económica ya que se alimentan de los tejidos de la base de la palma ocasionando heridas que puede ser entrada a insectos o enfermedades. El daño o ataque de los roedores se puede controlar utilizando cebos envenenados específicos para este tipo de mamíferos; adicionalmente, en el cultivo se debe ejecutar en forma oportuna las labores culturales de limpieza general y plateo de cada palma.



¿Es necesario llevar registro de insectos plaga en una plantación de palma de aceite?

Para conocer el historial de insectos plaga que afectan a una plantación se debe llevar un registro desde el inicio de la plantación, es decir, de los insectos que se presenten en vivero, en los lotes jóvenes en desarrollo y en los lotes adultos en producción. Este registro se elabora realizando la labor cultural conocida como Revisión Sanitaria, que debe ser periódica (cada 8, 15 o 30 días), efectuada por personal de operarios expertos conocedores de los insectos, sus diferentes estados del ciclo de vida y el daño que efectúan en las palma afectadas. Los lotes de cada plantación se revisan de acuerdo con su disposición, área, edad y tipo de material sembrado; de tal forma que se obtenga una información precisa y confiable para proceder a realizar el adecuado manejo de la plaga detectada. El departamento de Sanidad de la plantación diseña las hojas de registro y planifica las labores pertinentes para la oportuna detección y manejo de las poblaciones de los insectos perjudiciales al cultivo.

¿Existe una forma de manejo efectiva contra el insecto, transmisor del nematodo *Bursaphelenchus cocophilus* que causa la enfermedad del anillo rojo en la palma de aceite?

Las poblaciones del insecto *Rhynchophorus palmarum* pueden ser reducidas mediante la utilización de trampas formadas por recipientes de plástico con ventanas de entrada para el insecto, con un cebo atrayente complementado con una feromona de agregación, que es un compuesto sintético con el cual se aumenta la atracción del insecto hacia la trampa.

¿Existen opciones diferentes a la aplicación de insecticidas sintéticos para reducir las poblaciones de insectos plaga de la palma de aceite?

Sí. De acuerdo con el tipo de insecto plaga que se presente, se pueden aplicar formulaciones de organismos de acción entomopatogénica, es decir, que pueden ocasionar una enfermedad letal al insecto. Entre este tipo de organismos, se destacan la bacteria *Bacillus thuringiensis*, los hongos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y el virus de la polyhedrosis nuclear. Estos organismos son específicos para algunos insectos plaga y sus formulaciones comerciales se encuentran disponibles en el mercado.

6. MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE LA PALMA DE ACEITE

6.1. Establecimiento del cultivo

¿Cuáles son las consideraciones a tomar antes de iniciar un proyecto de palma de aceite?

Antes de establecer un proyecto, es conveniente realizar un estudio de factibilidad, en el cual, desde el punto de vista agronómico se confrontan algunos factores básicos del clima y de los suelos con los requerimientos de la palma:

1. Climáticos:

- Altura sobre el nivel del mar (m.s.n.m.)
- Temperatura media, mínima y máxima (°C)
- Precipitación (mm/año)
- Humedad relativa (%)
- Brillo solar (horas/año)

2. Características de los suelos y terreno:

- Topografía
- Pendiente del terreno (%)
- Textura del suelo
- Composición química del suelo
- Capa orgánica
- Profundidad capa arable
- Facilidad drenaje
- Disponibilidad de agua
- Nivel freático
- Uso actual del suelo y Tipo de vegetación.



¿Cuáles son las labores requeridas para establecimiento de una plantación de palma de aceite?

- Establecimiento de viveros
- Socola de la vegetación herbácea y arbustiva
- Tumba de árboles con tallos de diámetro mayor a 10 cm
- Repica de troncos de diámetro menor
- Alineamiento de troncos de diámetro mayor
- Delimitación de lotes o bloques de siembra
- Siembra de un cultivo de cobertura
- Estaquillada del terreno
- Definición de carreteras primarias y secundarias
- Ahoyado y siembra en sitio definitivo
- Construcción de canales de drenaje o riego según el caso
- Siembra en sitio definitivo
- Afirmado de vías



6.1.1. Establecimiento y manejo de viveros

¿Cómo es una semilla de palma de aceite, cómo está conformada?

Una semilla de palma de aceite está compuesta por las siguientes partes:

- 1. Pericarpio, cáscara o cuesco:** Es la parte externa de la semilla, muy dura, de color café oscuro, rodeada y atravesada por fibras que se recogen en un mechón en la base de la semilla.
- 2. Tapón de fibra:** Es un tapón que cubre el poro germinativo y protege al embrión hasta que inicia el proceso de germinación. Solo está presente en el poro germinativo funcional.
- 3. Poro germinativo:** Orificio de la cáscara por donde emerge la futura plántula justo después de iniciado el proceso de germinación.
- 4. Embrión:** Es la futura planta en estado de reposo o latencia. En el embrión se distinguen la plúmula, la radícula y el haustorio en estado microscópico. Está ubicado justo detrás del tapón de fibra.
- 5. Endospermo o almendra:** Tejido cartilaginoso rico en carbohidratos y sustancias de reserva. Su función principal es satisfacer las necesidades nutritivas de la nueva planta después de la germinación hasta que la planta emite raíces funcionales. Contiene entre 45 y 50% de su peso en aceite, su beneficio constituye lo que se conoce como palmisteria
- 6. Tegumento:** Tejido muy delgado que rodea al endospermo, es de color café oscuro en plena madurez de la semilla.

¿Cómo está conformado el embrión de una semilla?

En el embrión se distinguen la plúmula, la radícula y el haustorio en estado microscópico. La plúmula origina la parte aérea de la planta, la radícula la parte subterránea, raíces, mientras el haustorio es una pseudo raíz que absorberá los nutrientes del endospermo después de la germinación de la semilla, hasta que las raíces son funcionales.



¿Cuáles son las partes de una semilla germinada de palma de aceite?

En una semilla germinada de palma de aceite se distinguen las siguientes partes:

- 1. Plúmula:** Segmento o ápice puntiagudo del embrión en desarrollo, de color blanco crema brillante, conformado por tejido foliar embrionario a partir del cual se inicia la emisión de hojas.
- 2. Radícula:** Segmento o ápice inferior del embrión en desarrollo, de color blanco crema opaco, conformado por tejido radicular embrionario, a partir del cual se inicia la emisión de raíces.
- 3. Haustorio:** Órgano de absorción de sustancias alimenticias contenidas en el endospermo, crece en la medida que consume al endospermo hasta ocupar toda la cavidad ocupada por éste. Hace la función de raíz de la pequeña plántula, hasta que esta emite raíces funcionales verdaderas.
- 4. Cuello del embrión:** Punto de unión de la plúmula con la radícula y el haustorio; lugar de donde nacen las raíces adventicias de la plántula en crecimiento.

¿Cómo se comercializa la semilla de palma de aceite?

Las semillas de palma de aceite se comercializan en dos estados de desarrollo:

- 1. Diferenciada:** Es el estado de la semilla germinada en la cual se notan fácilmente la plúmula y la radícula. Este tipo de semilla se utiliza con mayor frecuencia cuando los compradores son de la misma región donde se produce la semilla. No es conveniente para despachos a lugares lejanos.
- 2. Punto blanco:** Es el estado de la semilla germinada en la cual la cabeza del embrión apenas es visible en el poro germinativo, de donde toma el nombre. Este tipo de semilla se utiliza con mayor frecuencia cuando los compradores son de regiones lejanas al lugar donde se produce la semilla.

¿Cuál es el estado ideal de la semilla para su siembra en vivero?

La semilla ideal para la siembra en vivero es aquella que tiene la plúmula y la radícula bien desarrolladas y rectas. Plúmula de 0,5 a 1 centímetro y radícula de 1 a 2 centímetros. La plúmula y la radícula deben estar bien diferenciadas y creciendo en dirección opuesta. Siempre el tamaño de la radícula debe ser el doble del tamaño de la plúmula.

¿Qué tipos de semillas se deben descartar antes de la siembra en vivero?

Se debe descartar toda semilla que presente daños o anomalías, tales como: semillas descabezadas, semillas sin plúmula o sin radícula, semillas con la radícula más pequeña que la plúmula, semillas con plúmula o radícula de color marrón, con presencia de hongos.

¿Cuál es la densidad recomendada para la siembra de palma de aceite en sitio definitivo?

La densidad recomendada para el material Corpoica El Mira, es de 143 palmas por hectárea sembradas a 9 metros en triángulo.

¿Cuál debe ser la densidad recomendada para la siembra del híbrido Oleífera x Guineensis en sitio definitivo?

Debido al vigor y largo de las hojas de los híbridos interespecíficos, se recomienda sembrarlo a 10 metros entre planta y planta, sistema de triángulo o tresbolillo, para una densidad de 115 palmas por hectárea. En la etapa adulta la distancia de 10 m entre planta y planta es corta.

¿Cuántas semillas de palma de aceite se deben establecer en vivero para sembrar una hectárea en sitio definitivo?

Como norma general, se recomienda comprar 200 semillas germinadas diferenciadas de palma de aceite por cada hectárea que se quiera sembrar en sitio definitivo. En vivero se pierde hasta el 25% de las semillas, por daños por insectos, retrasos en crecimiento, enfermedades, descartes por malformaciones, deficiencias nutricionales; además, en vivero se debe dejar el 10% de las plántulas como reserva para resiembra en sitio definitivo.



¿Cuántas semillas del híbrido Oleifera x Guineensis se deben establecer en vivero para sembrar una hectárea en sitio definitivo?

Para el caso de los híbridos se recomienda comprar mínimo 180 semillas germinadas diferenciadas por cada hectárea a sembrar en sitio definitivo. En vivero se puede perder hasta un 35% de las semillas. Los descartes en los viveros de híbridos son mayores que en palma de aceite, principalmente por malformaciones congénitas y deficiencias severas de magnesio y boro.

Se deben dejar el 10% de las plantas como reserva para resiembras.

¿Cuál es el área de vivero necesaria para establecer 200 semillas, equivalentes a una hectárea de palma de aceite (143 palmas) en sitio definitivo?

Para sembrar 143 palmas que hacen una hectárea de terreno en sitio definitivo, se recomienda comprar 200 semillas, las cuales se siembran en bolsas de vivero de 30 x 40 cm a una distancia de 70 centímetros entre bolsa y bolsa, por lo tanto para 200 semillas (bolsas de vivero) se requieren 200 metros cuadrados de terreno, que equivale a un pequeño lote de 20 metros de largo por 10 metros de ancho.

En un vivero de una hectárea de extensión alcanzan 10.000 plantas de vivero sembradas a un metro entre planta y planta (70 centímetros entre bolsa y bolsa de 30 cm de diámetro).



¿Cuál es el área de vivero necesaria para establecer 180 semillas, equivalentes a una hectárea de palmas del híbrido E. oleifera x E. guineensis (115 palmas) en sitio definitivo?

Para sembrar 115 palmas del híbrido OxG que hacen una hectárea de terreno en sitio definitivo, se recomienda comprar 180 semillas, las cuales se siembran en bolsas de vivero de 40 x 40 cm a una distancia de 70 centímetros entre bolsa y bolsa. Por lo tanto, para 115 semillas (bolsas de vivero de 40 cm de diámetro) se requieren 150 metros cuadrados de terreno, que equivalen a un pequeño lote de 15 metros de largo por 10 metros de ancho. En un vivero de una hectárea de extensión alcanzan 8.280 plantas de vivero sembradas a 1,10 metros entre planta y planta (70 centímetros entre bolsa y bolsa de 40 cm de diámetro).

¿Cuál es el tipo de bolsa, capacidad y tipo de suelo recomendados para viveros de palma de aceite?

Se recomiendan bolsas plásticas de color negro, calibre 5, de 30 centímetros de diámetro por 40 centímetros de alto, preferible de 40 centímetros de diámetro por 40 centímetros de alto. Deben ser de plástico no reciclado, porque estas se rompen fácilmente por acción de los rayos del sol. El suelo debe ser de color negro, fértil, preferiblemente orgánico o enriquecido con suelo orgánico, de textura franca, suelto o que se pueda desmenuzarse fácilmente. Una bolsa del tamaño antes indicado tiene una capacidad de 12 a 15 kilos dependiendo del peso del suelo.

¿Cuál es el tipo de bolsa, capacidad y tipo de suelo recomendados para viveros con el híbrido Oleifera x Guineensis?

Se recomiendan bolsas plásticas de color negro, calibre 5, de 40 centímetros de diámetro por 45 centímetros de alto. Deben ser de plástico original no reciclado. El suelo debe ser de color negro, fértil, de preferencia orgánico o enriquecido con suelo orgánico, de textura franca, suelto o que se pueda desmenuzarse fácilmente. Una bolsa del tamaño antes indicado tiene una capacidad de 15 kilos dependiendo del peso del suelo.



¿Cuáles son las labores rutinarias para el manejo y mantenimiento de un vivero de palma de aceite?

Las siguientes son labores rutinarias que se deben aplicar a los viveros de palma de aceite durante un año hasta llevar las plantas a la siembra en sitio definitivo:

- 1. Riego:** frecuencia diaria dependiendo del clima.
- 2. Separación de plántulas dobles o triples:** una sola vez, durante el tercer mes de vivero. Si las dos o tres plántulas son buenas se aprovechan todas.
- 3. Control de malezas en calles y bordes:** frecuencia mensual, pero solo hasta los 6 meses.
- 4. Control de malezas en bolsas:** frecuencia mensual. El control de malezas dentro de las bolsas se realiza manualmente.
- 5. Fertilización:** con fuentes y dosis mensuales variables de acuerdo con la edad de la plántula.
- 6. Manejo de plagas y enfermedades:** una revisión semanal durante todo el año, para evitar antes que controlar plagas y enfermedades.



¿Cuáles son los criterios de selección de palmas óptimas en vivero?

Entre los 10 y los 12 meses después de la siembra del vivero las palmas están listas para su trasplante a sitio definitivo, por lo tanto, es el momento ideal para seleccionar las mejores según los siguientes criterios: (figura 29)

- Palmas con hojas bien distribuidas, en forma simétrica y radial.
- Palmas con folíolos anchos y largos.
- Palmas con base de tallo gruesa.
- Palmas libres de plagas y enfermedades.
- Palmas bien nutridas, sin síntomas de deficiencias nutricionales.
- Palmas cuyas hojas bajas describan un arco más o menos horizontal y las hojas centrales un ángulo de 45 grados con respecto al eje vertical.



Figura 29. Selección de palmas óptimas en vivero
 a. Vivero con plantas listas para el trasplante a sitio definitivo
 b. Después de trasplante



¿Cuáles son los criterios para descartar palmas no aptas en vivero?

En vivero deben descartarse todas las plantas que presenten cualquiera de las siguientes anomalías:

- Palmas con crecimiento retardado.
- Con hojas arrugadas; con hojas erectas; con hojas amarillentas.
- Palmas con hojas de pecíolos y raquis muy delgados.
- Palmas con folíolos estrechos o delgados.
- Con folíolos muy separados entre sí.
- Palmas con folíolos insertados en ángulo agudo con respecto al raquis de la hoja.
- Palmas con folíolos fusionados.
- Con pecíolos de color amarillento.
- Palmas con variegaciones (folíolos con bandas de color blanco o amarillo pálido).
- Palmas con síntomas severos de deficiencias nutricionales.

6.2. Labores de mantenimiento del cultivo

¿Cuáles son las labores rutinarias para el manejo y mantenimiento de una plantación joven de palma de aceite?

Se considera una plantación joven o en etapa vegetativa, desde el momento de la siembra en campo hasta un año después de que inicia su etapa productiva. Durante esta fase juvenil se realizan las siguientes labores rutinarias para su manejo agronómico:

- 1. Limpieza general:** Seis veces por año, cada dos meses.
- 2. Plateos:** Ocho veces por palma, cada 45 días.
- 3. Limpieza de canales:** Dos por año.
- 4. Fertilización:** Dos a tres aplicaciones por año, con dosis y frecuencias crecientes con la edad.
- 5. Revisión fitosanitaria:** Permanente, mínimo una vez mensual.

¿Cuáles son las labores rutinarias para el manejo y mantenimiento de una plantación adulta de palma de aceite?

Se considera que una plantación es adulta después de los tres años de la siembra en campo, pero básicamente el inicio de esta etapa se marca cuando la palma inicia su etapa productiva. Durante la fase adulta se realizan las siguientes labores rutinarias para su manejo agronómico:

- 1. Limpieza general:** Seis veces por año, cada dos meses.
- 2. Plateos:** Ocho veces por palma, cada 45 días.
- 3. Limpieza de canales:** Dos por año.
- 4. Fertilización:** Dos a tres aplicaciones por año, con dosis y frecuencias crecientes con la edad.
- 5. Revisión fitosanitaria:** Permanente, mínimo una vez mensual.
- 6. Poda de formación:** Se realiza una sola vez, por lo regular entre el tercero y cuarto año de vida del cultivo.
- 7. Poda de hojas viejas:** Una vez por año, generalmente en época de verano, cuando hay baja producción de fruta.
- 8. Cosecha de racimos:** La frecuencia de esta labor depende de la edad de la palma, durante los dos a tres primeros años de producción la frecuencia de cosecha es cada 15 a 21 días, pero luego se establecen ciclos de cosecha cada ocho días, durante toda la vida productiva del cultivo.





¿Cuándo se realiza control de malezas en una plantación?

Esta labor se ejecuta desde antes de la siembra como una forma de adecuar el terreno para la siembra de las palmas en sitio definitivo. Después de la siembra es una labor rutinaria cuya frecuencia se establece de acuerdo con el tipo de vegetación que se encuentre en el lote y la edad del cultivo. En la zona palmera occidental colombiana, la temperatura y la precipitación son factores que favorecen el rápido establecimiento y desarrollo de malezas, situación que exige una mayor frecuencia en la práctica de control.

(Figura 30)



Figura 30. Labores de mantenimiento en plantación joven

- a. Manejo de malezas con machete
- b. Manejo de malezas con guadaña
- c. Manejo de malezas con pases de rolo
- d. Estado del lote después de los pases de rolo

¿Por qué es importante el control de malezas en palma joven?

En palma joven es importante el control de malezas para disminuir el efecto de competencia por luz, agua y nutrientes ejercido por las malezas, por lo cual lo recomendable es establecer ciclos de control de malezas que deben fluctuar entre 45 y 60 días.

¿Cuál es la importancia del control de malezas en palma adulta?

Se debe tener en cuenta que a medida que la palma crece, la cobertura tiende a desaparecer por falta de luz produciéndose un cambio de vegetación donde predominan las malezas de mayor agresividad y resistencia. En cultivos adultos, el control de malezas debe ejecutarse en las calles, los bordes de drenaje y bordes de lotes. Se debe tener especial cuidado en reconocer aquellas plantas que sirven de hospederos a los insectos benéficos. Hoy día, aunque esta labor aún se puede efectuar manualmente a machete, se observa una tendencia a su realización mediante el empleo de guadañas manuales. Su frecuencia depende de la clase y densidad de las malezas presentes y de la frecuencia de las lluvias.

¿Entre las plantas consideradas malezas, cuáles son perjudiciales para la palma de aceite?

En palma de aceite como en muchos otros cultivos, el principal problema de malezas lo constituyen las gramíneas perennes como: pasto guinea (*Panicum máximum* Jacq.); maciega (*Paspalum virgatum* L.); guayacana (*Imperata cylindrica* (L.) Raeusch.); caminadora (*Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) Clayton) y las especies de ciperáceas conocidas como "cortaderas" (*Cyperus* spp.).

¿En un cultivo joven de palma de aceite, dónde ejercen mayor competencia las malezas?

La mayor competencia la ejercen las malezas que se desarrollan alrededor de la palma joven, en el sitio denominado plato, ya que disputan con la palma por nutrientes y agua. En consecuencia, el área del plato debe mantenerse libre de malezas realizando controles con una frecuencia de 45 a 60 días.



¿Qué significan los términos plato y plateo en el medio palmero?

Plato es el área comprendida dentro del círculo que rodea a la palma y la gotera de las hojas; abarca un radio mínimo de 1 metro y gradualmente se va ampliando hasta alcanzar 2,5 metros en palmas adultas.

Plateo es la labor consistente en controlar el desarrollo de plantas en el área del plato, bien sea mediante procedimientos mecánicos (machete, guadaña) o químicamente con herbicidas. En palmas menores de tres años debe evitarse la utilización de herbicidas por el peligro de toxicidad o causar daño a las palmas retrasando su desarrollo. (figura 31)

a



b



c

Figura 31. Labores de mantenimiento en plantación joven.

a. Plateos con machete.

b. Plateos con guadaña.

c. Plateos con herbicidas.

¿Cómo se realizan los plateos en palmas adultas?

Esta labor es realizada mediante la aplicación de agroquímicos herbicidas. Con el uso de este tipo de producto se logra mayor rendimiento por jornal y su efecto es generalmente más prolongado lo cual implica menor número de plateos a ejecutar por año. Para el caso de palmas adultas, el radio del plateo fluctúa entre 2,0 y 2,50 metros. La selección del herbicida es efectuada por el asistente técnico de la plantación de acuerdo con el tipo de malezas a combatir, la frecuencia de su aplicación, los costos de la labor y la efectividad del producto seleccionado.

¿Cuáles son los parámetros a tomar en cuenta para una correcta fertilización de palmas adultas?

Esta labor debe ser ejecutada de acuerdo con los parámetros de producción establecidos por cada empresa, previo análisis de suelos y foliares de laboratorio. Las aplicaciones de los fertilizantes se efectúan en el área del plato o en las interlíneas, de acuerdo a la conveniencia de cada plantación. En esta labor es fundamental el asesoramiento de profesionales expertos en la materia, ya que se requiere obtener mayor eficiencia y mayor reducción de costos.

¿Dónde se deben aplicar los fertilizantes para un mejor aprovechamiento por la palma de aceite?

En palma joven la fertilización debe efectuarse cerca del estípite y dentro de un área que corresponda aproximadamente al círculo demarcado por la gotera de las hojas. Los fertilizantes se aplican en franja circular variable con la edad de la palma, a 0,5 metros de radio durante el primer año hasta alcanzar los 2 metros a los tres años.

¿Agronómicamente, hasta cuándo es acertada la resiembra de palmas?

Esta labor se ejecuta hasta los 2,5 años de establecido el cultivo y durante los cuales se recomienda reemplazar las palmas que se mueran o que haya que eliminar porque se encuentran afectadas por alguna enfermedad, o que por cualquier circunstancia no hubieran logrado un buen desarrollo. Como norma, para esta labor se deben mantener en vivero entre 10 y 15 palmas por cada hectárea sembrada.

¿A qué se refiere la poda en palma de aceite y cada cuánto se realiza?

Es la remoción de hojas viejas, de hojas que están por debajo de la corona de racimos, hojas que no portan racimos; en general, hojas que por su edad y ubicación ya no son funcionales. Su frecuencia es anual, pero dependiendo de la situación se puede hacer semestral. La recomendación es dejar que la palma conserve entre 36 y 38 hojas.

Es importante que el operario reconozca la orientación de la inserción de las hojas (izquierda o derecha) para que en igual sentido ejecute el respectivo corte de la hoja.



¿Qué parámetros deben tomarse en cuenta al momento de realizar la poda de hojas?

Al efectuar la labor de poda de hojas en palma de aceite se recomienda dejar una sola hoja por debajo del racimo próximo a cosechar, es decir, del racimo más maduro.

¿Cuáles son los objetivos que se persiguen con la poda de hojas?

La poda oportuna de hojas facilita la realización de las siguientes labores:

- Permite observar todos los racimos
- Estimar la madurez de los racimos
- Facilitar la cosecha
- Facilitar polinización realizada por el viento y por los insectos
- Minimizar pérdidas de frutos atrapados en las axilas de las hojas
- Evitar la pérdida de racimos dejados intencionalmente por el cortador
- Reducir el desarrollo de plantas epífitas

¿Qué hacer con las hojas que se han cortado por acción de la poda?

Las hojas cortadas en la poda deben cortarse en tres o cuatro partes para facilitar acomodarlas en sitios de las interlíneas, formando lo que se conoce como “palera”, que es la acumulación de partes de hojas y restos vegetales entre palma y palma a lo largo de una calle del cultivo, dejando una calle de por medio. Cada hoja cortada se trabaja de la siguiente forma: primero se corta el pecíolo de la hoja y se lo acomoda en el centro de la palera con las espinas hacia el suelo; luego, el raquis con los folíolos se divide en tres partes las cuales se colocan cubriendo el pecíolo.

¿Cuándo inicia el control sanitario en una plantación joven de palma de aceite?

El control sanitario en plantaciones jóvenes inicia con la siembra de palmas sanas procedentes del vivero. El control sanitario es básicamente preventivo y los métodos de revisión para la detección de problemas sanitarios deben adaptarse a las condiciones y necesidades de cada plantación. En el caso de plantaciones jóvenes, la revisión sanitaria debe realizarse cada 30 días y en lo posible, palma por palma.

¿Por qué es necesaria la revisión sanitaria en palma adulta?

La presencia de enfermedades destructivas como la pudrición de cogollo y el anillo rojo obligan a realizar en forma permanente esta labor. La revisión sanitaria debe realizarse cada 30 días y en lo posible palma por palma.

Los problemas sanitarios que pueden presentarse son: enfermedades bióticas, enfermedades abióticas y plagas.

¿En qué consiste la revisión sanitaria de las plantaciones?

Para la detección oportuna y posterior manejo de los diferentes problemas sanitarios que pueden afectar a la palma de aceite, es necesario programar y ejecutar un plan de revisión sanitaria basado en la detección oportuna de un posible problema. Para esto, los dos pasos a seguir son:

- **Revisión de lotes.** Para el caso de enfermedades, se hace palma por palma y línea a línea, registrando los casos sospechosos que deberán ser confirmados por el responsable de sanidad de la plantación. La periodicidad de la revisión debe ser mensual o quincenal de acuerdo con disponibilidad de personal.
- **Manejo.** Para enfermedades como anillo rojo, marchitez, mancha anular y pudrición de cogollo, el manejo se efectúa mediante la erradicación oportuna de los casos detectados y aplicando medidas de manejo preventivas que permitan evitar su diseminación y reducir la incidencia de la enfermedad en la plantación. Tales medidas pueden ser: aplicación localizada de fungicidas insecticidas en los tocones y restos de hojas de la palma erradicada, limpieza oportuna de lotes, fertilización balanceada, eliminación de plantas indeseables como gramíneas, establecimiento de plantas hospederas de insectos benéficos, etc.





¿Cuál es la forma adecuada para manejar las poblaciones de insectos plaga de la palma de aceite?

Establecer un plan de revisión sanitaria periódica que permita la oportuna detección de las poblaciones. Igualmente, se debe impulsar una estrategia enfocada hacia el manejo integrado de plagas (MIP) en la que se destacan las siguientes acciones:

1. Reconocimiento de enemigos naturales.
2. Identificación de plantas hospedantes de enemigos naturales.
3. Conocimiento del ciclo de vida, hábitos y dinámica poblacional de cada insecto plaga.
4. Descarte de prácticas de manejo nocivas que favorezcan el desborde de las poblaciones de los insectos plagas.
5. Aplicación de prácticas culturales benéficas a los insectos parásitos y depredadores de insectos plagas.
6. Multiplicación y manejo de microorganismos entomopatógenos (causantes de enfermedades a los insectos plagas).

¿Dentro del grupo de los insectos benéficos, cuáles son de importancia para reducir las poblaciones de insectos plaga de la palma de aceite?

En el agroecosistema conformado por el cultivo de la palma de aceite y otras especies vegetales, se presentan poblaciones de insectos benéficos que se caracterizan por atacar a los insectos plagas, siendo los principales los entomoparásitos y los depredadores.



¿Qué tipo de vegetación natural es importante para el manejo ecológico de insectos plaga en el cultivo de la palma de aceite?

En una plantación de palma de aceite, con el pasar del tiempo se establece una vegetación asociada que puede jugar un papel importante en el manejo de las poblaciones de algunos de los insectos plaga. En este tipo de vegetación existen plantas que se conocen como plantas arvenses cuya presencia no es perjudicial al cultivo y en este caso se identificarían como malezas. Las plantas arvenses benéficas son aquellas que se caracterizan por presentar una alta cantidad de nectarios y por esto resultan atractivos para insectos benéficos como los dípteros (moscas), himenópteros (avispa) y hemípteros (chinches) depredadores o parásitos de insectos plaga. Entre las plantas poseedoras de nectarios se presentan aquellas pertenecientes a las familias de las Malváceas, Solanáceas y Verbenáceas entre otras y que ejercen una fuerte atracción a insectos benéficos.

¿Existen opciones diferentes a la aplicación de insecticidas para reducir las poblaciones de insectos plaga?

Sí. De acuerdo con el tipo de insecto plaga que se presente, se pueden aplicar formulaciones de organismos de acción entomopatógena, es decir, que pueden ocasionar una enfermedad letal al insecto plaga. Entre este tipo de organismos, se destacan la bacteria *Bacillus thuringiensis*, los hongos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y el virus de la polyhedrosis nuclear. Estos organismos son específicos para algunos insectos plaga y sus formulaciones comerciales se encuentran disponibles en el mercado.





¿Qué otras labores de mantenimiento son importantes para la palma de aceite?

Al final de la temporada seca e inicio de las lluvias debe hacerse la limpieza de drenajes para facilitar la evacuación del exceso de agua. El mantenimiento comprende la limpieza de bordes, taludes y piso del drenaje retirando el sedimento y profundizando para que el drenaje quede funcional. La temporada seca se aprovecha para realizar el mantenimiento de vías de acceso, caminos, senderos de cosecha y puentes paso mulares. (figura 32)



Figura 32. Labores de mantenimiento en plantación joven
 a. Limpieza y recaba de drenajes
 b. Limpieza de drenajes naturales
 c. Aporque de materia vegetal en la base de la palma para evitar entrada de plagas y roedores
 d. Aplicación de una capa de raquis vacíos para evitar el ataque de *Sagalassa* y favorecer el desarrollo de raíces

6.2.1. Conceptos sobre cosecha de racimos

¿Qué es una estación de cosecha y qué es un sendero de cosecha?

Las estaciones o plataformas de cosecha son los sitios donde se acopia (amontona) el fruto cosechado mediante la utilización de animales de carga y cuadrillas de cosecha. Si no se realiza alguna construcción especial en concreto o madera, conviene mantener el piso firme y limpio, es decir, libre de malezas, piedras y barro.

Para facilitar la circulación de personal de cosecha y supervisión se hacen senderos por el centro de la calle, cada línea de por medio.

Dadas las condiciones de algunos tipos de suelo, se requiere empalizar el sendero para darle mayor firmeza y facilitar el tránsito de los animales utilizados en la cosecha.

¿En qué consiste el robo de racimos en palma de aceite?

Consiste en cortar los primeros racimos de frutos que produce una palma, procurando no efectuar daño a la hoja que los soporta. Esta labor se realiza hasta que la corona de racimos se sitúa a la altura de la cintura del cortador, alrededor de 48 meses después de la siembra, entonces viene la primera poda que se denomina poda de formación.

¿Cuándo se inicia la cosecha en un cultivo de palma de aceite?

La labor de cosecha se inicia a entre los 18 y los 24 meses después de establecido el cultivo, dependiendo del tipo y origen genético del material y del manejo agronómico aportado al cultivo.





¿Cuánto tiempo transcurre entre la aparición de los primordios florales y la maduración de los racimos?

El proceso de formación de los racimos es paralelo a la formación de las hojas, inician su desarrollo al mismo tiempo. La inflorescencia tarda alrededor de 24 meses para llegar junto con la hoja al estado de flecha; 33 meses hasta la apertura de la flor (antesis) y 39 meses hasta la maduración de los frutos.

¿Se sabe con exactitud cuándo empieza la formación de aceite en los frutos de la palma de aceite?

La acumulación del aceite en la pulpa de los frutos empieza 4 meses después de la polinización de las flores, pero la mayor cantidad se forma entre el 5° y el 6° mes. Una vez se produce la máxima cantidad de aceite, los frutos empiezan a desprenderse del racimo. El momento exacto de la máxima acumulación de aceite en los frutos está entre los 175 y 185 días después de antesis. Cuando el fruto se desprende o cuando el racimo se corta se detiene la producción de aceite.

¿Cómo es la dinámica de formación del fruto en la palma de aceite?

El fruto crece en volumen y peso durante los tres primeros meses de su formación; hasta el tercer mes, el fruto está constituido por tejidos ricos en agua. El crecimiento en volumen continúa hasta el cuarto mes; cuando detiene su crecimiento se inicia la acumulación de sustancias orgánicas que propician el endurecimiento del cuesco. Después del quinto mes ocurre la formación de grasa y glúcidos en la almendra y entre el 5° y el 6° mes en la pulpa.

¿Qué se entiende por madurez del fruto en la palma de aceite?



Madurez es la máxima acumulación de aceite en el fruto y desde luego, en el racimo. Se dice que los frutos están en plena madurez cuando empiezan a desprenderse del racimo.

¿Es cierto que se presenta acumulación de aceite después de cortado el racimo?

Falso.

Cuando el fruto se desprende o cuando el racimo se corta la producción de aceite cesa; la creencia errónea se debe al aumento en el porcentaje de aceite sobre fruto en la medida que éste pierde humedad; en otras palabras, cambian los porcentajes de agua y aceite en el fruto. Si el fruto está por debajo del punto óptimo de maduración, el mesocarpio contendrá menos aceite y por consiguiente más agua; puesto que el contenido de sólidos no grasos será constante.



¿Existe una norma mínima para la cosecha de los racimos?

No existe una norma única que se ajuste a todas las circunstancias, incluso, dentro de la misma plantación. La norma mínima de un solo fruto suelto por racimo, adoptada en varias plantaciones, aumenta la posibilidad de cortar racimos verdes, especialmente en las épocas de baja producción, además los cosecheros pueden confundirse debido a la presencia accidental de un solo fruto suelto. En otras plantaciones se adoptó el criterio de dos frutos sueltos por kilogramo de racimo; el inconveniente de este criterio es que aumentan las posibilidades de cosechar racimos sobremaduros y no es práctico, porque debe estimarse con bastante precisión el peso de los racimos. Se considera que la mínima norma de maduración es cuando se desprenden cinco frutos por racimo, independiente del peso del racimo.

¿En qué consiste un ciclo de cosecha?

Se denomina ciclo de cosecha al período de días que transcurre entre dos cosechas consecutivas en el mismo lote. Así por ejemplo, *un ciclo de ocho días* indica que el lote se cosecha cada ocho días; *un ciclo de quince días* significa que los cosechadores entran al mismo lote cada dos semanas.



¿En qué consiste un ciclo de cosecha?

Se denomina ciclo de cosecha al período de días que transcurre entre dos cosechas consecutivas en el mismo lote. Así por ejemplo, *un ciclo de ocho días* indica que el lote se cosecha cada ocho días; un *ciclo de quince días* significa que los cosechadores entran al mismo lote cada dos semanas.

¿Cuál es el propósito de los ciclos de cosecha?

La programación de la cosecha está orientada a obtener la mayor cantidad de aceite de buena calidad, con utilización eficiente de mano de obra y recursos.

¿De qué dependen los ciclos de cosecha?

Básicamente dependen de los siguientes factores: edad de la palma, material genético, condiciones climáticas, disponibilidad de mano de obra, extensión del predio y comportamiento de la producción.

¿Es verdad que los ciclos de cosecha cortos dan mejores cosechas?

Es posible que los ciclos cortos proporcionen mejores estándares de madurez, pero también aumenta la posibilidad de cortar mayor cantidad de racimos verdes, además, los costos no justifican los ciclos demasiado cortos. En general, los ciclos de cosecha no deben ser demasiado cortos ni demasiado largos porque los grados de madurez variarán dentro del respectivo intervalo; en ciclos largos algunos racimos serán inmaduros, con poco aceite y difíciles de desgranar, otros estarán en su punto óptimo, mientras que aumenta la cantidad de racimos sobremaduros y frutos sueltos en el campo, alargando el tiempo de recolección y aumentando la acidez del aceite.

¿Los ciclos de cosecha son fijos o deben variar a través del año?

Los ciclos de cosecha varían dependiendo del volumen de producción. En picos de máxima producción los ciclos se acortan, los más frecuentes son de 8 a 10 días, mientras que en picos de mínima producción los ciclos de corte se alargan hasta 15 días, en palmas jóvenes se alargan hasta 21 días.

¿Los ciclos de cosecha varían con la edad de la palma?

En palmas jóvenes, hasta los seis años de edad la frecuencia por ciclo de cosecha es de 15 a 21 días, puesto que el bajo volumen de producción no compensa los costos de cosecha. En cultivos mayores de seis años se utilizan con frecuencia ciclos de 8 a 12 días; mientras que en palmas mayores de 15 años la frecuencia de cosecha está entre 10 a 14 días dependiendo de los picos de máxima y mínima producción durante el año.

¿Existen normas prácticas que mejoran la calidad de la cosecha?

Se dice que la cantidad y calidad del aceite también están determinadas por la forma como se realice la cosecha. Se recomiendan las siguientes normas: cortar la menor cantidad de hojas a la palma; no pasar por alto ningún racimo maduro; no cosechar racimos verdes; no dejar frutos sueltos en el campo; en forma rutinaria hacer el control de madurez; no dejar racimos malogrados en la palma.





6.3. Conceptos técnicos sobre la fertilización del cultivo

¿Cuál es el objetivo de la fertilización en palma de aceite y factores tomar en cuenta?

El objetivo es obtener mayor rendimiento de aceite por hectárea con un mínimo de costo, a fin de forma obtener rentabilidad en la inversión. Para alcanzar este objetivo, se deben considerar los siguientes factores técnicos: dosis de aplicación, tipo de fertilizante, época de aplicación, sistema de aplicación.

¿Cuáles son los nutrientes que más requiere la palma de aceite?

La palma de aceite incrementa la extracción de nutrimentos después del primer año de trasplante a sitio definitivo. Los nutrientes más requeridos en orden de importancia por cantidad son:

$K > N > S > Ca > Mg > P > Fe > Mn > Zn > Cu > B$

¿Qué significa dosis de fertilización?

Dosis hace referencia a la cantidad de fertilizante que es necesario aplicar por cada palma o por hectárea para satisfacer sus requerimientos nutricionales. La decisión técnica sobre la cantidad o dosis depende de los siguientes factores: disponibilidad de nutrientes en el suelo, resultado de los análisis de suelos; requerimientos nutricionales por palma o por hectárea, resultado de los análisis foliares de laboratorio; rendimientos obtenidos por el cultivo; rendimientos esperados para el cultivo y eficiencia de la fertilización. La dosis de aplicación puede expresarse de diferentes maneras:

- gramos/palma
- kilos/palma
- toneladas/ha
- kilos/palma/año
- toneladas/ha/año, etc.

¿Cuáles son los requerimientos nutricionales de la palma de aceite?

Los requerimientos nutricionales inciden directamente en la dosificación de fertilizantes para obtener rendimientos económicos. A través de la vida del cultivo, la palma requiere diferentes cantidades y tipos de nutrientes, así por ejemplo, en fase juvenil requiere dosis bajas y el orden de importancia es N-P-K-Mg, mientras que en etapa productiva aumentan las dosis y el orden cambia, K-N-Mg-P.

Generalizando, para obtener 25 toneladas de fruta fresca por ha se requiere de las siguientes cantidades de nutrientes: (tabla 21)

Tabla 21. Absorción de nutrientes (Kg/ha)

Absorción de nutrientes (Kg/ha)				
Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Magnesio	Azufre
190	60	300	100	30
Tomado de Guerrero, R. R. (1993); Fósforo expresado como P ₂ O ₅ ; Potasio expresado como K ₂ O; Magnesio expresado como MgO				

¿Qué es eficiencia de la fertilización?

Es la proporción de fertilizante sobre el total que es utilizado por la palma; se expresa en porcentaje. Esto significa que no toda la cantidad o dosis de fertilizante aplicado es absorbido por el cultivo. Por ejemplo, si de cada 300 kg/ha de potasio aplicados, solo 150 kg son aprovechados por una ha de palma, la eficiencia de la fertilización será del 50%.

¿Cuál es la mejor época del año para aplicar fertilizantes?

Se sabe que la eficiencia de los fertilizantes aumenta cuando la aplicación se hace en el momento que son requeridos con mayor intensidad por el cultivo; sin embargo esto no es posible, sobre todo por tratarse de un cultivo perenne con producciones variables durante toda su vida productiva. En consecuencia, la época de aplicación de fertilizantes en palma de aceite dependerá de otros factores. En las plantaciones colombianas se acostumbra a fraccionar la dosis en dos y tres partes, por lo tanto, la aplicación de fertilizantes se realiza en dos o tres épocas del año, según el caso, más en función del clima, costos y disponibilidad de mano de obra que a la mayor necesidad del cultivo.



¿Cuál es el mejor sistema para aplicar fertilizantes en palma de aceite?

La norma básica es la siguiente: Los fertilizantes deben colocarse donde puedan ser tomados con mayor eficiencia por la palma. En este caso el sistema más apropiado depende de la edad del cultivo; los más utilizados son:

- **Aplicación en corona.** La aplicación se hace en coronas de radio creciente con la edad del cultivo.
- **Aplicación incorporada.** Especialmente cuando se prepara el suelo para la siembra del cultivo, también cuando se prepara el sustrato para viveros
- **Aplicación al voleo.** Se usa cuando la fertilización es mecanizada; la aplicación se realiza al voleo sobre las calles del cultivo.
- **Aplicación en corona al voleo.** Este sistema se usa en fertilizaciones no mecanizadas; en este caso el fertilizante se aplica al voleo alrededor del tallo de la palma, sobre el área de plateo.

¿Cuáles son los métodos más comunes para el diagnóstico nutricional en un cultivo de palma de aceite?

Existen tres métodos por los cuales estimar el estado nutricional de un cultivo de palma de aceite:



1. Análisis de suelos.



2. Análisis de tejidos vegetales, especialmente de folíolos.



3. Diagnóstico visual de deficiencias. Ninguno es suficiente por sí solo; los tres son complementarios. La investigación con fertilizantes, en experimentos conocidos como "superficies de respuesta" de los nutrientes, es el método científico correcto para determinar la necesidad de elementos nutritivos por la planta.

¿En qué consiste el diagnóstico visual?

Consiste en deducir la carencia de un elemento nutricional en la planta con base en la observación de algunos síntomas que caracterizan las deficiencias de cada uno de los nutrientes. El diagnóstico visual es tardío, solo es posible cuando la deficiencia de un elemento ya es un hecho; además son cualitativos, en cambio los análisis de suelos y foliares pueden ser preventivos si se realizan con regularidad y a tiempo.

¿En qué consisten los análisis foliares?

Los análisis foliares consisten en cuantificar el contenido de elementos nutritivos en la materia seca de los folíolos de las hojas y por extensión en toda la palma. Indican específicamente cuáles elementos y en qué cantidad han sido absorbidos por la planta independiente de la naturaleza y del tipo de suelo donde se encuentre el cultivo; sin embargo, no sirven para determinar las causas de las deficiencias nutricionales.

¿En qué consisten los análisis de suelos?

Los análisis químicos de suelos consisten en analizar el contenido de elementos nutricionales de un lote de terreno con base en una muestra de suelos tomada a diferentes profundidades del perfil del suelo. Sirven para cuantificar la presencia de cada uno de los elementos esenciales para el desarrollo de la planta; además indica las diferentes interacciones entre elementos. Proporcionan indicios de las causas por las cuales algunos elementos nutritivos no pueden ser absorbidos por la planta a pesar de estar en cantidades suficientes en el suelo. Son básicos para determinar las áreas aptas para el establecimiento del cultivo, es decir para la zonificación del cultivo.

¿Por qué se deben utilizar los tres métodos para el diagnóstico nutricional?

Para evitar interpretaciones erradas. Los síntomas visuales de deficiencias proporcionan indicios de alguna deficiencia, pero solo aparecen en caso de deficiencias severas, además son subjetivos, no cuantifican. Los análisis de suelos indican la clase y cantidad de nutrientes disponibles en el suelo, mientras que los análisis foliares indican la clase y cantidad de elementos absorbidos por la planta.



¿Cuál es la función del nitrógeno en la palma de aceite?

El **nitrógeno (N)** es necesario para la síntesis de clorofila, forma parte de esta molécula, por lo tanto participa en el proceso de fotosíntesis. La falta de N y clorofila significa que el cultivo no utiliza la luz del sol como fuente de energía para llevar a cabo funciones esenciales como la absorción de nutrientes. El N es también un componente de las vitaminas, ácidos nucleicos y proteínas. Aumenta el crecimiento y desarrollo de todos los tejidos vivos.

¿Cómo se manifiestan los síntomas de deficiencia de nitrógeno en la palma de aceite?

Antes de la aparición de los síntomas característicos de la deficiencia de N, ocurre una reducción en el tamaño de hojas y folíolos, los folíolos se angostan con los márgenes enrollados dando la apariencia de mayor distancia entre folíolos. El limbo de los folíolos se opaca, tornándose verde pálido. El amarillamiento progresivo inicia en las hojas jóvenes luego avanza a las hojas adultas es el síntoma característico de la deficiencia de N en la palma.



Figura 33. Hoja de palma joven con síntomas de deficiencia de Nitrógeno.

Los síntomas son similares en plantas de vivero y en plantas jóvenes; solo en casos extremos se manifiesta la condición de deficiencia en las palmas adultas. La evolución de los síntomas termina en la necrosis de los folíolos. El amarillamiento también afecta y es visible en las nervaduras y en el raquis de las hojas. Los síntomas de deficiencia de N están asociados con suelos saturados por agua, por lo cual, un buen drenaje ayuda a corregir las deficiencias de este elemento nutritivo; también están asociados con la presencia de gramíneas por su habilidad para extraer N del suelo. (figura 33)

¿Cuál es la función del fósforo en la palma de aceite?

El **fósforo (P)** es uno de los nutrientes esenciales para el crecimiento de la palma de aceite. Sus funciones no pueden ser ejecutadas por ningún otro nutriente. La concentración total de P en los cultivos varía de 0,1 a 0,5 %. A través de reacciones químicas que se realizan en la planta, el P se incorpora a compuestos orgánicos como ácidos nucleicos (ADN y ARN), fosfoproteínas, fosfolípidos, enzimas y compuestos fosfatados ricos en energía, como la adenosina trifosfato (ATF). El P participa en todos los procesos que requieren transferencia de energía en la planta. Los fosfatos de alta energía, ADF y ATF, son la fuente de energía que empuja una multitud de reacciones químicas esenciales para la planta. Un bajo suministro de P puede reducir el tamaño, número y viabilidad de las semillas.

¿Cómo se manifiestan los síntomas de deficiencia de fósforo (P) en la palma de aceite?

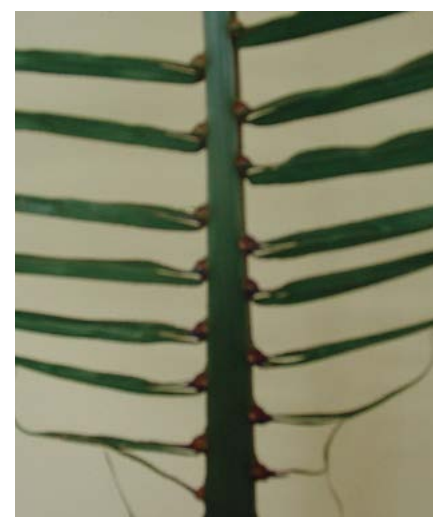


Figura 34. Hoja de palma joven con los pulvínulos de color violáceo, síntoma de deficiencia de Fósforo.

Síntomas de deficiencia de P no se observan con facilidad en palma de aceite; el principal síntoma es una reducción general del vigor de la planta, acompañado de una leve clorosis. En las hojas viejas se presenta una necrosis de los folíolos terminales y manchas necróticas oscuras; las hojas presentan coloración oscura, que varía de verde oliva a verde azulado. En palmas con síntomas agudos de deficiencia de P, a veces se purpurean los pulvínulos y las bases de los folíolos que marcan el inicio del raquis en las hojas (falsos folíolos). En las palmas adultas puede suceder el secamiento prematuro de las hojas bajas. (figura 34)

¿Cuál es la función del potasio (K) en la palma de aceite?

El K es necesario para casi todas las funciones metabólicas de la palma, como fotosíntesis, equilibrio de la respiración, síntesis de proteínas, metabolismo del nitrógeno y traslocación de los hidratos de carbono. El K es importante en el control del agua en la planta y en la tasa de asimilación de CO₂. La principal función del K es activar varios sistemas enzimáticos.



¿Cómo se manifiestan los síntomas de deficiencia de potasio en la palma de aceite?

La deficiencia de K se manifiesta de 3 maneras diferentes: la primera, consiste en una decoloración de los márgenes de los folíolos en las hojas más viejas, hasta un color amarillo pálido, sin llegar al amarillo anaranjado característico de la deficiencia de magnesio. La segunda, es la más característica de la deficiencia de K, corresponde a la presencia de manchas amarillas o anaranjadas que se inician con el desarrollo de puntos irregulares de color amarillo pálido en los folíolos de las hojas viejas; los puntos se juntan y se vuelven necróticos. La tercera es la menos frecuente, se caracteriza porque los folíolos del extremo de las hojas jóvenes de la palma se tornan de color marrón opaco uniforme. (figura 35)



Figura 35. Síntomas de deficiencia de Potasio. Foliolos con pecas de color naranja distribuidas a lo largo de la lámina foliar.

¿Es cierto que la presencia de una banda blanca en algunos folíolos es otro síntoma de deficiencia de potasio?

No está demostrado científicamente. La presencia de una banda blanca (amarillo pálido) a lado y lado de la nervadura central en alguno de los folíolos siempre se la asocia con un síntoma típico de la deficiencia de boro; sin embargo, algunos estudios permiten asociar la presencia de banda blanca con un desbalance en la relación nitrógeno-potasio, causado por exceso de fertilización nitrogenada; cuando esto ocurre siempre está presente otros de los síntomas de deficiencia de boro, por esto la confusión.

¿Cuál es la función del magnesio (Mg) en la palma de aceite?

Entre las funciones del Mg las más importantes son: componente central de la molécula de clorofila y por tanto esencial para la fotosíntesis. Activador de varios procesos enzimáticos vinculados al metabolismo de los carbohidratos y la síntesis de ácidos nucleicos. Fomenta la absorción y la traslocación del fósforo. Ayuda al desplazamiento de los azúcares dentro de la planta.

¿Cómo se manifiestan los síntomas de deficiencia de magnesio en la palma de aceite?

La deficiencia de Mg se manifiesta por una decoloración uniforme del verde normal hacia un amarillo vivo o amarillo anaranjado que aparece sobre los folíolos de las hojas más viejas; en los extremos de los folíolos empieza una necrosis, iniciando con un color rojizo y finalizando en un color pardo totalmente seco. La parte del limbo de la hoja que rodea la nervadura de los folíolos permanece verde. La decoloración ocurre solo en los folíolos más expuestos al sol, por esto el efecto de sombra es el signo más característico de la deficiencia de Mg. Consiste en que las partes de los folíolos y los folíolos bajo sombra conservan el color verde, es decir no se amarillan. Los síntomas de deficiencia de Mg se presentan en tres niveles de la palma: (figura 36)



1. En las hojas bajas.
2. En las puntas de los folíolos, permaneciendo verdes las bases cercanas al raquis de la hoja.
3. En los bordes de los folíolos, permaneciendo verde la parte adyacente a la nervadura del folíolo.

Figura 36. Los síntomas de deficiencia de Magnesio se presentan en tres niveles de la planta
a. Coloración amarilla y luego amarillo rojizo en los bordes de los folíolos
b. Coloración amarilla y luego amarillo rojizo en los ápices de los folíolos; en conjunto el amarillamiento se nota en los bordes de la hoja
c. Amarillamiento de las hojas del tercio inferior de la palma



¿Cuál es la función del calcio (Ca) en la palma de aceite?

Entre las funciones del Ca están: es constituyente de las paredes celulares en forma de pectato cálcico, necesario para la división celular. Contribuye a la estabilidad de las membranas de la célula, mantiene la estructura de los cromosomas. Activa las enzimas fosfolipasa, arginasa, quinasa, trifosfato de adenocina. Actúa como agente desintoxicante al neutralizar los ácidos orgánicos de la planta.

¿Cómo se manifiesta la deficiencia de calcio en la palma de aceite?

La deficiencia de Ca es difícil de notar en las plantaciones, porque aún los suelos más pobres aportan la cantidad necesaria para el desarrollo de la planta. Se reportan los siguientes síntomas: presencia de hojas juveniles anormales, cortas; folíolos con limbos estrechos. En las hojas más viejas, una parte del limbo se enconcha o se curva, alterando la apariencia normal del folíolo. El crecimiento radicular se afecta notablemente; se produce pudrición en las raíces.

¿Cuál es la función del boro (B) en la palma de aceite?

Entre los elementos menores, el B es el de mayor importancia para el crecimiento de la palma; afecta las actividades de algunas enzimas. Aumenta la permeabilidad en las membranas, por lo tanto, facilita el transporte de carbohidratos. Participa en la síntesis de la lignina, por ende en la formación de la pared celular. Esencial para la división celular. Está asociado a la absorción del calcio y regula la relación potasio/calcio en las plantas. Esencial para la síntesis de proteínas.



¿Cuáles son los síntomas de deficiencia de boro en la palma de aceite?



El B es polimórfico en la presentación de síntomas. Es el elemento que presenta mayor cantidad de signos visibles en la planta, los más comunes son: punta de los folíolos en forma de gancho; folíolos con punta de bayoneta; arrugamiento transversal de los folíolos; folíolos corrugados; presencia de una banda blanca (en realidad es amarillo pálido) en uno o más folíolos. Reportan que la banda blanca aparece cuando el contenido de B en los folíolos es menor de 8 partes por millón; hojas terminadas en un par de folíolos anchos, por lo cual se los llama folíolos en forma de orejas de conejo; presencia de una cerda larga al final del raquis de la hoja; acortamiento de las hojas jóvenes y flechas; doblamiento abrupto de hojas jóvenes, flechas y meristemo hacia la derecha o izquierda de la palma, es como si la palma se retorciera sobre su eje central. Con excepción de la banda blanca, el resto de síntomas aparecen cuando el contenido de B es menor de 2 partes por millón de la materia seca del folíolo. (figura 37)



Figura 37. El Boro presenta diferentes síntomas de deficiencia en la planta
 a. Puntas de los folíolos en forma de gancho
 b. Del ápice del folíolo cuelga un hilo o trozo de lámina foliar
 c. Corrugado de la lámina foliar
 d. Banda blanca y un hilo en el ápice del raquis, entre los dos folíolos terminales
 e. Corrugado, hilo y gancho
 f. Bandas blancas paralelas. Estas bandas también están asociadas con desbalance nutricional



¿De las interacciones entre nutrientes, cuáles son las más importantes para la palma de aceite y qué significa cada una?

Los resultados de investigaciones presentan evidencias que los nutrientes aplicados al suelo en diferentes fuentes, dosis y frecuencias, interaccionan y compiten con respecto a la mecánica y a la dinámica de absorción de cada uno de ellos. Las principales son:

- **Nitrogeno - Calcio:** A mayor concentración de N en la hoja habrá menor concentración de Ca. Aplicaciones de N disminuyen el contenido de Ca y Mg.
- **Nitrogeno - Fósforo:** El contenido de P influye positivamente sobre el contenido de N y viceversa. La relación $N/P = 16$ significa que el nivel crítico del P está en función del N.
- **Potasio - Calcio - Magnesio:** Incrementos de K mejoran la absorción de Ca y Mg. La sumatoria de K-Ca-Mg debe ser igual al 2% de la materia seca de la hoja. De este 2% el contenido de K corresponde al 67%, el contenido de Ca es igual al 20%, mientras que el Mg corresponde al 13% restante. Un detalle importante es que pueden presentarse antagonismos entre el K con los otros dos elementos; una deficiencia de K se traduce en un exceso de Ca o Mg, mientras que un exceso de K en una deficiencia de Ca o Mg.
- **Fósforo - Calcio - Potasio:** La fertilización con P causa un incremento en el contenido foliar de Ca, pero reduce el contenido de K. La aplicación simultánea de P y K causa reducción en el contenido foliar de Mg por debajo del nivel crítico.



6.3.1. Bases técnicas para el diagnóstico foliar de la fertilidad

¿Cuáles son los objetivos del muestreo foliar en palma de aceite?

Las muestras de folíolos, después de analizadas en laboratorio, proporcionan una idea del estado nutricional de un determinado lote de palmas de la plantación; sirven de guía para programar la fertilización del cultivo, además ayudan a decidir la clase y cantidad de fertilizantes que debe aplicarse para manejar adecuadamente el cultivo.

¿En qué consisten los análisis foliares?

Los análisis foliares consisten en cuantificar el contenido de elementos nutritivos en la materia seca de los folíolos de las hojas y por extensión en toda la palma. Indican específicamente cuales elementos y en que cantidad han sido absorbidos por la planta independiente de la naturaleza y del tipo de suelo donde se encuentre el cultivo; sin embargo, no sirven para determinar las causas de las deficiencias nutricionales.

¿Cuáles son los niveles críticos de elementos nutricionales en las hojas de la palma de aceite?

En Colombia no se han realizado investigaciones para determinar los niveles críticos de elementos nutritivos para el cultivo de la palma de aceite, que involucren las diferentes condiciones de suelo y clima, tipo de materiales y edad de la palma. Los niveles críticos tomados como referencia en Colombia fueron determinados para algunas de las condiciones de Malasia y Nigeria: (tabla 22)

Tabla 22. Niveles críticos de nutrientes según la edad de la palma.

Número de la hoja	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	B ppm
1	2,8	0,22	1,70	0,50	0,25	---
9	2,7	0,16	1,25	0,50	0,23	---
17	2,5	0,15	1,00	0,60	0,24	8



¿Qué se entiende por nivel crítico de un elemento nutritivo en palma de aceite?

Un nivel crítico de un determinado nutriente es el contenido o la proporción de dicho elemento con relación a la materia seca de los folíolos, expresado en porcentaje o en partes por millón, por debajo del cual se considera que existe deficiencia del elemento, por ejemplo, el nivel crítico de N en la hoja 17 es 2,5%. Cualquier resultado por debajo de este valor indica deficiencia de N.

¿Con qué frecuencia debe hacerse el muestreo foliar para análisis de laboratorio?

Por tratarse de un cultivo perenne la frecuencia mínima de muestreo debe ser una vez por año. Las muestras se toman en el mismo período de cada año, preferiblemente en verano porque es la época de menor actividad en la plantación, además hace más cómodo el trabajo.

¿Las muestras de folíolos se pueden tomar en cualquier hora del día?

No, más por eficiencia y práctica que por cualquier otra razón, las muestras de folíolos se colectan en horas de la mañana y se preparan en la tarde. Se recomienda no tomar muestras después de una noche de lluvias intensas.

¿Qué es una unidad de muestreo foliar en un cultivo de palma de aceite?

Es un lote de palma de aceite, que se diferencia de otros lotes de la misma finca por alguna cualidad, por ejemplo, pendiente del terreno, tipo de suelo, edad de la palma, tipo de material, origen genético del material, divisiones naturales o artificiales, etc. De cada unidad de muestreo se toma una muestra de 100 folíolos.

¿Cuánta área de la plantación representa una muestra de folíolos?

En plantaciones grandes, menores de 3 años, una muestra representa a 30 hectáreas y hasta 50 hectáreas en cultivos mayores. Esto significa que de las 30 o 50 hectáreas, según sea el caso, se toma una muestra de 100 folíolos, procedentes de 25 palmas (cuatro folíolos por palma).

¿Este mismo criterio se puede aplicar en plantaciones medianas y pequeñas?

No. Este criterio no se puede aplicar en plantaciones medianas y pequeñas, principalmente en la zona occidental, donde las plantaciones están ubicadas en terrenos ondulados, con lotes predominantemente pequeños y de forma irregular (no rectangulares como en las plantaciones planas).

¿Entonces, en una plantación pequeña cual es la unidad de muestreo?

En pequeñas y medianas plantaciones, las unidades de muestreo también obedecen a criterios, como: edad del cultivo, tipo de material, procedencia del material, divisiones naturales en la plantación, tipo de suelo, pendiente del terreno; que determinan unidades homogéneas. Según estos criterios, una plantación pequeña de la zona occidental puede tener más de una unidad de muestreo. Por ejemplo, si una finca de 10 hectáreas fue sembrada en 2 años, cinco hectáreas con diferente material por año, entonces en esta finca la unidad de muestreo es de cinco hectáreas. Independiente del tamaño de las plantaciones, estas se dividen en unidades de muestreo homogéneas.

¿Cómo se conforma una muestra?

Como se mencionó antes, una muestra se conforma con 100 folíolos tomados de 25 palmas, cuatro folíolos de cada palma, del mismo lote o unidad de muestreo. En plantaciones con lotes irregulares, es difícil encontrar una norma común para seleccionar las 25 palmas.





¿Cómo seleccionar las 25 palmas de una muestra en plantaciones grandes?

En plantaciones grandes, con lotes homogéneos mayores de 20 hectáreas, las palmas a muestrear se ubican usando la fórmula que sigue:

$$\text{Frecuencia de hileras donde muestrear} = (\text{Número total de hileras del lote}/25)$$

El resultado indica la frecuencia de hileras donde se debe seleccionar una palma para tomar de ella 4 folíolos. Por ejemplo, si un lote tiene 125 hileras, aplicando la fórmula ($125/25 = 5$) indica que cada 5 hileras debe seleccionarse una palma. Además, debe aplicarse el criterio del zigzag, es decir, la primera palma se toma cerca de uno de los bordes del lote en la quinta hilera; la segunda en el centro de la otra hilera correspondiente (10ª hilera); la tercera cerca al borde opuesto de la hilera correspondiente (15ª hilera) y así hasta completar los 25 palmas.

¿Cómo seleccionar 25 palmas de una muestra en plantaciones pequeñas?

En plantaciones pequeñas con lotes irregulares, es difícil encontrar una norma común para seleccionar las 25 palmas. En este caso se recomienda levantar un plano de cada unidad de muestreo o lote y sobre el plano seleccionar las 25 palmas usando la fórmula que sigue, de tal forma que queden bien distribuidas, en lo posible en zigzag.

$$\text{Frecuencia de palmas a muestrear} = (\text{Número total de palma}/25)$$

Dividir el número total de palmas del lote entre 25; el resultado indica con que frecuencia debe seleccionarse una palma, por ejemplo: un lote de 5 hectáreas, sembrado a 9 metros en triángulo contiene 715 palmas, por lo tanto, $(715/25) = 28$. El resultado indica que en el lote del ejemplo debe muestrearse una palma cada 28 palmas. Para facilitar el trabajo la selección de palmas se realiza sobre el plano de siembra, enumerando en forma continua de 1 a 28 hasta agotar todas las palmas, resaltando aquellas que correspondan al número 28. El operario lleva al campo un listado de las 25 palmas seleccionadas en el plano, ubicadas por hileras y sitio de muestreo.

¿Cómo es el listado de palmas que sirve de guía al operario que recolecta las muestras?

El personal que toma las muestras foliares únicamente debe llevar al campo un listado con la identificación de las 25 palmas seleccionadas. Cada palma se identifica con 4 dígitos; los dos primeros indican el número de la hilera y los dos últimos indican la posición de la palma dentro de cada hilera; por ejemplo, la palma identificada como 1218 será aquella que ocupa el lugar 18 dentro de la hilera 12. Si una de las palmas seleccionadas en el plano coincide con alguna palma no apta para ser muestreada, entonces esta palma se sustituye por la siguiente que cumpla con los requisitos.

¿Es necesario repetir el proceso de selección de palmas cada año?



No es necesario. Por el contrario, se recomienda tomar las muestras sobre las mismas palmas cada año, con el propósito de hacer un seguimiento a la evolución de los niveles de fertilidad tanto en el suelo como en la planta y la forma más sencilla para asegurar esto, además del plano, es marcando con pintura las hileras del lote y las 25 palmas muestreadas.

¿Qué tipo de palmas son aptas para muestreo foliar?

Únicamente se deben seleccionar aquellas palmas que reúnan los siguientes requisitos:

- Palmas de apariencia sana
- Palmas en competencia completa, es decir, que estén rodeadas por 6 palmas
- Palmas sin problemas fitosanitarios (sin enfermedades o plagas)
- Palmas productivas o por lo menos con floración masculina
- Palmas retiradas de los bordes del lote, canales de drenaje o carreteras



¿Qué tipo de palmas no son aptas para muestreo foliar?

Se recomienda no tomar muestras de las siguientes:

- Palmas estériles
- Palmas sembradas
- Palmas con problemas fitosanitarios (con enfermedad o plaga)
- Palmas ubicadas en el borde del lote, junto a un camino o carretera
- Palmas ubicadas en espacios abiertos
- Palmas ubicadas antes o después de una palma muerta o espacio vacío

¿Cuál es la hoja apropiada para tomar los 4 folíolos?

En palmas menores de 3 años el diagnóstico foliar se realiza con base en los folíolos de la hoja 9; en palmas mayores de 3 años los folíolos se toman de la hoja 17 y en palmas de vivero el muestreo foliar se hace sobre la hoja No. 3.

¿Cómo se identifica la hoja de muestreo?

El procedimiento es el siguiente:

- Una vez elegida la palma de la cual se va a tomar la muestra, se procede a identificar la hoja No. 1, que es aquella más cercana a la flecha, que tiene por lo menos el 50% de los folíolos completamente abiertos.
- Parándose justo detrás del pecíolo de la hoja 1 se identifica si la palma es derecha o izquierda. Una palma será derecha cuando las espirales bajan al suelo de izquierda a derecha y será izquierda cuando las espirales bajan al suelo de derecha a izquierda. Las convenciones de palma derecha o izquierda utilizadas aquí, no corresponden a la dirección filotáctica de crecimiento; solo se usan para facilitar la identificación de las hojas 9 y 17.

- Si la palma es derecha, la hoja 9 está situada debajo y a la derecha de la 1 y la hoja 17 debajo y a la derecha de la 9. Si la palma es izquierda la hoja 9 está situada debajo y a la izquierda de la 1 y la 17 debajo y a la izquierda de la 9.
- En palmas demasiado altas el procedimiento es el mismo, solo que el observador identifica la hoja No. 17, situándose a 10 o 15 metros de distancia de la palma a muestrear.

¿Cómo se realiza la toma de los folíolos?

En palmas de 3 a 10 años de edad no es necesario cortar la hoja para tomar los folíolos. En este caso la hoja seleccionada se agobia con la mano o con un gancho hasta cortar los 4 folíolos. La hoja seleccionada se divide imaginariamente en 3 partes iguales. Los 4 folíolos se toman de la parte central de la hoja, tomando dos folíolos a cada lado del raquis, uno del plano superior y uno del plano inferior. En palmas demasiado altas, los folíolos se pueden tomar cortando la hoja 17 y haciendo el muestreo en el suelo; también usando una vara larga de aluminio con un cuchillo en la punta para cortar los folíolos sin cortar la hoja.

¿Cómo se identifican las muestras en el campo?

La identificación correcta de cada una de las muestras empieza desde que se toman de la palma hasta que se envían al laboratorio. En una bolsa de polietileno suficientemente larga, se introducen sin doblar los 100 folíolos de las 25 palmas muestreadas. También se introduce una etiqueta de cartón con los siguientes datos: fecha, identificación del lote, número consecutivo de la muestra y número de la hoja muestreada.





¿Cómo se realiza la preparación para el secado de las muestras?

La preparación de las muestras se realiza en un lugar cómodo, bajo sombra, inmediatamente después del trabajo de campo, generalmente en horas de la tarde. El sitio debe contar con una mesa o mesón, también se debe disponer de agua destilada, agua potable de bolsa o agua de lluvia, para limpiar los folíolos. El procedimiento es el siguiente:

- Los 100 folíolos se sujetan con una mano y con un cuchillo bien afilado se cortan los extremos, conservando únicamente entre 10 y 15 cm de la parte central.
- Cada una de las partes conservadas se limpian con un algodón humedecido en agua destilada, para remover el polvo y otras sustancias extrañas que puedan alterar los resultados del análisis.
- De cada fragmento se eliminan los bordes y la nervadura central, quedando como resultado 2 partes de folíolo más o menos iguales. Una parte se coloca en un recipiente y la otra en otro recipiente, formando así dos grupos llamados muestra y contra muestra.

¿Cómo se realiza el secado de las muestras?

El secado de las muestras se realiza en un horno eléctrico a 75°C de temperatura durante 12 horas. Por seguridad, las muestras y contramuestras se secan por separado; si es posible se usan dos hornos, uno para muestras y otro para contramuestras. Cada muestra de folíolos se coloca en una bandeja de aluminio dispuesta en una capa delgada para conseguir un secado uniforme. Debajo de los folíolos se coloca la etiqueta de identificación; además, en uno de los bordes de la bandeja se coloca cinta de enmascarar con la identificación respectiva.



¿Cómo se empacan las muestras para enviar al laboratorio?

Las muestras procesadas se colocan dentro de una bolsa plástica con su respectiva etiqueta de identificación con los siguientes datos:

- Nombre de la finca o plantación
- Tipo de material
- Origen del material
- Fecha de muestreo
- Número de la muestra
- Identificación del lote o unidad de muestreo
- Número de hectáreas de la unidad de muestreo
- Identificación de la hoja muestreada
- Edad de las palmas

Después de empacadas, las muestras se envían al laboratorio para el análisis respectivo; las contramuestras se guardan hasta recibir los resultados de las primeras, reemplazarán a la muestra en caso de pérdida evitando así un nuevo muestreo en campo.

¿Quién interpreta los resultados de un análisis foliar?

El laboratorio que analiza las muestras está en la obligación de interpretar los resultados del análisis, por lo tanto, para obtener una buena recomendación por parte de personal técnico calificado, es necesario que en la carta remisoría se incluya la siguiente información adicional:

- **Antecedentes del lote:** Bosque, pastos, otros cultivos.
- **Prácticas culturales:** Mantenimiento, cobertura del suelo.
- **Características de la plantación:** Topografía del terreno, tipo de suelo y drenaje.
- **Fertilización:** Fertilizantes aplicados durante los últimos 3 años.
- **Rendimientos obtenidos.**
- **Estado sanitario:** Plagas, enfermedades y tratamientos efectuados.



6.3.2. Bases técnicas para los análisis químicos de suelos

¿Qué se entiende por fertilidad del suelo?

Es la capacidad del suelo para suministrar nutrientes al cultivo; es uno de los principales factores a tomar en cuenta para definir la dosis de fertilizante. Técnicamente hace referencia a la disponibilidad de nutrientes en el suelo, por lo tanto la fertilidad se conoce a través de los análisis químicos de suelos.

¿En qué consisten los análisis de suelos?

Los análisis químicos de suelos consisten en analizar el contenido de elementos nutricionales de un lote de terreno con base en una muestra de suelos tomada a diferentes profundidades del perfil del suelo. Sirven para cuantificar la presencia de cada uno de los elementos esenciales para el desarrollo de la planta; además, indican las diferentes interacciones entre elementos. Proporcionan indicios de las causas por las cuales algunos elementos nutritivos no pueden ser absorbidos por la planta a pesar de estar en cantidades suficientes en el suelo. Son básicos para determinar las áreas aptas para el establecimiento del cultivo, es decir, para la zonificación del cultivo.



¿Con qué frecuencia se deben tomar muestras de suelos para análisis de laboratorio?

Las muestras de suelos se toman al mismo tiempo que las muestras foliares, una vez por año, preferiblemente en la época de menor actividad en la plantación, que coincide con la época de verano.

¿Las muestras se pueden tomar en cualquier hora del día?

No. Para evitar acumulación de muestras de suelo húmedas, el muestreo de suelos se hace en horas de la mañana y se preparan en la tarde.

¿La unidad de muestreo para suelos es la misma unidad de muestreo foliar?

Sí. Siempre debe ser la misma, por lo tanto, la unidad de muestreo es un lote de palma de aceite que se diferencia de otros lotes de la misma plantación por alguna cualidad, por ejemplo, pendiente del terreno, tipo de suelo, edad de la palma, tipo de material, divisiones naturales o artificiales, etc. De cada unidad de muestreo se toma una muestra compuesta por 25 submuestras.

¿Cuánta área de la plantación representa una muestra de suelos?

Igual que en el muestreo foliar, en plantaciones menores de 3 años, una muestra puede representar hasta 30 hectáreas y hasta 50 hectáreas en cultivos mayores. Esto significa que de las 30 o 50 hectáreas, según sea el caso, se toma una muestra compuesta por 25 submuestras, procedentes de 25 sitios de muestreo. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que una plantación pequeña de la zona occidental puede tener más de una unidad de muestreo por su topografía ondulada.

¿Cómo se conforma una muestra de suelos?

Una muestra se conforma con 25 submuestras tomadas de 25 sitios dentro de la unidad de muestreo. Justo frente a cada palma donde se tomó una submuestra foliar.

¿Cómo seleccionar las 25 submuestras dentro unidad de muestreo?

Como se mencionó en una pregunta anterior, las muestras de suelos se toman al mismo tiempo que las muestras foliares, por lo tanto, la metodología de muestreo de suelos se debe ajustar al muestreo foliar. En este caso, las 25 submuestras de suelos se toman fuera del área de plateo, justo al frente en sentido perpendicular de cada una de las 25 palmas de donde se obtuvieron las submuestras de folíolos.





¿Es necesario repetir la selección de sitios de muestreo cada año?

No es necesario. Por el contrario, se recomienda tomar las muestras frente a las mismas palmas cada año, con el propósito de hacer un seguimiento a la evolución de los niveles de fertilidad tanto en el suelo como en la planta y la forma más sencilla para asegurar esto, además del plano, es marcando con pintura las hileras del lote y las 25 palmas muestreadas.

¿Cómo se recolecta cada muestra de suelos?

Frente a cada palma seleccionada para muestreo foliar, se delimita un metro cuadrado de terreno fuera del área de plateo; se procede a retirar toda la vegetación hasta dejar el suelo descubierto; luego con un barreno se procede a tomar la submuestra de suelo hasta la profundidad deseada, por lo general de 0 a 30 cm de profundidad y de 30 a 60 cm. En algunas plantaciones toman dos submuestras en cada sitio de muestreo, una de 0 a 30 cm de profundidad y otra de 30 a 60 cm de profundidad. Así hasta completar las 25 submuestras que conforman una muestra.

Cuando no se dispone de barreno, se utiliza una pala plana de 25 a 30 cm de largo por 15 a 20 cm de ancho. En este caso, después de retirar la vegetación se procede de la siguiente forma:

- Realizar un hueco de sección rectangular, hasta la profundidad deseada.
- En una de las paredes del hueco se corta desde la superficie hasta el fondo, una rebanada de suelo de unos 3 a 5 cm de espesor. Esta rebanada de suelo debe salir adherida a la superficie de la pala.
- Con un machete se retiran los extremos laterales de la rebanada, hasta dejar una porción rectangular de 3 a 5 cm de ancho por 30 cm del largo de la pala. Esta submuestra se deposita dentro de un balde.
- Luego se repiten estas acciones hasta completar las 25 submuestras dentro del mismo balde.

¿Cómo se preparan las muestras de suelo para enviarlas al laboratorio de análisis químico?

La preparación de las muestras se realiza en un lugar cómodo, bajo sombra, inmediatamente después del trabajo de campo. El sitio debe contar con un patio o un salón donde secar las muestras. El procedimiento es el siguiente:

- Las 25 submuestras de cada balde se depositan sobre unos recipientes planos, bandejas de aluminio o simplemente sobre pliegos de polietileno transparente. Se extienden sobre el plástico y se dejan el tiempo suficiente hasta que estén completamente secas.
- Una vez secas se procede a pulverizarlas con un rodillo de madera. Se aprovecha la ocasión para eliminar piedras y restos vegetales, tamizando el suelo en zarandas de malla con hueco fino. Luego se procede a revolver el suelo hasta homogenizar la muestra (las 25 submuestras quedan reducidas a una muestra homogénea de suelo).
- De cada muestra se toma al azar 500 gramos de suelo. Se introduce en bolsas de plástico, se etiquetan y quedan listas para enviarlas al laboratorio.

¿Cómo se etiquetan las muestras para enviarlas al laboratorio?

La etiqueta de identificación contiene los siguientes datos:

- Nombre de la finca, plantación
- Tipo de cultivo
- Fecha de muestreo
- Número de la muestra
- Identificación del lote o unidad de muestreo
- Número de hectáreas de la unidad de muestreo
- Profundidad de muestreo

Las muestras están listas para enviarlas al laboratorio para los análisis químicos respectivos. Una copia de las muestras se guarda hasta recibir los resultados de las primeras en caso de pérdida, evitando así un nuevo muestreo en campo.



¿Quién interpreta los resultados de los análisis de suelos?

El laboratorio que analiza las muestras está en la obligación de interpretar los resultados de los análisis, por lo tanto, para obtener una buena recomendación por parte de personal técnico calificado, es necesario que en la carta remisoría se incluya la siguiente información adicional:

- **Antecedentes del lote:** Bosque, pastos, otros cultivos.
- **Prácticas culturales:** Mantenimiento, cobertura del suelo.
- **Características de la plantación:** Topografía del terreno, tipo de suelo y drenaje.
- **Fertilización:** Fertilizantes aplicados durante los últimos 3 años.
- **Rendimientos obtenidos.**
- **Estado sanitario:** Plagas, enfermedades y tratamientos efectuados.



6.4. Criterios sobre polinización asistida en palma de aceite¹

¿Cuál es el sistema natural de polinización de la palma de aceite?

La polinización cruzada es el sistema de fecundación natural de la palma de aceite. Técnicamente se dice que la palma es una especie alógama, esto quiere decir, que una palma en ciclo femenino necesita el polen de otra palma en ciclo masculino para que se produzca la fecundación y posterior formación del fruto.

¿Cuál es el mecanismo de polinización que predomina en la palma de aceite?

Como la palma de aceite es una especie de polinización cruzada natural, requiere un mecanismo que permita transportar el polen desde una palma en ciclo de floración masculina hasta una palma en ciclo de floración femenina, siendo el más predominante el entomófilo, donde los insectos transportan el polen y sigue en importancia el sistema anemófilo, cuando el viento es el que transporta el polen.

¿Cuáles son los factores externos a la palma que causan baja polinización en una plantación comercial?

Entre los principales están: lluvia, humedad de las espigas de la inflorescencia y del polen, baja ventilación o circulación del aire, presencia de arvenses altas en las calles, sombra que impide la movilización de los insectos polinizadores, escasez de insectos polinizadores, plagas y enfermedades que causan pudriciones de las inflorescencias.



¹ Ver polinización asistida de los híbridos interespecíficos *E. oleifera* x *E. guineensis*. Sección III, numeral 12.



¿Cuáles son los factores propios de la palma que causan baja polinización en una plantación comercial?

Alta densidad de hojas, largo de las hojas, entrecruzamiento de las hojas (causan sombra), proporción de sexos mayor de 0,8 (alto porcentaje de palmas en ciclo femenino y bajo porcentaje en ciclo masculino), esterilidad del polen, maduración anormal de las inflorescencias femeninas, maduración desuniforme de las inflorescencias masculinas (los insectos polinizadores atraídos por el olor del polen de las flores abiertas, causan daño al resto de las flores antes que estas inicien la liberación de polen).

¿Cuáles características indican la necesidad de polinización asistida en palma de aceite?

Algunos indicadores que evidencian la necesidad de aplicar polen en una plantación son los siguientes:

- Alto número de racimos con elevado porcentaje de frutos partenocárpicos; esto es baja relación fruto/racimo.
- Bajo porcentaje de frutos normales por racimo
- Incremento en el número de racimos malogrados

¿Cómo saber cuándo realizar polinización asistida?

El registro frecuente de inflorescencias masculinas y femeninas es la guía para anticiparse a una reducción drástica de la producción por escasez de polen. Para obtener una adecuada polinización se requiere un mínimo de 25 palmas con inflorescencias masculinas por hectárea (> 15%). Debe considerarse que las palmas Ténera producen menos inflorescencias masculinas que las Dura; por lo tanto, incluir unas pocas palmas Dura en cada siembra ayuda a mejorar la polinización.

Por lo menos cada seis meses es necesario actualizar los datos con respecto a la proporción de sexos.

¿Cómo se calcula la proporción de sexos?

Proporción de sexos es la relación que existe entre el número de inflorescencias femeninas con respecto al total de inflorescencias, incluyendo inflorescencias hermafroditas y andróginas, por esto también se conoce como relación sexual. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

Donde:

$$PS = NIF / (NIF + NIM + NIH)$$

NIF = Número de inflorescencias femeninas

NIM = Número de inflorescencias masculinas

NIH = Número de inflorescencias hermafroditas

Para esto, como se indica en la pregunta anterior, periódicamente debe realizarse un conteo de inflorescencias a cada una de las palmas de un lote con respecto a la cantidad de flores de cada clase, masculinas, femeninas y hermafroditas, totalizando por separado.

¿Qué es polinización asistida en palma de aceite?

Es una práctica agronómica que consiste en asperjar o rociar polen sobre las flores femeninas de una inflorescencia justo en el momento que están receptivas, con el fin de asegurar la fecundación de las flores y garantizar la producción de fruto. Esta práctica se realiza en las plantaciones donde se presenta escasez de polen, donde hay abundancia de palmas en ciclo femenino o en plantaciones con híbridos interespecíficos, los cuales adolecen de alta esterilidad.

¿Qué es polinización controlada en palma de aceite?

Acción que consiste en asperjar polen colectado de una palma de aceite particular, generalmente Pisífera, sobre una inflorescencia femenina en anthesis de otra palma específica, generalmente Dura, con el propósito de producir semillas con genealogía conocida. Se realiza para producir descendencias con genealogía conocida.



¿Cuál es la diferencia entre polinización asistida y polinización controlada?

La polinización controlada requiere del aislamiento y protección de las inflorescencias femeninas y masculinas para garantizar la genealogía o identidad genética de los descendientes; se realiza para producir semillas. En cambio en la polinización asistida, el polen se coloca sobre las flores femeninas sin protección, incluso se aceptan mezclas de polen. Esto se realiza para mejorar la producción de aceite.

¿Cómo deben ser los ciclos de polinización asistida en palma de aceite tomando en cuenta los periodos de receptividad de las flores femeninas?

El periodo receptivo de las inflorescencias femeninas de la palma de aceite considerando todas las flores de la inflorescencia es de 36 a 48 horas, por lo tanto, los ciclos de polinización asistida no deben pasar de 72 horas; esto significa ciclos de 3 días. Un operario calificado debe polinizar todas las palmas del área asignada en máximo 3 días. La polinización de todas las inflorescencias femeninas en ciclos de 3 días se garantiza, considerando que dentro de la plantación existen algunas palmas liberando polen y además se cuenta con el trabajo de los insectos polinizadores.

Nota: El periodo receptivo de cada una de las flores femeninas de una inflorescencia es muy corto, varía entre 1 y 2 horas.

¿Cuál debe ser el rendimiento de un operario calificado por ciclo de polinización asistida en palma de aceite?

Un operario calificado para esta labor, con buena disposición y herramientas adecuadas debe cubrir 10 hectáreas por día en épocas de máxima floración y 15 ha por día cuando hay baja floración, por lo tanto un operario está en capacidad de atender entre 30 y 45 ha por ciclo de polinización de 3 días.

Con relación al número de inflorescencias, se estima que un operario debe polinizar entre 130 y 195 inflorescencias por ciclo de polinización (Parámetros considerados: 10 a 15 ha/polinizador/día; 143 palmas/ha; 90% de palmas en ciclo femenino; con un potencial de 10 inflorescencias palma año y 296 días laborables).

¿Cuál es la dosis recomendada de polen por inflorescencia?

La dosis depende de la edad de las palmas, disponibilidad de polen y de la cantidad de palmas con floración masculina presentes en el lote. En cultivos jóvenes, hasta los 5 o 6 años después del trasplante, se usa entre 0,15 y 0,20 gramos (150 a 200 miligramos) por inflorescencia; en palmas mayores de 6 años se usa entre 0,20 y 0,30 gramos (200 a 300 miligramos) por inflorescencia.

¿Según la pregunta anterior, cuál es el rendimiento del polen?

Considerando 130 inflorescencias polinizadas por ciclo de polinización y según las consideraciones de la pregunta anterior, los requerimientos de polen por ciclo de polinización varían entre 20 a 26 gramos en palmas jóvenes y entre 26 a 40 gramos en palmas adultas. Para aumentar la cobertura y mejorar la dispersión, el polen se mezcla con talco inerte en una proporción de diez partes de talco por una de polen (proporción 10:1). La máxima dilución ensayada con resultados aceptables corresponde a 20 partes de talco por una parte de polen (proporción 20:1) siempre y cuando en el lote existen más del 10% de palmas en ciclo masculino, es decir, cuando se requiere complementar la polinización natural.





¿Cuál es el procedimiento para recolectar y preparar polen con el propósito de realizar polinizaciones asistidas en palma de aceite?

Como el objetivo de la polinización asistida es mejorar producción de fruto mejorando la relación fruto a racimo y aumentando el número de frutos normales por racimo, el procedimiento es sencillo y no requiere mayor cuidado ni control genealógico; incluso se aceptan mezclas de polen de varias palmas de la plantación o de plantaciones vecinas. El procedimiento tiene los siguientes pasos:



- Disponer de un lote productor de polen en la plantación o fuera de ella.
- Revisar diariamente este lote en busca de inflorescencias masculinas en anthesis, es decir, que estén liberando polen.
- Una vez identificada, la inflorescencia se cubre con una bolsa de lona de 50 cm de ancho por 60 cm de largo. La boca de la bolsa se ata con el cordón corredizo al pedúnculo de la inflorescencia. Las bolsas de lona pueden reutilizarse varias veces.
- Se corta por debajo del amarre y la inflorescencia se transporta hasta el lugar designado para procesamiento y secado del polen.
- Las inflorescencias, aún dentro de las bolsas, se colocan a secar al sol por varias horas. Luego se quita la bolsa y la inflorescencia se sacude fuertemente, golpeándola sobre una zaranda metálica a fin de extraer la máxima cantidad de polen. Debajo de la zaranda se coloca medio pliego de papel periódico o una bandeja de aluminio o de plástico, para recoger el polen.
- El polen se pasa por un tamiz para separarlo de impurezas, anteras, restos de las flores masculinas e insectos.

- Dentro de la cámara de secado se coloca otro cuartillo de papel periódico (una bandeja de aluminio o de plástico) y sobre éste se extiende una fina capa de polen. Frecuentemente se resuelve para lograr un secado uniforme. Dentro de la cámara permanece por 12 horas al calor de una bombilla de 60 w (aproximadamente entre 36 a 38°C).
- Luego de las 12 horas el polen está listo para usarse o guardarse en frascos de vidrio y dentro de una nevera a temperaturas de -15°C a -20°C.

¿Cuál es el procedimiento para recolectar y preparar polen con el propósito de realizar polinizaciones controladas?

En este caso, la polinización se hace con fines de investigación o para producción comercial de semillas, por lo cual se requiere llevar un estricto control genealógico. El polen se recolecta de palmas específicas, generalmente seleccionadas por algún atributo particular. En este caso el procedimiento es el mismo descrito antes, pero requiere máximo cuidado y control para garantizar la pureza genética y calidad de los materiales. Los pasos son:



- Disponer de palmas seleccionadas.
- Aislar la inflorescencia masculina, mínimo siete (7) días antes de la anthesis, con una bolsa de lona de 50 cm de ancho por 60 cm de largo. La boca de la bolsa se ata con el cordón corredizo al pedúnculo de la inflorescencia.
- Revisar diariamente la inflorescencia aislada hasta que entra en periodo de anthesis, es decir, hasta que empieza a liberar polen.
- Una vez identificada la inflorescencia en anthesis se corta por debajo del amarre y la inflorescencia se transporta hasta el lugar designado para procesamiento y secado del polen, junto con el marbete que la identifica.



- La inflorescencia aún dentro de la bolsa, se coloca a secar al sol por varias horas. Luego se quita la bolsa y la inflorescencia se sacude fuertemente, golpeándola sobre una zaranda metálica a fin de extraer la máxima cantidad de polen. Debajo de la zaranda se coloca medio pliego de papel periódico para recoger el polen.
- El polen se pasa por un tamiz No. 45 y luego por un tamiz No. 100 para separarlo de impurezas, anteras, restos de las flores masculinas e insectos.
- Dentro de la cámara de secado se coloca otro cuartillo de papel periódico y sobre éste se extiende una fina capa de polen. Frecuentemente se resuelve para lograr un secado uniforme. Dentro de la cámara permanece por 12 horas al calor de una bombilla de 60 w (aproximadamente 36 a 38°C). En el papel se transcribe la identificación correspondiente.
- Luego de las 12 horas el polen está listo para guardarse identificado en frascos de vidrio, dentro de una nevera a temperaturas de -15°C a -20°C. La identificación incluye: número o código de la palma, fecha de procesamiento y porcentaje de viabilidad.



¿En palma de aceite, cuál es la ganancia esperada por efecto de la polinización asistida?

La ganancia en peso de los racimos por efecto de la polinización asistida puede variar entre 20 y 40% dependiendo del origen genético de los materiales, de los ciclos de floración y de la persistencia de fibras envolventes en la inflorescencia. Esta ganancia es significativa si se considera que en palma de aceite la polinización asistida es solo complemento de la polinización natural, considerando que se realiza con el propósito de mejorar la relación fruto a racimo.

¿La polinización asistida puede causar algún efecto negativo sobre la producción en palma de aceite?

Sí. Se ha comprobado que a largo plazo la polinización asistida causa algunos de los siguientes problemas:

- Se reduce el número de inflorescencias femeninas, debido a regulación fisiológica por haberse alterado el patrón de distribución natural de los asimilados fotosintéticos.
- Se reduce la proporción de sexos, es decir, aumenta el número de inflorescencias masculinas (causa primaria de baja producción).
- Al mejorar la proporción de frutos normales en el racimo y aumentar el peso de los racimos, el número de racimos tiende a disminuir, por lo tanto, la producción también puede disminuir. En Malasia se demostró que la polinización asistida reduce la producción, posiblemente por reducción en el número de racimos.



Palma Nolí

Elaeis oleifera (Kunth) Cortés

7. CENTRO DE ORIGEN, CENTROS DE DISPERSIÓN, CLASIFICACIÓN BOTÁNICA

¿Cuál es el centro de origen de la palma nóli *Elaeis oleifera*?

Según su distribución actual, áreas de dispersión, evidencias lingüísticas y usos, el centro de origen de la especie *Elaeis oleifera* se sitúa en el trópico americano, especialmente en Centroamérica y norte de Suramérica, incluyendo la cuenca amazónica; por esta razón también se la conoce como palma americana de aceite.

¿Cuál es el centro de dispersión de la especie *Elaeis oleifera*?

El nóli se encuentra disperso en algunos países de Suramérica y en Centroamérica, creciendo espontáneamente en valles, orillas de ríos y en terrazas pantanosas de Brasil, Colombia, Costa Rica, Guayana francesa, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Surinam y Venezuela. Además el nóli se adaptó bien en el continente asiático, especialmente en Malasia y en el Congo (África).

¿En Colombia, cuál es el área de dispersión de la especie *Elaeis oleifera*?

Se puede afirmar que en Colombia existen dos centros de dispersión claramente definidos para esta especie. El primero corresponde a la región noroccidental, en las partes bajas y llanuras del golfo de Urabá y el valle del río Sinú, así como las riveras de los ríos San Jorge, Bajo Cauca, Bajo y Medio Magdalena y zonas cercanas al río Cesar. La segunda corresponde a la amazonía colombiana al sur oriente del país, haciendo parte de una amplia zona de dispersión compartida con Ecuador, Perú y Brasil. Las mayores concentraciones de nóli se encuentran haciendo parte de los bosques de galería, zonas boscosas poco densas y sujetas a inundaciones periódicas.

Sección 2

Palma Nolí

Elaeis oleifera (Kunth) Cortés



¿En qué lugares de Colombia se han encontrado poblaciones de la especie *Elaeis oleífera*?

Todas las localidades donde se han encontrado poblaciones de nolí y realizado colectas, están situadas en los valles y zonas aledañas de los ríos: Atrato, Guarinó, La Miel, Cauca, Cesar, Magdalena, San Jorge, Sinú y Truandó, en jurisdicción de los siguientes municipios: Apartadó, Cauca, Jericó, Remedios y Turbo (Antioquia); Barranco de Loba, María La Baja y San Jacinto (Bolívar); La Dorada (Caldas); Chimichagua, San Alberto y Tamalameque (Cesar); Ayapel, Cereté, Ciénaga de Oro, Montelíbano, San Carlos y Tierralta (Córdoba); Puerto Salgar (Cundinamarca); Acandí, Unguía (Chocó); Dibulla (Guajira); El Retén (Magdalena) y Armero (Tolima).

¿En qué lugares de la Amazonía se han encontrado poblaciones de la especie *Elaeis oleífera*?

1. La especie *Elaeis oleífera* se ha reportado creciendo en varias regiones de la Amazonía brasilera, ecuatoriana y peruana. Las investigaciones de Barcelos (1986) cubrieron seis (6) regiones del estado de Amazonas (Brasil) en las cuales caracterizó las siguientes poblaciones de nolí amazónico:

- **Manaos:** Paraquecuara, Igarapé do Japonés, Autaz-Mirim, Caldeirão y Andrade Gutiérrez.
- **Río Madeira:** Missões, Igarapé-Acú, Santa Helena, Condição, Ponta Grossa, Vista Alegre y Nova Esperança.
- **Río Amazonas:** São Sebastião, Alambique, Amatarí, Criação, Enseada, Bom Zocorro, Bom Jardim y Fazenda São Joaquin.
- **Manaus-Caracarai:** sobre la carretera BR/174 (km 362, km 500 y km 524)
- **Río Negro:** Carvoeiro, Novo Airão y Terra Preta.
- **Río Solimões:** Tribu dos Ticunas, Tonantins, Xidanini (Tefé), Lago Caiambé, Lago Catuá y Anorí.

Los ecotipos de nolí de la Amazonía brasilera, conocidos en Colombia son: **Coarí**, nombre tomado de una localidad situada entre Lago Catuá y Anorí sobre el río Solimões, seleccionado por CIRAD de Francia y **Manicoré**, nombre tomado de una localidad situada entre Missões y Igarapé-Acú sobre El río Maderira, trabajado por Embrapa. Los ríos Solimões y Madeira son afluentes del río Amazonas.

2. Por otra parte, en Ecuador existe amplia distribución del ecotipo **Taisha**, en la Amazonía sur oriental (nombre tomado del Cantón Taisha, en la provincia de Morona Santiago). Ahora se está generando el ecotipo **Orellana**, con base en una colección realizada en las poblaciones Taisha, por el investigador Francisco **Orellana**².

3. En 1984 fue registrada la presencia de un ejemplar de la especie *Elaeis oleífera* en la Amazonía peruana, cerca al río Chambira, por A. Vasquez (No. 6055, Iquitos). Luego, en 1985 fue encontrada una población con 102 palmas a 5 km del Centro de Investigación Genaro Herrera (4°55'18" latitud S; 73°40'36" longitud W) 200 km al suroccidente de Iquitos sobre el río Ucayali. Las 102 palmas encontradas presentaban hojas de más de 2 m de longitud, 66 palmas habían desarrollado un tallo procumbente de más de 4 m de longitud total, 27 palmas estaban en producción. La palma es conocida localmente como "Poloponta".

¿Con qué otros nombres se conoce a la palma nolí?

Son varios los nombres comunes para la especie, dependiendo del lugar, región o país donde crece, los más conocidos son:

- **Brasil:** Cayagué, Cahiahuá, Dendesseiro do Pará, Dendê do Pará.
- **Colombia:** Corocito, Corozal, Corozo, Corozo colorado, Corozo Antá, Nolí, Ñolí, Yolí, Corozo del Sinú, Corozo mestizo, Corozo de manteca, Palma de sebo.
- **Costa Rica:** Corozo, Coquito, Palmiche, Palmilera, Tuskra.
- **Nicaragua:** Hone.
- **Panamá:** Corozo colorado, Corocito, Corozal, Corocito negro, Corocito colorado.

² Comunicación personal Henry Evans y Cody Evans, respectivamente, Gerente General Agrícola INDIALPA Cia Ltda. Quito, Ecuador y Consultor TUCUNARI S.A. Orellana, Ecuador.



¿Corozo es el nombre más apropiado para la especie *Elaeis oleífera*?

No. Corozo es un nombre genérico usado para todos los frutos de las palmeras Coccoideas. Generalmente a todos los frutos que contienen la semilla dentro de un endocarpio duro, coriáceo, se les llama corozos. Para Colombia el nombre más apropiado es palma nolí.

¿Cuál es su clasificación botánica?

Por pertenecer al mismo género botánico que la palma de aceite, comparte la misma clasificación botánica: (tabla 23)

Tabla 23. Clasificación botánica Palma Nolí

Clase	Equisetopsida C. Agardh
Subclase	Magnoliidae Novák ex Takht
Superorden	Lilianaes Takht.
Orden	Arecales Bromhead
Familia	Arecaceae Bercht. & J. Presl
Género	<i>Elaeis</i> Jacq.
Especie	<i>Elaeis oleífera</i> (Kunth) Cortés

¿Quién realizó la primera descripción morfológica de la palma nolí?

El nolí fue descrito por primera vez por Nicholas Joseph Jacquin en 1763 con el nombre genérico de Corozo, indicando que crecía espontáneo en el norte de Colombia.

¿Quién realizó la clasificación botánica actual de la palma nolí?

La palma nolí la describió Kunth en 1897 como *Alfonsia oleífera* Kunth, y luego esta especie fue trasladada al género *Elaeis* por Cortés como *Elaeis oleífera* (Kunth) Cortés.

8. MORFOLOGÍA Y DIFERENCIAS CON LA PALMA DE ACEITE

¿Cómo es el crecimiento del sistema radical de la palma nolí?

El crecimiento del sistema radical de la palma nolí es inferior en proporción y cantidad al de la palma de aceite. En la palma nolí es vertical y longitudinal. El primero es muy superficial, puesto que la mayor cantidad de raíces se ubican en los primeros 20 a 30 cm de profundidad, mientras que el segundo, puede extenderse hasta los tres metros a partir del tallo. Una característica importante del nolí es la emisión de gran cantidad de raíces adventicias a partir de toda la superficie del tallo, cualidad que le permite renacer vegetativamente, después que ha sido erradicada del suelo.

¿Cuáles son las características del tallo del Nolí que lo diferencian del tallo de la palma de aceite?

Dos características importantes del tallo o estípote diferencian al nolí de la palma de aceite. La primera consiste en la **proliferación de raíces adventicias** a partir de toda la superficie del tallo; en cambio la palma de aceite solo emite raíces adventicias de la parte inferior del tallo, cerca del suelo. La segunda consiste en el **crecimiento semipostrado**; cuando el tallo del nolí alcanza los 2 a 3 metros de altura (20 a 25 años de edad) el sistema radical no soporta el peso de la corona de la palma y el tallo empieza a inclinarse continuando su crecimiento postrado pero siempre con una porción vertical de 2 a 3 metros de alto sosteniendo la corona de hojas y racimos. En ocasiones, a cierta edad y altura, el tallo se desprende del sistema radical, desplomándose totalmente sobre el suelo; las raíces adventicias del tallo se adhieren rápidamente al suelo y la corona empieza a levantarse para continuar su crecimiento semipostrado (figura 38).



Figura 38. Una característica típica de la palma americana de aceite o palma Nolí *Elaeis oleífera* es crecimiento semi postrado de su tallo. La parte del tallo que entra en contacto con el suelo emite raíces.



¿Cuál es factor edafológico más común en poblaciones naturales de nolí?

Nivel freático alto es el factor común en los palmerales naturales de nolí. Parece que esta especie requiere altos niveles de agua en el suelo, tanto que tolera encharcamientos; es por este motivo que siempre se lo encuentra creciendo a orilla de los ríos o partes planas sujetas a inundaciones periódicas.

¿El crecimiento postrado del nolí se debe a falta de drenaje de los suelos dónde crece?

No, el crecimiento postrado del tallo del Nolí es una característica adquirida de esta especie y no por crecer en suelos pantanosos, puesto que otras especies de palmas crecen erectas bajo las mismas condiciones. Se ha observado que bajo condiciones de cultivo, en suelos con drenaje adecuado, después de los 20 - 25 años los tallos de las palmas de nolí empiezan a recostarse sobre el suelo; mientras que palmas de la especie Guineensis en el mismo lote, continúan su crecimiento columnar.

¿Entonces, cuál puede ser la causa del crecimiento postrado del nolí?

La causa principal para la inclinación del tallo sobre el suelo a cierta edad de la palma, es el considerable peso de la corona de hojas y racimos, junto con el peso del tallo con relación a un reducido sistema radical y demasiado superficial.



¿Se puede hacer un paralelo entre la especie *Elaeis oleífera* de origen amazónico y la especie *Elaeis oleífera* de origen Cereté?

Es posible hacerlo gracias a las investigaciones realizadas por Hurtado y Ramos (1970); Vallejo (1976); Hurtado y Cardona (1995) y Barcelos (1986), especialmente porque los datos fueron tomados en palmas de nolí situadas en poblaciones naturales espontáneas. (tabla 24)

Tabla 24. Paralelo entre algunas características de palmas de la especie *Elaeis oleífera* de diferente origen.

Descriptor morfológico	Nolí de Cereté (Noroccidente Colombia)	Nolí Amazónico (Noroccidente Brasil)
Largo del peciolo (cm)	Promedio 118,8 (91 - 140)	Promedio 154,8 (63 - 276)
Largo del raquis (cm)	Promedio (336 - 515)	Promedio 386,9 (188 - 647)
Largo total de la hoja (cm)	Promedio 565 (130 - 655)	Promedio 541 (420 - 740)
Número de pares de foliolos	Promedio 101 (96 - 110)	Promedio 76 (46 - 100)
Ancho de los foliolos (cm)	Promedio 5,3 (3,2 - 7,2)	Promedio 5,5 (4,0 - 7,2)
Largo de los foliolos (cm)	Promedio 104,0 (62 - 138)	Promedio 102,3 (57 - 155)
Peso del racimo (kg)	Promedio 11,1 (2,6 - 30,7)	Promedio 7,6 (1,5 - 18,0)
Porcentaje pedúnculo en racimo (%)	---	Promedio 8,7 (5,2 - 18,5)
Porcentaje de frutos normales en racimo (%)	Promedio 43,0 (9,0 - 70,0)	Promedio 59,3 (11,2 - 90,5)
Porcentaje de frutos partenocarpicos (%)	Promedio 14,4 (1,1 - 40,2)	Promedio 9,2 (0,0 - 45,7)
Peso promedio de un fruto normal (g)	Promedio 3,5 (1,9 - 6,8)	Promedio 7,3 (1,4 - 21,0)
% de pulpa en fruto normal	Promedio 38,5 (19,5 - 50,9)	Promedio 45,9 (14,6 - 62,3)
% de almendra en fruto normal	Promedio 16,6	Promedio 12,4 (7,0 - 23,5)



Descriptor morfológico	Nolí de Cereté (Noroccidente Colombia)	Nolí Amazónico (Noroccidente Brasil)
% de cuesco en fruto normal	Promedio 44,8 (19 – 59)	Promedio 41,7
% de aceite en pulpa fresca	Promedio 20,8 (6,9 – 37,1)	---
% de aceite en pulpa seca	Promedio 28,9	Promedio 41,7 (16,1 – 57,2)
Inflorescencia femenina	Cubierta por dos espatas; la externa se rompe cuando empieza a emerger, la interna se desfibra antes de la antesis, permitiendo el desarrollo del racimo (2/3 partes del racimo expuestas).	Cubierta por dos espatas; la externa se rompe cuando empieza a emerger, en cambio la interna se vuelve fibrosa pero cubre la inflorescencia hasta pasado el periodo de antesis.
Pedúnculo del racimo	Muy corto y vigoroso en su diámetro mayor y diámetro menor.	Largo y menos vigoroso en su diámetro mayor y diámetro menor.
Color de la epidermis del fruto	Dos (2) tipos según el color de la epidermis: 1. Tipo Verde - Amarillo (en estado inmaduro y maduro respectivamente). 2. Tipo Amarillo-Rojo (en estado inmaduro y maduro respectivamente)	Dos (2) tipos según el color de la epidermis: 1. Tipo Verde – Amarillo (en estado inmaduro y maduro respectivamente). 2. Tipo Amarillo-Anaranjado (en estado inmaduro y maduro respectivamente)
Proporción entre los tipos de nolí rojo y amarillo	90 tipo Rojo: 10 tipo Amarillo (Hurtado, 1970) 98,6 tipo Rojo: 1,4 tipo Amarillo (Vallejo, 1976)	98 tipo Rojo: 2 tipo Amarillo (Anaranjado o Rojo)
Tamaño de los frutos	Frutos demasiado pequeños	Frutos medianos
Número de frutos por racimo	Muchos frutos por racimo (2.400 – 4.500)	Mediana cantidad de frutos por racimo
Tasa de crecimiento del tallo (cm/año)	7 – 12	---

La mayoría de datos del nolí Cereté son tomados de Hurtado y Ramos, 1970; Vallejo, 1975; Hurtado y Cardona, 1995; mientras que la mayoría de datos del nolí amazónico son tomados de Barcelos, 1986. Se complementan con aportes de los autores.

9. CONSIDERACIONES PARA EL MEJORAMIENTO GENÉTICO

¿Cuál es la dotación cromosómica de la palma nolí?

El genoma de la especie *Elaeis oleífera* en estado diploide es de 32 cromosomas ($2n = 32$) igual en número que la dotación cromosómica de la especie *Elaeis guineensis*; sin embargo, los cromosomas de las dos especies difieren mucho en tamaño y forma, lo cual aunque no dificulta su cruzamiento, es causa de frecuentes anomalías, especialmente en la floración al inicio de la etapa productiva.



¿Según el hábito de floración cómo se clasifica la palma nolí?

Por el hábito de floración la palma nolí se clasifica como **Dioica**, es decir, que las flores masculinas están en una planta y las femeninas en otra. Sin embargo, en los períodos de transición o cambio de ciclo de floración es **Monoica** (flores masculinas y femeninas en la misma planta). En la palma nolí se presenta mayor proporción de palmas con inflorescencias hermafroditas que en la palma de aceite.

¿Según la forma de polinización cómo se clasifica la palma nolí?

Por la forma como se realiza la fecundación de las flores, el nolí también se clasifica como planta **alógama**, es decir, que la flor femenina de una palma necesita del polen de una flor masculina situada en otra palma para que ocurra la polinización.

¿Entonces, cuál es el mecanismo de polinización predominante en la palma nolí?

Como la palma nolí es una especie de polinización cruzada natural (alógama) requiere de un mecanismo que permita transportar el polen desde una palma en ciclo de floración masculina hasta una palma en ciclo de floración femenina, siendo los más predominantes el **entomófilo**, donde los insectos transportan el polen y el **anemófilo**, cuando el viento es el que transporta el polen.



¿Qué es una palma prolífica de nolí?

Es un tipo de palma mutante capaz de producir dos, tres o más inflorescencias masculinas o femeninas en la axila de cada hoja. En el caso de las inflorescencias femeninas significa un aumento significativo en el número de racimos por palma por año. (figura 39)



Figura 39. Ejemplares de palmas americanas de aceite *Elaeis oleifera* del tipo prolífica. Esta característica es de tipo genético. Algunas palmas de progenies híbridas heredan esta característica.

¿Dónde y cuándo se identificó por primera vez la característica prolífica?

Las palmas de nolí capaces de producir más de una inflorescencia en algunas de las hojas fueron identificadas por primera vez en 1992 por los investigadores Bastidas y Hurtado (hijo) en la Estación Experimental El Mira del ICA (Ahora Corpoica) en Tumaco, Nariño. Años después la característica también fue reportada por Hurtado (padre) en Cereté, Córdoba.

¿La prolificidad se puede considerar una característica genética?

Sí. La prolificidad es una característica que demuestra grados variables de control genético, puesto que se la encontró en 24,4% de las progenies de autofecundaciones; en 11,9% de las progenies obtenidas por libre polinización y en 2,5% de los híbridos interspecíficos, a pesar que se desconocía si los progenitores nolí de las poblaciones estudiadas eran portadores o no de la característica. En otras palabras es una característica heredable, que se transmite.

¿Cuál es la proporción de hojas con respecto a las inflorescencias en el nolí prolífico?

En una palma de nolí adulta normal la relación debería ser una a una, una inflorescencia en cada hoja, ya que cada hoja es portadora potencial de una inflorescencia. En las palmas prolíficas esta proporción es a favor de las inflorescencias, debido a que en algunas hojas se producen más de una inflorescencia, por lo cual bajo condiciones normales una palma prolífica producirá más inflorescencias que hojas.

¿Cuántas variedades de *Elaeis oleifera* existen?

En la especie *Elaeis oleifera* hasta ahora no se diferencian variedades. Con excepción del color de los frutos tanto en estado inmaduro como en plena madurez, no existen detalles morfológicos importantes para dividir esta especie en variedades.





¿Cuántos tipos de fruto existen según el color del pericarpio del fruto?

Tomando como referencia al nolí colombiano del valle del río Sinú (Nolí Cereté) y únicamente con base en la pigmentación de la piel de los frutos, que obedece a la presencia de antocianina, existen dos tipos básicos: (figura 40)

- **Amarillo:** Cuando el fruto está inmaduro presenta tonalidades de verde, en plena madurez adquieren el color amarillo intenso. Este tipo de fruto es poco frecuente bajo condiciones naturales.
- **Rojo:** Presenta frutos de color amarillo antes de la maduración y se transforma en rojo anaranjado cuando el fruto está completamente maduro. Es muy abundante bajo condiciones naturales en las poblaciones de Nolí Cereté o Nolí Colombiano.



Figura 40. Ejemplares de palma americana de aceite.
a. Palma del tipo rojo en estado inmaduro.
b. Palma del tipo rojo en plena madurez.
c. Palma del tipo verde en estado inmaduro.
d. Palma del tipo verde en estado maduro.

¿Cuáles son las diferencias básicas entre los tipos rojo y amarillo de la palma nolí?

Las semillas del tipo amarillo germinan en mayor porcentaje y más rápido que las semillas del tipo rojo. El aceite del tipo amarillo contiene menos carotenos que el aceite del tipo rojo. La selección natural y artificial ha ejercido un fuerte impacto negativo sobre el tipo amarillo.

¿Cuál es la proporción entre los tipos rojo y amarillo en el nolí Cereté?

En un muestreo realizado en el valle del río Sinú para establecer la relación entre los dos tipos, se encontró que se ajustan a la proporción 90:10, indicando que de cada 100 plantas 90 corresponden al tipo Rojo y solo 10 palmas al tipo Amarillo. Por otra parte, un estudio realizado en 19 poblaciones naturales de la palma nolí en Colombia indica que el tipo rojo está presente en 98,6% de las palmas, mientras que el tipo verde solo está en el 1,4%. Datos similares encontró Barcelos (1986) en el estado de Amazonas en el Brasil, 98% del tipo rojo anaranjado y 2% del tipo verde.



¿Se conocen otros tipos de *Elaeis oleífera*?

Los autores consideran que se debe realizar una nueva clasificación para identificar nuevas formas o tipos de nolí, puesto que son notorias las diferencias morfológicas entre los diferentes ecotipos regionales donde está dispersa la especie. En Colombia se conocen las siguientes, diferentes entre sí por características morfológicas, pero todos se hibridan fácilmente con la especie Guineensis:

- Nolí Cereté (Colombia), sinónimo Nolí del Sinú
- Nolí amazónico (Colombia)
- Nolí Coarí (Brasil), sinónimo Nolí amazónico
- Nolí Manicoré (Brasil), sinónimo Nolí amazónico
- Nolí Taisha (Ecuador)



¿Cómo es la composición porcentual de un racimo de frutos de la palma nolí?

En 19 poblaciones de nolí dispersas desde el centro hasta el norte de Colombia se encontró la siguiente composición de los racimos:

- Porcentaje de frutos: 57,4% (de los cuales el 75% son normales y 25% son partenocárpicos)
- Porcentaje de raquis: 26,0%
- Porcentaje de espigas: 16,6%

¿Cómo es la composición porcentual de los frutos de la palma nolí?

La composición es como sigue:

Frutos normales: 75%

- Porcentaje de pulpa: 38,5%
- Porcentaje de cuesco: 44,8%
- Porcentaje de almendra: 16,6%

Frutos partenocárpicos: 25% (el 3,5% son grandes, el 96,5% son pequeños)

- Porcentaje de pulpa: 87,2%
- Porcentaje de cuesco: 12,8%

¿Cómo es la composición de la pulpa o mesocarpio de los frutos normales de la palma nolí?

- Porcentaje de aceite: 20,8%
- Porcentaje de fibra: 37,0%
- Porcentaje de humedad: 42,1%

¿Cuál es la característica principal del nolí del Sinú, que originó la serie Nolí Cereté?

Definitivamente la característica que distingue y diferencia al nolí Cereté de los otros conocidos es la ausencia de una cubierta fibrosa en las inflorescencias (ausencia de espatas florales persistentes). Esta cualidad permite la formación y maduración del racimo. En todas las formas regionales de nolí, las inflorescencias nacen protegidas por dos espatas fibrosas, pero en el nolí Cereté la inflorescencia crece más rápido que las espatas, rompiéndolas antes de la antesis y dejando al descubierto por lo menos las 2/3 partes de la inflorescencia, cualidad que no ocurre en las otras formas regionales conocidas. (figura 41)



Figura 41. . Inflorescencias de la palma americana de aceite
a. Inflorescencia expuesta antes de antesis
b. Inflorescencia cubierta aún después de antesis

¿Cuáles son los aportes positivos de la especie *E. oleífera* al mejoramiento genético de la especie *E. guineensis*?

Básicamente se ha comprobado que la especie *E. oleífera* puede donar a la especie *E. guineensis* algunas características de interés para la agroindustria de la palma, por ejemplo: tolerancia a enfermedades, baja tasa de crecimiento, alto contenido de ácidos grasos insaturados, alto número de racimos, alto contenido de carotenos e índice de yodo.



¿Cuáles son los aportes negativos de la especie *E. oleífera* al mejoramiento genético de la especie *E. guineensis*?

Junto a las buenas características anotadas en la pregunta anterior también van otras características negativas, por ejemplo, baja tasa de extracción de aceite, presencia de fibras envolventes en las inflorescencias y racimos, esterilidad y baja producción de palmiste, debido a una baja proporción de frutos normales en los racimos.

¿Existen reportes de palmas de nolí afectadas por pudrición de cogollo en Colombia?

En Turbo, Antioquia se encontraron tres (3) ejemplares de nolí afectados con pudrición de cogollo, dos de los cuales estaban asociados con “hoja pequeña” en vía de recuperación (Vallejo 1976).

¿Por qué en los programas de mejoramiento se utiliza a la palma nolí como madre?

Una de las razones es que los primeros híbridos fruto de investigación se hicieron, a través de un convenio colaborativo entre el IRHO³ y el ICA, utilizando palmas de nolí seleccionadas en el valle del río Sinú, Córdoba como madres con polen de palmas de aceite seleccionadas por el IRHO en Costa de Marfil. La práctica del IRHO de utilizar polen previamente probado en pruebas de progenies, procedente de sus programas de mejoramiento en África, se generalizó a otras regiones de Colombia y a otros países, por ejemplo en Brasil, donde como es lógico se utilizan las palmas Oleífera como madres. La tercera razón es por la facilidad que ofrecen las palmas nolí para trabajarlas, puesto que su altura rara vez supera los cuatro metros de altura y como consecuencia, reducción de costos. Una cuarta razón es la baja cantidad de polen que producen las palmas nolí en comparación con la palma de aceite

³ IRHO – Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux de Francia (Ahora CIRAD).

¿En los programas de mejoramiento se han ensayado los cruzamientos inversos, es decir, utilizando palmas nolí como padres?

Sí. Desde el principio se ensayaron los cruzamientos inversos, sin embargo, la creencia generalizada siempre ha sido que el nolí se comporta como una palma Dura de la especie *E. guineensis*, por lo tanto, cruzándola con polen de Pisífera se obtendría un híbrido interespecífico semejante al Ténera. Por otra parte, en la especie nolí no se ha encontrado un tipo similar al Pisífera. Con respecto a los cruzamientos recíprocos se sabe que producen descendencias híbridas con alto porcentaje de cuesco, pero se gana en fertilidad. En Corpoica, Estación Experimental El Mira se están evaluando en pruebas de comportamiento agronómico varias progenies del cruzamiento inverso, es decir, utilizando a la palma nolí como padre y la palma de aceite como madre. Los resultados son prometedores.

¿Siempre fue reconocido el valor genético de la especie *E. oleífera*?

Investigadores de la palma de aceite han reconocido el inmenso valor de la especie *E. oleífera* para la palmicultura mundial. Hartley, en 1969, en su reporte “Oil Palm Research in Colombia with special reference to selection, breeding, seed production and supply” dice que es posible la incorporación de algunas características de la palma americana de aceite o nolí a la palma de aceite. Además, recomendó establecer en Tumaco parcelas de *E. oleífera* x *E. guineensis* Pisífera del Bajo Calima y evaluarlas a distancias de siembra a 9 m, 10 m y 11 m en triángulo.





¿En Colombia dónde está ubicado el banco de germoplasma y las colecciones de trabajo de la especie *Elaeis oleífera*?

El banco de germoplasma oficial está ubicado en la Estación Experimental El Mira de Corpoica en Tumaco. Durante el último inventario, realizado en diciembre de 2008, se registraron 30 accesiones. En este banco solo está representada la población de oleíferas colectadas en el valle del río Sinú, con el nombre de Nolí Cereté, abarca los tipos Rojo, Amarillo y Prolífico.

En Colombia existen varias colecciones de trabajo, las principales están ubicadas en Corpoica El Mira, con 59 fuentes de germoplasma y 2.145 plantas entre autofecundaciones, cruzamientos controlados y de libre polinización, ocupando 15 hectáreas de terreno.

En la Vizcaína, Barrancabermeja (Santander), Cenipalma está implementando una importante colección de germoplasma de oleífera de la amazonía. Otras colecciones activas están en la Hacienda la Cabaña (Meta), Indupalma (Cesar) y Unipalma (Meta), conformadas especialmente por genotipos de origen amazónico.

¿En América, dónde está ubicada la colección más grande de la especie *Elaeis oleífera*?

En América la colección más grande de *Elaeis oleífera* está en Costa Rica, compuesta por germoplasma de 30 localidades de centro y sur América. En Brasil también existen colecciones activas de este recurso germoplásmico. En Ecuador existe la colección de nóli Taisha como colección de trabajo en plantaciones particulares.



9.1. Inicio de las investigaciones con la palma nóli en Colombia

¿En Colombia desde cuándo se investiga con la palma nóli?

Desde antes de 1959 el IFA realizó prospecciones en las poblaciones naturales de Cereté, Córdoba. J. R. Hurtado fue el funcionario encargado de tomar registros por más de 5 años.

¿Quién fue la persona que más influyó para investigar con esta especie?

El señor Maurice Ferrand (1959) experto de la FAO despertó el interés institucional y gubernamental por las especies aceiteras *Elaeis guineensis* y *Elaeis oleífera*, gracias a su consultoría sobre "Posibilidades de las oleaginosas en Colombia", conocida como la Misión Ferrand 1959, realizada desde julio de 1958 hasta junio de 1959, con el acompañamiento de funcionarios del IFA, sede Cereté, Córdoba.

¿Dónde, cuándo y quién realizó la primera colección oficial de genotipos de la especie *Elaeis oleífera*?

Una de las primeras prospecciones de nóli la realizó en 1959 el Instituto de Fomento Algodonero IFA, en Cereté, departamento de Córdoba. El IFA sometió la colección de ejemplares de nóli a evaluación desde 1959 hasta 1964, constituyéndose en el primer intento gubernamental de investigación con la especie.





¿Se tienen registros de trabajos de investigación importantes con respecto al Nolí de Cereté y sus híbridos con palma de aceite?

1965. En la plantación La Arenosa, ubicada en Turbo (Antioquia) mantuvieron en observación algunas palmas de nolí dentro de la plantación. Estas palmas no fueron sembradas a propósito, crecieron en forma espontánea.

También se estudiaron algunas palmas de nolí en la empresa Indupalma de San Alberto, Cesar.

1969. El Sr. Corradó realizó una prospección en Cereté, Córdoba, de la cual quedaron analizados 40 ejemplares de nolí.

1971. El IRHO en cabeza de J. Meunier, asumió las investigaciones en esta especie a nivel nacional y realizó una nueva prospección en compañía de técnicos del ICA, COLDESA e INDUPALMA. Por parte del ICA participaron los agrónomos José Reinaldo Hurtado y Guillermo Vallejo.

Entre 1973 y 1976. En cumplimiento de un convenio cooperativo entre el IRHO y el ICA se realizó un programa de hibridación interespecífica, utilizando ejemplares de nolí seleccionados en el valle del río Sinú en Colombia, con polen de palmas de aceite de la serie La Mé de Costa de Marfil (IRHO, 1973).



¿Cuál es el origen del germoplasma de nolí del programa de mejoramiento genético de Corpoica, Colombia?

Entre 1973 y 1976. Entre 1973 y 1976, en cumplimiento de un convenio cooperativo entre el IRHO ICA se realizó un programa de hibridación interespecífica, utilizando ejemplares de nolí (*E. oleífera*) seleccionados en el valle del río Sinú en Colombia, con polen de palmas de aceite (*E. guineensis*) de la serie La Mè de Costa de Marfil (IRHO, 1973).

1977. En la Estación Experimental El Mira, se establecieron pruebas de habilidad combinatoria general y específica, con híbridos F1 del programa de hibridación mencionado antes.

Se establecieron en la Estación Experimental El Mira, 59 progenies de Nolí, obtenidas mediante cruzamientos y autofecundaciones entre algunas palmas seleccionadas en el Valle del río Sinú, Cereté, Córdoba, con el propósito de reproducir en el futuro las mejores combinaciones híbridas. Los materiales disponibles corresponden a:

- Las descendencias de 38 cruzamientos controlados nolí x nolí
- Las descendencias de 10 palmas nolí de libre polinización
- Las descendencias de 11 autofecundaciones de nolí



Híbridos Nolí x Palma de Aceite

Elaeis oleífera x Elaeis guineensis

10. HÍBRIDOS INTERESPECÍFICOS COMO RESULTADO DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE LAS ESPECIES *E. guineensis* y *E. oleífera*

¿Qué es un híbrido intra específico?

Un híbrido intraespecífico es el resultado del cruzamiento natural o artificial de dos plantas o animales pertenecientes a la misma especie, por ejemplo, entre una palma Dura de la especie *Elaeis guineensis* y una palma Pisífera de la misma especie. (figura 42)



Figura 42. Ejemplares de los híbridos O_xG después de tres y medio años de sembrados en campo. Nótese su precocidad y tamaño de los racimos.

Sección 3

Híbridos Nolí x Palma de Aceite

Elaeis oleífera x Elaeis guineensis



¿Cuándo se habla del híbrido intraespecífico de palma de aceite, a cuál híbrido se hace referencia?

Se hace referencia al híbrido Ténera que se obtiene del cruzamiento artificial entre una palma Dura de la especie *Elaeis guineensis* y una palma Pisífera de la misma especie; por extensión es el resultado del cruzamiento natural o artificial entre dos palmas de aceite de la especie *E. guineensis* (Dura x Dura; Dura x Pisífera).

¿Qué es un híbrido interespecífico?

Un híbrido interespecífico es el resultado del cruzamiento natural o artificial de dos plantas o animales pertenecientes a especies diferentes. Por ejemplo, entre una palma nolí de la especie *Elaeis oleífera* y una palma de aceite de la especie *Elaeis guineensis*. La mula es un ejemplo de un híbrido interespecífico en los animales. Entre las plantas existen muchos ejemplos de híbridos interespecíficos, en tomate, lulo, algodón, papaya, etc.

¿Cuál es la característica natural de los híbridos interespecíficos?

La característica natural de los híbridos interespecíficos es su esterilidad, que se manifiesta de diferentes formas en los órganos y estructuras reproductivas de sus inflorescencias. Los híbridos interespecíficos difícilmente producen descendientes.

¿Cuándo se habla del híbrido interespecífico de palma de aceite, a cuál híbrido se hace referencia?

Se hace referencia al híbrido *E. oleífera* x *E. guineensis* que se obtiene mediante el cruzamiento artificial entre una palma nolí de la especie *E. oleífera* y una palma de aceite de la especie *E. guineensis*. Por extensión, son las palmas que se obtienen mediante cruzamiento artificial entre palmas de la especie *E. oleífera* usadas como madres, con polen de palmas de la especie *E. guineensis* usadas como padres y viceversa.



11. INVESTIGACIONES QUE ORIGINARON LOS HÍBRIDOS

¿Cuáles fueron las primeras investigaciones con los híbridos nolí x palma de aceite?

Entre 1976 y 1977 se establecieron pruebas de campo para evaluar el comportamiento de los híbridos interespecíficos de nolí x palma de aceite en 6 zonas diferentes del país. Al final, únicamente se recabó información de dos pruebas, de la plantación Oleaginosas Monterrey en Puerto Wilches, Santander y del ICA en Tumaco, Nariño.

En 1977 en ICA Estación Experimental El Mira, se establecieron dos pruebas de habilidad combinatoria, general y específica, con híbridos *E. oleífera* x *E. guineensis*. Los resultados demostrados en estas pruebas fueron prometedores, en cuanto a tasa de crecimiento, calidad de aceite y resistencia a enfermedades; sin embargo, los porcentajes promedios de extracción de aceite de estos híbridos fueron bajos, 12 a 17%, esto unido a la ausencia de una amenaza real para la palma de aceite hicieron que los híbridos OxG quedasen relegados por cerca de 30 años, hasta que las enfermedades pudrición del cogollo, marchitez sorpresiva y marchitez letal pusieron en riesgo a las plantaciones de la zona palmera oriental.

¿En Colombia, cuándo y dónde se realizaron los primeros cruzamientos entre las especies *E. oleífera* y *E. guineensis*?

Las primeras hibridaciones interespecíficas entre la palma nolí y la palma de aceite fueron realizadas por el I. A. José Reinaldo Hurtado a principios de la década de 1960^{4,5} cuando era funcionario del Instituto de Fomento Algodonero, IFA con sede en Cereté, Córdoba, con el cargo de ayudante de técnico.



⁴ Comunicación personal Dr. Essiover Mena, funcionario del ICA hasta su jubilación.

⁵ ICA. 1969. Informes Técnicos, Tomo 1. Programa Oleaginosas Perennes, Regional 5, Instituto Colombiano Agropecuario, Palmira.



¿Cuál fue la causa que motivó la creación de los híbridos interespecíficos *E. oleífera* x *E. guineensis* en Colombia?

La causa principal fue la enfermedad denominada pudrición de cogollo que estaba arrasando con la plantación La Arenosa de COLDESA S.A., ubicada en Turbo, Antioquia. Además, para explorar la posibilidad de incorporar a la palma de aceite, importantes características de la palma nolí, tales como: baja tasa de crecimiento, aceite líquido con alto porcentaje de ácidos grasos insaturados, alto número de racimos y adaptación a suelos sujetos a inundaciones periódicas.

¿Por qué quedaron relegados los híbridos interespecíficos en Colombia?

Las pruebas de comportamiento agronómico indicaron que los híbridos no eran competentes en producción de aceite frente a la palma de aceite Ténera, puesto que los primeros híbridos solo permitían extraer en promedio entre 11 a 15% de aceite, en cambio la palma de aceite desde 20 hasta 24%. Por otra parte, al desaparecer Coldesa, los híbridos perdieron interés comercial, puesto que en las otras zonas palmeras no existían amenazas como la pudrición del cogollo.

¿Ahora, cuál es la causa que motiva el resurgimiento de los híbridos interespecíficos *E. oleífera* x *E. guineensis* en Colombia?

El interés por los híbridos OxG, tanto en Colombia, como en Brasil y Ecuador, renace por la misma causa que motivó su creación hace cerca de 50 años, esto es, a la incidencia incontrolada del complejo pudrición del cogollo - CPC. En la zona palmera oriental de Colombia por la presencia de CPC, marchitez sorpresiva y últimamente marchitez letal. Además por explotar comercialmente la calidad de su aceite, en Tumaco fue el único medio para hacerle frente al CPC.

¿Dónde se establecen los híbridos como cultivo comercial en Colombia?

Las primeras plantaciones comerciales en gran escala del híbrido interespecífico OxG se establecen en los Llanos orientales, en las plantaciones La Cabaña, Guaicaramo y Unipalma, principalmente como acción de respuesta a dos enfermedades, pudrición de cogollo y marchitez sorpresiva. Además por la calidad de su aceite que genera valor agregado a la producción.

¿Con qué tipo de material se realizaron las primeras siembras comerciales en la zona oriental?

Hasta el presente, los materiales sembrados en forma comercial corresponden a los híbridos Coarí x La Mé producidos por CIRAD en La Cabaña, Meta e Indupalma, Cesar y por los híbridos Manicoré x La Mé producidos por Embrapa en Río Urubú (Brasil) y Unipalma, Meta.

¿Por qué los palmicultores no pueden reproducir semillas del híbrido interespecífico?



Una de las razones es la siguiente: el híbrido interespecífico es producido cruzando artificialmente palmas de nóli, las cuales proporcionan baja tasa de extracción de aceite (4% a 11%) con polen de palmas de aceite Pisífera, caracterizadas por su alta esterilidad femenina (alto malogro de racimos). Por lo tanto, cuando se hacen germinar semillas de una palma híbrida ocurre un proceso genético conocido como **segregación**, que consiste en que los progenitores vuelven a aparecer en las semillas germinadas, por lo tanto, en campo crecerán revueltas y en diferentes proporciones palmas Pisífera, palmas nóli e híbridos OxG en diferentes proporciones, muy diferentes a la palma híbrida de donde se tomaron las semillas, arriesgando una inversión de **40 años** por lo menos.

¿Cuál será la vida útil productiva de los híbridos *Oleífera* x *Guineensis*?

Tomando en cuenta la baja tasa de crecimiento de estos híbridos, 15 a 25 cm/año, la vida útil de una plantación con estos materiales fácilmente puede llegar a los 40 años después de su siembra en sitio definitivo. Como punto de referencia, en diciembre de 2007 la altura promedio de los híbridos Cere-té x La Mé sembrados en 1977 en la Estación Experimental El Mira, Tumaco (Nariño), fue 5,6 metros hasta la hoja No. 33, la 5ª hoja de la espiral uno (1).



¿Cuál es la diferencia entre emplear una palma *Guineensis Dura* y una palma *Guineensis Pisífera* como progenitor en cruzamiento con una palma *Oleífera*?



Las principales diferencias se manifiestan en los componentes del fruto y del racimo, principalmente en la relación fruto a racimo, cuesco a fruto y pulpa a fruto. Tomando en cuenta únicamente los frutos normales, el porcentaje de pulpa en fruto en los híbridos OxG Dura es de 40 a 50% mientras que en los híbridos OxG Pisífera es de 58 a 74%, pero los primeros presentan mayor porcentaje de frutos normales en racimo, mayor porcentaje de cuesco en fruto y mayor porcentaje de almendra en fruto y racimo.

¿Cuándo se establecieron las primeras palmas del híbrido *Oleífera x Guineensis* en Tumaco, Nariño?

Aproximadamente 30 palmas de noli y 15 palmas del híbrido OxG fueron establecidas en el año 1963 en la Estación Experimental El Mira, con semillas enviadas en 1962 por el IFA desde Cereté, Córdoba⁶.

¿Existen indicios de dominancia de una especie sobre la otra en cruzamientos interespecíficos?

Observaciones realizadas en varias descendencias de los cruzamientos OxG en pruebas de comportamiento agronómico y en pruebas de habilidad combinatoria en ICA El Mira, ahora Corpoica El Mira, indican que se presentan diferentes relaciones de dominancia entre las dos especies, como dominancia completa, dominancia parcial, codominancia y sobredominancia.

⁶ ICA. 1969. Informes Técnicos, Tomo 1. Programa Oleaginosas Perennes, Regional 5, Instituto Colombiano Agropecuario, Palmira.

¿Cuáles serían algunos ejemplos de estas relaciones de dominancia?

- **Dominancia** de la especie *E. oleífera* en las características baja tasa de crecimiento, disposición de los folíolos en el raquis de la hoja, partenocarpia, composición del racimo, vigor del raquis de la inflorescencia y número de racimos.
- **Dominancia parcial y codominancia** en la forma de los frutos, tamaño de los frutos, color de los frutos, cantidad de pulpa, cantidad de cuesco, cantidad de aceite, composición química del aceite y resistencia a enfermedades. (figura 43)

Consistencia Aceite (Ac. Grasos) - Dominancia Parcial

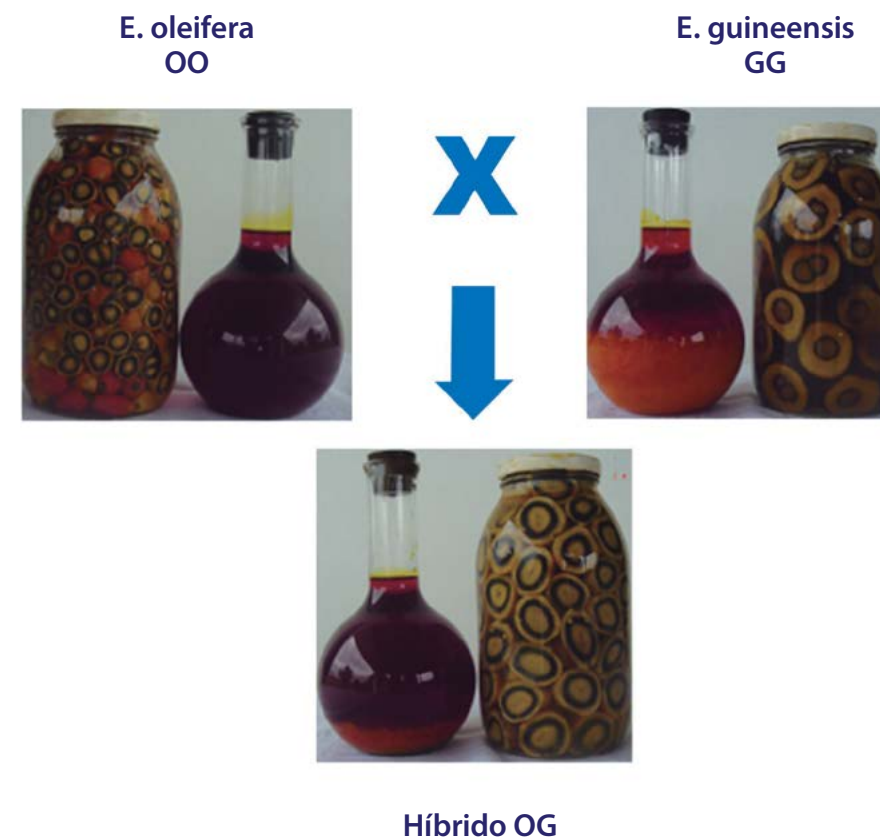


Figura 43. Ejemplo de Dominancia parcial o incompleta en algunas características de los frutos y del aceite. Los descendientes híbridos manifiestan características diferentes a las de sus progenitores, acercándose más a uno de los progenitores, incluso superándolos, como en el tamaño de la almendra



- **Sobredominancia** en longitud de la hoja, largo de los folíolos, ancho de los folíolos, presencia de fibras envolventes en las inflorescencias y número de racimos. (figura 44)



Figura 44. La disposición de los folíolos y el vigor de las hojas son un ejemplo de sobre dominancia en los híbridos inter específicos
 a. Hoja de palma de aceite *E. guineensis*
 b. Hoja de una palma del híbrido OxG. La disposición de folíolos de la palma americana de aceite es similar a la de los híbridos, pero la hoja es corta y menos vigorosa

¿Cuáles son las ventajas de los híbridos OxG con respecto a la palma de aceite?

- Tolerancia a enfermedades (complejo pudrición de cogollo).
- Baja tasa de crecimiento.
- Alta proporción de ácidos grasos mono y di-insaturados (Oleico y linoleico).
- Mayor contenido de carotenos y tocoferoles; alto índice de yodo y rusticidad.

¿Cuáles son las desventajas de los híbridos OxG con respecto a la palma de aceite?

- Alta esterilidad
- Alto porcentaje de frutos partenocárpicos
- Baja relación fruto a racimo
- Cubierta de fibras en las inflorescencias
- Necesidad de polinización asistida
- Baja densidad de siembra
- Bajo porcentaje de aceite en racimo
- Dificultad para la cosecha

¿Cómo se caracteriza el aceite de los híbridos Corpoica El Mira y de sus especies parentales?

En el cuadro que sigue se indican las características del aceite de los híbridos Corpoica El Mira, de la palma Nolí Cereté y de la palma de aceite tipo Deli: (tabla 25 y figura 45)

Tabla 25. Composición ácidos grasos (w/w) de las especies *Elaeis guineensis*, *Elaeis oleifera* y sus híbridos.

COMPOSICIÓN ÁCIDOS GRASOS (w/w)			
Característica	Palma de Aceite	Híbrido Nolí x Palma	Palma Nolí
Laurico (%)	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Mirístico (%)	1,0	0,3	0,4
Palmítico (%)	40,5	33,5	15,3
Palmitoleico (%)	< 0,1	0,4	1,4
Estearico (%)	5,0	0,7	0,6
Oleico (%)	44,4	55,6	70,4
Linoleico (%)	8,7	9,4	11,8
Linolénico (%)	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Araquídico (%)	0,2	0,1	< 0,1
Gondoico (%)	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Behenico (%)	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Linocérico (%)	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Índice de yodo (gr/100gr)	53,4	65,9	78,5
Índice de refracción	1,4584	1,4571	1,4576
Punto de fusión (°C)	26,0	< 2	< 2



Figura 45. EColor y consistencia de los aceites
 a. Palma americana de aceite tipo Amarillo
 b. Palma americana de aceite tipo Rojo
 c. Palma del híbrido interspecífico OxG
 d. Palma africana de aceite tipo Ténera

¿En forma general, cómo es la composición del aceite de pulpa de los híbridos OxG y de sus especies parentales?

Tabla 26. Composición del aceite de las especies *Elaeis guineensis*, *Elaeis oleifera* y sus híbridos

Característica	Palma de Aceite	Híbrido OxG	Palma Nolí
Ac. Palmítico (%)	46,1	37,0	18,0
Ac. Oléico (%)	44,6	52,4	66,7
Ac. Linoléico (%)	5,6	8,7	12,1
Ac. Grasos mono y di insaturados (%)	51,6 ^α	58,0	78,8
Carotenos total (mg/kg)	1.355,7 ^α	1.200 – 2.400	4.300 – 4.600
Vitamina E Total (ppm)	1.551,7 ^α	800 – 1.000	700 – 1.000
Índice de Yodo	53.3 ^α	70,0	92,6

^α Ténera de Corpoica El Mira

¿Existen diferencias notables en el polen del híbrido OxG con respecto a sus parentales?

El polen de las especies *E. guineensis*, *E. oleifera* y sus correspondientes híbridos difieren notablemente en cuanto a: tamaño, forma, olor, color y viabilidad. (tabla 27)

Tabla 27. Diferencias en las características del polen de diferentes especies de palma de aceite y sus híbridos *Elaeis oleifera* y sus híbridos.

Especie	Tamaño (µm)	Forma de los granos	Olor	Porcentaje Viabilidad
Nolí	25 – 50	Ovalado o periforme, superficie lisa y/o microreticulada	Desagradable	60 – 75
Híbridos OxG	32,7 – 32,3	Ovalado	Anís suave	6 – 60
Palma de aceite	38 – 40	Tetraédrico, color amarillo	Anís	60 – 95

¿Cuál es la principal característica que diferencia a los híbridos OxG producidos por Corpoica El Mira de otros híbridos OxG?



Las inflorescencias femeninas de los híbridos Corpoica El Mira crecen mucho más rápido que las espigas que las protegen, por lo cual, estas últimas se rompen y desfibran varios días antes de la antesis, quedando en la parte inferior del racimo, facilitando la polinización asistida o incluso la polinización natural, sin necesidad de retirarlas. Cuando los híbridos Corpoica El Mira están rodeados por suficiente número de palmas de aceite en ciclo masculino, producen racimos con aceptable porcentaje de frutos normales.

En ausencia de polinización asistida, los híbridos Corpoica El Mira producen racimos con alto porcentaje de frutos partenocárpico rojos, es decir, frutos con alto porcentaje de aceite.



¿Cuáles son las diferencias básicas entre palma de aceite, palma nolí y el híbrido interespecífico?

En el cuadro que sigue se sintetizan las diferencias morfológicas y fisiológicas entre las especies *E. guineensis*, *E. oleífera* y el híbrido interespecífico *E. oleífera* x *E. guineensis*, expresadas en forma cualitativa: (tabla 28)

Tabla 28. Diferencias básicas entre palma de aceite, palma nolí y el Híbrido interespecífico.

Característica	Palma de Aceite	Híbrido Nolí xPalma	Palma Nolí
Producción de inflorescencias masculinas	Alta	Baja	Baja
Viabilidad del polen	Alta viabilidad	Baja viabilidad	Alta viabilidad
Producción de inflorescencias femeninas	Alta	Muy alta	Alta
Viabilidad flores femeninas	Viable	Viable	Viable
Aborto de inflorescencias	Bajo	Muy bajo	Muy bajo
Duración del ciclo femenino	Largo*	Muy largo	Muy largo
Malogro de racimos	Bajo	Alto	Muy bajo
Partenocarpia	Baja	Muy alta	Baja
Cantidad de racimos por palma	Alto	Muy alto	Muy alto
Peso promedio por racimo	Pesado	Pesado	Liviano
Producción de RFF por palma	Alto	Muy Alto	Muy Alto
Cantidad de aceite por palma	Alto	Medio	Muy bajo
Tasa de extracción de aceite en racimo	Alto	Medio	Muy bajo
Largo de las hojas	Largas	Muy largas	Largas
Pulpa en fruto	Alto	Medio	Muy bajo
Cuesco en fruto	Bajo	Alto ¹	Alto
Almendra en fruto	Bajo	Alto ¹	Muy alto
Ácidos grasos saturados en aceite	Alto	Medio	Muy bajo
Ácidos grasos insaturados en aceite	Bajo	Medio	Muy alto
Consistencia del aceite	Sólido	Semilíquido	Líquido
Crecimiento del tallo	Alto	Bajo	Muy bajo
Vigor de la planta	Normal ²	Vigorosa	Normal ²
Reacción a enfermedades	Susceptible	Tolerante	Resistente

* En el material Corpoica El Mira es corto, menor a seis meses.

¹ Considerando únicamente frutos normales

² Normal para la especie

¿Cuáles son las características del genotipo ideal del híbrido OxG?

El híbrido interespecífico ideal depende básicamente de las necesidades de la industria y de los precios diferenciales por la calidad del aceite y sus derivados. Para que los híbridos OxG sean competitivos con respecto a la palma de aceite el genotipo ideal del híbrido OxG debe reunir las siguientes características:

- Alta producción de fruto (> 35 ton/ha)
- Alto porcentaje de extracción de aceite de pulpa (> 20%)
- Alto porcentaje de almendra en fruto (> 10%)
- Alto porcentaje de frutos normales por racimo (> 60%)
- Alto porcentaje de ácidos grasos insaturados, mono y di-insaturados (> 55)
- Tolerante a enfermedades (Putridión del cogollo, marchitez sorpresiva y letal)
- Alto índice de Yodo (> 65)
- Alto contenido de carotenos (> 1.800 mg/kg)
- Alto contenido de tocoferoles (> 900 ppm)
- Ausencia de fibras envolventes del racimo
- Polen fértil y compatible





12. POLINIZACIÓN ASISTIDA EN LOS HÍBRIDOS *E. oleífera* x *E. guineensis*⁷

¿Cuáles son las características que indican la necesidad de realizar polinización asistida en los híbridos OxG?

En una plantación con híbridos OxG se presentan varias características que son indicadoras de la necesidad de realizar polinización asistida, las principales son:

- Presencia de alto número de racimos malogrados.
- Racimos con bajo porcentaje de frutos normales.
- Presencia de fibras envolventes en los racimos.
- Mala conformación de los racimos.
- Alta relación sexual (alto porcentaje de palmas femeninas)
- Inflorescencias masculinas con baja cantidad de polen.

¿Características de los híbridos que causan baja polinización en una plantación comercial de híbridos OxG?

- Baja producción de polen
- Baja viabilidad del polen
- Esterilidad de las flores femeninas
- Flores masculinas y femeninas carentes de olor atractivo para los insectos polinizadores
- Fibras de las espatas florales persistentes
- Alta desuniformidad de las flores para entrar en antesis
- Hojas extremadamente largas (autosombreamiento)

⁷ Ver polinización asistida en la palma de aceite Sección I, numeral 6.4

¿Características ajenas a los híbridos que causan baja polinización en una plantación comercial de híbridos OxG?

- Sombra por arbustos y arvenses en las interlíneas durante los primeros 5 años.
- Baja circulación del aire por arbustos y arvenses en las interlíneas durante los primeros 5 años.
- Carencia de una especie de insecto polinizador específico para los híbridos.
- Baja población de insectos polinizadores.

¿Cómo deben ser los ciclos de polinización asistida en los híbridos OxG tomando en cuenta los períodos de receptividad de las inflorescencias femeninas?



El período receptivo de las inflorescencias femeninas es de 36 a 48 horas, igual que en palma de aceite, sin embargo, en los híbridos los ciclos de polinización asistida no deben pasar de 48 horas. Un operario calificado debe polinizar todas las palmas del área asignada en máximo 2 días, debido a la falta de polen en el ambiente y por la escasez de polinizadores. En invierno, período de baja floración, los ciclos se pueden alargar a tres días.

¿Qué implicaciones tiene la persistencia de las espatas florales y fibras, sobre las inflorescencias femeninas?

La persistencia de las fibras de las espatas florales es una característica negativa, que dificulta la polinización; obliga a dos acciones para lograr una polinización satisfactoria: retirar las fibras que cubren la inflorescencia y aplicar polen en plena antesis. Este defecto es mucho más acentuado en los híbridos que utilizan Oleíferas originarias de la amazonía, como el Coarí, Manicoré o Taisha.



¿En los híbridos OxG, cuál es el rendimiento de un operario calificado por ciclo de polinización asistida, expresado en área?

Un operario calificado debe realizar dos labores relacionadas con la polinización, retirar las fibras de la inflorescencia y aplicar el polen; aún así un operario cubre hasta 10 hectáreas por jornal, por lo tanto, está en capacidad de atender hasta 20 ha por ciclo de polinización de 2 días.

¿Según la pregunta anterior, cuál es el área mínima que justifica la contratación de un operario polinizador en los híbridos OxG?

En tiempo de máxima floración por cada veinte hectáreas se requiere un operario polinizador.

En épocas de baja floración un operario puede atender hasta 30 hectáreas.

¿Para los pequeños palmicultores, con áreas inferiores a 10 hectáreas, se justifica la contratación de un operario polinizador?

No se justifica exclusivamente para esta labor. En este caso la polinización asistida debe ser parte de una serie de labores asignadas al que hacer diario del operario dentro del predio, tomando en cuenta que la polinización asistida es una obligación en lotes con híbridos OxG, independiente del tamaño del predio.

¿En los híbridos OxG, cuál es el rendimiento de un operario calificado por ciclo de polinización?

Con relación al número de inflorescencias, se estima que un operario debe polinizar hasta 110 inflorescencias por ciclo de polinización de 2 días, esto es 11 inflorescencias por hectárea cada dos días.

- **Parámetros considerados:** Ciclos de 2 días; 10 ha/polinizador/día; 115 palmas/ha; 90% de palmas en ciclo femenino; potencial de 15 inflorescencias/palma/año y 296 días laborables.

¿En los híbridos OxG, cuál es la dosis de polen recomendada por inflorescencia?

En este caso no se toma en cuenta el número de palmas híbridas en ciclo masculino, por la esterilidad demostrada del polen y por la cubierta de fibras que obstaculiza la polinización natural. La cantidad de polen requerida por inflorescencia depende de la edad de la palma; hasta los 6 años después del trasplante, son suficientes entre 0,15 y 0,20 gramos por inflorescencia; en palmas mayores de 6 años se usan entre 0,20 y 0,30 gramos por inflorescencia.

¿En los híbridos OxG, cuál debe ser el rendimiento del polen?

Considerando 110 inflorescencias polinizadas por ciclo y la dosis por inflorescencia, los requerimientos de polen por ciclo de polinización varían entre 16,5 a 22,0 gramos en palmas jóvenes y entre 22 a 33 gramos en palmas adultas.

¿En las polinizaciones asistidas, el polen se aplica solo o mezclado con talco?



Se aplica mezclado con talco inerte. Con el propósito de aumentar la cobertura y mejorar la dispersión, el polen se mezcla con talco inerte en una proporción de diez partes de talco por una de polen (proporción 10:1). Si las inflorescencias femeninas son grandes, puede diluirse en mayor cantidad de talco. La proporción veinte partes de talco por una (1) parte de polen está funcionando bien en los híbridos OxG.

¿Con relación a las respuestas de las preguntas anteriores, cuál debe ser la dosis de polen tomando en cuenta las diferentes proporciones de mezcla?

Independiente de la concentración de la mezcla talco-polen, proporción 10:1 o proporción 20:1, la dosis de polen por inflorescencia siempre será la misma, esto es: 0,15 a 0,20 gramos en palmas jóvenes y 0,20 a 0,30 gramos en palmas mayores de 6 años.



¿Cuántas inflorescencias se polinizan con un gramo de polen mezclado con talco en proporción 10:1; cuántas con un gramo de polen mezclado con talco en proporción 20:1?

De acuerdo con la respuesta anterior, con un gramo de polen deben polinizarse entre 5 y 7 inflorescencias si la palma es joven y entre 3 y 5 inflorescencias en palmas mayores de 6 años, sin importar la proporción de la mezcla.

¿Entonces, para qué sirven las diferentes proporciones de la mezcla talco- polen?

Las diferentes proporciones de la mezcla lo que hacen es dispersar los granos de polen para aumentar la superficie de cobertura, para que los granos de polen puedan llegar a mayor cantidad de flores. Conclusión: ninguna proporción en la mezcla ahorra polen.

¿En los híbridos OxG, cuál es la ganancia esperada por efecto de la polinización asistida?

No existen referencias concretas al respecto. En algunas plantaciones de la zona oriental están obteniendo ganancias que varían entre 30% y 60% en el peso de los racimos, dependiendo del tipo parentales del híbrido. En algunos híbridos con espatas fibrosas persistentes, la ganancia puede ser del 100%.

¿Los picos de máxima floración coinciden con los picos de máxima producción de fruto?

No. Así como en la palma de aceite, en los híbridos OxG los picos de floración y los picos de producción de racimos son opuestos. La máxima floración se presenta en época de verano y en los meses más secos, cuando ocurre mayor tasa de emisión de inflorescencias y mayor apertura de flores; en cambio, la máxima producción se presenta en invierno y en los meses más lluviosos.



¿Por qué los picos de máxima producción de fruto se obtienen en invierno y los picos de mínima en verano?

La razón radica en la dinámica de floración. En la palma de aceite los picos de floración y los picos de producción de racimos son opuestos. La máxima floración se presenta en época de verano, que es cuando ocurre mayor tasa de emisión de inflorescencias y mayor apertura de las flores, mientras que la menor floración ocurre en época de invierno; lo que sucede es que el invierno coincide con el periodo de maduración de los frutos polinizados en verano.

¿Cuál es el momento más indicado para aislar una inflorescencia masculina para obtención de polen para polinizaciones asistidas?

El aislamiento de las inflorescencias para este propósito se debe realizar cuando más de 60% de las espigas de la inflorescencia están liberando polen, es decir, están en antesis. Con el embolsado oportuno se obtiene mayor cantidad de polen y mayor porcentaje de viabilidad del mismo.

¿Qué pasa si el embolsado se realiza antes o después de antesis?

- **Antes de antesis:** se obtiene mayor cantidad de polen por inflorescencia; el rendimiento de los operarios colectores de polen disminuye; es posible que aumenten los costos de producción, por la revisión diaria. Se obstaculiza el trabajo de los insectos polinizadores y del viento; en algunos materiales se pierde entre 20 y 30% de polinización natural.
- **Después de antesis:** El rendimiento de polen por inflorescencia y la calidad del mismo disminuyen, el polen se pierde al caer de la inflorescencia por gravedad, se lo llevan los insectos o el viento. Aumenta el rendimiento de los operarios colectores de polen.

¿Qué tipo de palma se recomienda como donante de polen para polinizaciones asistidas en los híbridos OxG?

De cualquier tipo de palma de la especie *Elaeis guineensis*. No importa que la palma sea Dura, Ténera o Pisífera. Las palmas Dura producen mayor cantidad de polen por inflorescencia, en cambio las palmas Ténera producen mayor número de inflorescencias masculinas cuando están en ciclo masculino.



¿Cuál es el procedimiento para recolectar y preparar polen para polinizaciones asistidas?

- Disponer de un lote productor de polen en la plantación o fuera de ella.
- Revisar diariamente este lote en busca de inflorescencias masculinas en antesis, es decir, que estén liberando polen.
- Una vez identificada, la inflorescencia se cubre con una bolsa de tela (lona, dril, jean) de 50 cm de ancho por 60 cm de largo. Los bordes de la bolsa se atan con un cordón corredizo al pedúnculo de la inflorescencia. Se corta por debajo del amarre y se transporta hasta el lugar designado para el presecado al sol por varias horas permaneciendo aún dentro de la bolsa.
- Se transporta hasta el cuarto de secamiento (laboratorio); la inflorescencia se extrae de la bolsa y se sacude fuertemente, golpeándola sobre una zaranda metálica a fin de extraer la máxima cantidad de polen. Debajo de la zaranda se coloca medio pliego de papel periódico para recoger el polen, también se pueden utilizar bandejas planas de aluminio.
- El polen se pasa por un tamiz metálico para separarlo de impurezas, restos de las flores masculinas y de insectos. La malla del tamiz se puede reemplazar por una tela de tul.
- Dentro de la cámara de secado se coloca otra bandeja plana de aluminio y sobre ésta se extiende una fina capa de polen. Frecuentemente se resuelve para lograr un secado uniforme. Dentro de la cámara permanece por 12 horas al calor de una bombilla de 60 w (aproximadamente entre 36 a 38°C).
- Luego de las 12 horas el polen está listo para usarse o para guardarse en frascos de vidrio y dentro de un congelador a temperaturas de -15°C a -20 °C.

¿Cómo es y qué dimensiones debe tener una cámara para secado de polen?

Es un cubículo rectangular construido en lámina galvanizada, con diferente forma y tamaño dependiendo del número de hectáreas de la plantación. La cámara más pequeña mide 60 cm de ancho por 60 cm de largo y 35 cm de alto. Básicamente consta de las siguientes partes: una ventana de vidrio en la cara superior, una bombilla de 60 W en el centro de la cara posterior y una puerta en la cara frontal. Una cámara más grande puede tener varios entrepaños, con bombillas dispuestas en la parte superior y en la parte inferior, con un termostato para mantener una temperatura entre 36 y 38 °C.

¿En qué consiste la prueba de viabilidad del polen y cuándo se debe realizar?

La prueba de viabilidad consiste en hacer germinar los granos de polen sobre una solución nutritiva, con el propósito de estimar el porcentaje de germinación del polen en un momento determinado. La prueba de viabilidad se debe realizar justo después del secado, antes de almacenarlo en frascos de vidrio dentro del congelador y cada vez que se utilice.

¿Cómo se realiza la prueba de viabilidad del polen?

- **Solución de agua destilada, agar-agar y azúcar:** Disolver 1,2 gramos de agar-agar y 11 gramos de azúcar en 100 mililitros de agua destilada y dejar hervir durante 10 minutos. Repartir la solución en cajas de petri; dejar enfriar. Espolvorear una pizca de polen en cada caja de petri. Dejar incubar por 2 horas a temperatura ambiente y observar al microscopio; contar los granos de polen germinados sobre el total de los granos del campo visual y expresar en porcentaje.
- **Solución de agua destilada, sucrosa y boro:** Disolver 10 gramos de sucrosa en 100 mililitros de agua destilada, agregar 10 gotas de solución de bórax al 5%. Repartir la solución en cajas de petri. Espolvorear una pizca de polen en cada caja de petri. Dejar incubar durante 6 horas a temperatura ambiente, la germinación empieza después de 2 horas. Observar al microscopio; contar los granos germinados sobre el total de los granos del campo visual y expresar en porcentaje.



¿Qué porcentaje de viabilidad debe tener el polen para su almacenamiento?

El porcentaje mínimo de viabilidad para almacenar el polen en frascos de vidrio dentro de un congelador debe estar entre 65 y 70%.

¿Qué porcentaje de viabilidad debe tener el polen para polinizaciones asistidas?

Polen con 60 a 65% de viabilidad producen polinizaciones satisfactorias en campo. Por debajo de 60% se debería descartar; pero este defecto se puede compensar aumentando la cantidad de polen en la mezcla. Por ejemplo, 4 partes de talco por 1 gramo de polen (proporción 4:1), 10 partes de talco por 4 gramos de polen (proporción 5:2), etc.

¿La polinización asistida puede causar algún efecto negativo sobre la producción en los híbridos *E. oleífera* x *E. guineensis*?

No existen experiencias al respecto para el caso de los híbridos OxG. En palma de aceite se ha comprobado que a largo plazo la polinización asistida puede causar alguno de los siguientes problemas:

- Se reduce el número de inflorescencias femeninas, debido a regulación fisiológica por haberse alterado el patrón de distribución natural de los asimilados fotosintéticos.
- Se reduce la proporción de sexos, es decir, aumenta el número de palmas masculinas (causa primaria de baja producción).
- Al mejorar la proporción de frutos normales en el racimo y aumentar el peso de los racimos, el número de racimos tiende a disminuir, por lo tanto, la producción también puede disminuir. En Malasia se demostró que la polinización asistida reduce la producción de la palma de aceite, posiblemente por reducción en el número de racimos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta A, Munevar F. 2005. Efecto de las propiedades físicas y el contenido de nutrientes en el suelo en la pudrición de cogollo en palma aceitera. Instituto de la Potasa y el Fósforo INPOFOS A. S. Informaciones Agronómicas (59): 1-5.
- Agrios NG. 1996. Fitopatología. Editorial Limusa. Grupo Noriega Editores. México. 838 p.
- Airede CE, Flood J, Mepsted R. 1996. Studies on rapid screening of the oil palm for resistance to fusarium wilt and comparison of isolates of *Fusarium oxysporium* from Nigeria, Cote D'voire and Zaire. Proceeding of the 1996 PORIM International Palm Oil Congress: 521-527.
- Alban J, Millan B, Khan F. 2008. Situación actual de la investigación etnobotánica sobre palmeras de Perú. Las palmeras en América del Sur. Revista Peruana de Biología 15 (1): 133-42.
- ALVARADO A, CHINCHILLA CM, BULGARELLI J, STERLING F. 1997. Agronomic factors associated to Common Spear Rot/Crown disease in oil palm. ASD de Costa Rica S. A. ASD Oil Palm Papers (15): 8-28
- ALVARADO A, BULGARELLI J, MOYA B. 1988. Germinación del polen en poblaciones derivadas de un híbrido entre *Elaeis guineensis* Jacq. y *E. oleífera* HBK, Cortes. En: www.asd-cr.com/aSD-Pub/Bol20/B20-4esp.htm; consulta: septiembre de 2006.
- AMBLARD P, BILLOTTE N, COCHARD B, DURAND T, JACQUEMARD CJ, LOUISE C, NOVY B, POTIER F. 2004. El mejoramiento de la palma de aceite *Elaeis guineensis* y *Elaeis oleífera* por el Cirad – CP. Palmas, volumen especial, Colombia 25(2): 306-310.
- ARIAS FJ, FIGUEREDO VP. 1987. Mejoramiento genético de la palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq. Proyecto de investigación. Sección Oleaginosas Perennes, Instituto Colombiano Agropecuario. 112 p.
- ARIAS FJ, FIGUEREDO VP, MENA E, OWEN E, JIMENEZ O. 1988. Origen de los progenitores Dura y Pisífera para producción de semilla de palma africana del ICA. Sección Oleaginosas Perennes, Instituto Colombiano Agropecuario. 29 p.
- ARIAS FJ, OWEN E, FIGUEREDO P, MENA E. 1988. Progenitores de la semilla Ténera ICA (DxP) de palma africana en Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario. Centro de Investigación Caribia, Sevilla, Magdalena (Mecanografía).
- ARIFFIN ABA. 1990. Ripeness standard-any sing of loose fruit and with one loose fruit per bunch as the minimum standard. Oil Palm Curse for Middle Management Personels In Sabah. Tawau, Sabah.
- AYALA L, GÓMEZ P. 2000. Patogenicidad de aislamientos de *Thielaviopsis paradoxa*, principal agente causal de la pudrición de cogollo. Palmas 21 (No. Especial): 121-122.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARAHONA A, PIÑERO D. 2000. Genética, La continuidad de la vida. 2da edición. La Ciencia /125 para todos. Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 147 p.
- BARCELOS E. 1986. Características genético ecológicas de populações naturais de caiaué (*Elaeis oleifera*) na amazônia Brasileira. Tesis de Grado para optar el título de Master en Ciencias Biológicas. Fundação Universidade do Amazonas. Manaus, Brasil. 108 p.
- BARON CAP. 1996. Estimación y cálculo de parámetros de crecimiento en palma africana (*Elaeis guineensis*), Nolí (*E. oleifera*) y el híbrido (*E. guineensis* x *E. oleifera*). Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 64 p.
- BARRERO LS, NARVAEZ J, BASTIDAS S, REYES R. 1995. Marcadores bioquímicos en un programa de introgresión rápida de genes entre las especies aceiteras *Elaeis guineensis* y *Elaeis oleifera*. IV Congreso Nacional Sociedad Colombiana de Fitomejoramiento y Producción de Cultivos. Chinchiná - Caldas. pp 11.
- BASTIDAS PS. 1984. Recolección de muestras para análisis foliar. In: FEDEPALMA, Memorias del primer encuentro nacional sobre palma africana. Villavicencio, Colombia. pp. 149-160.
- BASTIDAS PS. 1991. Sistema de mejoramiento en palma africana en el C.I. El Mira, Tumaco. IICA-BID-PROCIANDINO. Quito, Ecuador. pp. 19-48.
- BASTIDAS PS, HURTADO CL. 1992. Palmas prolíficas en la especie *Elaeis oleifera*, una mutación afortunada. Santafé de Bogotá, Colombia. Palmas 13(3): 55-60.
- BASTIDAS PS, FIGUEREDO VP, REYES CR. 1993. Obtención de materiales de palma de aceite (*Elaeis guineensis*) adaptados al trópico latinoamericano. Palmas (No. Especial): 49-56.
- BASTIDAS PS, HURTADO CL. 1993. Evaluación de palmas prolíficas en la especie *Elaeis oleifera* e híbridos interespecíficos *E. oleifera* x *E. guineensis*. Palmas 14(4): 55-60.
- BASTIDAS PS, MARTÍNEZ WO. 1995. Variabilidad de los segregantes de tres autofecundaciones Tenera de palma africana. Santafé de Bogotá, Colombia. Palmas 16(4): 19-28.
- BASTIDAS PS, MARTÍNEZ WO. 1996. Caracterización de componentes de la producción y de crecimiento en líneas S1 de palma africana. Palmas 17(3): 17-26.
- BASTIDAS PS, MARTÍNEZ WO. 1996. Caracterización de componentes de la producción y de crecimiento en líneas S1 de palma africana. Palmas 17(3): 17-26.
- BASTIDAS PS, PEÑA RE, REYES CR, CASAS MH. 2002. Recomendaciones generales para el manejo de semilla germinada y viveros de palma de aceite (*Elaeis guineensis*). CORPOICA. 21 p.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASTIDAS S, PEÑA E, REYES R. 2003. Avances sobre el comportamiento de los híbridos de primera generación de retrocruzamiento entre palma americana (*Elaeis oleifera*) y palma de aceite (*Elaeis guineensis*). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - CORPOICA. Revista Regional, Novedades Técnicas 3 (3): 32-36.
- BASTIDAS PS, PEÑA RE, REYES CR. 2005. Metodología de selección para el mejoramiento genético acelerado de la palma de aceite de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). Prueba de campo. Revista Fototécnica Colombiana 5(1): 46-52.
- BASTIDAS S, REYES R, PEÑA E. 2006. Palma de aceite Tenera Corpoica El Mira: Alternativa Nacional. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA. Revista Innovación y Cambio Tecnológico 4(2, 3): 47-50.
- BASTIDAS S, PEÑA E, REYES R, PEREZ J, TOLOSA W. 2007. Aportes del programa de mejoramiento genético de la palma de aceite de Corpoica Estación Experimental El Mira a la palmicultura nacional In: Taller técnico científico sobre avances y resultados en los procesos de investigación y manejo del complejo pudrición del cogollo en Tumaco. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural; Corpoica; Cenipalma; Fedepalma. Tumaco, Octubre 24, 25 de 2007. Medio magnético (CD).
- BASTIDAS PS, PEÑA RE, REYES CR. 2008. Instrucciones para tomar muestras foliares en plantaciones pequeñas y medianas de palma de aceite. Corpoica Estación Experimental El Mira. 17 p.
- BERNAL F. 1983. Sistemas y eficiencia de cosecha en Colombia. Revista Palmas 14 (No. Especial): 100-102.
- BLAAK G, STERLING RF. 1996. The prospects of extending oil palm cultivation to higher elevations through using cold-tolerant plant material. Planter. 72(849): 645-652
- BRAUER O. 1980. Fitogenética aplicada. Cuarta reimpresión. Editorial Limusa, S.A. México.
- BREURE CJ. 1987. Selección de progenitors de la palma de aceite con base en el índice de racimos y la productividad en Nueva Bretaña Occidental. Revista Palmas 8 (2): 39-40
- BREURE CJ. 1987a. Factors associated with the allocation of carbohydrates to bunch dry matter production in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Harrisons Fleming Advisory Services Limited. London, U. K. Dami oil palm Research Station. 92 p.
- BASTIDAS S, PEÑA E, REYES R. 2003. Genealogía del germoplasma de palma de aceite (*Elaeis guineensis*) del proyecto de mejoramiento genético de Corpoica. Palmas 24(1): 21-29.
- BASTIDAS PS, REYES CR, PEÑA RE. 2004. Tenera Corpoica El Mira, material de palma de aceite Colombiano. Boletín técnico, CORPOICA. Código 4.2.2.05.32.04.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BREURE C.J. 1987b. Factors affecting yield and growth of oil palm Tenera in West New Britain. In: Factors associated with the allocation of carbohydrates to bunch dry matter production in oil palm. Harrison Fleming Advisory Services Limited. Dami Oil Palm Research Station. pp 93-103.
- BREURE C.J. 1988. Metodología para el análisis fisicoquímico de racimos. Reporte sobre visita a Colombia palma de aceite y palma de coco. Consultoría para ICA. Harrisons Fleming Advisore Services Limited. Bogotá. 43 p.
- BREURE C.J. 1992. Development of elite families in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Euphytica 64: 99-112.
- BREURE C.J, VERDOOREN LR. 1995. Guidelines for testing and selecting parent palms in oil palm. Practical aspects and statistical methods. ASD Oil Palm Papers (9): 32-50.
- BREURE K. 2003. The search for yield in oil palm: basic principles. In: Fairhust, T. y Hardter, R. (eds.). Oil palm. Management for large and sustainable yields. Potash & phosphate institute (PPI). Oxford. p. 59-98.
- BULGARELLI J, CHINCHILLA C, ALVARADO A. 2002. Vegetative growth of a Deli x Avros cross. ASD Oil Palm Papers, 24: 24-29.
- CADENA MC, DEVIS MA, MLIKOV I, ORTIZ GJR, PABON CJD. 2004. En Tumaco: Fenómenos del niño y la niña. Eventos ENOS y su relación con el clima y la producción de palma de aceite. Palmas, 25(4): 46-62.
- CAICEDO GG, MENDOZA S, RANGEL NA. 1974. Estudio de la polinización y características del polen e inflorescencias de la palma nolí (*Elaeis oleifera*). Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Córdoba. Montería, Colombia.
- CALVACHE H, FRANCO P, ALDANA J, ALDANA R. 2000. Plagas de la palma de aceite en Colombia. Centro de Investigación en palma de aceite, Cenipalma. Bogotá, Colombia. 89 p.
- CALVO F. 1984. Planificación y labores de establecimiento del cultivo de la palma africana de aceite. In: Memorias del Primer Encuentro Nacional Sobre Palma Africana – Villavicencio, junio de 1984. Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, FEDEPALMA. 297 p.
- CALVO F. 1991. Cosecha. Maduración, sistemas y costos. Revista Palmas 12 (No. Especial): 47-52.
- CANTUCA S, QUEVEDO E, PEÑA E, CHECA O. 2001. Reconocimiento taxonómico de plantas asociadas con la palma de aceite (*Elaeis guineensis*) en plantaciones de la zona de Tumaco. Palmas. Vol. 22(1): 27-37.
- CASTRO PRC, FERREIRA SO, YAMADA T. 1987. Ecofisiología da produção agrícola. Associação Brasileira para Pesquisa da Potasa e do Fosfato. Piracicaba S. P. 249 pp 43-66.
- CCCP-DIMAR. 2004. Impacto de los eventos ENOS en la producción de palma de aceite en el Municipio de Tumaco. Oceanografía Operacional. Tumaco. 70 p.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CEGA. 1999. Análisis de factibilidad y diseño institucional para el desarrollo de cinco núcleos de cultivo de palma de aceite en Tumaco, Nariño. Informe de Consultoría. Bogotá. 62 p.
- CENIPALMA. 2005. Relación existente entre los factores climáticos, las características físicas del suelo y la PC. Curso Taller sobre Manejo de la Pudrición del Cogollo (PC).
- CENIPALMA, 2006. Curso taller Manejo de la pudrición de cogollo en la zona occidental. San Andrés de Tumaco, Colombia. (Medio magnético, CD).
- CHAN KW, YUSOF B. 2000. Retos que enfrenta la industria de la palma de aceite – La perspectiva de la plantación. Palmas, 21(3): 19-23. Traducido por Fedepalma. Tomado de: Challenges facing the oil palm industry – the plantation perspectiva. Oil Palm Developments (Malaysia), 31: 1-19
- CHAN KW. 2003. Mejores prácticas y desarrollo sostenible de la industria de palma de aceite. Palmas, 24(4): 35-52. Traducido por Fedepalma. Tomado de: Best developed practices and sustainable development of the oil palm industry. The Planter 79(928).
- CHÁVEZ F. 1986. Enfermedades de palma africana en Ecuador y su combate. Manual No. 8. Estación Experimental Santo Domingo. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP. Ecuador. 18 p.
- CHINCHILLA C. 1991. The red ring-little leaf syndrome in oil palm and coconut palm. ASD Tech. Bull. No. 1, Jan. 1991: 1-17.
- CHINCHILLA C, UMAÑA C. 1996. There is no (known) danger in importing palm diseases through oil palm seed imports from Costa Rica. ASD Oil Palm Papers. No. 13: 1-8.
- CHINCHILLA C, SALAS A, CASTRILLO G. 1997. La pudrición común de la flecha/arqueo foliar: efecto sobre el crecimiento y la producción inicial en palma aceitera. ASD Oil Palm Papers, 16: 1-17
- CHINCHILLA C, BULGARELLI J, CASTRILLO G, SALAS A. 1998. Material de desarrollo avanzado en viveros de palma aceitera: crecimiento y producción. ASD Oil Palm Papers, 17: 1-19
- CHINCHILLA C, DURAN N. 1999. Nature and management of spear rot – Like problem in oil palm: A case study in Costa Rica. Proceeding of the 1999 PORIM International Palm Oil Congress (Agriculture) A29: 97-126
- CHINCHILLA C. 2001. El anillo clorótico y otros síntomas atribuidos a virus en palma aceitera: riesgos de transmisión por semilla. ASD Oil Palm Papers, No. 22: 23-27.
- CHOO YM, MA AN, YAP SC. 1997. Carotenes, vitamin E and sterols in oils from *E. guineensis*, *E. oleifera* and their hybrids. Palm Oil Developments 27: 1-9.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHOW CH. 1987. The seasonal and rainfall effects on palm oil production in peninsular Malaysia. In: Halim, H.A.; Hassan, H.; Chew, P.S.; Wood, B.J.; Pushparajah, E. (eds.). Proceedings of the 1987 international oil palm/palm oil conferences. Progress & prospects. Palm oil research institute of Malaysia and Incorporated society of planters. Jun. 23-26 1987. p. 46-52.
- CONTRERAS BAP. 1996. Estimación y cálculo de parámetros de crecimiento en palma africana (*Elaeis guineensis*), Nolí (*Elaeis oleifera*) y el híbrido (*E. guineensis* x *E. oleifera*). Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 64 p.
- CORLEY RHV, HARDON JJ, TANG GY. 1971. Analysis of growth of the oil palm *Elaeis guineensis* Jacq. I. Estimation of growth parameters and application in breeding. Euphytica 20: 307-315.
- CORLEY RHV. 1973. Effects of plant density on growth and yield of oil palm. Expl. agric. 9: 169-180.
- CORLEY RHV, BREURE CJ. 1981. Measurements in oil palm experiments. International report, Unilever Plantation Group. London, U. K. 35 p.
- CORLEY RHV. 1982. Germination and seedling growth. 2ª Ed. En: Developments in Crop Science (1): Oil Palm Research. Scientific Publishing Company, Amsterdam. pp. 23-36.
- CORLEY RHV, TINKER PB. 2003. The oil palm. Oxford Blackwell Science Ltda., Blackwell Publishing Company. 562 p.
- CORPOICA. 1993. Mejoramiento genético de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Colombia. Proyecto de investigación, código PR05200052. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
- CORPOICA. 1993. Introgresión de genes entre las especies *E. guineensis* y *E. oleifera*. In: Mejoramiento genético de la palma africana de aceite (*Elaeis guineensis*) en Colombia. Proyecto de investigación, código PR05200052. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
- CORPOICA, DNP, FONADE. 1996. Caracterización de los sistemas de producción agropecuarios de la región Pacífico Colombiana. Convenio CORPOICA – FONADE - Programa BID-Plan Pacífico. Santafé de Bogotá, Junio de 1996. 223 p.
- CORPOICA, FEDEPALMA. 1999. Evaluación edafoclimática de las tierras del trópico bajo colombiano para el cultivo de la palma de aceite. Bogotá. 30 P.
- CORPOICA. 2001. Comportamiento de los híbridos RC1 y RC2 entre palma Nolí (*E. oleifera*) y palma africana (*E. guineensis*) frente a las enfermedades Mancha anular, pudrición del cogollo y marchitez sorpresiva. Proyecto de investigación en portafolio de proyectos. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – CORPOICA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CORPOICA. 2003. Procedimiento técnico para la producción de semillas de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) de material mejorado obtenido por Corpoica en el Centro Experimental el Mira. Tumaco. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - CORPOICA.
- CORPOICA. 2005. Plan regional de investigación en palma de aceite (*Elaeis guineensis*) para la zona palmera occidental. Corpoica, Estación Experimental El Mira. Tumaco, Nariño. 31 p.
- CORRADO F, WUIDART W. 1990. Germinación de las semillas de palma Africana (*E. guineensis*) en bolsas de polietileno. Método por "calor seco". Oléagineux 45 (11): 516 – 518.
- CUTHBERT J. 1992. El *Rhadinaphelenchus cocophilus* y la *Elaeis guineensis* Jacq. – Revisión de Literatura. Palmas. Volumen 13. Número 3: 47-54.
- DOLLET M, MARIAU D, RENARD JL. 1987. Research needed on oil palms diseases on Latin America. In: Proc. Of 1987 Int. O.P/P.O Conf. Agriculture: 514-515.
- DZIDO JL, GENTY Ph, OLLAGNIER M. 1978. Principales enfermedades de la palma de aceite en el Ecuador. Oléagineux. Volumen 33, Número 2: 55-63.
- ENRIQUEZ TJM. 1985. Soil and foliar analysis of N-P-K in african palm (*Elaeis guineensis*) and its correlation with fruit yield in Buena Vista farm. Universidad de San Carlos de Guatemala (Guatemala). Biblioteca, Facultad Agronomía, Universidad de San Carlos, Guatemala. AGRIS Centre: Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, Barcenas, Villa Nueva, Guatemala. 88 p.
- ESCOBAR R, STERLING F, PERALTA F. 1996. Oil palm planting materials by ASD de Costa Rica. ASD Oil Palm Papers (14): 1-12.
- FEDEPALMA. 2000. Visión y estrategias de la palmicultura colombiana: 2000-2020. 291 p.
- FEDEPALMA. 2006. Anuario Estadístico 2006. La agroindustria de la palma de aceite en Colombia y el mundo 2001 - 2005. Bogotá. 121 p.
- FIGUEREDO, VPH. 1978. Informe de visita de asesoría realizada a la Estación Experimental El Mira, Instituto Colombiano Agropecuario. Sevilla, Magdalena. 51 p. (Mecanografía).
- FIGUEREDO VPH, VALLEJO RG. 1986. Botánica de la palma africana de aceite *Elaeis guineensis* Jacq. En: Memorias del I Encuentro nacional sobre palma africana. 2ª Ed. Villavicencio, junio de 1984. FEDEPALMA, Bogotá. pp 30-42.
- FIGUEREDO VPH. 1996. Proceso germinativo de la semilla de palma de aceite. En: Memorias Primer curso internacional de palma de aceite. 2ª Ed. Villavicencio, junio de 1984. FEDEPALMA, Bogotá. pp 55-68



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FIGUEREDO VHP. 1991. Tecnología de la germinación de la semilla de palma aceitera Africana. Metodología para la producción de semilla comercial de palma aceitera africana. IICA-BID-PROCIANDINO. Quito, Ecuador. pp. 65-78.
- FIGUEROA M, ESPINOZA A, DELGADO J, CHAVEZ F. 1984. Determinación del agente causal de la "pudrición de la flecha" de la palma africana en el Ecuador. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP. Estación Experimental Santo Domingo. Ecuador. Boletín Técnico No. 53. 7 p.
- FLOOD J, MEPSTED R. 1991. Marchitez Vascular de la palma africana: ¿Un problema potencial para Malasia?. Revista Palmas Volumen12, No. 1: 15-19.
- FOONG SF. 1999. Impact of moisture on potential evapotranspiration, growth and yield of oil palm. In: Darus A, Chan KW, Sharifah SR. (eds.) PROCEEDING of the 1999 PORIM international palm oil congress. Emerging technologies and opportunities in the next millennium. Palm oil research institute of Malaysia. pp. 64-86.
- FRANQUEVILLE H DE. 2001. La pudrición del cogollo de la palma aceitera en América Latina. Revisión preliminar de hechos y logros alcanzados. CIRAD BUROTROP. Departamento de Cultivos Perennes. CIRAD, Montpellier, Francia. 37 p.
- GENTY Ph, DESMIER R, MORIN J. 1978. Las plagas de la palma aceitera en América Latina. Oleagineux. Vol. 33 (7): 325-419.
- GOMEZ CP, OWEN E, NIETO LE, CALVACHE H, MONDRAGON V, ALVAREZ G. 1990. Diagnóstico tecnológico del cultivo de palma de aceite en Colombia. Palmas 11(3): 32-63.
- GOMEZ CP, ACOSTA GA, GUEVARA LA, NIETO PL. 1995. Pudrición de cogollo en Colombia: Importancia, investigación y posibilidades de manejo. Palmas 16 (No. especial): 198 -206.
- GOMEZ CP. 1995. Estado actual de la investigación sobre pudrición de cogollo. Revista Palmas 16 (1): 9-23.
- GOMEZ P, CALVACHE H, NIETO L, ACOSTA A, ALVAÑIL F, MORA S. 1996. Pest and diseases of oil palm in South A America: The south American experience. In: Darus, A.; Wahid, M.D.; Rajanaidu, N.; Dolmat, T.; Paranjothy, K.; Choo, C.S.; Choong, C.K. and Ravigadevi, S. (eds.). Proceeding Of the 1996 Porim International palm oil congress competitiveness for the 21st century. Palm oil research institute of Malaysia. p. 303-311.
- GOMEZ CPL. 1999. Water resources in Colombia and their use for irrigation of oil palm crops. In: Darus, A.; Chan K.W.; Sharifah, S.R.S.A. (eds.). PROCEEDING of the 1999 PORIM international palm oil congress. Emerging technologies and opportunities in the next millennium. Palm oil research institute of Malaysia. p. 189-202.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GUERRERO RR. 1993. Fertilización de cultivos en clima cálido. Monómeros Colombo Venezolanos S. A. Gráficas Aguilera Ltda. Bogotá. 310 p.
- HARDON JJ, TAN GJ. 1969. Interspecific hybrids in the genus *Elaeis*. I. Crossability, cytogenetics and fertility of F1 hybrids of *Elaeis guineensis* x *Elaeis oleifera*. Euphytica 18: 372-379.
- HARDON JJ. 1969. Interspecific hybrids in the genus *Elaeis*. II. Vegetative growth and yield of the F1 hybrids of *Elaeis guineensis* x *Elaeis oleifera*. Euphytica 18: 380-388.
- HARDON JJ. 1983. Oil Palm breeding-Introduction. In: Developments in crop science (I), Oil Palm Research. Ed. Corley, R.H.V.; Hadrón, J.J.; Wood, B.J. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, The Netherlands, p. 89-108.
- HARTLEY CWS. 1969. Oil Palm Research in Colombia with special reference to selection, breeding seed production and supply. Informe de la visita realizada a las plantaciones de palma de Colombia entre 23 de mayo y 11 de junio de 1969. In: Informes Técnicos de 1969. Tomo 1, Programa Oleaginosas Perennes, Regional 5, Instituto Colombiano Agropecuario ICA. 33 p.
- HARTLEY CWS. 1974. Oil palm research and development in Colombia. Informe presentado al Instituto Colombiano Agropecuario ICA. 19 p.
- HARTLEY CWS. 1988. The oil palm, *Elaeis guineensis* Jacq. 3º Ed. Longman Group U.K. London, U.K. 761 p.
- HENSON IE, CHANG KW. 2000. Oil palm productivity and its component processes. In: Yusof, B.; Jalani, B.S.; Chan, K.W. (eds.). Advances in oil palm research. Volume I. Malaysian palm oil board. Ministry of primary industries, Malaysia. p. 97-145
- HENSON IE. 2004. ¿Puede la palma de aceite sustituir el bosque húmedo tropical?. Bogotá. Revista Palmas 25 (1): 95-105. Tomado de la Revista The Planter 79 (928): 437-450.
- HURTADO MJR, RAMOS NG. 1970. Estudio de la palmera Nolí (*Elaeis melanococca* Gaert.) y preliminares de su fitomejoramiento en Colombia. Acta Agronómica (Colombia) 20 (1, 2): 9-23.
- HURTADO MJR, CARDONA AC. 1995. La palmera Nolí (*Elaeis oleifera* H. B. K. Cortes) y su importancia como recurso vegetal en Córdoba. Trabajo de investigación para optar a la clasificación de Profesor Titular en la Universidad de Córdoba. Montería. 67 p.
- ICA. 1970. Selección del Nolí (*Elaeis oleifera*) y cruzamientos de nóli x palma africana de aceite (*Elaeis guineensis*) en Colombia. Programa Oleaginosas Perennes. Palmira. 7 p. (Mecanografía)



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ICA. 1972. Proyecto de Asesoría Técnica del Instituto para la Investigación de los Aceites y las Oleaginosas de Francia (IRHO) para la selección y explotación de la palma Nolí (*Elaeis melanococca*) con el fin de controlar las enfermedades e incrementar la producción de la palma africana. (*Elaeis guineensis*). Documento ICA DP-C31. 14 p.
- ICA. 1983 a 1990. Informes anuales de progreso. Centro Regional de Investigación El Mira, Programa Oleaginosas Perennes, Instituto Colombiano Agropecuario – ICA.
- IRHO. 1973. Híbrido Interspecífico *Elaeis melanococca* x *Elaeis guineensis*, Intercambio Internacional. Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux -IRHO. 5 p.
- JIMENEZ MO. 1979. Estudio sobre la mortalidad de palmas en los lotes genealógicos, Experimento 2. En: Informe Anual de Progreso 1978 - 1979. Programa Oleaginosas Perennes, Instituto Colombiano Agropecuario. pp 89–95.
- JIMENEZ OD, PEÑA RE. 1986. Amarillamiento sorpresivo de las hojas jóvenes de la palma africana. Memorias IV Mesa Redonda Latinoamericana de Palma Aceitera. FAO. Valledupar, Colombia. Junio 8 – 12 de 1986. pp 116–118.
- JIMENEZ OD. 1988. Mancha anular de la palma africana de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Colombia. Ascolfi informa 14: 55–57.
- JIMENEZ OD. 1991. Pudrición de cogollo de la palma aceitera en la región de Tumaco, Colombia. Palmas Vol. 12(2): 45–48.
- JURADO ZO, BASTIDAS PS. 1995. Análisis comparativo de los componentes del fruto en materiales de palma de aceite de diferente origen. Palmas 16(1): 4–45.
- KHAN F, MEJIA K. 1986. The American Oil Palm, *Elaeis oleifera*, in Peruvian Amazonia. Palm brief. Principes 30 (4): 182–182.
- KIN TT. 1981. Investigations into fruit set capacities of the *Elaeis oleifera* under controlled pollination conditions and germination requirements of the interspecific *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* (pisifera) hybrid seeds. Planter, Kuala Lumpur 57: 444–451.
- LARCHER W. 1986. Ecofisiología vegetal. Traducción U.S.P. Sao Paulo: E.P.U. 319 p.
- MANTILLA AJ. 2002. Establecimiento de patrones moleculares mediante marcadores RAPDs para la identificación de genotipos de las palmas aceiteras especies *Elaeis guineensis*, *Elaeis oleifera* e híbridos interspecíficos del C.I. El Mira - Tumaco. Tesis de grado para optar el título en Biología. Facultad de Ciencias, Universidad de los Andes. Bogotá. 81 p.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MARQUEZ SF. 1985. Genotécnia Vegetal. Métodos, teoría, resultados. Tomo I. AGT Editor S. A. México D. F. 357 p.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, SAC, FEDEPALMA. 2002. Guía ambiental para el subsector de la agroindustria de la palma de aceite. Federación de Cultivadores de Palma de Aceite y Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá D. C. 136 p.
- MARTINEZ R, OCHOA I, BASTIDAS S. 1999. El mejoramiento de la palma de aceite (*Elaeis guineensis*) en Colombia. Metodología estadística. Palmas 20(2): 9-21.
- MENDEZ T. 1974. Report on plant breeding aspects of the oil palm programe of the Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Kingston, Jamaica. 42 p.
- MESA DJ. 2006. Nuevas oportunidades para un posicionamiento estratégico del aceite de palma en el mercado mundial. Ponencia en el acto de instalación de la XV Conferencia Internacional sobre Palma de aceite. Cartagena, Colombia. 35 p.
- MEUNIER J. 1975. La palmier à huile américain (*Elaeis melanococca*). Oléagineux 30 (2): 51–61.
- MEUNIER J, GASCON P. 1972. Le schema General D'amélioration du palmier a huile à L'I.R.H.O. Oléagineux 27(1): 1–12.
- MEUNIER J. 1991. Una posible solución genética para el control de Pudrición de Cogollo en la palma aceitera: híbrido interspecífico *E. oleifera* x *E. guineensis*. Revista Palmas 12 (2): 39–42.
- MEXZON R, CHINCHILLA C. 1996. Natural enemies of harmful arthropods in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in tropical America. ASD Oil Palm Papers No. 13, 9–33.
- MADR. 2006. Apuesta exportadora agropecuaria Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural 2006 – 2020. Colombia. 119 p.
- MITE F, CARRILLO M, ESPINOSA J. 1999. Influencia de la fertilización y el riego sobre el desarrollo, nutrición y rendimiento de la palma africana en Ecuador. Informaciones agronómicas. Instituto de la potasa y el fósforo INPOFOS. Quito Ecuador. No 36. 16 p.
- MOHD DIN A, RAHANAIIDU N, KUSHAIRI A, MOHD RAFII Y, MOHD ISA ZA, NOH AA. 2002. PS4 – High carotene *E. oleifera* planting materials. MPOB Information Series No. 137.
- MONGE JE, CHINCHILLA CM, WANG A. 1993. Studies on the aetiology of the crown disease/spear rot syndrome in oil palm. ASD de Costa Rica, S. A. ASD Oil palm papers (7): 1–16.
- MORALES FJ. 1999. Investigación Sobre la posible etiología viral de la mancha anular de la palma de aceite en Colombia. Bogotá. CIAT. Informe técnico final. Noviembre de 1999. 27 p.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MORALES FJ, LOZANO I, ARROYAVE J, CASTAÑO M, SEDANO R, VELASCO A. 2002. Enfermedades virales de la palma de aceite en el suroccidente colombiano y sus agentes causales. *Fitopatología Colombiana*. Volumen 26, número 2: 81–86.
- MORGADO LB, RAMAMOHAMA RM. 1985. Conceitos e metodos experimentais em pesquisas com consorcio de culturas. EMBRAPA-CAPSA. Petrolina, PE. 79 p.
- MUNEVAR F. 1997. Problemática de los suelos cultivados con palma de aceite en Colombia. *Palmas*. Vol 19, No. Especial, p.218–228.
- MUNEVAR F, ACOSTA A, GÓMEZ P. 2001. Factores edáficos asociados con la pudrición de cogollo de la palma de aceite en Colombia. *Palmas*. Vol. 22 N° 2: 9–19.
- NARVÁEZ J, CHILITO L, BASTIDAS S. 1996. Determinación de la madurez óptima de cosecha para la palma de aceite en la región de Tumaco, Nariño. *Palmas* 17(4): 15-22. Santafé de Bogotá, Colombia.
- NIETO PL, GOMEZ CP. 1991. Estado actual de la investigación sobre el complejo pudrición de cogollo de la palma de aceite en Colombia. *Revista Palmas* 12: 57–67.
- NIETO PL. 1993. Complejo pudrición de cogollo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis*). *Revista Palmas*, Vol 14, Número 1.
- NIETO PL. 1993. Pruebas de patogenicidad con *Fusarium solana* y *Thielaviopsis* sp. En palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Revista Palmas* 14(2): 47–52.
- NIETO LE. 1994. Síntomas y evolución del complejo pudrición de cogollo de la palma de aceite en los Llanos Orientales de Colombia. *Palmas*. Volumen 13, Número 2: 67 -74.
- NIETO LE. 1994. Pudrición basal del tallo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) causada por *Ganoderma* sp. *Palmas*. Volumen 15, Número 2: 31 -38.
- NIETO LE. 1996. Síntomas e identificación del agente causal del Complejo Pudrición de Cogollo de la palma de aceite, *Elaeis guineensis* Jacq. *Palmas* Vol. 17. No. 2. p. 57–60.
- NIETO LE, GOMEZ CP, LOZANO TC. 1996. Identificación y reproducción del complejo pudrición de cogollo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Revista Palmas*. Bogotá, Colombia. Vol 22. No.1.
- OCHOA CIE. 1996. Conceptos básicos de genética y mejoramiento genético de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* J.). In: Primer curso Internacional de la Palma de Aceite. Centro de Investigación en Palma de Aceite - CENIPALMA. Santafé de Bogotá. 43 p.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- OLLAGNIER M. 1986. Efectos de la nutrición sobre la productividad. Proceso genético y efectos de la nutrición sobre la calidad del aceite de palma. Segunda parte. *Revista Palmas (Colombia)* 7 (2): 27–35.
- OOI SC, DA SILVA EB, MÜLLER A A, NASCIMENTO JC. 1981. Oil palm genetic resources - native *E. oleifera* populations in Brazil offer promising sources *Pesq. Agropec. Bras., Brasilia* 16 (3): 385–395.
- ORTÍZ RA, FERNÁNDEZ O. 1992. Early growth of young oil palm under different leguminous cover crops. *ASD Oil Palm Papers*. Number 6. Pp 21–23.
- ORTIZ VR, FERNANDEZ HO. 1994. El cultivo de la palma aceitera. EUNED Costa Rica. 191 p.
- OWEN E. 1990. Regiones aptas para la palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) en la costa pacífica del departamento de Nariño. *Suelos Ecuatoriales*. Vol. 20(2): 69–73.
- OWEN BEJ. 1993. Palma africana. En: Fertilización de cultivos en clima cálido. Monómeros Colombo Venezolanos S. A. Gráficas Aguilera Ltda. Bogotá. pp 177–216.
- PATIÑO VM. 1948. Información preliminar sobre la palma de aceite africana (*Elaeis guineensis*) en Colombia. Estación Agroforestal del Pacífico, Calima - Buenaventura. *Serie Botánica aplicada* 1(2): 1–77.
- PEÑA RE. 1985. Informe de actividades 1985. Instituto Colombiano Agropecuario, Centro Regional de Investigaciones El Mira, Sección Oleaginosas Perennes.
- PEÑA E, JIMENEZ O. 1994. Distribución del daño del insecto *Sagalassa valida* en el sistema radical de la palma de aceite (*Elaeis guineensis*) en la zona de Tumaco. *Palmas* 15 (3): 19–23.
- PEÑA E, JIMENEZ O. 1993. El nematodo *Rhadinaphelenchus cocophilus* (Cobb) asociado con hoja corta de la palma de aceite en la zona de Tumaco. *Palmas*. Volumen 14, Número 3: 47–52.
- PEÑA E, REYES R, BASTIDAS S. 1997. Evaluación de prácticas agronómicas para la recuperación de palmas de aceite afectadas por el insecto *Sagalassa valida*. *Palmas* 18(4): 35–38.
- PEÑA E, BASTIDAS S. 2000. Manejo del picudo (*Rhynchophorus palmarum*), insecto transmisor de la enfermedad anillo rojo del cocotero (*Cocos nucifera*). *Boletín técnico* N° 14. CORPOICA - PRONATTA.
- PEÑA RE, REYES CR, BASTIDAS PS. 2001. Efectividad de una feromona de agregación para la captura del insecto (*Rhynchophorus palmarum*) en la zona de Tumaco (Nariño, Colombia). *Revista Ciencias Agrícolas*. Universidad de Nariño. Vol 18(2): 11–19



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- PEÑA RE, REYES CR, BASTIDAS PS. 2005. Evaluación del comportamiento de la etapa juvenil de la palma de aceite (*Elaeis guineensis*) bajo tres tipos de cultivo de cobertura en Tumaco, Nariño. Corporación Colombiana de Inwades Técnicas Vol 6(6): 26-30.
- PEÑA RE, REYES CR, BASTIDAS PS. 2006. Hipótesis sobre la incidencia del complejo pudrición de cogollo en la zona de Tumaco durante el periodo 2005-2006. Universidad de Nariño. Revista Ciencias Agrícolas Vol 23(1, 2).
- PEÑA RE, BASTIDAS PS, REYES CR, HINESTROZA LA. (Editores). 2007. Taller técnico científico sobre avances y resultados en los procesos de investigación y manejo del complejo pudrición del cogollo en Tumaco. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural; Corpoica; Cenipalma; Fedepalma. Tumaco, Octubre 24, 25 de 2007. Medio magnético (CD).
- PINZON I. 1995. Aspectos generales sobre la biología y manejo del insecto *Sagalassa valida* Walker, barrenador de las raíces de palma de aceite en Palmas de Tumaco. Palmas 16 (2): 17-23
- PERTHUIS B. 1991. Búsqueda de la etiología de la pudrición de cogollo en el Ecuador Oriental. Palmas 12 (2): 25-30.
- RAO V, SOH AC, CORLEY RHV, LEE GH, RAJANAIDU N, TAN YP, CHIN CW, LEE TP, NIGUI M. 1963. A critical reexamination of the method of bunch quality analysis in oil palm breeding. PORIM, Kuala Lumpur. 94 p. (Occasional paper).
- RENARD JL. 1991. Pudrición de cogollo en Ecuador. Aspectos generales. Fitopatología. Palmeras del Ecuador, Shushufundi (Ecuador). Palmas 12 (2): 31.
- RENARD JL, NOIRET JM, MEUNIER J. 1980. Sources and ranges of resistance to Fusarium Wilt in the oil palm *Elaeis guineensis* and *Elaeis melanococca*. Oleagineux, 35: 387-393.
- RENARD JL, QUILLEC G. 1984. Enfermedades destructoras de la palma africana en el África y en Suramérica. Oléagineux 39 (2): 57-67.
- RENDON C. 2008. Viabilidad de embriones y polen en algunas variedades e híbridos de palma de aceite. Trabajo para optar al título en Ingeniería Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Medellín. 57 p.
- REY V, ARGÜELLES J. 1992. Distribución espacial de la "pudrición de cogollo" en palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) Memorias XIII Congreso Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines - Villavicencio, agosto 12, 13 y 14 de 1992. p. 93.
- REYES RA. 1988. Organización de trabajo en campo del cultivo de la palma de aceite. En: Memorias del II Encuentro nacional sobre palma aceitera, Santa Marta. FEDEPALMA. Bogotá. pp. 56-84

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- REYES CP. 1985. Fitogenética básica y aplicada. Primera Ed. AGT Editor, S.A. México.
- REYES CR, BASTIDAS PS, PEÑA RE. 2002. Proceso de obtención de materiales mejorados de palma de aceite (*Elaeis guineensis*) Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - CORPOICA. Revista Regional, Novedades Técnicas Vol 3(1): 26-32.
- REYES R, BASTIDAS S, PEÑA E. 1997. Distribución del sistema radical de la palma de aceite (*Elaeis guineensis*) en Tumaco, Colombia. Palmas 18(3): 49-57.
- REYES R, BASTIDAS S, PEÑA E. 1998. Crecimiento del sistema radical de la palma de aceite (*Elaeis guineensis*) en Tumaco, Colombia. Palmas 19(3): 49-57.
- REYES CR, RODRIGUEZ HN, PEÑA RE, BASTIDAS PS. 2008. Crecimiento en vivero de materiales comerciales de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Tumaco, Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA. Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria 9(2): 12-18.
- RICHARDSON DL. 1995. La Historia del mejoramiento genético de la palma aceitera en la compañía Unit Fruit en América. ASD Oil Palm Papers (11): 1-22.
- ROJAS CL. 1978. Labores de establecimiento y mantenimiento del cultivo. In: La palma africana de aceite. Manual de Asistencia Técnica Número 22. ICA, Regional 5, Centro de Investigación Palmira, Colombia. Pp. 167-188.
- ROMERO CM, MORENO AL, MUNEVAR MF. 1999. Evaluación edafoclimática de las tierras del trópico bajo Colombiano para el cultivo de la palma de aceite. CORPOICA-Cenipalma, Santafé de Bogotá. 30 p.
- SANCHEZ PA. 1979. Enfermedades de la palma de aceite en Colombia. En: Palma africana, Manual de asistencia técnica No. 22. Segunda Edición. Programa Oleaginosas Perennes, Regional 5. Centro Experimental Palmira, Instituto Colombiano Agropecuario. 190-223 pp.
- SANCHEZ J, AYALA L, ALVAREZ E, GOMEZ PL, 1999. Patogenicidad, identificación y caracterización molecular de *Phytophthora* spp. en palma de aceite. Ceniavances 60: 1-4.
- SANCHEZ A. 1990. Enfermedades de la palma de aceite en América Latina. Palmas 11(4): 5-38.
- SANJINES A. 1987. Efectos del riego y la sequía en el crecimiento, floración y producción de la palma africana. Palmas. Año 1, Número 8. Pp. 59-62.
- SHARMA M. 1999. Utilization of Nigerian PS1 y PS2 Selection in Oil Palm breeding Programmes at UP Bhd. In: Proceedings of the seminar on PS1 and PS2 oil palm planting materials. Palm Oil Research Institute of Malaysia - PORIM. pp 18-29.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SINGH G. 1993. Ganoderma, Seria enfermedad de la palma de aceite en las zonas costeras. Palmas. Volumen 14, No. 3: 15–26.
- SIQUEIRA JO, FRANCO AA. 1988. Biotecnología do solo. Fundamentos y perspectivas. Brasilia, D.F. 235 p. Pp. 185, 214.
- SOUTHWORTH R. 1981. Factores del campo que afectan la calidad. Revista Palmas 2 (2): 31–39.
- STERLING F. 1996. Modelo de selección de PIPA/ASD: Objetivos y necesidades del palmicultor del futuro. Palmas (Colombia) 14: 26–39.
- SWINBURNE TR. 1990. Amarillamiento fatal, pudrición de cogollo y pudrición de flecha de la palma africana. Palmas. Volumen 14, No. 3: 61–68.
- TAIZ L, ZEIGER E. 1991. Plant physiology. The Benjamin / Cummings Publishing Company, Inc. California. 559 p.
- TAN GY. 1978. Genetic studies of some morpho-physiological characters associated with yield in oil palm (*Elaeis guineensis*). Agricultura Tropical (Trinidad) 53: 9–16.
- TOONG T, YEANG T. 1993. Normas de cosecha y control de calidad para una mayor productividad en palma africana. Revista Palmas 14 (2): 63–70.
- TORRES M, REY L, GELVES F, SANTACRUZ L. 2004. Evaluación del comportamiento de los híbridos interspecíficos *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*, en la plantación Guaicaramo S.A. Palmas (Colombia), volumen especial 25 (2): 350–357.
- TORRES SJL, BETANCOURT MF. 2006. Situación actual de la pudrición del cogollo (PC) en la zona occidental. Curso taller Manejo de la pudrición de cogollo en la zona occidental. San Andrés de Tumaco, Colombia. (Medio magnético, CD).
- TOVAR JP. 2006. Historia e importancia de la pudrición del cogollo de la palma de aceite. Curso taller Manejo de la pudrición de cogollo (PC) en la zona occidental. San Andrés de Tumaco, Colombia. (Medio magnético, CD).
- TURNER PD. 1981. Oil palm diseases and disorders. Oxford University Press. Kuala Lumpur. 280 p.
- UMAÑA CH, CHINCHILLA C. 1989. Sintomatología asociada al déficit hídrico en palma aceitera. Bol. Tec. OPO-UB, 3(3): 50–54.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

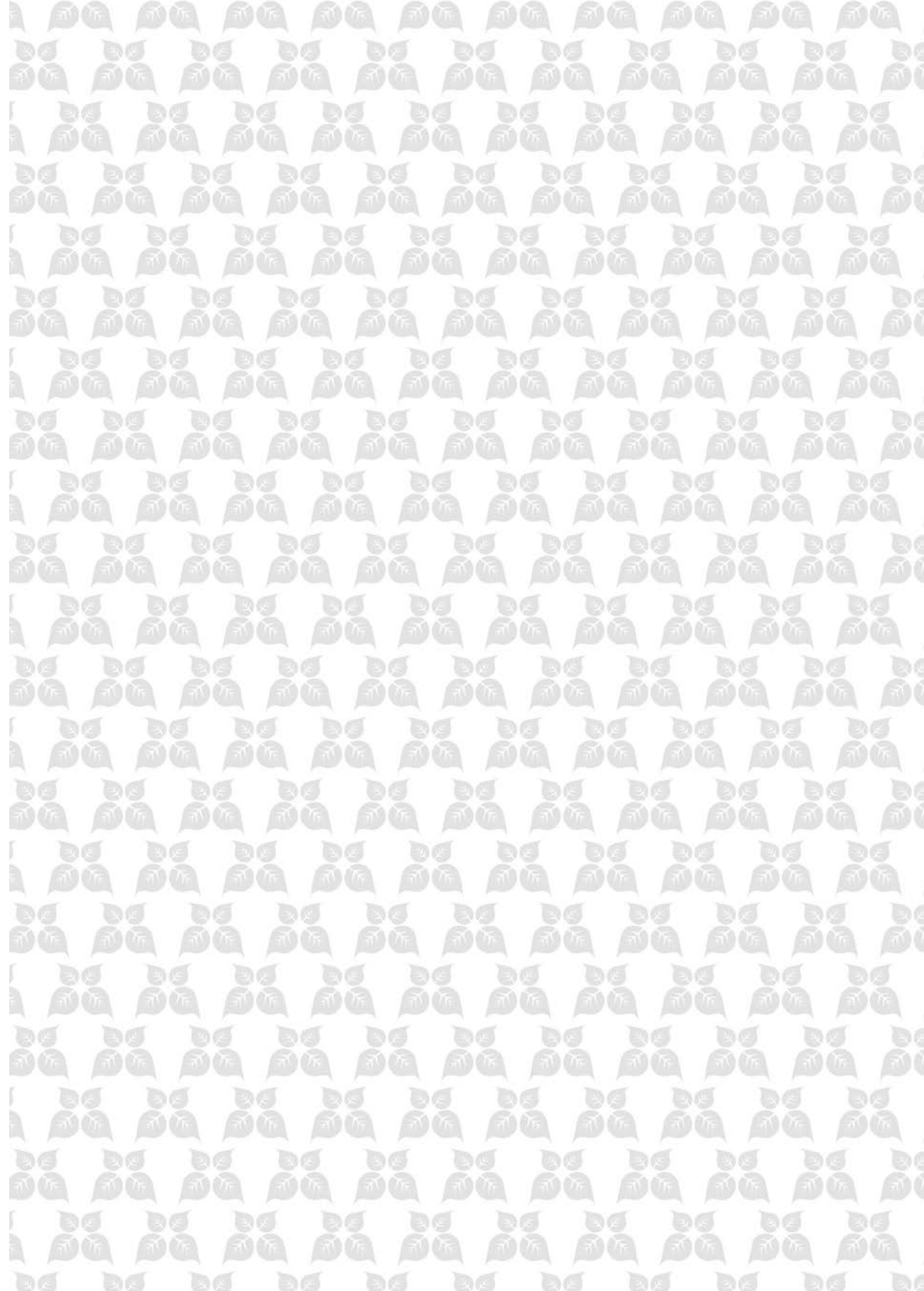
- URUETA E. 1975. Insectos asociados con el cultivo de la palma africana en Urabá (Antioquia) y estudio de su relación con la pudrición de flecha – pudrición de cogollo. Revista Colombiana de Entomología. Volumen 1(4): 15–31.
- VALLEJO RG. 1976. Estudio de poblaciones espontáneas de Nolí (*Elaeis oleifera* H.B.K. Cortés) en Colombia. Tesis de Grado para optar el título de Magister Scientiae. Programa de estudios para graduados Universidad Nacional – Instituto Colombiano Agropecuario. Bogotá, Colombia.
- VALLEJO RG. 1978. Mejoramiento genético de la palma africana. La palma africana de aceite. Manual de Asistencia Técnica No. 22. Pp. 144.
- VALLEJO RG. 1980. La semilla de palma africana de aceite. Revista Palmas 1 (1): 19–25
- VAN DE LANDE HL. 1991. Pudrición de cogollo en palma aceitera en Suriname. Investigaciones desde 1986 hasta 1990. Revista Palmas 12 (2): 11–15.
- VAN SLOBBE W, ROCHA DE SOUZA RL. 1991. Amarillamiento fatal o pudrición de cogollo en Denpasa – Brasil. Palmas. Vol. 12 (2): 17–23.
- VARGAS M. 1992. Fusarium solani: Agente causal del Complejo Pudrición del Cogollo. Revista Palmas. Vol. 13(1): 59–67.
- VERA M, BASTIDAS S, PEÑA E, ESPINOZA N. 1998. Control previo de la calidad de cosecha en palma africana de aceite (*Elaeis guineensis*) en la región de Tumaco, Colombia. Palmas 19(1): 9–15.
- VILLA A, JIMENEZ P, VALBUENA R, BASTIDAS S, NÚÑEZ V. 2007. Estudio preliminar para el establecimiento de un protocolo de crioconservación para palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). Universidad Nacional de Colombia. Revista Agronomía Colombiana 25(2): 215 – 223.
- YUAN YY, WENG CK. 1996. Breeding oil palm for competitiveness and sustainability in the 21st century. Proceeding of the 1996 PORIM International Oil Palm Congress (Agriculture): 19–31.
- YUSOF B, CHAN KW. 2004. Regreso a las cosas básicas: Producción sostenible de alto rendimiento en palma de aceite. Palmas. Vol 25(1): 77–92. Traducido por Fedepalma, tomado de: Oil Palm Bulletin. 2003 (46): 1–14.
- ZAMBRANO RJE. 2004. Los híbridos interspecíficos *Elaeis oleifera* (H.B.K) Cortés x *Elaeis guineensis* Jacq. Una alternativa de renovación para la Zona Oriental de Colombia. Palmas (Colombia), volumen especial 25 (2): 339–349.

Impresión y encuadernación:
Carvajal Soluciones de Comunicación S.A.S.



www.carvajalsolucionesdecomunicacion.com

Terminó de imprimirse
Diciembre de 2013, Bogotá, DC, Colombia.





BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

Correo: bac@corpoica.org.co
Teléfono: (57 1) 4 227300 ext. 1257 o 1274
Skype: biblioteca.agropecuaria

**DISTRIBUCIÓN GRATUITA
PROHIBIDA SU VENTA**

ISBN: 978-958-740-161-5



9 789587 401615