



Fenología

de la palma de aceite africana (*Elaeis guineensis* Jacq.)
y del híbrido interespecífico (*Elaeis oleifera* [Kunt] Cortes
x *Elaeis guineensis* Jacq.)

PAOLA ANDREA HORMAZA MARTÍNEZ » DIANA CAROLINA FORERO HERNÁNDEZ
RODRIGO RUIZ ROMERO » HERNÁN MAURICIO ROMERO ANGULO



Departamento Administrativo de
Ciencia, Tecnología e Innovación

Colombia
República de Colombia



Centro de Investigación en Palma de Aceite

Fenología

de la palma de aceite africana
(*Elaeis guineensis* Jacq.) y del híbrido
interespecífico (*Elaeis oleifera* [Kunt]
Cortés x *Elaeis guineensis* Jacq.)

Paola Andrea Hormaza Martínez
Diana Carolina Forero Hernández
Rodrigo Ruíz Romero
Hernán Mauricio Romero Angulo



Libertad y Orden

Departamento Administrativo de
Ciencia, Tecnología e Innovación
Colciencias

República de Colombia



CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN PALMA DE ACEITE

Fenología de la palma de aceite africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) y del híbrido interespecífico (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*)

Publicación de la Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma)

Financiada por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación - Colciencias y el Fondo de Fomento Palmero, administrado por Fedepalma

Cenipalma

Director Ejecutivo

José Ignacio Sanz Scovino

Coordinadora de Procesos de Investigación

Martha Ligia Guevara Quintero

Coordinador Proyecto

Hernán Mauricio Romero Angulo

Edición y coordinación editorial

Patricia Bozzi Ángel

Diseño y diagramación

Equilibrio Gráfico Editorial Ltda.

Impresión

Javegraf

ISBN: 978-958-8360-24-9

Autores

Paola Andrea Hormaza Martínez

Programa de Biología y Mejoramiento de la Palma de Aceite, Cenipalma

Diana Carolina Forero Hernández

Programa de Biología y Mejoramiento de la Palma de Aceite, Cenipalma

Rodrigo Ruiz Romero

Programa de Biología y Mejoramiento de la Palma de Aceite, Cenipalma

Hernán Mauricio Romero Angulo

Departamento de Biología de la Universidad Nacional de Colombia

Bogotá D. C., Colombia

Noviembre de 2010

Cenipalma

Calle 20 A No. 43 A-50, piso 4

PBX: (57-1) 208 6300 Fax: (57-1) 368 1152

www.cenipalma.org



Contenido

Presentación	11
Introducción	13
CAPÍTULO 1	
Generalidades sobre la fenología de las plantas	17
Fenología de las plantas	19
Características de la escala fenológica para la descripción de estadios en palma africana y el híbrido interespecífico	21
Estadios de crecimiento principales	21
Estadios de crecimiento secundarios y mesoestadios	21
CAPÍTULO 2	
Fenología de las partes de la palma de aceite	23
Estadios de crecimiento de la palma africana (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.) e híbrido interespecífico (<i>Elaeis oleifera</i> [Kunt] Cortes x <i>Elaeis guineensis</i> Jacq.)	25
La semilla	26
Estadio de crecimiento principal 0. Germinación y emergencia	27
La hoja	30
Estadio de crecimiento principal 1. Desarrollo de la hoja en vivero y en campo	32
El estípote	37
Estadio de crecimiento principal 3. Elongación del estípote	37

Las flores e inflorescencias	39
Morfología de las inflorescencias femeninas y masculinas	42
Polinización	48
Estadio principal de crecimiento 5: Emergencia de la inflorescencia	50
Estadio principal de crecimiento 6: Floración	52
El fruto y el racimo	65
Maduración de frutos y racimos	70
Estadio principal de crecimiento 7: Desarrollo del fruto	70
Estadio principal de crecimiento 8: Maduración del fruto y del racimo	77
La senescencia	84
Estadio principal de crecimiento 9: Senescencia	85

CAPÍTULO 3

Escala BBCH extendida de la palma de aceite

87

Escala BBCH extendida para la descripción de los estadios fenológicos de <i>Elaeis guineensis</i> y el híbrido interespecífico OXG.	89
Agradecimientos	102
Glosario	103
Bibliografía	105

> > Índice de figuras

Figura 1.	Estructura de la escala de tres dígitos	22
Figura 2.	Estadio 000. (A) Semilla seca material Ténera (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.). (B) Semilla seca del híbrido (<i>Elaeis oleifera</i> x <i>Elaeis guineensis</i>).	27
Figura 3.	Estadio 010. Semilla en punto blanco mostrando <i>cu</i> (cuesca), <i>em</i> (embrión) y <i>ff</i> : (tapón de fibra (opérculo)) en el híbrido interespecífico OXG.	28
Figura 4.	Estadio 040. Inicio de la diferenciación de la plúmula (<i>pl</i>) y la radícula (<i>ra</i>) del híbrido OXG.	28
Figura 5.	Estadio 050. Formación de raíces adventicias (<i>r'</i>) en el híbrido interespecífico OXG.	29
Figura 6.	Estadio 090. Emergencia (I) primera hoja plumular, (II) segunda hoja plumular.	29
Figura 7.	Partes de una hoja madura de palma africana.	31
Figura 8.	Filotaxia de la palma de aceite de derecha a izquierda.	32
Figura 9.	Filotaxia de la palma de aceite de izquierda a derecha.	32
Figura 10.	Estadio 110. Hojas plumulares completamente visibles (I y II).	33
Figura 11.	Estadio de desarrollo de las hojas en vivero 111 y 112. (A) Aparición de hojas lanceoladas (III). (B) Apertura de la primera hoja lanceolada simple. (C) Plántula de palma de aceite de dos meses de edad mostrando dos hojas lanceoladas simples totalmente extendidas.	33
Figura 12.	Estadio 129 y 130. (A) Aparición de hojas bifurcadas (<i>bf</i>) (estadio 129). (B) Formación de los primeros folíolos (<i>f</i>) en la base de la hoja 12. (Estadio 130).	34
Figura 13.	Estadio 140 y 143. (A) Aparición de la hoja flecha (<i>ff</i>) en estadio de vivero (estadio 140). (B) Hoja 18 completamente pinnada y hoja flecha con 30% de apertura (estadio 143).	34
Figura 14.	Estadio 150. Detalle de una hoja flecha en palma de aceite.	35
Figura 15.	Estadio 153, 155 y 159. (A) Hoja con 30% de apertura (estadio 153). (B) Hoja con 50% de apertura (estadio 155). (C) Hojas con 70% de apertura (estadio 159).	36

Figura 16.	Estadio 315. Bases peciolares persistentes en el estípite.	38
Figura 17.	Estadio 319. (A-B) Estípite de palmas maduras sin bases peciolares. (C) Cicatrices de las bases peciolares (bp) y entrenudos (et) del estípite.	38
Figura 18.	Inflorescencias femeninas de <i>Elaeis guineensis</i> y del híbrido interespecífico OXG. (A) Antesis de <i>E. guineensis</i> . (B) Detalle de los lóbulos estigmáticos de <i>E. guineensis</i> . (C) Inflorescencia en antesis del híbrido interespecífico OXG. (D) Detalle de lóbulos estigmáticos del híbrido interespecífico OXG.	40
Figura 19.	Inflorescencia masculina de <i>Elaeis guineensis</i> . (A) Inflorescencia masculina en antesis (B) Detalle de las anteras en antesis.	41
Figura 20.	Inflorescencia mixta. (A) Inflorescencia mixta del híbrido interespecífico OXG. (B) Detalle de estructuras femeninas sobre las espiguillas cilíndricas de la inflorescencia masculina.	41
Figura 21.	Desarrollo de la inflorescencia de acuerdo con la posición en la axila foliar con respecto a la hoja flecha (0) y al tiempo de cada estadio en meses.	43
Figura 22.	Inicio de la fase de crecimiento rápido en las inflorescencias de las especies <i>Elaeis guineensis</i> y el híbrido interespecífico OXG.	44
Figura 23.	Pedúnculo (pe) y raquis (raq) en donde se insertan las raquillas con las flores unisexuales femeninas. (A) Híbrido interespecífico OXG. (B) <i>Elaeis guineensis</i> .	44
Figura 24.	Conformación de las espiguillas. (A) Inflorescencias masculinas. (B-C) Inflorescencias femeninas de <i>Elaeis guineensis</i> y el híbrido interespecífico.	45
Figura 25.	(A) Conformación de las raquillas de las inflorescencias femeninas de palmas de cinco años de edad en antesis. (a) Híbrido interespecífico OXG. (b) <i>Elaeis guineensis</i> . (B) Conformación de las raquillas de las inflorescencias masculinas.	46
Figura 26.	Diagrama de la inflorescencia femenina de <i>Elaeis guineensis</i> . (Compleja simpodial de tipo cincino).	47
Figura 27.	Inflorescencia masculina en estado de antesis, (Ant) anteras.	48
Figura 28.	Corte transversal de una inflorescencia femenina (if), protegida por la bráctea peduncular (bp) y el prófilo (pf), los cuales se engruesan y lignifican al emerger la inflorescencia en la axila de la hoja.	49
Figura 29.	Estadio 500. Inflorescencia no visible.	51
Figura 30.	Estadio 510. Estructura floral cerrada. Se observan el prófilo (pf), la bráctea peduncular.	52



- Figura 31.** Estadio 530. (A) Emergencia de la inflorescencia en 30%. (B) Se observan el prófalo (*pf*), la bráctea peduncular (*bp*). (C) Las raquillas (*ra*) completamente cerradas, erectas y de coloración café intenso. 53
- Figura 32.** Estadio 550. Emergencia del 50% de la inflorescencia femenina. El prófalo se ha rasgado (*pf*) y la bráctea peduncular permanece cubriendo la inflorescencia (*bp*) 53
- Figura 33.** Estadio 590. Emergencia del 90% de la inflorescencia femenina. Nótese el rasgamiento de la bráctea peduncular. 53
- Figura 34.** Estadio 611. Inflorescencias femeninas en preantesis I. (A) Inflorescencia de *Elaeis guineensis*. (B) Inflorescencia del híbrido interespecífico OXG. (C) Estructura interna de la inflorescencia. 54
- Figura 35.** Estadio 611. Preantesis I en la inflorescencia masculina híbrido interespecífico OXG. (A) Inflorescencia cubierta por la bráctea peduncular y el prófalo. (B) Raquillas masculinas apretadas hacia el centro de la inflorescencia 55
- Figura 36.** Estadio 613. Inflorescencia femenina en preantesis II. (A-B) *Elaeis guineensis* y (C-D) híbrido interespecífico OXG. 56
- Figura 37.** Estadio 615. Perianto de la inflorescencia femenina en el estadio de preantesis II. (A) *Elaeis guineensis*. (B) Híbrido interespecífico OXG. 56
- Figura 38.** Estadio 613. Inflorescencia masculina en preantesis II. 57
- Figura 39.** Estadio 619. Inflorescencia femenina en preantesis III. (A-B-C) *Elaeis guineensis* y (D-E-F) Híbrido interespecífico OXG. 58
- Figura 40.** Inflorescencia masculina en preantesis III. 59
- Figura 41.** Estadio 620. Inflorescencia femenina de *Elaeis guineensis* en antesis. 60
- Figura 42.** Estadio 620. Inflorescencia femenina del híbrido interespecífico OXG en antesis. 60
- Figura 43.** Estadio 650. Inflorescencia masculina en antesis de *Elaeis guineensis*. 60
- Figura 44.** Asincronía en la inflorescencia en el material híbrido interespecífico OXG. (A) Flores con apertura de lóbulos estigmáticos asincrónicos. (B) Crecimiento y desarrollo heterogéneo de frutos en el racimo. PA-II (preantesis II). 62
- Figura 45.** Variaciones de color en los lóbulos del estigma en el híbrido interespecífico OXG. (A) Coloración típica café oscuro. (B) Coloración rosado pálido, en ambos casos la polinización fue realizada con 24 horas de anterioridad. (Estadio 690). 63
- Figura 46.** Granos de polen de la especie *E. guineensis*. (A) Sin germinar. (B) Germinados en donde se observa el tubo polínico. 64

- Figura 47.** Estadio 690. Inflorescencia masculina en el estadio de fin de la floración. 64
- Figura 48.** Partes del fruto. (A) Sección longitudinal del fruto.
(B) Corte transversal del fruto exponiendo sus partes. 66
- Figura 49.** Clasificación de frutos según la pigmentación del exocarpio, en donde se observa la coloración del fruto inmaduro y maduro. (A) Frutos virescens especie *E. oleifera*. (B) Híbrido interespecífico OXG, frutos inmaduros de coloración verde claro o intenso y frutos maduros de coloración amarillo intenso a naranja intenso. (C) Frutos *nigrescens* de la especie *E. guineensis*, frutos inmaduros de coloración negro rojizo y frutos maduros de coloración vinotinto o rojo muy oscuro. 68
- Figura 50.** Progreso de la maduración en la raquilla. (A) Híbrido interespecífico OXG, con maduración de los frutos en la raquilla de forma acropétala. (B) Raquilla de *Elaeis guineensis* con maduración de los frutos en la raquilla de forma basipétala. 69
- Figura 51.** Curva de crecimiento de fruto en semanas después de la antesis, *Elaeis guineensis* 71
- Figura 52.** Estadios fenológicos para desarrollo del fruto en *E. guineensis*. 75
- Figura 53.** Estadios fenológicos para el desarrollo del fruto en el híbrido interespecífico OXG. 76
- Figura 54.** Estadios fenológicos para la maduración del fruto en *E. guineensis*. 78
- Figura 55.** Estadios fenológicos para la maduración del fruto en el híbrido interespecífico OXG. 80
- Figura 56.** Estadio 890. Sobremaduración de los racimos y frutos. (A-B-C) Fruto de híbrido interespecífico OXG. (D-E-F) Fruto de la especie *E. guineensis*. 82
- Figura 57.** Pobre conformación de racimo, producto de una deficiente polinización en híbrido interespecífico OXG. 83
- Figura 58.** Estadio 990. Senescencia de la hoja. 84



Índice de tablas

Tabla 1.	Constitución de las inflorescencias de la especie <i>E. guineensis</i> y el híbrido interespecífico OXG, en palmas de cinco años de edad en la Zona Oriental colombiana.	46
Tabla 2.	Cuadro resumen de estadios de emergencia y desarrollo floral comparativo entre la especie <i>Elaeis guineensis</i> y el híbrido interespecífico OXG.	61
Tabla 3.	Estudio comparativo de la viabilidad del polen del híbrido y sus progenitores	63
Tabla 4.	Clasificación de frutos de acuerdo con la coloración del exocarpio y grosor del hueso.	67
Tabla 5.	Descripción del porcentaje de crecimiento y rango de días aproximado de desarrollo de fruto, en la especie <i>E. guineensis</i> y el híbrido interespecífico OXG.	74

> > **Presentación**

En palma de aceite no existía un compendio sistematizado de sus fases fenológicas. Este libro atiende esta falencia y es el producto de tres años de observaciones meticulosas sobre los cambios que se dan en los diferentes órganos de la palma, desde la germinación hasta la formación y el desarrollo del fruto. Las observaciones se estandarizaron con base en la escala fenológica BBCH¹, con la que la descripción de fenómenos y procesos relacionados con el cultivo es más precisa y entendible.

Las plantas no son organismos estáticos. Constantemente están cambiando como parte de sus procesos normales de crecimiento y desarrollo. Así, van desde semilla a plántula, tienen ciclos de crecimiento vegetativo que siguen de la fase reproductiva que incluye la floración, la fructificación y la formación de semillas, con las cuales se inicia un nuevo ciclo. En plantas perennes como la palma de aceite es posible identificar en qué estadio preciso de desarrollo está una inflorescencia o un racimo, o es posible hacer el seguimiento al desarrollo de una hoja desde su aparición como flecha hasta la senescencia. La duración de cada uno de los estadios fenológicos está fuertemente influenciada por el clima, el cual determina los ciclos básicos del desarrollo de la planta.

Además, es interesante ver que las características externas de las fases fenológicas del desarrollo de una planta están relacionadas con cambios en la fisiología, que no sólo determinan la fase fenológica del individuo sino que también afectan el desarrollo, el metabolismo y la supervivencia de los animales y los microorganismos asociados a la planta, tanto benéficos como patógenos.

1 Escala binaria para la referenciación de etapas fenológicas de especies vegetales.

De esta forma, se entrega una herramienta que puede ser usada para describir los estadios de desarrollo de la palma o sus órganos, no en función de la edad sino del estado fenológico de éstos. Además, puede ayudar al establecimiento de las relaciones precisas entre el estadio fenológico de la palma y la susceptibilidad o predisposición al ataque de plagas y enfermedades. Como dice Leather², “el entendimiento completo de las plagas y enfermedades y el estado fenológico de los cultivos es esencial para desarrollar una estrategia efectiva conducente a la agricultura global sostenible” y en este caso a la palmicultura sostenible.

Por ejemplo, las observaciones de técnicos e investigadores han mostrado que la palma de aceite no se enferma de marchitez letal sino cuando entra en fase reproductiva. Debe existir alguna condición fisiológica de la palma que cambia entre el estado vegetativo y el reproductivo, y que predispone a la palma a enfermarse. Así mismo, las flores de palma cuando son polinizadas cambian su aspecto externo, de tal manera que se puede identificar cuándo la polinización asistida ha sido exitosa.

En ese contexto es grato poner a disposición de los palmicultores y de la comunidad científica este libro de gran aporte al conocimiento de la fisiología de la palma de aceite y, a la vez, expresar un inmenso agradecimiento al grupo de investigadores adscritos al Programa de Biología y Mejoramiento Genético de Cenipalma y al Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia, quienes realizaron este loable esfuerzo científico. Además, se agradece la financiación recibida tanto de Fedepalma – Fondo de Fomento Palmero como del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias), para llevar a feliz término esta iniciativa.

Atentamente,

José Ignacio Sanz Scovino, Ph.D
Director Ejecutivo

 2 Leather, S.R. 2010. Precise knowledge of plant growth stages enhances applied and pure research. *Annals of Applied Biology* 157: 159-161

> > Introducción

La palma de aceite se ha constituido en uno de los cultivos más importantes en Colombia y el mundo. Su alta productividad, unida a su naturaleza perenne, ha llevado a una expansión acelerada de las áreas sembradas en el mundo. De esta manera, la agroindustria de la palma de aceite tiene el potencial de impactar en las áreas económicas, sociales y ambientales del país, en regiones, por lo general, alejadas de centros urbanos mayores y tradicionalmente deprimidas o de economía precaria.

La palma de aceite alcanzó un área total en producción mundial cercana a los 9,3 millones de hectáreas en 2008, de las cuales Colombia participó con 336.956, distribuidas en cuatro regiones productoras. El país es el primer productor latinoamericano de aceites de palma y de palmiste y el séptimo en el mundo (Fedepalma, 2009).

Las palmas pertenecen a la familia Arecaceae, una de las más grandes familias de monocotiledóneas, con más de 190 géneros y 2.364 especies (Govaerts y Dransfield, 2005). Están distribuidas en áreas tropicales de todo el mundo, con la mayor concentración de especies en América y el sureste de Asia.

La palma de aceite pertenece al género *Elaeis*. Tres especies componen este género: *Elaeis guineensis* Jacq. (palma africana), *Elaeis oleifera* (Kunth) Cortes (palma americana) (Dransfield et ál., 2008) y *Elaeis odora* Wess. Solo las dos primeras son cultivadas, siendo *E. guineensis* la más utilizada comercialmente en el mundo y, por tanto, la más estudiada (Corley y Tinker, 2003). La palma americana *E. oleifera* y el híbrido interespecífico (*Elaeis oleifera* X *Elaeis guineensis*) han cobrado un especial interés debido a que tienen algunos atributos deseables como la producción de aceite más rico en ácidos grasos insaturados, el crecimiento longitudinal lento y su aparente resistencia parcial a varias enfermedades.

A pesar de la relevancia de la palma de aceite en el mundo, muchos aspectos básicos de su biología aun están por estudiar. Por ejemplo, conociendo la importancia para el manejo agronómico y para el desarrollo de nuevos materiales por medio del mejoramiento genético, no se ha realizado una descripción sistemática y profunda del proceso de desarrollo de la palma.

En este proceso se presentan varios cambios visibles externos, que son resultado de las condiciones ambientales. El estudio de estos eventos periódicos, regulados principalmente por el clima y cambios estacionales, se denomina fenología (Cautin y Agusti, 2005). El comienzo y el fin de las fases sirven como un medio para juzgar la rapidez del desarrollo de estas plantas. Basados en los datos de observaciones fenológicas, es posible definir las regularidades en el crecimiento de una planta en relación con su medio ambiente, así como sus requerimientos con respecto a los factores meteorológicos. De esta manera, la información fenológica es útil para la elaboración de modelos predictivos de producción en función del clima.

El conocimiento de los estadios fenológicos de un cultivo permite el mejoramiento de las prácticas agronómicas aplicadas al optimizar las épocas de aplicación de insumos, posibilitar estrategias de manejo preventivo de enfermedades y plagas, y realizar con oportunidad labores como la polinización y la cosecha (Salazar et ál., 2006). Sin embargo, para poder hacer una utilización adecuada del conocimiento fenológico de la planta, es importante hacer una definición clara, consistente y universal de los estadios fenológicos, en busca de obtener una escala estandarizada que pueda ser usada en cualquier localidad y con cualquier material genético de la palma.

En busca de la estandarización, el primer trabajo para la descripción de estadios unificados en una escala fenológica fue propuesto por Fleckinger (1948), quien utilizó una combinación de números y letras para la descripción del desarrollo de inflorescencias en frutales. Posteriormente, Zadocks et ál. (1974) publicaron el primer código decimal para estandarizar la descripción de estadios de desarrollo homólogos de diferentes cultivos usando los mismos códigos (Cautin y Agusti, 2005). En 1989 (Bleiholder et ál., 1991) propusieron



la escala BBCH, que es un sistema para la codificación uniforme e identificación fenológica de estadios de crecimiento para todas las especies de plantas mono y dicotiledóneas. Se usa un código decimal que se divide básicamente entre los estadios de crecimiento principales y secundarios de las plantas, describiendo el proceso de desarrollo de los mismos. Esta codificación es el resultado de un grupo de trabajo conformado por: El Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura de Alemania (BBA), el Instituto Federal de Variedades, Alemania (BSA), la Asociación Alemana de Agroquímicos (IVA), el Instituto para Horticultura y Floricultura en Grossbeeren/Erfurt, Alemania (IGZ) y la colaboración de científicos de otras instituciones.

El Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma), con el apoyo del Fondo de Fomento Palmero, administrado por Fedepalma, y la cofinanciación del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias), ha ejecutado un proyecto de investigación tendiente a definir las fases fenológicas de la palma de aceite africana y del híbrido interespecífico OxG, cuyos resultados se presentan en este libro, el cual está dividido en tres secciones. La primera corresponde a las generalidades sobre la fenología de las plantas y sobre la construcción de una escala fenológica utilizando la metodología BBCH. En la segunda sección, se describe la fenología de cada una de las partes de la palma de aceite, la semilla, el estípote, las hojas, las flores y los frutos. Para poder hacer una descripción adecuada de la fenología, los autores hacen primero una descripción morfológica de los diferentes órganos, poniendo especial énfasis en la utilización correcta de los nombres de las estructuras de cada una de las partes de la palma. En seguida, para cada uno de los órganos de la palma se hace la descripción de los estadios fenológicos utilizando la estandarización decimal sugerida según la escala BBCH. Finalmente, la tercera sección del libro presenta de manera compilada la escala BBCH extendida de la palma de aceite, en donde se presentan diferencias marcadas entre la palma africana y el híbrido OxG, se hace una descripción de las variaciones encontradas de manera textual y gráfica.

CAPÍTULO 1

>> **Generalidades
sobre la fenología
de las plantas**





>> Fenología de las plantas

Las variaciones climáticas que marcan las diferentes estaciones traen consigo eventos de crecimiento y desarrollo de las plantas que se presentan de manera cíclica. Esto es evidente en las regiones templadas, en las cuales los cambios anuales en la temperatura y la duración del día están acompañados de cambios fisiológicos determinantes del crecimiento vegetativo, la floración, fructificación y senescencia. En el trópico, los diferentes estadios del desarrollo de las plantas están relacionados con cambios en la pluviosidad, que determinan la disponibilidad de agua para las plantas y, de esta manera, marcan los ciclos de los eventos de historia de vida.

La brotación de las yemas, la expansión de hojas, la abscisión, la floración, la fertilización, el desarrollo de semillas, la formación de frutos, la dispersión de semillas y la germinación son los eventos de historia de vida de las plantas, que tienen lugar de manera cíclica, con intervalos determinados y con periodos específicos para cada uno de ellos. Se está tan familiarizado con estos eventos que, en general, no se les presta atención; sin embargo, cuando el patrón se pierde por alguna razón, por ejemplo, cuando en la palma de aceite el pico de cosecha se mueve de un semestre a otro, es

cuando nuestra atención se dirige hacia la importancia de que cada uno de los eventos de desarrollo se produzca en el momento adecuado.

La fenología es la ciencia que estudia los fenómenos biológicos que se presentan periódicamente, acomodados a ritmos estacionales (García et ál., 2004). El término fenología viene de las raíces griegas *phainein* que significa manifestar y *logos* que significa tratado. Así, la fenología puede ser entendida como el estudio de los eventos periódicos naturales involucrados en la vida de las plantas (Volpe, 1992; Schwartz, 1999).

La aparición, transformación o desaparición rápida de los órganos vegetales se llama *fase fenológica* o *fenofase* (Azkues, 2000), la cual está determinada por cambios de tipo morfofisiológico. El intervalo entre dos fenofases constituye la *etapa* o *estadio fenológico*. La velocidad del desarrollo de las plantas puede ser juzgada por la duración de las fases y estadios fenológicos. Así, cambios en la duración de estas fases y estadios pueden ser indicadores de eventos climáticos o de eventos de estrés biótico o abiótico que afectan la fisiología de la planta, alterando el ciclo normal de eventos de crecimiento y desarrollo.

La fenología de una especie puede ser descrita por medio de estadios particulares, tales como la formación y desarrollo de hojas, floración, fructificación, dispersión de semillas y germinación. Cada uno de estos eventos tiene un momento específico en el año y un curso de desarrollo característico. Sin embargo, ellos no son independientes. Es claro que no se puede producir fructificación sin que haya habido floración, y el desarrollo de la semilla no se puede dar sin la fertilización de las flores que ocurre con la polinización (Fenner, 1998). Incluso dentro del desarrollo de un órgano que determina fases o estadios, como por ejemplo la flor, se presentan eventos que son dependientes uno del otro. Así, el meristemo vegetativo debe pasar a reproductivo (transición floral), se deben desarrollar los miembros de los verticilos de las flores (sépalos, pétalos, estambres, carpelos), se produce la antesis, maduración del estigma y la fertilización. Después se puede dar la fructificación mediante el crecimiento de la pared del ovario y la formación de la semilla con el crecimiento y maduración del embrión y del endospermo.

En las plantas los eventos fenológicos son causados por señales ambientales que disparan respuestas determinadas. Por ejemplo, en muchas especies de las zonas templadas la floración se produce en respuesta a cambios en la duración del día y en la temperatura. Referido a la especie, los eventos fenológicos son el resultado de la presión de selección, que ha

dado lugar a la evolución de los patrones fenológicos característicos. Esta presión puede ser el resultado de limitaciones abióticas (por ejemplo temperaturas desfavorables, déficit hídrico) o la presencia de factores bióticos como la presencia estacional de defoliadores, polinizadores y dispersores (Fenner, 1998).

La utilización del concepto de fenología por el hombre es tan antigua como la civilización misma. Cuando el hombre se volvió sedentario, se estableció en un lugar e inició la práctica de sembrar semillas para que las plantas crecieran y poder cosechar los frutos, muy pronto se dio cuenta de que el éxito de este proceso estaba determinado por las limitaciones ambientales en cada una de los estadios del desarrollo de las plantas. Existen registros escritos de observaciones fenológicas que datan de hace más de 3.000 años en China y es posible encontrar referencias fenológicas en textos de la biblia (Schwartz, 2003). Las observaciones fenológicas han sido usadas por los agricultores para maximizar la producción de los cultivos con una correcta sincronización de las labores agrícolas con el crecimiento del cultivo, sus fases de desarrollo y la interacción con factores bióticos y abióticos. Hoy, la fenología es usada también para hacer seguimiento del efecto del calentamiento global en los cultivos y para hacer predicciones sobre el impacto del cambio climático en la agricultura, en particular, y en el medio ambiente, en general.



>> Características de la escala fenológica

para la descripción de estadios en palma africana y el híbrido interespecífico

Estadios de crecimiento principales

En la escala BBCH el ciclo completo de desarrollo de las plantas se subdivide en diez fases principales de desarrollo claramente distinguibles en un código decimal, el cual se divide entre los estadios de crecimiento principal y secundario. Los estadios principales de crecimiento son descritos usando números del 0 al 9 en orden ascendente (Bleiholder et ál., 1991).

En la adaptación de la escala BBCH para palma de aceite, no se utilizan las descripciones para el estadio 2 (formación de brotes laterales/ macollamiento) y el estadio 4 (desarrollo de las partes vegetativas cosechables de la planta o de órganos vegetativos de propagación).

Para *Elaeis guineensis* Jacq. y el híbrido interespecífico OxG, la escala comienza con la descripción de la germinación y emergencia (estadio 0), en seguida se describe el crecimiento vegetativo por medio de dos estadios: el primero es el desarrollo de las hojas en vivero y

en campo (estadio 1) y el segundo es la elongación del estípite (estadio 3). Entre tanto, el crecimiento reproductivo se asocia con 4 estadios: emergencia de la inflorescencia (estadio 5), floración (estadio 6), crecimiento del fruto (estadio 7), maduración del fruto (estadio 8) y, finalmente, la senescencia de la hoja (estadio 9).

Estadios de crecimiento secundarios y mesoestadios

En contraste a los estadios principales de crecimiento, los estadios secundarios son definidos en pasos cortos de desarrollo de las respectivas especies de plantas, que ocurren durante un determinado estadio principal de desarrollo. Para la escala de la palma de aceite se utilizan dos dígitos de 0 a 9. El tercer dígito implica la inclusión de un mesoestadio, el cual es considerado como una fase necesaria para obtener una mayor precisión en la descripción, los valores de 0 a 9 corresponden a valores ordinales o porcentajes de desarrollo.



1

Estadio principal

Desarrollo de la hoja

5

Estadio secundario

Hoja flecha en campo

5

Mesoestadio

50% de apertura

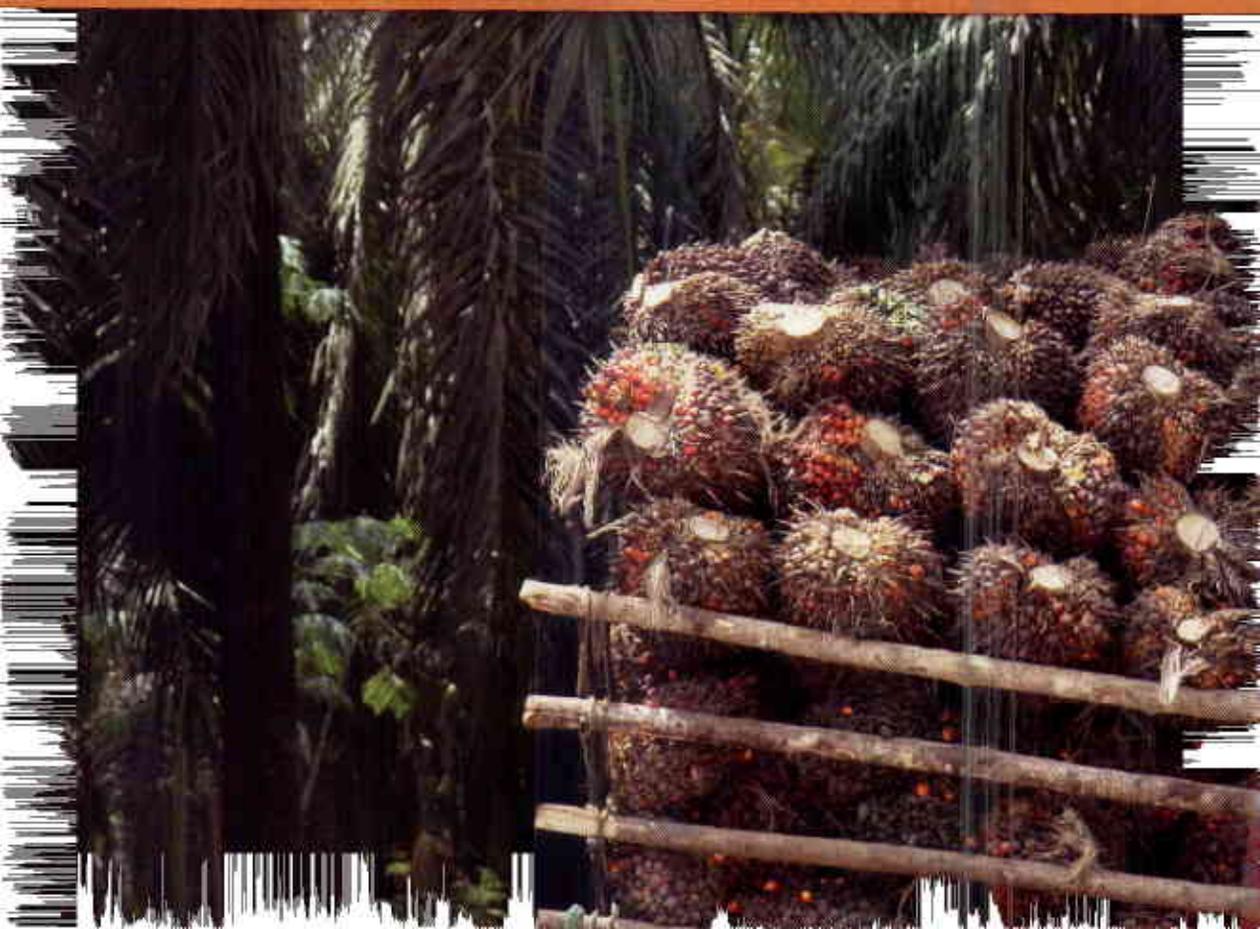
Apertura del 50% de los folíolos superiores de la hoja flecha, los folíolos de la parte baja de la hoja aún se encuentran plegados.

155

FIGURA 1 **Estructura de la escala de tres dígitos**

Foto: S. Lozano (2009)

> > Fenología de las
partes de la palma
de aceite





>> Estadios de crecimiento de la palma africana

(*Elaeis guineensis* Jacq.) e híbrido interespecífico
(*Elaeis oleifera* [Kunt] Cortes x *Elaeis guineensis* Jacq.)

La palma de aceite tiene un solo meristemo apical del cual se origina una sucesión continua de yemas foliares (Henry, 1955). El desarrollo de la hoja inicialmente es muy lento, por lo general, toma de dos a tres años desde la iniciación de la hoja hasta que se abren los folíolos en el centro de la corona. Si las condiciones ambientales son favorables estas hojas se abren y otra hoja flecha se elonga y toma su lugar (Corley y Tinker, 2009).

La característica principal de la palma de aceite es que posee un tallo único de tipo pleonántico, esto significa que las inflorescencias aparecen en las axilas de las hojas y se producen a medida que la planta continúa con su crecimiento vegetativo. (Adam et ál., 2005; Dransfield y Uhl, 1998). El estípite es erecto y en él permanecen las bases peciolares de las hojas hasta la etapa adulta que, al caer, dejan al descubierto cicatrices amplias y se aprecian los entrenudos. (Dransfield et ál., 2008).

Esta especie produce inflorescencias femeninas y masculinas en la misma planta en ciclos alternados de duración variable, dependiendo de las condiciones genéticas y ambientales. El desarrollo inicial de una inflorescencia toma de dos

a tres años, tiempo en el cual ésta se encuentra totalmente cubierta por las hojas (Corley et ál., 1976).

La antesis de la inflorescencia femenina ocurre en la hoja 17-20 y el desarrollo del racimo hasta la etapa de madurez puede tomar de 4,5 a 6 meses. El racimo maduro puede alcanzar más de 50 cm de largo y 35 cm de ancho. El racimo está constituido por los tallos de las espiguillas donde se insertan los frutos y espinas (Corley et ál., 2009).

El fruto es una drupa sési que tiene forma esférica, ovoide o elongada. El pericarpio está conformado por el exocarpio, mesocarpio y endocarpio, este último rodea a la almendra. (Siew et ál., 2003; Corley et ál., 1976). La apariencia externa de los frutos varía considerablemente en la maduración, la coloración más común es violeta oscuro en el ápice y verde-amarillento pálido en la base antes de la maduración y se denominan *nigrescens*, otro tipo menos común es aquel en que los frutos tienen tonalidades verdes antes de la maduración (*virescens*). De acuerdo al grosor del cuesco se clasifican en Dura (grosso), Ténera (delgado) y Pisífera (sin cuesco) (Corley y Tinker, 2009).



>> La semilla

La semilla de la palma de aceite es una nuez que se localiza en la parte central del fruto y es el remanente que queda después de que se extrae el mesocarpio. Consta de un endocarpio o cuesco y una, dos o tres almendras producto de un ovario tricarpelar. En la mayoría de los casos solo se observa una almendra ya que dos de los tres óvulos se abortan. Dentro del cuesco está la almendra que contiene el endospermo aceitoso, duro y de color blanco grisáceo. La testa que rodea al endospermo es de color pardo oscuro y está cubierta a su vez por tejido fibroso. Allí en el endospermo es donde se localiza el embrión al frente del poro germinal, pero separado de este por el opérculo que está constituido por una capa de células delgadas endospermicas, la testa y una estructura láminar (Hartley, 1977).

La madurez del fruto no es un factor crítico en la germinación de la semilla (Rees, 1962). Jones en 1973 encontró que los embriones aislados de frutos de setenta días después de anthesis pudieron crecer en un medio de cultivo apropiado (Corley y Thinker, 2009). La semilla de palma de aceite se clasifica como dormante³ e intermedia⁴ (Turner y Gillbanks, 2003), en condiciones naturales germina lentamente (uno a tres años) con un bajo porcentaje (Rees, 1963).

Para la obtención de semillas es conveniente cosechar los racimos antes de que comience la abscisión de los frutos, aproximadamente cinco meses después de la anthesis. Luego de la cosecha se remueve el exocarpio y el mesocarpio del fruto y la semilla se somete a un proceso de secado, para evitar la germinación pre-

- 3 **Dormancia:** es un estado de la semilla en el que, a pesar de que está madura y viable, no germina pese a contar con las condiciones favorables para su desarrollo. Este bloqueo a la germinación es diferente entre las especies de acuerdo con su adaptación al medio ambiente donde se encuentran, en este caso, la germinación ocurrirá cuando las condiciones sean apropiadas para el desarrollo de las plántulas (Finch-Savage y Leubner-Metzger, 2006).
- 4 **Semilla intermedia:** inicialmente la semilla de *Elaeis guineensis* fue clasificada como recalcitrante debido a su alto contenido de humedad, luego fue clasificada como ortodoxa debido a su favorable respuesta al almacenamiento en condiciones de criopreservación, y actualmente, después de rigurosos estudios, se clasificó como una semilla intermedia (Grout et ál., 1983; Chin et ál., 1984; Hong et ál., 1997), esto explica porqué el 30% de las semillas permanecen viables después de 33 meses cuando se almacenan en el suelo desnudo en condiciones naturales (Gait 1956, citado por Rees 1960).



matura y proceder a su almacenamiento a una temperatura entre 20-22 °C y con unas condiciones de humedad entre el 18-19% (Corley y Thinker, 2009).

Estadio de crecimiento principal 0: Germinación y emergencia

En el Estadio 000 o "semilla seca", la semilla en materiales tipo Dura tiene el cuesco grueso (2-8 mm) y liso, de color café oscuro (Siew et ál., 2003). En los materiales tipo Ténera el cuesco es delgado (0,5-4 mm), de color café oscuro y presenta fibras que se adhieren longitudinalmente a ella formando un mechón en la base. En los materiales híbridos, las semillas presentan formas que van de ovoides a angulares, de color café oscuro y el endocarpo está cubierto por una serie de fibras reticuladas que rodean los

poros germinales apicales. El cuesco es delgado con un grosor entre 0,5-2,5 mm (Chan y Romero, 2010. Datos sin publicar) (Figura 2).

Después del almacenamiento o el secado de las semillas, éstas se colocan en una bolsa de polietileno a una temperatura de 38 a 40 °C durante un periodo igual o mayor a sesenta días, de acuerdo con los requerimientos de cada material y/o especie, esto con el fin de romper la dormancia de la semilla. Luego del tratamiento con calor las semillas se sumergen en agua por dos días y se secan a temperatura ambiente para retirar el exceso de humedad y se colocan de nuevo en la bolsa plástica. La germinación comienza siete a diez días después del almacenamiento a temperatura ambiente y continúa por 30 a 40 días en donde se alcanza entre un 85 a 90% de germinación.

>> A



>> B



FIGURA 2 **Estadio 000**

(A) Semilla seca material Ténera (*Elaeis guineensis* Jacq). Foto: Fedepalma, CD-ROM interactivo, El cultivo de la palma de aceite: Guía general para el nuevo palmicultor. (B) Semilla seca del híbrido (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*). Foto: L. Chan (2010)

Luego de uno a dos días se inicia la imbibición de la semilla y empieza a aparecer hinchada, diez días después el embrión luce completamente hinchado y se hace visible a través de uno de los poros germinativos y se desprende el tapón de fibra u opérculo. Este estadio corresponde al “punto blanco” o estadio 010 (Figura 3).

>> A



>> B



FIGURA 3 **Estadio 010**

Semilla en punto blanco mostrando **cu**: cuesco, **em** (embrión) y **ff**: tapón de fibra (opérculo) en el híbrido interespecífico (OxG). Foto: L. Chan (2010).

El tipo de germinación descrita anteriormente se clasifica como adyacente-ligular (Dransfield et ál, 2008), es decir, que a medida que el cotiledón se expande solo empuja una porción del embrión por fuera de la semilla y como resultado la plántula se desarrolla contigua a la semilla, el embrión forma una lígula y la plúmula sobresale de ésta.

En el estadio 040 se observa la diferenciación de la plúmula y radícula 10 a 14 días después de la germinación (Turner y Gillbanks, 2003). Los dos órganos emergen a través de un cilindro formado por una lígula (*li*) (hoja modificada en forma de vaina que sirve de protección) (Figura 4).



FIGURA 4 **Estadio 040**

Inicio de la diferenciación de la plúmula (**pl**) y la radícula (**ra**) del híbrido (OxG). Foto: P. Hormaza (2010).



FIGURA 5 Estadio 050

Formación de raíces adventicias (r') en el híbrido interespecífico OXG.
Fotos: Hormaza y Chan (2010)



Luego hay elongación de la radícula y empiezan a formarse las primeras raíces adventicias en el anillo superior de la unión de la radícula con el hipocótilo (Corley y Thinker, 2003), (estadio 050) (Figura 5).

En la emergencia (estadio 090) las dos hojas plumulares sobresalen de la lígula hasta que la radícula tiene 1 cm de longitud. Del suelo sobresale el ápice de la segunda hoja plumular. El color de la plúmula es verde claro y la radícula posee un color crema (Figura 6).

FIGURA 6 Estadio 090

Emergencia (I) primera hoja plumular. (II) segunda hoja plumular.
Fotos P. Hormaza (2010).



>> La hoja

En las etapas tempranas del desarrollo de la palma, las hojas van cambiando de forma. Así, inicialmente, luego de la germinación, las primeras hojas que se forman son lanceoladas, después hacen su aparición hojas bifurcadas en la punta, las cuales dan paso a hojas hendidas, para finalmente aparecer las hojas maduras que son hojas compuestas, pinnadas, con foliolos lineales a cada lado del raquis. En una planta adulta, en la región cercana al meristemo, conocida popularmente como “cogollo”, se pueden encontrar hasta sesenta hojas en fase de diferenciación y crecimiento. Cada una de estas hojas se demora cerca de dos años en hacer su aparición y rápidamente se desarrolla la llamada “hoja flecha” que corresponde a la hoja cerrada, que finalmente abre para dar lugar a las hojas activas.

Desde la diferenciación de las hojas de palma de aceite en el meristemo apical hasta la etapa de senescencia pasan, aproximadamente, cuatro años y se consideran tres fases: 1) fase juvenil, de 24 meses, donde la hoja se está desarrollando dentro del estípote, 2) fase de crecimiento rápido, que dura aproximadamente cinco meses y se denomina como hoja “flecha” y 3) fase adulta, que va desde el despliegue de los foliolos y cuya

duración es de aproximadamente veinte meses (Cayón, 1999). En condiciones naturales, la palma adulta tiene entre 30 y 49 hojas funcionales, las cuales pueden alcanzar entre 5 y 7 m de longitud y pesar de 5 a 8 kg. La producción de hojas determina el rendimiento de racimos a corto plazo, ya que a cada hoja le corresponde una inflorescencia cuyo tamaño y desarrollo depende del estado fisiológico de la planta.

En la hoja madura se pueden distinguir dos zonas: la zona del peciolo, en donde no se presentan foliolos y la zona de la lámina, compuesta por los foliolos y un eje central al cual están adheridos, el raquis. Los peciolos pueden alcanzar longitudes hasta de 1,2 m y son más cortos que el raquis. El raquis es duro y fibroso y puede llegar a medir hasta 8 m de largo (Figura 7).

Los foliolos son el producto de la división de la lámina durante el proceso de elongación del eje central de la hoja. En la flecha, los foliolos permanecen fusionados uno a otro, pero están plegados y tienen definido el punto de escisión. Los foliolos son lineales y alcanzan un número entre 250 y 300 en las hojas maduras. La vena media de los foliolos es muy rígida y protuberante.

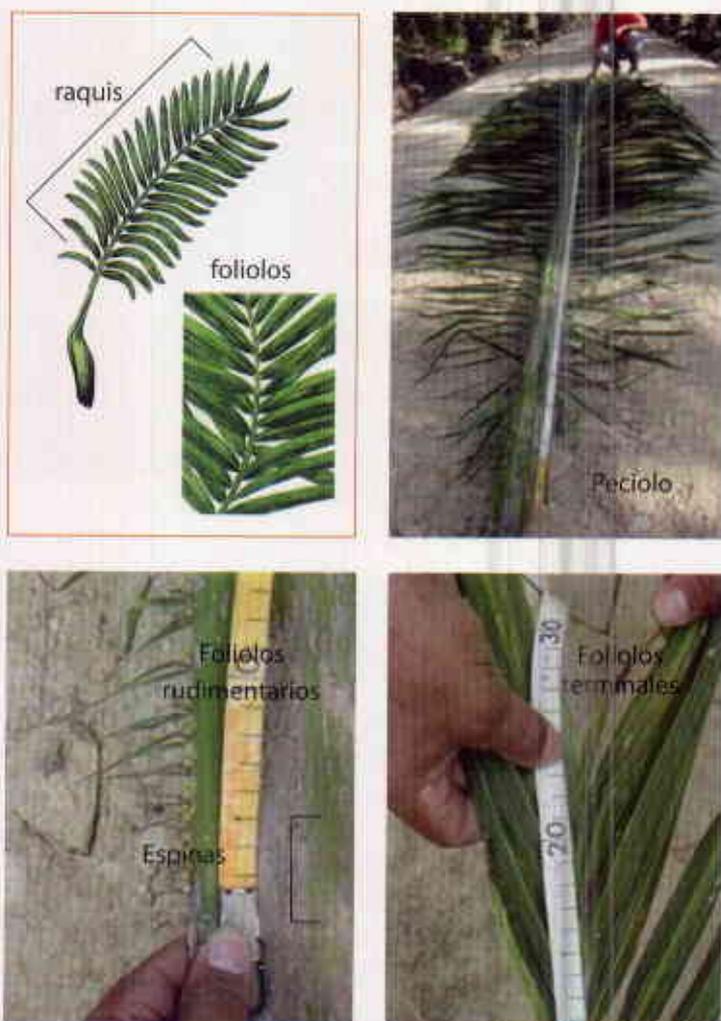


FIGURA 7 Partes de una hoja madura de palma africana

Fotos: I. Ayala (2007)

Las hojas están dispuestas en espiral, con ocho hojas por cada espiral. Este arreglo de las hojas es lo que se conoce como filotaxia de la palma. En algunas palmas la

espiral puede correr de derecha a izquierda (Figura 8). Conformando el primer espiral de la hoja 1 a 8, el segundo de la hoja 9 a 16, el tercero de la hoja 17 a 24.



FIGURA 8 Filotaxia de la palma de aceite de derecha a izquierda

Fotos: L. Ayala (2007) y R. Ospitia (2009)



La otra espiral que se forma está compuesta por cinco hojas intermedias, el primer espiral estaría formado por las hojas 1 a 5 (Ortiz y Fernández, 2000) (Figura 9).

La hoja cumple las funciones de intercambio de gases de la planta. Por una parte, absorbe gas carbónico para hacer fotosíntesis y, de otro lado, de manera simultánea pierde agua en forma de va-

por en el proceso de transpiración. En la hoja las estructuras encargadas de hacer este intercambio gaseoso se denominan estomas, los cuales se encuentran en la superficie inferior de los folíolos. La densidad de estomas es de aproximadamente 145 a 175 por mm^2 (Corley et ál, 2009).

Estadio de crecimiento principal 1: Desarrollo de la hoja en vivero y en campo



FIGURA 9 Filotaxia de la palma de aceite de izquierda a derecha

Foto: R. Ospitia (2007)

Aproximadamente un mes después de la emergencia (estadio 110, Figura 10), se observa una lámina foliar totalmente expandida denominada primera hoja lanceolada (estadio 111, Figura 11), al segundo mes se visualiza la segunda hoja lanceolada completamente abierta (estadio 112), finalmente, se forman cinco o más hojas lanceoladas simples que corresponde al 90% de las hojas en este



FIGURA 10 Estadio 110

Hojas plumulares completamente visibles (I y II).
Foto: P. Hormaza (2010)

estadio (estadio 119), este último se utiliza como un criterio para decidir el momento de trasplante de previvero a vivero.

Aproximadamente cinco o seis meses después aparecen las primeras hojas bifurcadas en la punta (estadio 120) hasta formar cinco hojas con bifurcación en la punta o el ápice (estadio 129). Posteriormente, en la hoja 12 aparecen hendiduras que dividen parcialmente las láminas entre las venas para formar los foliolos en la base de la hoja (estadio 130), hasta completar 17 a 18 hojas (estadio 139) (Figura 12).

Las hendiduras dividen completamente las venas de las dos láminas folia-

>> **A** Estadio 110



>> **B** Estadio 111



>> **C** Estadio 112



FIGURA 11 Estadio de desarrollo de las hojas en vivero 111 y 112.

(A) Aparición de hojas lanceoladas (III) Foto: L. Chan (2010).

(B) Apertura de la primera hoja lanceolada simple (estadio 111).
Foto: P. Hormaza (2010)

(C) Plántula de palma de aceite de dos meses de edad mostrando dos hojas lanceoladas simples totalmente extendidas (estadio 112).
Foto: R. Ospitia (2007)

>> A



>> B



FIGURA 12 **Estadio 129 y 130**

(A) Aparición de hojas bifurcadas (*bf*) (estadio 129). (B) Formación de los primeros foliolos (*f*) en la base de la hoja 12 (estadio 130).
Fotos: P. Hormaza (2010)

>> A



>> B



FIGURA 13 **Estadio 140 y 143**

(A) Aparición de la hoja flecha (*ff*) en estadio de vivero (estadio 140).
(B) Hoja 18 completamente pinnada y hoja flecha con 30% de apertura (estadio 143). Fotos: R. Ruíz (2009).

res en la hoja 18 y la hoja más joven que ha emergido permanece cerrada (hoja flecha o cero), (estadio 140). La hoja 18 se encuentra totalmente abierta y la hoja flecha comienza a abrir sus folíolos en un 30% (estadio 143) (Figura 13), posteriormente la hoja flecha tiene una apertura del 50% (estadio 145) (Figura 13B) y, finalmente, esta hoja presenta un 75% de sus folíolos extendidos considerándose como una hoja nueva (estadio 149).

En una palma en crecimiento activo en campo se produce una hoja flecha en sentido vertical ascendente y se puede apreciar que el raquis se encuentra totalmente elongado y los folíolos de color verde-claro apretados en el centro de la corona (estadio 150) (Figura 14).

Cuando se ha abierto la hoja flecha en un 30% se alcanza el estadio 153; en este estadio se observa el inicio de la separación de los folíolos del ápice, que permanecen plegados hacia arriba, y aun no se ve la separación de los folíolos de la parte de abajo (Figura 15A).

En el estadio 155 se observa la apertura del 50% de los folíolos superiores y la parte baja de la hoja aún se encuentra plegada. Al tener un 75% de apertura se considera como la hoja 1 y se completa el estadio 159. Los folíolos se han separado en casi su totalidad, los ápices de las hojas son los últimos que se separan (Corley, 2003) (Figuras 15B y C).



FIGURA 14 Estadio 150

Detalle de una hoja flecha en palma de aceite (estadio 150).
Foto: S. Lozano (2009)

Después que la hoja despliega sus folíolos, se desplaza progresivamente hacia el exterior y hacia abajo a medida que emergen las hojas más jóvenes. En este momento los folíolos han completado su crecimiento en área (Corley et ál., 1971). El peciolo continúa su elongación un tiempo después de que el raquis está completamente desarrollado (Henry, 1955). Una vez que se abre esta hoja, inmediatamente se elonga otra hoja flecha tomando su lugar.

>> A



>> B



>> C



FIGURA 15 **Estadio 153, 155 y 159**

(A) Hoja con un 30% de apertura (estadio 153). (B) Hoja 18 completamente pinnada y hoja flecha con 50% de apertura (estadio 155). (C) Hojas con un 70% de apertura (estadio 159).
Fotos: S. Lozano (2009)



>> El estípite

El estípite de la palma de aceite es erecto, solitario y columnar y, por lo general, en la palma adulta solo persisten las bases peciolares que se encuentran cerca de la corona (Dransfield et ál, 2008; Latiff, 2000).

El estípite tiene tres funciones: la primera es que sirve como soporte de las hojas, en segundo lugar, contiene el sistema vascular donde se transporta el agua y los nutrientes minerales en toda la planta y, en tercer lugar, funciona como un órgano de almacenamiento (Latiff, 2000).

Estadio de crecimiento principal 3: Elongación del estípite

El crecimiento inicial de las plántulas de la palma de aceite involucra la formación de la base del estípite, sin elongación internodal. Tres a cuatro meses después de la germinación, la base del estípite se comienza a hinchar dando la forma de un cono invertido y a partir de éste se observan las primeras raíces adventicias, alcanzando el estadio 300 (Corley

y Thinker, 2003). Comenzando en la fase del vivero, hasta los primeros tres años, la palma de aceite engrosa su base sin observarse ningún crecimiento significativo en la altura del tallo (estadio 310).

Los estípites del híbrido interespecífico OXG y *E. guineensis* tienen una tasa de elongación entre los 25 a 50 cm por año respectivamente; estos son sólidos y sus bases peciolares permanecen adheridas a él hasta aproximadamente los 12 a 16 años; a partir de esta edad las bases se comienzan a desprender, primero las de la mitad del estípite, quedando las secciones basal y distal con las bases foliares (estadio 315) (Latiff, 2000, Figura 16).

En edad avanzada se observan las cicatrices de las bases peciolares y entre ellas los entrenudos del estípite, y en la parte de la corona (apical) se observan algunas bases peciolares adheridas (estadio 319) (Figura 17). La altura final del estípite de la palma depende del acceso que se tenga a los racimos para la cosecha. Se ha determinado que en lotes con treinta años de edad no se puede cosechar el 20% de las palmas (Ho, 1999).



FIGURA 16 **Estadio 315**

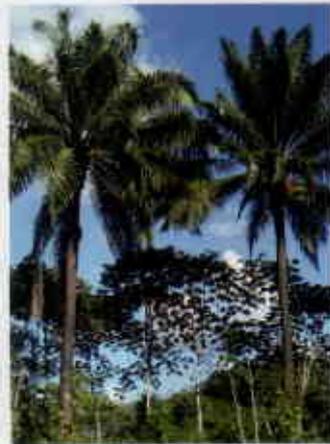
Bases peciolares persistentes en el estípote.

Fotos: P. Hormaza (2010) y R. Ospitia (2007)

>> A



>> B



>> C



FIGURA 17 **Estadio 319**

(A-B) Estípote de palmas maduras sin bases peciolares, (C) Cicatrices de las bases peciolares (*bp*) y entrenudos (*et*) del estípote.

Fotos: P. Hormaza (2010) y R. Ospitia (2007)



>> Las flores e inflorescencias

Las especies del género *Elaeis* son alógamas, monoicas (León, 1987) y proterandrias, es decir, que la maduración del gametofito masculino ocurre antes que el gametofito femenino, por tanto, el polen está formado y dispuesto, pero el estigma en la flor femenina no es receptivo, debido a que no ha alcanzado su madurez (Raygada, 2005). Las flores se desarrollan en inflorescencias axilares una por cada hoja, las cuales se forman en secuencia acropétala (de arriba hacia abajo) (Adam, 2006). La palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq., *Elaeis oleifera* [Kunth] Cortes y su híbrido interespecífico OXG, producen inflorescencias femeninas y masculinas ubicadas en las axila de cada hoja, la emergencia de estas estructuras es una sucesión de varias inflorescencias de un sexo, la cual es seguida por una sucesión de otro sexo en ciclos alternos, pero ocasionalmente ocurre la aparición de inflorescencias hermafroditas.

A partir de los 30 a 36 meses de trasplantada la planta en el campo se producen inflorescencias femeninas (figuras 18 A-B-C-D), masculinas (figuras 19 A-B) o mixtas (figuras 20 A-B) y abortos ocasionales, en ciclos de alter-

nancia con duración variable en función de los factores genéticos, la edad, las condiciones nutricionales y los factores climáticos circundantes. La diferenciación de inflorescencias masculinas se ve favorecida por condiciones de estrés hídrico (Corley, 1976 citado por Adam, 2005), estrés fisiológico y poda excesiva (Jones, 1997). Las inflorescencias mixtas presentan tanto espigas masculinas como femeninas, son más comunes en palmas jóvenes y se le denomina también inflorescencia andromorfa (Corley et ál, 2009).

Las primeras inflorescencias producidas por palmas jóvenes generalmente son masculinas, pero de allí en adelante el orden y la proporción de aparición de éstas es variable, dado que no se observa ninguna regularidad en la emisión de ellas (Corley et ál, 2009).

Según Henry (1955), la formación de las inflorescencias en la palma de aceite se inicia a partir de la cuarta hoja producida y completa su madurez tres años después.

Las inflorescencias pasan por tres fases de desarrollo denominadas así: individualización de la yema, diferenciación

>> A



>> B



>> C



>> D



FIGURA 18 Inflorescencias femeninas de *Elaeis guineensis* y el híbrido interespecífico OXG

(A) Antesis de *E. guineensis*. (B) Detalle de los lóbulos estigmáticos de *E. guineensis*. (C) Inflorescencia en antesis del híbrido interespecífico OXG. (D) Detalle de lóbulos estigmáticos del híbrido interespecífico OXG.
Fotos: P. Hormaza (2010)

>> A



>> B



FIGURA 19 Inflorescencia masculina de *Elaeis guineensis*

(A) Inflorescencia masculina en anthesis. (B) Detalle de las anteras en anthesis.
Fotos: A. Sánchez (2010)

>> A



>> B



FIGURA 20 Inflorescencia mixta

(A) Inflorescencia mixta del híbrido interespecífico OXG.
(B) Detalle de estructuras femeninas sobre las espiguillas cilíndricas de la inflorescencia masculina.
Fotos: P. Hormaza (2010)

sexual y alargamiento de la inflorescencia. La individualización de las inflorescencias ocurre aproximadamente a los catorce meses y, a los veinte, la formación de las espigas.

La diferenciación sexual ocurre a los 24 meses y en este estadio tiene lugar una ubicación intermedia entre el punto de crecimiento y la salida al exterior junto con la hoja flecha (Revelo, 1983); entre los 28 y 30 meses comienza el alargamiento de la inflorescencia, la apertura de la bráctea y la floración. Según Surre y Ziller (1969), el comienzo de la fase de crecimiento rápido de una inflorescencia corresponde al momento en el que se hace visible en la axila de la hoja. Esta fase se inicia hasta que termine el crecimiento de la hoja (Figura 21).

Entre el momento de la apertura foliar y la aparición visible de la inflorescencia, aun sin observarse el sexo debido a la cobertura de las brácteas de protección, pueden transcurrir de 231 a 245 días para la especie *Elaeis guineensis*, mientras que para el híbrido interespecífico OXG, en la Zona Oriental de Colombia, pueden transcurrir 230 días (Figura 22).

Morfología de las inflorescencias femeninas y masculinas

Desde el punto de vista morfológico, una inflorescencia es un sistema de ramificación monopodial que se desarrolla en la axila de una hoja. La inflorescencia está compuesta por un eje principal que se

ramifica en su parte distal y se denomina raquis; mientras que la porción no ramificada constituye el pedúnculo, con una longitud típica en la madurez entre 20 y 30 cm para la inflorescencia femenina, y alrededor de 40 cm o más para la inflorescencia masculina. Esto hace que esta última se vea más sobresaliente de la axila de la hoja que la inflorescencia femenina (Beirnaert, 1935) (Figura 23).

En el raquis se insertan las espiguillas o raquillas en forma de espiral, una en cada cavidad superficial, rodeada por una bráctea que posteriormente se convertirá en una espina; en el extremo de las raquillas también se forma una espina de longitud variable, pero generalmente éstas son romas, a diferencia de las espinas de las brácteas (Corley et ál., 2009). Las raquillas se originan y se desarrollan en una secuencia basipétala (de abajo hacia arriba) (Adam et ál., 2005).

En las inflorescencias de los híbridos interespecíficos las espinas de las brácteas en donde se insertan las flores son más cortas, su extremo no es puntiagudo y es de coloración café medio (Figura 24).

En las inflorescencias masculinas se desarrollan entre 100 a 300 raquillas cilíndricas y largas en donde se insertan entre 700 y 1.200 flores; mientras que en las inflorescencias femeninas se insertan aproximadamente 150 raquillas donde se pueden observar entre 10 y 20 flores (Figura 25) (Jacquemard, 1995, Thomas et ál., 1970).

En las espiguillas masculinas sólo se desarrolla una sola flor por bráctea,



FIGURA 22 Inicio de la fase de crecimiento rápido

En las inflorescencias de las especies *Elaeis guineensis* y el híbrido interespecífico OXG. Foto: P. Hormaza 2009.

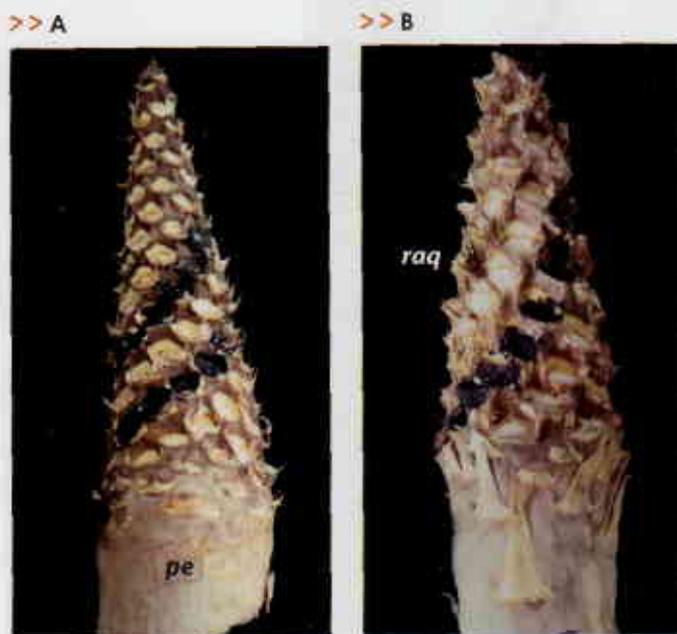


FIGURA 23 Pedúnculo (pe) y raquis (raq)

En donde se insertan las raquillas con las flores unisexuales femeninas. (A) Híbrido interespecífico OXG. (B) *Elaeis guineensis*. Foto: P. Hormaza 2009.

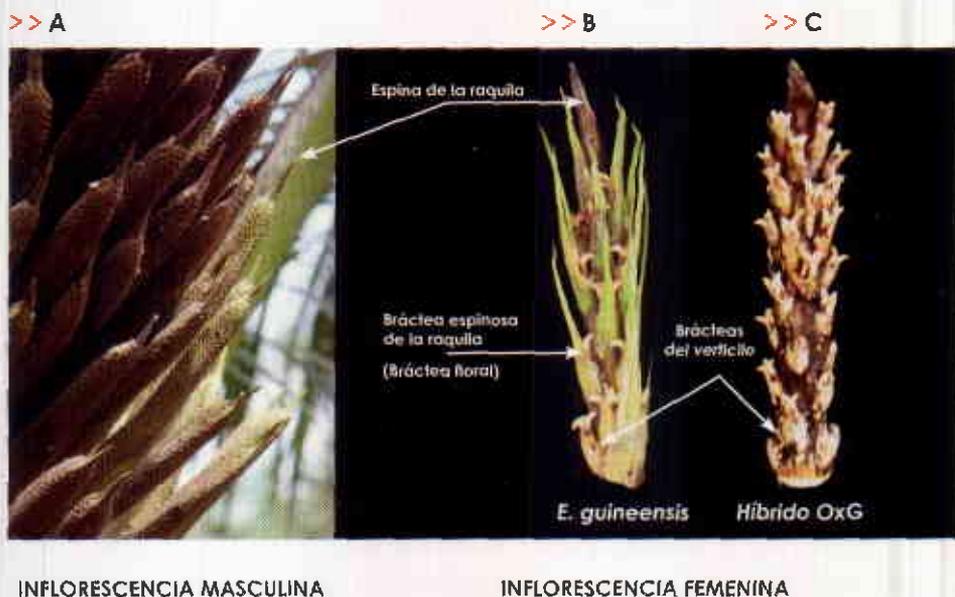


FIGURA 24 **Conformación de las espiguillas**

(A) Inflorescencias masculinas.
 (B - C) Inflorescencias femeninas de *Elaeis guineensis* y el híbrido interespecífico.

Fotos: R. Ospitia (2007) y P. Hormaza (2009).

mientras que las inflorescencias femeninas llevan grupos o racimos florales, de los cuales las flores femeninas centrales normalmente llegan a antesis (Van Heel, W. A. et ál., 1987).

Las características de las raquillas de las inflorescencias femeninas en palmas de cinco años de edad, para la especie *Elaeis guineensis* y el híbrido interespecífico OXG, en la Zona Oriental, se muestran en la Tabla 1.

La flor femenina funcional (pistilada) se desarrolla en una triada entre dos flo-

res masculinas acompañantes no funcionales (estaminada), éstas se disponen en espiral alrededor de la raquilla y cada una está protegida por una bráctea espinosa. Esta conformación se clasifica como una inflorescencia compleja simpodial de tipo cincino (Corley et ál., 2009, Van Heel, W. A. et ál., 1987; Adam et ál., 2005) (Figura 26).

Así se constituye un sistema de ramificación donde el eje principal es determinado y las ramificaciones laterales son producidas sucesivamente por meristemas axilares (Adam et ál., 2005).

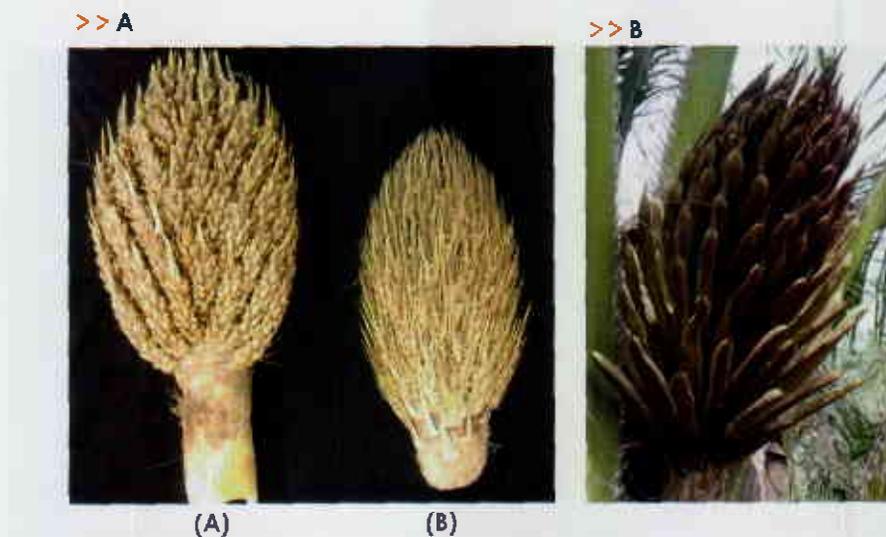


FIGURA 25 **Conformación de las raquillas de las inflorescencias**

(A) Conformación de las raquillas en las inflorescencias femeninas de palmas de cinco años de edad en antesis, (a) Híbrido interespecífico OXG, (b) *Elaeis guineensis*, Fotos: P. Hormaza (2010). (B) Conformación de las raquillas de las inflorescencias masculinas, Foto: R. Ospitia (2007)

TABLA 1 **Constitución de la inflorescencias de la especie *E. guineensis* y el híbrido interespecífico OXG**

En palmas de cinco años de edad, en la Zona Oriental colombiana.
n= 20 palmas híbrido; 63 palmas *E. guineensis*.

ESPECIE	Largo pedúnculo (cm)	Largo inflorescencia (cm)	Ancho (cm)	Nº raquillas	Largo raquillas (cm)	Nº de flores/raquilla	Total flores
<i>Elaeis guineensis</i>	18-22	31-37	15-19	83-91	10-30	10-12	980-1.050
Híbrido OXG	10-18	36-44	21-25	100-120	11-13	21-25	2.300-2.800

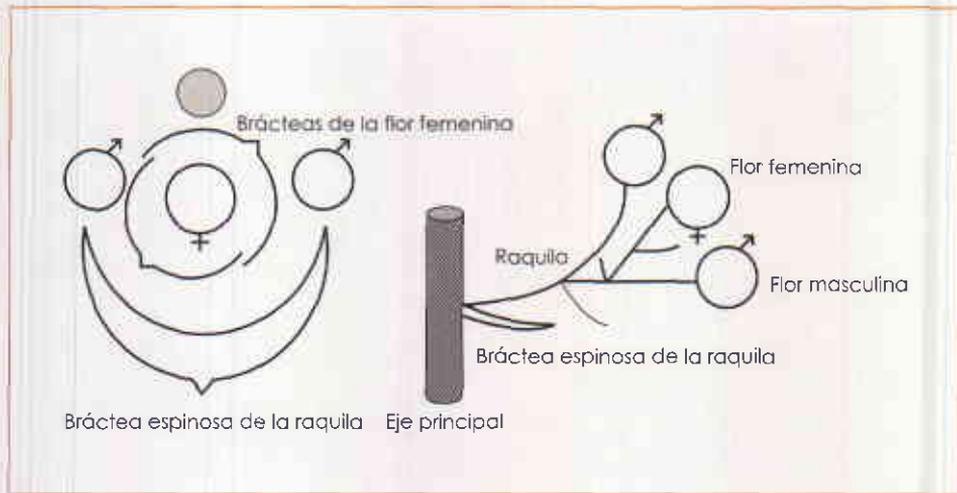


FIGURA 26 Diagrama de la inflorescencia femenina de *Elaeis guineensis*

(Compleja simpodial de tipo cincino). (Diagramas tomados de Dransfield et ál., 2008)

El perianto de las flores femeninas está conformado por tres pétalos rodeados por tres sépalos. Estos dos verticilos son muy similares en su apariencia y frecuentemente se refiere a ellos como tépalos (Hartley, 1988, Adam et ál., 2005). El gineceo o pistilo es columnar u ovoide conformado por un ovario tricarpelar (tres cavidades ováricas); tres estigmas que durante el desarrollo de la flor permanecen soldados y en la etapa de antesis se curvan hacia el exterior.

Entre tanto las flores masculinas son más pequeñas con longitudes de entre 3 y 4 mm y ancho de 1,5 a 2 mm. Durante su desarrollo en preantesis se encuentran rodeadas por una bráctea triangular que, al igual que la flor femenina, está consti-

tuida por tres sépalos y 3 pétalos. (Latiff, 2000). Durante la antesis la flor sobresale de la cavidad donde se encuentra insertada, se observan seis estambres con sus respectivas anteras, cuyos filamentos son amplios y carnosos unidos lateralmente formando un canal en el centro.

Las anteras son rectangulares con dos lóbulos que poseen rendijas a través de las cuales el polen es liberado cuando los filamentos del estambre se extienden durante la etapa de antesis. (Dransfield et ál., 2008) (Figura 27). Las anteras producen polen abundante con un olor característico a anís (Raygada, 2005) y una coloración amarilla. Al principio los granos de polen son ovalados, pero en la madurez tienen dos celdas y presentan

>> A



>> B



FIGURA 27 Inflorescencia masculina en estado de antesis, (Anf) anteras.

Fotos: R. Ospitia (2007) y A. Sánchez (2009)

un perfil algo triangular. Las flores inician su apertura desde la base de la espiguilla y pueden prolongar su apertura hasta por cuatro días posteriores al inicio de la antesis. La mayor parte del polen se esparce durante los primeros dos o tres días y su producción cesa sobre los cinco días (Corley et ál., 2009). El polen puede permanecer viable por lo menos seis días después de la liberación, pero la viabilidad del polen producido suele ser baja en los últimos días; las inflorescencias pueden producir entre 25 g a 300 g de polen fresco (Hardon y Turner, 1967).

Es característico en la palma de aceite que se formen brácteas (hojas reducidas o modificadas) cuya principal función es proteger las flores individuales y las inflorescencias (Glimn-Lacy y Kaufman, 2006)

(Figura 28). El ápice del eje principal de la inflorescencia desarrolla primero un prófilo, posteriormente brácteas vacías denominadas brácteas pedunculares y, finalmente, brácteas que protegen o rodean las ramificaciones o raquillas.

Polinización

La palma produce flores masculinas y femeninas en inflorescencias diferentes y en forma separada en una misma planta, de tal manera que se necesita trasladar el polen de una flor a otra. Es por esta razón que se necesita de agentes polinizadores para asegurar un buen desarrollo de los racimos. La planta presenta naturalmente polinización anemófila y entomófila, aunque la polinización por ésta última es la más frecuente.

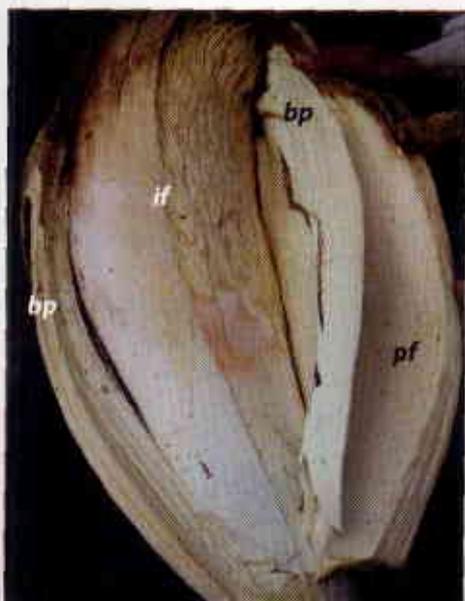


FIGURA 28 Corte transversal de una inflorescencia femenina (if)

Protegida por la bráctea peduncular (bp) y el prófalo (pf), los cuales se engruesan y lignifican al emerger la inflorescencia en la axila de la hoja.

Foto: P. Hormaza (2010)

La polinización de la palma es facilitada por el coleóptero *Elaeidobious kamerunicus*, familia Curculiónidae, subfamilia de los gorgojos, el cual fue identificado como el insecto polinizador más eficaz de la palma aceitera (Genty et ál., 1986 citado por Prada 1998; Syed 1979 citado por Bulgarelli et ál., 2002). Los granos de polen contienen almidón y constituyen la mejor fuente de alimento de algunos

insectos, los cuales habitan en las inflorescencias masculinas en grandes cantidades (2.000 a 3.000 por inflorescencia), durante el estado de desprendimiento del polen (Tandon et ál., 2001), alimentándose de éste y de las partes más blandas de las flores masculinas y poniendo sus huevos sobre estas inflorescencias.

Existen otros polinizadores, es el caso de *Mystrops costaricensis*, que es una especie americana que, aparentemente, se ha adaptado a *Elaeis oleifera* cuando *Elaeis guineensis* fue traída al continente americano y, *E. subvittatus*, el cual se supone que fue introducido en Centroamérica en muestras de polen obtenidas de algún lugar de África Occidental, (Genty et ál., 1986 citado por Prada 1998). Este polinizador es muy específico, pero puede sobrevivir asociado a *E. oleifera* y el adulto puede alimentarse por algún tiempo aún en flores de cocotero (*Cocos nucifera*), aunque aquí no puede completar su ciclo de vida (Labarca, et ál., 2007). *E. subvittatus* es más eficiente que *M. costaricensis* debido a su mayor capacidad de transporte de polen y a un mayor periodo de actividad en horas de alta actividad lumínica (Syed, 1984; Genty et ál., 1986 citados por Prada, 1998).

Aunque el número total de flores masculinas en floración por día es muy alto (aproximadamente 2.500 por inflorescencia d⁻¹), la competencia por los granos de polen siempre es intensa. Después de un tiempo en una inflorescencia los gorgojos buscan otras inflorescencias masculinas en antesis, las cuales son ubi-

cadadas por su intenso aroma a hinojo (Tandon et ál., 2001), o a anís (Raygada, 2005). Los cucarrones transportan numerosos granos de polen sobre todo su cuerpo. Cuando recién abren las flores femeninas, éstas también emiten un aroma similar al hinojo y los gorgojos también llegan a las flores femeninas receptoras solo por accidente en la búsqueda de las inflorescencias masculinas (Syed, 1979) y efectúan la polinización (Tandon et ál., 2001). La falta de incentivo en las flores femeninas reduce el tiempo de la manipulación de la flor por parte de los gorgojos. La visita de gorgojos en las inflorescencias femeninas se inicia alrededor de las 07:00 horas y continúa hasta las 15:00 horas; la máxima actividad fue observada entre 11:00 ±12:00 horas (Tandon et ál., 2001).

El viento puede tomar una mayor importancia en la polinización conforme la planta crece en altura (Hardon y Turner, 1967; Syed, 1979 citados por Bulgarelli et ál., 2002). La acción del viento y de insectos polinizadores para trasladar el polen en algunos casos es deficiente, y esta situación se ve más comprometida con los materiales genéticos de alta producción de racimos, que durante los primeros dos a tres años de producción emiten muy pocas inflorescencias masculinas y son casi exclusivamente femeninas.

Teniendo en cuenta que la producción de aceite de cada palma depende del número y tamaño de los racimos, por una parte, y de la cantidad individual de aceite que contenga el mesocarpio de cada fruto, deficiencias en alguno de es-

tos aspectos pueden llevar a una problemática de reducción en la productividad y por ende de la competitividad.

En los híbridos interespecíficos se realiza la polinización asistida, que consiste en la colecta y liberación controlada de polen de la especie *E. guineensis* al que se le evalúa la viabilidad y cuyo porcentaje de germinación debe ser superior al 80% para ser considerado como polen bueno para realizar esta práctica. El polen es mezclado con un agente transportador (el talco estéril es el más utilizado) sobre las inflorescencias femeninas que se encuentran en la fase de antesis (flores de color blanco o crema).

Esta práctica requiere de personal entrenado, polen con un buen porcentaje de polinización y técnicas adecuadas de colecta y conservación del mismo e identificación de la inflorescencia femenina en la época receptiva; ya que es una actividad costosa. Esta labor se realiza en algunas especies de *E. guineensis*, pero su uso es más intensivo en el híbrido interespecífico OXG, a causa del bajo porcentaje de viabilidad del polen de este material.

Estadio principal de crecimiento 5: Emergencia de la inflorescencia

El crecimiento de las inflorescencias tiene tres estadios: el primero es el inicio de la formación de la estructura dentro del estípote (no reconocible externamente y que ocurre en las hojas nega-

tivas, es decir en los primordios foliares que no han emergido). El segundo es la emergencia de la inflorescencia en la axila de cada hoja (estadio en el que se inicia la fase de crecimiento rápido), y el tercero se presenta entre el momento de apertura foliar y la aparición visible de la inflorescencia, aun no se observa el sexo debido a la cobertura de las brácteas de protección. La inflorescencia está cubierta en su estadio juvenil por la bráctea peduncular y el prófalo. En este estadio la diferenciación sexual ya está definida, pero no es observable por la cobertura de protección adherida y solidificada. En este momento la estructura floral se de-

nomina "estructura no diferenciada (ND)" y constituye el estadio más largo del desarrollo floral.

La inflorescencia se encuentra entre la axila de la hoja y el estípote y en este estadio la inflorescencia no es visible, ya que se encuentra aplanada en la parte posterior de la axila muy adherida a la base peciolar de la hoja 13 (estadio 500), (Figura 29).

La inflorescencia es visible en la zona axilar de la hoja; durante la emergencia temprana su forma es elíptica, se encuentra cubierta por dos estructuras fibrosas, duras y leñosas denominadas bráctea peduncular y prófalo, las cuales aparentemente se encuentran fusionadas y no son diferenciables (estadio 510). En este estadio la inflorescencia no es visible fácilmente ya que aun se encuentra aplanada en la parte posterior de la axila de la hoja e inicia el proceso de separación de la estructura de la base de la hoja y del estípote. La aparición de la estructura floral es visible en un 10% (Figura 30).

Desde la apertura de la hoja hasta la aparición de la estructura floral visible en un 10% (estadio 510) han transcurrido, para *Elaeis guineensis*, entre 218 y 244 días y se encuentra en la hoja 14; mientras que para el híbrido interespecífico OXG, la duración es de aproximadamente 230 días y se puede observar en las hojas 15 a 19.

A partir del momento en que la estructura floral se encuentra visible en la axila de la hoja, hasta este momento han transcurrido treinta meses aproximadamente desde el inicio de su formación dentro del



FIGURA 29 Estadio 500

Inflorescencia no visible.
Foto: P. Hormaza (2010)



FIGURA 30 Estadio 510

Estructura floral cerrada. Se observan el prófilo (pf) fusionado con la bráctea peduncular.
Foto: P. Hormaza (2010).

meristemo, para la especie *E. guineensis* (Corley et ál., 1995 a; Jones, 1997).

Cuando la emergencia de la inflorescencia ha alcanzado el 30% de su tamaño total, ocurre un alargamiento antes que un engrosamiento de la estructura (estadio 530) (Figura 31). La estructura se encuentra ubicada en el sentido contrario a la filotaxia de la palma, en sentido descendente, las raquillas están completamente cerradas, erectas y de coloración café intenso, el botón floral no es observable en la axila de la raquilla

debido a que la bráctea floral se encuentra plegada hacia esta.

En el estadio 550, la inflorescencia ha alcanzado el 50% de su tamaño final y hay cambio de una posición foliar debido a la apertura de una nueva hoja. El prófilo se rasga y se desintegra debido al comienzo del engrosamiento de la estructura floral, mientras que la bráctea peduncular aun cubre la estructura (Figura 32).

Cuando la emergencia de la estructura floral es del 90% del tamaño total (estadio 519), la bráctea peduncular inicia su rasgamiento muy leve y en este momento se puede determinar que la inflorescencia se encuentra cercana al inicio de los estadios de preantesis (Figura 33).

En la emergencia de la inflorescencia el prófilo puede alcanzar una longitud final de 45 cm aproximadamente, mientras la bráctea peduncular, generalmente más corta, mide de 2 a 4 cm menos (Adam et ál., 2005). El prófilo y la bráctea peduncular encierran a la inflorescencia durante 50 a 54 días para la especie *E. guineensis* y durante 100 a 110 días para el híbrido interespecífico OXG, antes de la antesis.

Estadio principal de crecimiento 6: Floración

La floración inicia con el rasgamiento de la bráctea peduncular en la altura media de la inflorescencia. En este momento se visualizan las espiguillas o raquillas, las cuales se encuentran apretadas hacia el

>> A



>> B

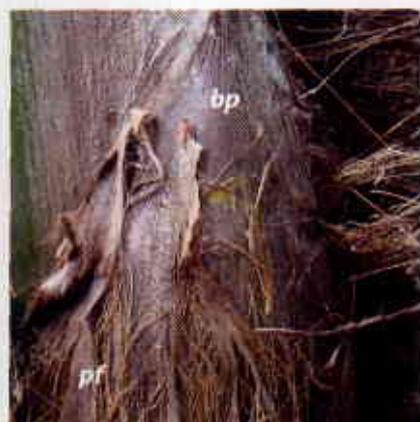


>> C

**FIGURA 31** Estadio 530

(A) Emergencia de la inflorescencia en 30%. (B) Se observan el prófalo (*pf*), la bráctea peduncular (*bp*) y (C) las raquilas (*ra*) completamente cerradas, erectas y de coloración café intenso.

Fotos: P. Hormaza (2010)

**FIGURA 32** Estadio 550

Emergencia del 50% de la inflorescencia femenina. El prófalo se ha rasgado (*pf*) y la bráctea peduncular permanece cubriendo la inflorescencia (*bp*).
Foto: P. Hormaza (2010)

**FIGURA 33** Estadio 590

Emergencia del 90% de la inflorescencia femenina. Nótese el rasgamiento de la bráctea peduncular.
Foto: P. Hormaza (2010).

centro, se diferencia el sexo de la flor, ya sea masculina o femenina, las raquillas presentan un color verde claro en la especie *E. guineensis*, mientras que en el híbrido interespecífico OXG y las espiguillas presentan coloración café.

En la inflorescencia femenina aun no se visualizan claramente los botones florales y este estadio es denominado preantesis I (estadio 611) (Figura 34). En este momento han transcurrido treinta días aproximadamente desde la emergencia de la estructura (estadio 510) en la especie *E. guineensis* y 98 días en el híbrido interespecífico OXG.

La duración de este estadio es de siete a ocho días para la especie *E. guineensis* y se puede observar en la hoja 20, mientras que en el híbrido interespecífico OXG la

duración es de aproximadamente cinco días y se ubica en la hoja 20.

En la inflorescencia masculina, la preantesis I se caracteriza porque la bráctea peduncular se rasga y se observan las espiguillas de color café, con forma digitiforme o cilíndrica apretadas hacia el centro (Figura 35).

En el estadio 613 correspondiente a la preantesis II, la bráctea peduncular se rasga en un 30% de su longitud total, permitiendo observar las raquillas y las flores cerradas cubiertas por la bráctea del verticilo que están insertas en ella (Figura 36). El color de los tépalos de la inflorescencia femenina en la especie *E. guineensis* es de verde pálido a rojizo vino tinto, mientras que en híbrido interespecífico OXG es café oscuro, en este estadio los tépalos

>> A



>> B



>> C



FIGURA 34 **Estadio 611**

Inflorescencias femeninas en preantesis I. (A) Inflorescencia de *Elaeis guineensis*. (B) Inflorescencia del híbrido interespecífico OXG. (C) Estructura interna de la inflorescencia. Fotos: J. Camperos (2009) y P. Hormaza (2010)

>> A



>> B

**FIGURA 35** Estadio 611

Preantesis I en la inflorescencia masculina del híbrido interespecífico OXG. **(A)** Inflorescencia cubierta por la bráctea peduncular y el prófilo. **(B)** Raquis masculinas apretadas hacia el centro de la inflorescencia. Foto: P. Homaza (2010)

se encuentran cerrados y son de tamaño pequeño (Figura 37).

La duración de este estadio en la inflorescencia femenina de la especie *E. guineensis* es de siete a ocho días y en el híbrido interespecífico OXG alrededor de cinco días después de haberse presentado la preantesis I. La posición filotáctica en donde ocurre este estadio para la especie *E. guineensis* es la hoja 22, y en el híbrido interespecífico OXG es en la hoja 21.

En las inflorescencias masculinas las espiguillas cilíndricas se encuentran parcialmente expuestas y libres, debido a que su bráctea peduncular está más rasgada.

Mientras que en las inflorescencias masculinas han transcurrido ocho días de haberse presentado la preantesis I (Figura 38).

La preantesis III (estadio 619) en todas las inflorescencias comienza cuando el prófilo inicia su proceso de desintegración, la bráctea peduncular continúa cubriendo la inflorescencia pero se rasga entre 50% y 70% de su superficie y en medio de las grietas se pueden observar completamente los botones florales femeninos, los cuales cesan su crecimiento y han cambiado su coloración. En la especie *E. guineensis* pasan de vino tinto o rosado a un color blanco cremoso, y en

>> A



>> B



>> C



>> D



FIGURA 36 **Estadio 613**

Inflorescencia femenina en preantesis II. (A-B) *Elaeis guineensis* y (C-D) Híbrido interespecífico OXG. Foto: P. Hormaza (2010)

>> A



>> B



FIGURA 37 **Estadio 615**

Perianto de la inflorescencia femenina en el estadio de preantesis II. (A) *Elaeis guineensis*. (B) Híbrido interespecífico OXG. Foto: A. Sánchez; P. Hormaza (2010)



FIGURA 38 Estadio 613

Inflorescencia masculina en preantesis II. Foto: R. Ruiz (2010)

el híbrido interespecífico OXG pasan de café oscuro a amarillo quemado. Entre tanto, la bráctea peduncular en el híbrido interespecífico permanece aun recubriendo completamente la inflorescencia (Figura 39).

En *E. guineensis* han transcurrido siete días y en el híbrido interespecífico OXG cuatro, de haberse presentado la preantesis II, y ocurre un nuevo cambio de la posición foliar. En *Elaeis guineensis* este estadio se presenta en la hoja 23, mientras que para el híbrido interespecífico OXG es en la hoja 21.

En la inflorescencia masculina la preantesis III ocurre por la elongación de la inflorescencia, provocando la ruptura total de la bráctea peduncular, lo cual permite que las raquillas o espiguillas se encuen-

tren más separadas entre sí. En este estadio las espiguillas y las brácteas florales están más separadas, lo cual permite la fácil observación de los botones florales; éstos presentan un tamaño de 5 mm aproximadamente y este desarrollo floral es identificado como preantesis III (Figura 40).

En la inflorescencia masculina han transcurrido siete días de haberse presentado la preantesis II y ocurre una nueva apertura foliar, cambiando de posición nuevamente.

El estadio de antesis inicia cuando el estigma sécil con sus tres lóbulos inicia su etapa receptiva (estadio 620), estos lóbulos se abren y exponen sus superficies exteriores. En la antesis de la especie *E. guineensis*, la bráctea peduncular se ha desprendido casi totalmente de la inflorescencia femenina, exponiendo por completo los lóbulos del estigma, los cuales son de color blanco (228-220-192 en formato RGB⁵, por sus siglas en inglés) (Figura 41).

⁵ RGB: (del inglés Red, Green, Blue; "rojo, verde, azul") Sistema utilizado para la descripción cuantitativa del color de las diferentes estructuras, el cual hace referencia a la composición del color en términos de la intensidad de los colores primarios con que se forma. Esta forma de representar los colores con números para la intensidad de los componentes rojo, verde y azul de la luz se conoce como el sistema de color RGB.



FIGURA 39 **Estadio 619**

Inflorescencia femenina en preantesis III. (A-B-C) De *Elaeis guineensis* y (D-E-F) De híbrido interespecífico OXG.
Fotos: P. Hormaza, A. Sánchez (2010)

En el híbrido interespecífico OXG, la bráctea peduncular de esta inflorescencia es más leñosa, fibrosa y de color más claro que la especie *E. guineensis*, durante el proceso y desarrollo de la inflorescencia se ha esclerotizado, pero aún continúa firmemente adherida a la superficie

longitudinal de la inflorescencia, impidiendo la observación fácil de los lóbulos del estigma (Figura 42).

El perianto y los estigmas de la flor femenina madura son esencialmente blancos en *E. guineensis* y amarillo claro o beige en el híbrido interespecífico y



FIGURA 40 Inflorescencia masculina

En preantesis III.
Foto: R. Ruiz (2009)

juntos se convierten progresivamente en rosados o violetas en *E. guineensis*, y café oscuro a negro en el híbrido interespecífico OXG.

Comparando la aparición y desarrollo de las inflorescencias desde el estadio 510 (estructura No Diferenciada) hasta la presencia de la antesis (estadio 620) el híbrido interespecífico OXG es más lento que *E. guineensis*, además en la antesis la apertura de los lóbulos estigmáticos es más lenta e irregular, provocando espacios de tiempo muy prolongados entre especies para la realización de la polinización; además, en el híbrido interespecífico OXG, la antesis puede durar desde una semana en la zona

de estudio hasta tres o cuatro semanas según lo reportado por Corley et ál. (2009) (Figura 44). Por consiguiente, la asincronía en la antesis del híbrido interespecífico OXG ocasiona la formación y desarrollo desigual de los racimos y eleva la aparición de frutos partenocárpicos en lugares en donde la polinización asistida se realiza manualmente.

La posición filotaxica 23 es en donde ocurre el estadio de antesis para la especie *E. guineensis*, mientras que para el híbrido interespecífico OXG es la 21. En el momento de la antesis, la longitud de una inflorescencia femenina madura es alrededor de 40 cm.

En la inflorescencia masculina el estadio de antesis se alcanza después de siete días del estadio de preantesis III, en donde más del 70% de las flores se han abierto desde la base de cada espiguilla hacia la parte apical, es decir, de forma ascendente. Por lo general, todas las flores abren en dos días, lo que concuerda con lo encontrado por Corley y Tinker (2009). La mayor parte del polen se desprende durante dos o tres días siguientes al inicio de la antesis y cesa la producción en cinco días (Figura 43).

La antesis ocurre de forma acropétala en las inflorescencias masculinas y femeninas. Las flores masculinas abren entre las 8:00 y 10:00 horas y las flores femeninas a partir de las 9:00 y 10:00 horas; el estigma se vuelve receptivo cuando los lóbulos del estigma se separan y puede permanecer así por 24 horas (Rajesh, et ál., 2001). Según Corley y Gray (1982), la



FIGURA 41 **Estadio 620**

Inflorescencia femenina de *Elaeis guineensis* en antesis.
Foto: P. Hormaza (2010).



FIGURA 42 **Estadio 620**

Inflorescencia femenina del híbrido interespecífico OXG en antesis.
Foto: P. Hormaza (2010)



FIGURA 43 **Estadio 650**

Inflorescencia masculina en antesis de *Elaeis guineensis*.
Foto: M. Monroy (2010)



antesis tiene una duración de 36 a 48 horas en palma joven de dos a cuatro años.

Los sépalos maduros de las flores masculinas funcionales son delgados, secos, membranosos y de color amarillo o café y miden más o menos 2 cm de largo, por otra parte, los pétalos son de menor coloración. Las flores masculinas, al igual que sus contrapartes femeninas, producen un aroma similar al anís en el momento de la maduración, probablemente por la acción de las papilas (Beirnaert, 1935; Genty et ál., 1986).

El último estadio de desarrollo de la inflorescencia es la polinización (estadio 690), que en palma de aceite es cruzada. En la inflorescencia femenina los lóbulos

del perianto son pequeños y no muestran ningún cambio visible durante el desarrollo floral, cuando se abren muestran la superficie del estigma que se vuelve receptivo al separarse los lóbulos del estigma y sigue siéndolo por 24 horas. El periodo de receptividad del estigma es bajo cuando los lóbulos se abren parcialmente, mientras que cuando estos están completamente expuestos se registra la máxima germinación del polen y se hace visible el exudado estigmático (Tandon et ál., 2001).

La polinización se inicia entre los 26 y 28 meses de sembrada la palma, bajo condiciones naturales de polinización la eficiencia puede ser de 100%.

TABLA 2 Cuadro resumen de estadios de emergencia y desarrollo floral comparativo

Entre la especie *Elaeis guineensis* (material IRHO) en la Zona Central y el híbrido interespecífico OxG (Coarí x La Mé) en la Zona Oriental

	No. de días promedio		Posición filotóxica	
	Híbrido	<i>E. guineensis</i>	Híbrido	<i>E. guineensis</i>
Emisión de flecha a apertura foliar	14,37±0,32	13,62±0,21		
Apertura foliar a inflorescencia No Diferenciada (ND)	229,74±1,02	193,69±1,17	14,70±0,08	16,49±0,10
Inflorescencia ND a Preantesis I	97,69±0,96	29,45±1,72	20,63±0,09	17,33±0,15
Preantesis I a Preantesis II	4,54±0,30	7,16±0,27	21,10±0,09	17,67±0,11
Preantesis II a Preantesis III	3,30±0,12	6,92±0,12	21,26±0,10	18,31±0,15
Preantesis III a Antesis	2,29±0,07	6,82±0,11	21,37±0,10	18,32±0,16

Fuente: Cenipalma.

Los valores son las medias ± error estandar de la media de n= 20 palmas de híbrido y 16 de *E. guineensis*.

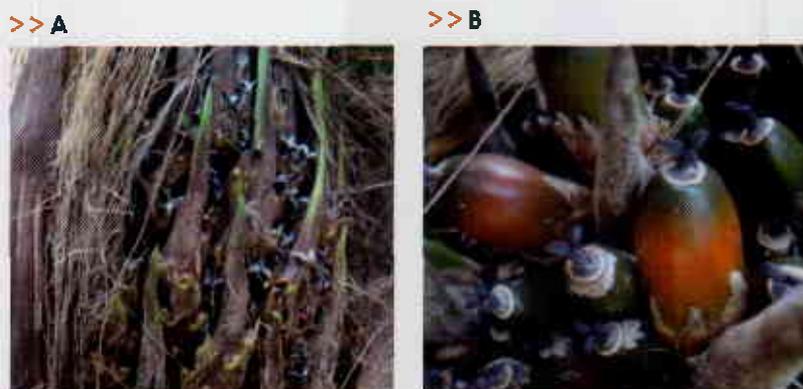


FIGURA 44 Asincronía en la inflorescencia en el material híbrido interespecífico OXG.

(A) Flores con apertura de lóbulos estigmáticos asincrónicos. (B) Crecimiento y desarrollo heterogéneo de frutos en el racimo. PA-II (preantesis II).
Fotos: L. Moreno, P. Hormaza (2010)

La receptividad del estigma está asociada con la apertura de los lóbulos estigmáticos y la secreción de una limitada cantidad de exudado, es así como después de 24 horas a la ocurrencia de la antesis, los lóbulos estigmáticos desarrollan antocianinas, tornándose de color púrpura para la especie *E. guineensis*, (RGB 29-53-97), y normalmente es café oscuro a negro en el híbrido interespecífico OXG, (RGB 45-97-70); existen casos en donde se expresan las características de coloración de los lóbulos provenientes del parental *E. guineensis*, es así como éstas estructuras se tornan color rosado pálido después de la polinización (Figura 45).

Posterior a la polinización, la flor del híbrido interespecífico produce una secreción abundante en la ranura estigmática y en el conducto estilar, ésta llena el sur-

co estigmático e incluso llega a la región papilada del estigma, mostrando una coloración rojo sangría (RGB 155-37-2); en la especie *E. guineensis*, violeta púrpura (RGB 107-27-59), producto de la degradación de las capas pectinosas de las células que recubren la ranura estigmática se forman compuestos antocianinicos que impiden la germinación del polen, lo que indica la pérdida de receptividad por parte de la flor femenina.

La morfología de los granos de polen presenta variaciones de acuerdo con las especies (Tabla 3), en *E. oleifera* son principalmente elípticos, no triangulares como los de *E. guineensis* (Figura 46). El polen híbrido es intermedio en forma y varía bastante en tamaño, según Vallejo (1976) el tamaño del grano de polen del híbrido es de 32,7 x 32,3 µm. En este

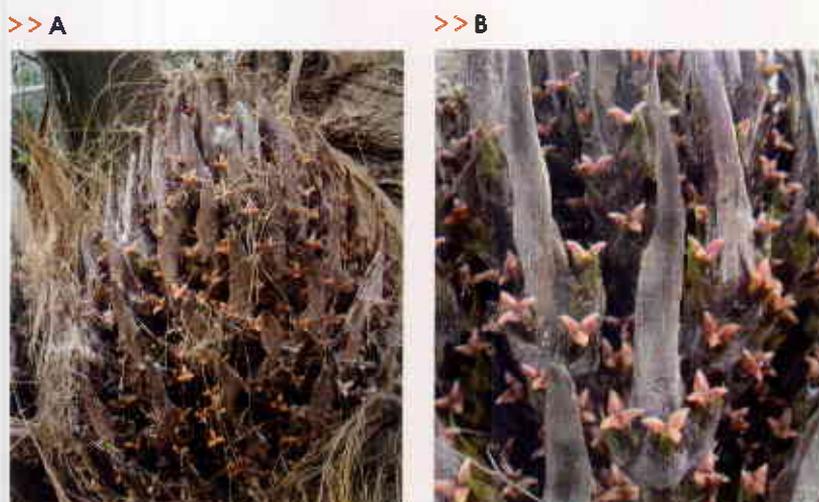


FIGURA 45 Variaciones de color en los lóbulos del estigma en el híbrido interespecífico OXG.

(A) Coloración típica café oscuro.

(B) Coloración rosado pálido. En ambos casos la polinización fue realizada con 24 horas de anterioridad (estadio 690).
Fotos: P. Hormaza (2010) y L. Moreno (2010)

TABLA 3 Estudio comparativo de la viabilidad del polen del híbrido y sus progenitores

(López, 1978, citado por Peláez et ál., 2004).

Especie	Porcentaje de viabilidad	gramos/inflorescencia
Palma africana	70	25
Híbrido Turbo	5	1
Híbrido La Mé	23	1,5

Fuente: Eduardo Peláez, 2004, Tesis de grado.

polen son frecuentes las divisiones celulares anormales durante la formación del grano, en donde el porcentaje de germinación y viabilidad es bajo (Hadron y Tan, 1969 citados por Corley 2003).

Los granos de polen germinan dos horas después de la polinización sobre las papilas del estigma y los tubos crecen sobre la superficie de la papila, entran a la ranura estigmática y avanzan a lo largo

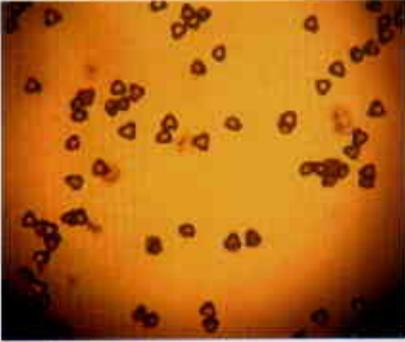
del conducto estilar para, eventualmente, llegar a los lóculos. Entre 18 ± 2 horas después de la polinización, los tubos polínicos entran en los lóculos del ovario (Tandon, et ál., 2001).

La secreción pospolinización obviamente provee nutrientes adicionales. En palma de aceite ésta parece ser una adaptación para permitir el crecimiento

del tubo polínico durante la germinación del polen.

En la inflorescencia masculina no hay estadio de polinización y está determinado por el final de la floración (estadio 690), las flores se tornan color café debido a que sus anteras comienzan a secarse, no hay presencia de polen y las espiguillas comienzan a degradarse (Figura 47).

>> A



>> B



FIGURA 46 Granos de polen de la especie *E. guineensis*

(A) Sin germinar (B) Germinados en donde se observa el tubo polínico.
Fotos: P. Hormaza (2010)



FIGURA 47 Estadío 690

Inflorescencia masculina en el estadio de fin de la floración.
Foto: J. Camperos (2009)



>> El fruto y el racimo

En el proceso de formación del fruto solo uno de los óvulos de los tres carpelos es fecundado, los otros tienden a desaparecer, el ovario al comienzo tiene un crecimiento rápido y se convierte en un fruto.

El fruto es una drupa sésil cuya forma varía desde casi esférica a ovoide o alargada y algo abultado en el ápice; en longitud varía alrededor de 2 a 5 cm o más y en peso de 3 a 30 gramos o más (Corley et ál., 2003), el color externo cambia de acuerdo al cultivar. Los frutos insertados en las espiguillas rodean el raquis en forma helicoidal, conformando los racimos, con un peso variable entre 5 y 40 kg. Un racimo presenta un peso promedio de 25 kilos, la cantidad media de frutos por racimo es de 1.000-3.000 frutos (León, 1987). El fruto está conformado por el pericarpio, el cual consta del exocarpio o cáscara, mesocarpio o pulpa, un endocarpio, una almendra y dentro de ésta se encuentra el embrión (figuras 48 A y B).

El fruto está conformado desde el exterior al interior por:

- El endocarpio o cuesco, esclerificado, muy duro, de color negro, envuelto por fibras adherentes, protege la almendra, la consistencia y grosor del endocarpio es una característica varietal.
 - El endospermo, tiene forma ovoide, ocupa toda la cavidad del endocarpio. El endospermo está compuesto de tegumento y albumen. El tegumento es delgado y adherido al albumen, que es cartilaginoso y rico en aceite (de donde se extrae el aceite de palmitiste) en cuyo centro hay una hendidura o cavidad central. El embrión es lineal de 4 a 5 milímetros de longitud alojado en una pequeña cavidad del albumen.
- La clasificación de los frutos está dada por dos características: la coloración externa del exocarpio y por el grosor del endocarpio. La clasificación por color del exocarpio comprende dos colores, un color verde oscuro o claro presente en las especies *E. oleifera*, en algunos materiales de *E. guineensis* y en el híbrido interespecífico OXG; este tipo de fruto permanece verde en su estadio inmaduro y se torna de color amarillo o anaranjado intenso al llegar a su madurez y es denominado *virescens*. El otro tipo de fruto presenta una coloración negro rojizo en el exocarpio en su etapa

>> A



>> B



FIGURA 48 Partes del fruto

(A) Sección longitudinal del fruto. (B) Corte transversal del fruto exponiendo sus partes. Fotos: P. Hormaza, L. Moreno (2010)

inmadura y se torna de color vinotinto al llegar a su madurez y es denominado *nigrescens* y se presenta en la mayoría de los materiales de la especie *E. guineensis*, en todos los casos el color del mesocarpio siempre es amarillo intenso o naranja.

En la Tabla 4 y en la Figura 49 se muestra la clasificación del fruto por esta característica. La clasificación por el grosor del endocarpio, es reconocida por las diferencias en el espesor del cuesco, las cuales están controladas por un solo gen (Beirmaert y Vanderweywn, 1941).

Según las características del fruto, en la especie *E. guineensis*, se pueden tener palmas Dura, las cuales presentan

un cuesco grueso; palmas Pisífera que no presentan cuesco y el producto del cruzamiento de las palmas Dura X Pisíferas o Ténera, las cuales tiene un cuesco intermedio entre Dura y Pisífera, ya que presenta un cuesco delgado (Corley et ál., 2003); otra característica de las palmas Ténera es que, además de tener un cuesco delgado, también presenta un anillo de fibras alrededor de éste, que no se presenta en las palmas Dura (Beirmaert y Vanderweywn, 1941).

Las estructuras del racimo no difieren ostensiblemente de las de las inflorescencias femeninas; es así como los racimos en su parte interior están conformados

TABLA 4 Clasificación de frutos de acuerdo con la coloración del exocarpio y grosor del cuesco

Carácter	Terminología	Características
Tipo de frutos color externo	<i>Nigrescens</i>	Antocianina en el exocarpio, ápice negro o pardo en el fruto.
	<i>Rubro-nigrescens</i>	Ápice pardo que rara vez abarca la mitad del fruto, base anaranjada.
	<i>Rutilo-nigrescens</i>	Ápice negrozco, a menudo abarca más de la mitad del fruto, base roja más clara.
	<i>Virescens</i>	Sin antocianina en el exocarpio, fruto verde cuando está inmaduro, anaranjado con puntas verdes cuando está maduro.
Color del mesocarpio	<i>Albescens</i>	Color amarillo pálido que indica bajo contenido de caroteno.
Morfología del fruto	Poisoni, doble envoltura	Fruto rodeado de hasta seis carpelos suplementarios carnosos derivados de los primordios estaminales.
Formas de los frutos y espesor del cuesco	Dura	El porcentaje de mesocarpio de la fruta se encuentra en el rango de 35-50%. El contenido de aceite del mesocarpio en proporción al peso del racimo es bastante bajo, de 17-18%. Presenta cuesco grueso de 2-8 mm, no presenta anillo fibroso alrededor de la nuez.
	<i>Pisífera</i>	Sin cuesco, generalmente con esterilidad femenina. La mayoría de los racimos abortan en los primeros estados de desarrollo.
	Ténera	Presenta un endocarpio delgado, de 0,5-4 mm de grosor. La proporción de mesocarpio es relativamente alta, entre 60-96%. Producen más racimos que las anteriores, aunque más pequeños. La proporción de aceite por racimo se encuentra entre 22-25%

>> A



>> B



>> C



FIGURA 49 Clasificación de frutos según la pigmentación del exocarpio, se observa la coloración del fruto inmaduro y maduro

(A) Frutos *virescens* especie *E. oleifera*. (B) Híbrido interespecífico OXG, frutos inmaduros de coloración verde claro o intenso y frutos maduros de coloración amarillo intenso a naranja intenso. (C) Frutos *nigrescens* de la especie *E. guineensis*, frutos inmaduros de coloración negro rojizo y frutos maduros de coloración vinotinto o rojo muy oscuro. Fotos: P. Hormaza (2010)

por un raquis o pedúnculo, el cual es el eje central en donde se insertan las raquillas o espiguillas, y sobre estas se insertan en forma de espiral los frutos y las flores abortadas. Los frutos son clasificados de acuerdo con parámetros de formación de fruto y posición de estos en la raquila. De acuerdo a su formación, los frutos se clasifican en frutos normales o fértiles, frutos partenocárpicos y abortos.

Los frutos normales son aquellos que presentan cuesco y almendra, que de acuerdo con la posición sobre la raquila se clasifican en frutos internos y externos.

Los frutos externos son los que se encuentran ubicados en la parte apical de la raquila, son anchos y largos; en la especie *E. guineensis* su coloración es vinotinto o rojo intenso cuando entran a la madurez, su forma es más abultada en el ápice del fruto y de mayor tamaño que los frutos internos. En los híbridos interespecíficos estos frutos son alargados en el ápice si las raquillas están en la parte superior o central del racimo, o achatados si ellas se encuentran ubicadas en la parte inferior

del racimo; en *E. guineensis* los frutos externos de cada raquila son los primeros que maduran, mientras que en el híbrido interespecífico, estos son los últimos en madurar.

Según la especie, la coloración del exocarpio puede variar especialmente al momento de la madurez (Corley et ál., 2003). Aun más, el exocarpio del fruto en el exterior del racimo tiende a ser más pigmentado que el fruto interno (Corley et ál., 2003).

Los frutos internos son más pequeños y de coloración más clara en *E. guineensis* (Figura 50) están ubicados en la parte basal de la espiga y son los últimos en ma-

durar. Los frutos partenocárpicos son frutos aparentemente normales, producto del desarrollo del ovario, pero sin mediar fecundación. Así, son menos grandes y el contenido de aceite es menor, además no contienen semilla, es decir, no tienen cusco ni almendra.

Las flores abortadas son aquellas que no fueron fecundadas y no se desarrollaron en frutos partenocárpicos. Se encuentran en la parte adaxial de la raquila debajo de los frutos internos y partenocárpicos en la parte más basal de la raquila, junto a la inserción de ésta con el raquis. Su coloración es amarillo claro y su tamaño es pequeño.

>> A



>> B

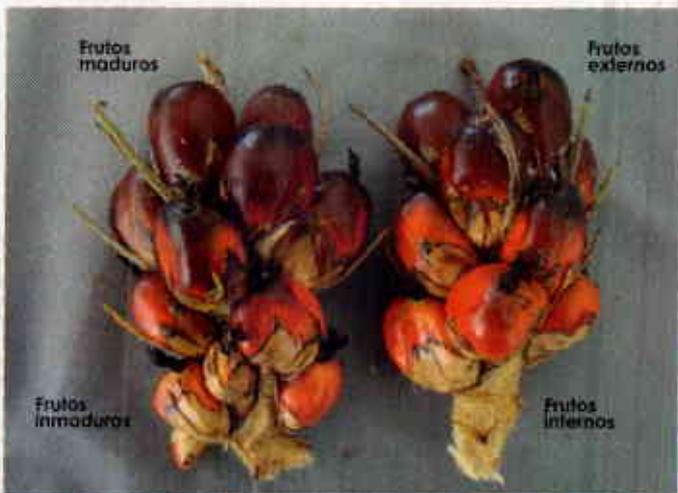


FIGURA 50 Progreso de la maduración en la raquila

(A) Híbrido interespecífico OXG, con maduración de los frutos en la raquila de forma acropétala. (B) Raquila de *Elaeis guineensis* con maduración de los frutos en la raquila de forma basipétala. Fotos: P. Hormaza [2010]

Maduración de frutos y racimos

Durante los primeros estados de desarrollo del fruto, el mesocarpio está constituido principalmente por carbohidratos; conforme la madurez progresa, su contenido disminuye y, a la vez, aumenta el contenido de aceite y carotenoides (Sterling y Alvarado, 1993). A medida que el fruto se desarrolla son sintetizados nuevos productos como clorofila y carotenos, los cuales pueden ser almacenados o degradados. En los frutos maduros la clorofila ya ha completado su función mediadora en la síntesis de carbohidratos y comienza a degradarse. Los carotenos, por el contrario, continúan su síntesis alcanzando la concentración máxima cuando el fruto está completamente maduro, esto es lo que determina los cambios de coloración típicos de los frutos maduros (Cayón, 1996). En cuanto a la formación de aceite para la especie *E. guineensis*, Ruiz (2005) concluyó que en la Zona Norte colombiana la síntesis de aceite en el mesocarpio se concentra entre 16 y 20 semanas después de antesis, etapa en la que sucede la maduración del fruto. Es así, que para la cosecha del racimo, el desprendimiento de un fruto es el parámetro establecido como un criterio de corte indicando la finalización del estado de maduración.

En cuanto al crecimiento del fruto, las dos especies muestran un comportamiento que se ajusta a un modelo de crecimiento doble sigmoide descrito por

Cayón (1996), el cual está comprendido por tres fases definidas: en la fase I el pericarpio y la semilla aumentan de tamaño y peso, el cuesco y la almendra alcanzan su máximo tamaño, pero el embrión se desarrolla muy poco durante esta fase. En la fase II la tasa de crecimiento total es reducida, iniciándose un endurecimiento rápido del cuesco, el embrión se desarrolla rápidamente y alcanza su tamaño máximo y, finalmente, en la fase III hay un aumento en el volumen celular y espacios intercelulares de la pulpa y la maduración ocurre al final de la fase (Figura 51).

Estadio principal de crecimiento 7: Desarrollo del fruto

En la especie *E. guineensis* este estadio inicia cuando la flor femenina está fecundada y se caracteriza porque los lóbulos del estigma se endurecen y cambian, pasando de color púrpura a negro e inicia el hinchamiento del ovario, el cual se encuentra recubierto por las brácteas del verticilo. Por ésta razón, la coloración del exocarpio es más clara. La coloración de la base es beige verdoso claro a blanco crema (RGB 221-221-168), en el centro es verde caña (RGB 188-166-108) y en el ápice presenta una coloración rojo ocre oscuro (RGB 76-41-40), aun no se diferencia el cuesco ni el endospermo, el color del mesocarpio es beige y según la escala de color es (RGB 200-179-118) (estadio 700).

Ocho días después de la antesis el fruto ha alcanzado el 30% de su tamaño final, es

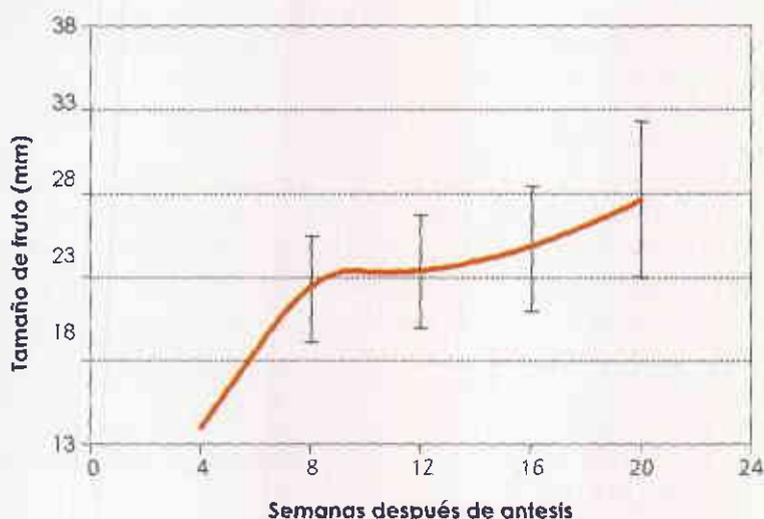


FIGURA 51 Curva de crecimiento de fruto

En semanas después de la antesis. *Elaeis guineensis*.
Fuente: Cenipalma.

de color verde grisáceo pálido en la base (RGB 223-228-180), amarillo caqui oscuro en el centro (RGB 193-185-109) y rojo madera oscuro en el ápice (RGB 193-169-103); no se diferencia el cuesco del endospermo, éste último presenta una textura blanda con una coloración verde caña claro (RGB 193-169-103) (estadio 710).

Trascurridos 28 a 31 días después de antesis ha sucedido un crecimiento rápido en tamaño y peso de los frutos, el cual alcanza el 50% de su tamaño final, los frutos presentan una coloración negra en el ápice y en el centro de los frutos, mientras que en la base son de color amarillo pálido y presentan el endospermo que es líquido transparente y aun no se diferen-

cia el cuesco, el fruto está rodeado por las brácteas del verticilo (estadio 720).

Aproximadamente 59 a 61 días después de la antesis el fruto ha alcanzado el 80% de su tamaño final, presenta un aspecto brillante y es de color amarillo ocre en la base (RGB 175-159-75), pardo negruzco en el centro (RGB 46-26-24) y azul negruzco en el ápice (RGB 15-15-14). Se diferencia el cuesco del endospermo, tomando un color amarillo marfil claro (RGB 182-149-98) y una textura blanda; el endospermo se encuentra en estado coloidal (estadio 750), como se muestra la Figura 52.

A los 79 días después de la antesis el fruto ha alcanzado más del 90% de su ta-

maño final, presenta un aspecto brillante y es de coloración marrón chocolate oscuro en la base (RGB 96-70-74), pardo negruzco en el centro (RGB 46-40-40) y pardo negruzco muy oscuro en el ápice (RGB 67-52-51). Se diferencia el cuesco del endospermo, el cual ya es sólido, fácilmente quebrantable, tomando un color pardo pálido claro (RGB 173-144-112) y el endospermo presenta una textura blanda y se encuentra en estado coloidal (estadio 790) (Figura 52).

En el híbrido interespecífico OxG el desarrollo del fruto, asociado a su crecimiento y variaciones de color, se da entre los 28 y 35 días después de antesis, sin que esto signifique haber alcanzado el máximo potencial de aceite. Los híbridos, en comparación con la especie *E. guineensis*, presentan las variaciones de color de forma tardía, entre 116 y 125 días después de la antesis. El cambio en la pigmentación del exocarpio es drástico pasando de una coloración verde a amarilla o naranja tenue; en el híbrido interespecífico existen cinco cambios de coloración en la pigmentación externa de la drupa, mientras que en la especie *E. guineensis* solo se presentan tres cambios.

El estadio principal de crecimiento en el híbrido interespecífico inicia cuando la flor femenina está fecundada y se caracteriza porque los lóbulos del estigma se endurecen y cambian de color café medio a negro, al igual que la especie *E. guineensis*, pero a diferencia de ella este cambio puede llegar a ocurrir 24 horas después de la polinización y luego inicia

el hinchamiento del ovario (estadio 700) (Figura 53).

En el híbrido interespecífico el desarrollo del fruto inicia con un crecimiento rápido en tamaño hasta los 45 días, la coloración del exocarpio de las drupas un día después de la polinización es brillante con color blanco perla en la parte basal (RGB 207-201-156), negro grafito en el centro (RGB 46-41-37) con una franja amarilla y la zona apical del fruto es color café pálido (RGB 148-120-81). Se conservan los lóbulos del estigma los cuales se han oscurecido.

En el racimo los frutos presentan aun adheridos al exocarpio las brácteas del verticilo, las cuales lo cubren en su totalidad impidiendo la exposición del exocarpio al medio y, por tanto, evitando la formación de clorofila. El racimo tiene la apariencia de una inflorescencia en antesis, pero con los lóbulos del estigma oscuros, producto de la polinización, las raquillas tienen un ángulo de inserción agudo y presentan una cobertura similar a los tomentos (capa más o menos gruesa de pelos que cubren por completo los órganos de algunas plantas); esta estructura presenta una coloración café pálido (RGB 148-120-81), la cual se desprende de las raquillas con dificultad (estadio 700), en este estadio no es identificable el endospermo ni el cuesco.

Aproximadamente ocho días después de la antesis el fruto ha alcanzado el 48,5% de su tamaño final, presenta un aspecto brillante y es de color verde turquesa pálido en la base (RGB 209-227-

193), verde helecho (RGB 143-156-78) en el centro y negro grafito intenso en el ápice (RGB 38-42-39); no se diferencia el cuesco del endospermo, este último presenta una textura blanda con una coloración amarillo oro RGB 178-162-117 (estadio 710).

Pasados 15 días después de la antesis el fruto ha alcanzado el 65% de su tamaño final, presenta un aspecto brillante y es de color verde turquesa pálido en la base (RGB 207-230-205), verde helecho en el centro (RGB 122-142-56) y café marrón sepia en el ápice (RGB 61-55-40). Esta coloración se mantiene hasta 30 días después de la antesis; no se diferencia el cuesco del endospermo, este último presenta una textura blanda con una coloración crema claro (RGB 185-187-160) y está formado básicamente por agua (estadio 730).

A los 45 días posteriores a la antesis la coloración externa de las drupas es verde brillante con colores amarillo la parte basal (RGB 103-116-77), verde claro en el centro (RGB 50-46-10) y verde oscuro en la parte apical (RGB 32-26-23), en algunos casos la coloración apical puede asemejarse a la coloración de los estadios iniciales de la especie *E. guineensis*. Los frutos presentan los rastros de los estigmas en la parte apical y se pueden desprender fácilmente del racimo sin dañarse, además se pueden observar las brácteas en la parte basal del fruto. Las raquillas son

flexibles y presentan una cobertura similar al tomento, con una coloración pardo grisáceo oscuro (RGB 124-107-100); internamente algunos frutos pueden tener una formación inicial de cuesco, si existe es de aspecto blando con una coloración parda pálida (RGB 175-144-112) que rodea a un endospermo de consistencia líquida (estadio 750).

Entre los 46 y 100 días después de la antesis el crecimiento en diámetro del fruto es mínimo (Tabla 5) y su coloración exterior es verde oscuro opalescente, presentando un cambio muy leve de color durante este ciclo. La coloración medida según la paleta de color muestra en la zona apical el color pardo negruzco (RGB 46-43-29), en la central un color verde botella (RGB 64-65-20) y en la basal un verde follaje (RGB 39-106-42); a partir de este momento los frutos conservan los estigmas en la parte apical que son fácilmente removibles, las raquillas son flexibles y aun se encuentran cubiertas de tomento.

Al interior del fruto se presenta la formación de cuesco que inicia su proceso de endurecimiento, su coloración es café nuez (RGB 134-102-72), en este estadio ya se encuentra bien diferenciado el cuesco y el endospermo, el cual presenta una textura entre líquido a coloidal, el mesocarpio no presenta fibras que impidan realizar un corte transversal (estadio 790) (Figura 53).

TABLA 5 Descripción del porcentaje de crecimiento y rango de días aproximado de desarrollo de fruto

En la especie *E. guineensis* y el híbrido interespecífico OXG.

Porcentaje de crecimiento	<i>Elaeis guineensis</i>		Híbrido Interespecífico OXG	
	Díámetro promedio de fruto (mm)	Días después de la antesis	Díámetro promedio de fruto (mm)	Días después de la antesis
Hasta 80%	N.D.	28 a 31	11,94	28 a 31
De 80 a 90%	23,00	56 a 84	13,32	56
De 91 a 95%	23,91 - 25,88	112	13,80	84
De 95 a 100%	27,90	140	14,60 - 14,95	112 a 140

Fuente: Cenipalma, los autores.

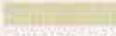
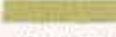
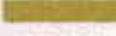
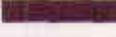
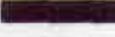
Desarrollo del fruto en <i>E. guineensis</i>					
TIEMPO	APARIENCIA DEL RACIMO	BASAL	CENTRAL	APICAL	CUESCO
1 día Estado 700		 (221-221-165)*	 (188-166-108)	 (76-41-40)	 (200-179-118)
					
8 días Estado 710		 (223-228-180)	 (193-185-109)	 (92-54-48)	 (193-169-103)
					
59 a 61 días Estado 750		 (175-159-75)	 (46-26-24)	 (15-15-14)	 (182-149-98)
					
79 días Estado 790		 (96-70-74)	 (46-40-40)	 (67-52-51)	 (173-144-112)
					

FIGURA 52 Estadios fenológicos para desarrollo del fruto en *E. guineensis*

*Color en escala RGB (Red-Green-Blue).
Fotos: P. Hormaza y L. Moreno (2010)

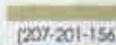
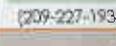
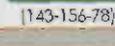
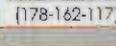
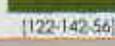
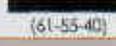
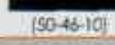
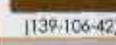
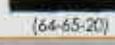
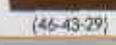
Desarrollo del fruto en el híbrido interespecífico OXG					
TIEMPO	APARIENCIA DEL RACIMO	BASAL	CENTRAL	APICAL	CUESCO
	COLOR RAQUILA				
1 día Estado 700					
					
8 días Estado 710					
					
15 días Estado 730					
					
37- 45 días Estado 750					
					
46-100 días Estado 790					
					

FIGURA 53 Estadios fenológicos para el desarrollo del fruto en el híbrido interespecífico OXG

*Color en escala RGB (Red-Green-Blue).

Fotos: P. Hormaza y L. Moreno (2010)

Estadio principal de crecimiento 8: Maduración del fruto y del racimo

En *Elaeis guineensis*, 84 días después de la antesis, el fruto ha alcanzado el tamaño propio de su especie, la coloración del fruto cambia a amarillo ocre (RGB 174-155-70), el centro continua siendo pardo negruzco (RGB 45-25-22) y en el ápice gris negruzco (RGB 25-23-21). Finalmente, el cuesco se empieza a oscurecer tomando un color amarillo arena más intenso (RGB 173-134-81). El endospermo se encuentra totalmente sólido (estadio 800).

A los 112 días después de antesis la coloración del fruto cambia de amarillo arena a amarillo oro en la base (RGB 195-149-39), en la parte central de pardo negruzco a pardo rojo oscuro (RGB 84-32-20) y en la parte apical aun se conserva el color pardo muy negruzco (RGB 29-19-18). El cuesco se endurece y cambia de color pardo pálido claro a café madera (RGB 74-54-38) (estadio 850).

Entre los días 126 a 140 después de antesis la coloración externa del fruto cambia a amarillo ocre en la base (RGB 210-120-16), rojo rubí en el centro (RGB 113-28-13) y café oscuro en el ápice (RGB 49-16-15). Al hacer un corte trasversal de éste, se observa que el mesocarpio es de color naranja. El cuesco es de color café chocolate oscuro (RGB 64-46-36). Comienza la abscisión de los frutos desde la parte apical del racimo y se encuentra listo para la cosecha (estadio 870) (Figura 54).

En el híbrido interespecífico, entre los 101 y 115 días después de la antesis, el aumento en la tasa de crecimiento es mínimo, en este estadio de desarrollo el fruto ha alcanzado aproximadamente el 95% de su diámetro final y los frutos están compuestos principalmente de agua y carbohidratos. La coloración del exocarpio del fruto ha cambiado de forma generalizada a verde amarillento, en donde se puede observar el inicio de la aparición de carotenos, a partir de este momento se inicia el estadio de maduración del fruto.

Los cambios en la coloración externa del fruto se pueden observar en la parte apical que pasa a un amarillo oliva más intenso (RGB 100-87-54), amarillo miel en la parte central (RGB 160-121-49) y en la parte basal amarillo azafrán (RGB 236-196-112), las raquillas están más lignificadas pero aun son flexibles y su coloración es verde grisáceo clasificada en RGB (131-131-106), la separación de estas estructuras entre sí es reducida y aun se encuentran cubiertas con tomento, aunque en menor proporción. Al interior del fruto se presenta el cuesco que inicia su proceso de lignificación y cambia drásticamente su coloración, la cual empieza a tornarse la coloración pardo oscuro, identificada como RGB (96-70-47), en este estadio la textura del endospermo gradualmente deja de ser coloide para iniciar su proceso de endurecimiento blando y el mesocarpio no presenta fibras que impidan realizar un corte trasversal (estadio 800) (Figura 55).

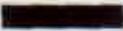
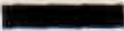
Maduración del fruto en <i>E. guineensis</i>					
TIEMPO	APARIENCIA DEL RACIMO	BASAL	CENTRAL	APICAL	CUESCO
	COLOR RAQUILA				
84 días Estadio 800		 (174-155-70)*	 (45-25-22)	 (25-23-21)	 (173-134-81)
112 días Estadio 850		 (195-149-39)	 (84-32-20)	 (29-19-18)	 (74-54-38)
126 a 140 días Estadio 870		 (210-120-16)	 (113-28-13)	 (49-16-15)	 (64-46-36)

FIGURA 54 Estadios fenológicos para la maduración del fruto en *Elaeis guineensis*

*Color en escala RGB (Red-Green-Blue).
Fotos: P. Hormaza y L. Moreno (2010)

Entre los 116 y 125 días después de la antesis la coloración externa del exocarpio cambia, en el conjunto del racimo se observa un mosaico tricolor debido a que se presentan tres estadios fenológicos en los frutos que lo componen, de tal manera que el racimo presenta frutos completamente verdes y frutos con coloraciones amarillo y naranja tenue. En este estadio es visible la asincronía en la polinización y, por tanto, las diferencias en la formación y maduración del fruto; se ha desarrollado aproximadamente el 30 al 40% de la maduración del racimo, en promedio. Los frutos presentan una coloración basal verde oliva (RGB 219-162-82), central café cobre perlado (RGB 137-56-16) y apical un café oscuro (RGB 98-63-34). Los frutos conservan los estigmas en la parte apical, pero se inicia la degradación de éstos, las raquillas se lignifican aun más y la separación entre ellas es mayor y su coloración gris oscura perlada (RGB 126-114-118) y aun se encuentran cubiertas con tomento que es quien le da esta coloración a la espina de la raquilla. A partir de este momento, al interior del fruto el hueso es lignificado con una coloración café caoba (RGB 85-57-36), el endospermo es sólido y de coloración blanco o blanco cremoso, y el mesocarpio presenta fibras que impiden realizar un corte transversal (estadio 830).

Desde los 126 a 139 días después de la antesis se pierde el mosaico tricolor del racimo, los frutos presentan una coloración amarilla oscura o anaranjada ligera y se presenta de forma uniforme tanto en

la conformación global del racimo como en el fruto, el cual presenta una coloración apical naranja cobrizo (RGB 116-62-35), en la zona central café cobrizo perlado (RGB 144-62-16) y en la zona basal un marrón ocre (RGB 202-140-30); las raquillas inician la pérdida de su cobertura y se empiezan a observar de color verde. Al interior del fruto el hueso está completamente lignificado de coloración café muy oscuro y ha aumentado su espesor (RGB 62-36-24), de aquí en adelante el endospermo es sólido y de color blanco, y el mesocarpio presenta fibras más formadas (estadio 850). La uniformidad de los colores es muy evidente, en ésta fase las diferencias en el tamaño de los frutos es observable, pero no se notan diferencias en los grados de maduración entre los diferentes frutos. En este momento de desarrollo de la maduración ya se identifica por completo la presencia de los frutos partenocárpicos.

Aproximadamente, entre 140 y 152 días después de la antesis la coloración del exocarpio del fruto ha cambiado pasando de amarillo oscuro a naranja medio, es allí donde se observa mejor la formación de aceite dentro de estos. En cuanto a los cambios en la coloración externa del fruto se puede observar un cambio en la parte apical que pasa de amarillo a naranja perlado (RGB 173-82-42), en la zona central se observa un color rojo anaranjado (RGB 194-63-24) y en el área basal un color rojo anaranjado mas intenso (RGB 194-72-38). Los frutos conservan los estigmas en la parte apical

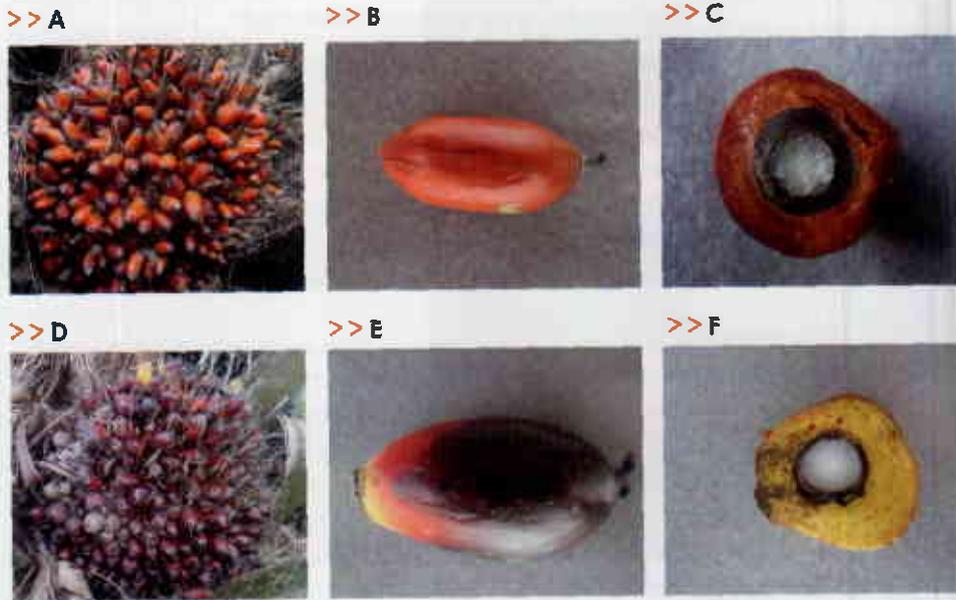


FIGURA 56 Estadio 890. Sobremaduración de los racimos y frutos

(A-B-C) Fruto de híbrido interespecífico OXG. (D-E-F) Fruto de la especie *E. guineensis*. Fotos: P. Hormaza y L. Moreno [2010]

como acidificación y se acelera cuando los racimos han sido cortados de la palma o los frutos se desprenden del racimo de manera natural facilitando el desdoblamiento del aceite en AGL, gracias a la contextura del mesocarpio, que en los frutos es muy fibrosa y el aceite contenido en el mismo, tiene una viscosidad muy alta (Ortiz, 2000).

En el racimo del híbrido interespecífico los frutos partenocárpicas conforman el mayor porcentaje de éste y la producción de almendra es considerablemente más

baja. La proporción de frutos normales fértiles puede ser elevada sustancialmente por polinización controlada de las inflorescencias (Corley 2003; Vallejo, 1976). Debido a las divisiones celulares anormales durante la formación del grano de polen, el porcentaje de germinación y viabilidad es bajo (Hadrón y Tan, 1969 citados por Corley 2003) y la baja atracción de las inflorescencias a los insectos *Elaeidobius kamerunicus*, (Tan, 1985 citado por Corley 2003) conllevan a la pobre conformación o pérdida de racimo (Figura 57).



FIGURA 57 Pobre conformación de racimo

Producto de una deficiente polinización en híbrido interespecífico OXG.
Foto: P. Hormaza (2010)



La senescencia

Las especies de palma africana son plantas monoicas no ramificadas de naturaleza perenne, las cuales pueden crecer hasta una altura de 20 a 30 metros y en hábitats silvestres se ha reportado la existencia de palmas con más de doscientos años de edad (Latiff, 2000). Sin embargo, sus órganos completan su ciclo de vida en diferentes tiempos y/o edad.

En las hojas, la senescencia es caracterizada por una disminución en el contenido de clorofilas y en la actividad fotosintética. El resultado de la senescencia es la muerte de la hoja y se puede considerar como una forma de muerte celular programada (Van Doorn y Woltering, 2004). Este proceso no solo es degenerativo sino que también constituye un rol fundamental en el reciclaje de nutrientes, en especial, en la removilización del nitrógeno (Himelblau y Amasino, 2001).

El inicio del proceso de la senescencia es regulado genéticamente y depende del ambiente en el cual la planta está creciendo, la senescencia temprana puede reducir la capacidad de asimilar CO_2 por parte de la planta, mientras que una senescencia muy tardía puede



FIGURA 58 Estadio 990

Senescencia de la hoja.
Foto: P. Hormaza (2010)

interferir con la removilización de nutrientes, lo que comprometería la actividad fotosintética de las hojas jóvenes y, por ende, la capacidad reproductiva (Wingler et ál., 2006).



En comparación a otros rasgos del ciclo de la vida de una planta como la floración, el mecanismo que controla la senescencia en otros órganos no está completamente dilucidado. Esto debido a que es un proceso gradual que es difícil de cuantificar, además, este proceso puede ser inducido por una gama de condiciones ambientales como la luz, concentración de CO_2 , disponibilidad de nitrógeno, condiciones de estrés biótico, que tienen efectos importantes en el contenido de azúcares en la hoja, por señalización de estos en la planta.

Estadio principal de crecimiento 9: Senescencia

En una densidad de 140 a 150 palmas por hectárea, sin podas, la senescencia de las hojas comienza en la hoja 48-50, pero en densidades de siembra más altas la senescencia comienza en la hoja 35 (Corley et ál., 1982). Las hojas viejas cambian su color de verde a amarillo y, finalmente, se secan y se doblan los peciolo hacia el estípite (estadio 990) (Figura 58).

>> Escala BBCH
extendida de la
palma de aceite



>> Escala BBCH extendida

Para la descripción de los estadios fenológicos de *Elaeis guineensis* y el híbrido interespecífico OXG.

ESTADIO FENOLÓGICO		
CÓDIGO	ESTADIO PRINCIPAL 0: Germinación y emergencia	
000	<p>Semilla seca</p> <p>El porcentaje de humedad se encuentra entre un 14,5-22% (Mak, 1982). En materiales Dura el cuesco es grueso (2-8 mm), lisa y de color café oscuro (Siew Kee et ál., 2003). En los materiales Ténera el cuesco es delgado (0,5-4mm) de color café oscuro y presenta fibras que se adhieren longitudinalmente a ella. En híbrido OXG, semillas ovoides a angulares de color café oscuro, el endocarpio está cubierto por una serie de fibras reticuladas que rodean los poros germinales apicales. El cuesco es delgado con un grosor entre 0,5-2,5 mm (Chan, 2010).</p>	
010	<p>Imbibición completa</p> <p>El embrión aparece hinchado y su extremo distal se hace visible en uno de los tres poros de germinación, hay desprendimiento del opérculo para dar paso al estadio denominado como "punta blanca" en el cual se diferenciarán la radícula y la plúmula.</p>	
040	<p>Diferenciación de plúmula y radícula</p> <p>Se observan 10-14 días después de la germinación (Turner y Gillbanks, 2003). Los dos órganos emergen a través de un cilindro formado por una lígula (hoja modificada que sirve de protección). El color de la plúmula es verde claro y la radícula posee un color crema.</p>	
050	<p>Aparición de raíces adventicias</p> <p>Las primeras raíces adventicias son producidas en anillo superior de la unión de la radícula con el hipocótilo. (Corley y Thinker, 2003)</p>	
090	<p>Hojas plumulares</p> <p>Las dos hojas plumulares sobresalen de la lígula hasta que la radícula tiene 1 cm de longitud y en este momento la plúmula emerge de la proyección plumular (lígula). Sobresale del suelo la segunda hoja plumular.</p>	

ESTADIO FENOLOGICO

CÓDIGO ESTADIO DE CRECIMIENTO PRINCIPAL 1 : *Desarrollo de la hoja en vivero y en campo*

Desarrollo de hojas en previvero

110	Primera hoja lanceolada	
112	Segunda hoja lanceolada Después de un mes de aparición de la primera.	
119	Cinco o más hojas lanceoladas Corresponde al 90% del desarrollo en este estadio.	
120	Primera hoja bifurcada	
129	Cinco hojas bifurcadas	

ESTADIO FENOLÓGICO

CÓDIGO	ESTADIO DE CRECIMIENTO PRINCIPAL 1 : Desarrollo de la hoja en vivero y en campo
---------------	--

Desarrollo de hojas en vivero

130	<p>Aparición de hendiduras Que dividen parcialmente las láminas entre las venas para formar los folíolos, la hoja 12 parcialmente pinnada.</p>	
140	<p>Hoja 18 Con inicio de división de la lámina foliar, inicio de hojas pinnadas.</p>	
143	<p>Hoja 18 Completamente pinnada y hoja flecha con 30% de apertura.</p>	
145	<p>Hoja 18 Completamente pinnada y hoja flecha con 50% de apertura.</p>	
149	<p>Hoja 18 Completamente pinnada y hoja flecha con 70% de apertura.</p>	

ESTADIO FENOLOGICO

CÓDIGO ESTADIO DE CRECIMIENTO PRINCIPAL 1 : Desarrollo de la hoja en vivero y en campo

Desarrollo de hojas en campo

150	<p>0% de apertura de hoja flecha Raquis totalmente elongado y los folíolos de color verde-claro apretados en el centro de la corona.</p>	
153	<p>30% de apertura de la hoja flecha</p>	
155	<p>50% de apertura de la hoja flecha</p>	
159	<p>70% de apertura de la hoja flecha</p>	

CÓDIGO ESTADIO DE CRECIMIENTO PRINCIPAL 3: Elongación del estipite

310	<p>Se hace visible el estipite Dando apariencia de cono invertido.</p>	
-----	--	--

ESTADIO FENOLÓGICO

CÓDIGO

ESTADIO DE CRECIMIENTO PRINCIPAL 3: *Elongación del estipe*

315

Estipe sóido

Con bases peciolares adheridas a lo largo de él, que inician su desprendimiento a partir de los 12 a 16 años, iniciando por la zona media de la estructura.



319

Estipe sin bases peciolares

Se observan las cicatrices de estas estructuras y entre ellas se observa externamente los entrenudos del estipe.



CÓDIGO

ESTADIO DE CRECIMIENTO PRINCIPAL 5: *Emergencia de las inflorescencias femeninas y masculinas aplicable para E. guineensis e híbrido interespecífico OXG*

500

Inflorescencia no visible

La estructura se encuentra aplanada en la parte posterior de la axila muy adherida a la base peciolar de la hoja que la sostiene.



510

Inflorescencia visible en la axila de la hoja

Emergencia del 10% del tamaño final de la estructura floral, de forma elíptica y cubierta por la bráctea floral y el prófalo fusionado.



530

Emergencia del 30% del tamaño final de la estructura floral

Alargamiento de la estructura.



550

Emergencia del 50% del tamaño total

De la estructura cerrada y cambia la posición foliar debido a la apertura de una nueva hoja. Comienza el engrosamiento de la estructura floral. El prófalo se rasga y se desintegra, mientras que la bráctea peduncular aun cubre la estructura.



ESTADIO FENOLÓGICO

CÓDIGO ESTADIO DE CRECIMIENTO PRINCIPAL 5: Emergencia de las inflorescencias femeninas y masculinas aplicable para *E. guineensis* e híbrido interespecífico OXG

590

Emergencia del 90% del tamaño total de la estructura floral
El prófalo se ha desintegrado casi en su totalidad, se observa en la parte central de la bráctea peduncular un rasgamiento leve.



CÓDIGO ESTADIO PRINCIPAL DE CRECIMIENTO 6: Floración

Híbrido interespecífico OXG

611

Preantesis I. Inflorescencia femenina
Inicio de rasgamiento de la bráctea peduncular hacia la mitad de la estructura, raquillas café oscuro apretadas hacia el centro, no se observa los tépalos.



613

Preantesis II. Inflorescencia femenina
Rasgamiento de la bráctea peduncular en 30% del total de la superficie, raquillas más abiertas color café oscuro, se observan los tépalos café oscuro de los botones florales. Cambio de dos posiciones foliares desde la emergencia de la estructura.



619

Preantesis III. inflorescencia femenina
Rasgamiento de la bráctea peduncular entre 50 y 70% del total de la superficie, prófalo desintegrado, raquillas separadas color café claro, tépalos cesan su crecimiento, color amarillo quemado.



620

Antesis. Inflorescencia femenina
Bráctea peduncular fibrosa, leñosa desintegrada y firmemente adherida a la superficie floral, apertura de los tépalos exponiendo los lóbulos del estigma color beige.



ESTADIO FENOLÓGICO

CÓDIGO

ESTADIO PRINCIPAL DE CRECIMIENTO 6: *floración*

Híbrido interespecífico OXG

690

Fin de la floración

Inicia la polinización de las flores, cambia progresivo de coloración de los lóbulos del estigma de color amarillo muy oscuro, luego café y, finalmente, negro en un periodo de 24 horas, presencia de exudado pospolinización en los estigmas.

*Elaeis guineensis*

611

Preanthesis I. Inflorescencia femenina

Raquilas apretadas hacia el centro, de color verde claro, no se observan los tépalos del botón floral. Han transcurrido treinta días aproximadamente desde la emergencia de la estructura.



613

Preanthesis II. Inflorescencia femenina

Rasgamiento de la bráctea peduncular en la altura media de la superficie de la inflorescencia, en la axila de cada bráctea floral se observa el ápice del botón floral que se encuentra cubierto por la bráctea del verticilo de color verde pálido o rojizo, inicio de apertura de raquillas.



619

Preanthesis III. Inflorescencia femenina

Rasgamiento avanzado e inicio de desprendimiento de la bráctea peduncular, próflor completamente desintegrado y ubicado en la base de la inflorescencia, fácil observación de los botones florales con sus tépalos de color blanco, las espiguillas y brácteas florales están más separadas. Hay cambio de una posición foliar.



620

Anthesis. Inflorescencia femenina

Apertura de más del 70% de los tépalos exponiendo los estigmas trilobulados de color crema, cubiertos de una sustancia mucilaginoso y aromática para la recepción del polen.



ESTADIO FENOLÓGICO

CÓDIGO

ESTADIO PRINCIPAL DE CRECIMIENTO 6: *Floración*

Elaeis guineensis

690

Fin de la floración

Inicia la polinización de las flores, cambio progresivo de coloración de los lóbulos del estigma tornándose púrpuras.



CÓDIGO

ESTADIO PRINCIPAL DE CRECIMIENTO 6: *Floración*

Inflorescencias masculinas

611

Precantesis I

Bráctea peduncular se rasga y se distinguen las espiguillas de color café, con forma digififorme o cilíndrica apretadas hacia el centro.



613

Precantesis II

Las espiguillas cilíndricas de la inflorescencia masculina se encuentran parcialmente expuestas y libres, debido a que su bráctea peduncular está más rasgada.



619

Precantesis III

Se elonga la inflorescencia, provocando la ruptura total de la bráctea peduncular, lo cual permite que las espiguillas se encuentren más separadas entre sí. Ocurre una nueva apertura foliar.



620

Antesis

Apertura de más del 70% de las flores, desde la base de cada espiguilla. Se observa el polen en las anteras y se da la liberación de una sustancia aromática similar al anís o hinojo.





ESTADIO FENOLÓGICO

CÓDIGO

ESTADIO PRINCIPAL DE CRECIMIENTO 6: *Floración*

Inflorescencias masculinas

690

Fin de la floración

Las flores se tornan de color café debido a que sus anteras comienzan a secarse. No hay presencia de polen y las espiguillas comienzan a degradarse.



CÓDIGO

ESTADIO PRINCIPAL DE CRECIMIENTO 7: *Desarrollo del fruto*

Híbrido interespecífico OXG

700

Flor femenina fecundada

Se caracteriza porque los lóbulos del estigma se endurecen y cambian a color negro, comenzando el hinchamiento del ovario, el fruto está cubierto por las brácteas del verticilo.



710

50% del tamaño final del fruto

Inicio de pigmentación de fruto de color verde claro brillante en el ápice, no se observa cuesco ni endospermo. Transcurridos ocho días después de antesis ha sucedido un crecimiento rápido en tamaño de los frutos (drupas). El fruto está cubierto por las brácteas del verticilo.



730

65% del tamaño final del fruto

Inicio de pigmentación de fruto de color verde oscuro brillante en el ápice, verde medio en el centro, no se observa cuesco ni endospermo. Estradio presentado 15 días después de antesis. El fruto está cubierto por las brácteas del verticilo.



ESTADIO FENOLOGICO

CÓDIGO ESTADIO PRINCIPAL DE CRECIMIENTO 7: Desarrollo del fruto

Híbrido interespecífico OXG

<p>750</p>	<p>Tamaño del fruto propio de su especie El fruto ha alcanzado el tamaño propio de su especie entre los 37 y 45 días después de antesis. La coloración del fruto es amarillo o verde muy claro en la parte basal, verde claro en el centro y verde oscuro en la parte apical. Cuesco blando, endospermo líquido.</p>	
<p>790</p>	<p>Se alcanza aproximadamente entre los 46 y 100 días después de antesis. Los frutos presentan un aspecto brillante y son de color verde opalescente en general, se presenta formación de cuesco que inicia su endurecimiento, color salmón medio, endospermo en estado coloidal.</p>	

Elaeis guineensis

<p>700</p>	<p>Flor femenina fecundada Se caracteriza porque los lóbulos del estigma se endurecen y cambian, inicialmente vinotinto muy oscuro y luego a negro, comienza el hinchamiento del ovario. El fruto está cubierto por las brácteas del verticilo.</p>	
<p>710</p>	<p>30% del tamaño final del fruto Inicio de pigmentación de fruto de color vinotinto o rojo muy oscuro brillante en el ápice, amarillo claro en el centro y crema pálido en la base, no se observa cuesco ni endospermo. Transcurridos ocho días después de antesis ha sucedido un crecimiento rápido en el tamaño de los frutos (drupas). El fruto está cubierto por las brácteas del verticilo.</p>	
<p>750</p>	<p>80% del tamaño final del fruto Después de 59 a 61 días de la antesis, los frutos presentan un aspecto brillante y son de color amarillo pálido en la base, negro en el centro y negro intenso en el ápice. Se diferencia el cuesco del endospermo, tomando un color naranja cremoso e inicia su endurecimiento. El endospermo se encuentra en estado líquido.</p>	

ESTADIO FENOLÓGICO

CÓDIGO

ESTADIO PRINCIPAL DE CRECIMIENTO 7: Desarrollo del fruto

Elaeis guineensis

790

Tamaño del fruto propio de su especie

Entre los 79 y 83 días después de antesis, la coloración del fruto es rojo oscuro en la base, continúa siendo negro o violetinto muy oscuro en el centro y negro intenso en el ápice. El cuesco inicia endurecimiento de color beige. El endospermo se encuentra coado.



CÓDIGO

ESTADIO PRINCIPAL DE CRECIMIENTO 8: Maduración del fruto y del racimo

Híbrido interespecífico OXG

800

Pérdida de pigmentación verde, característico de la maduración

Entre los 101 y 105 días después de antesis, el color del fruto en la base es verde amarillo muy claro, en el centro verde amarillo y en el ápice verde claro. Cuesco inicia endurecimiento, color café medio, endospermo blanco y blando.



830

Inicio de cambio drástico de color, estadio pintón

Entre 116 y 125 días después de la antesis, la coloración externa de las drupas cambia viéndose en el conjunto del racimo un mosaico tricolor, debido a que se presentan frutos de diferentes estadios de desarrollo por la asincronía en la apertura floral. En este estadio es el inicio del cambio de coloración de verde a naranja.



850

Homogeneización de la coloración externa del racimo

Entre los 126 y 139 días después de antesis, la coloración general del racimo cambia a *amarillo oscuro o naranja* ligero en general; en el fruto la coloración en la base es amarillo o naranja pálido, en el medio es naranja medio y verde muy claro en el ápice. Cuesco duro, color café oscuro, con aumento en su espesor.



870

Inicio de la maduración del fruto y del racimo

Entre los 140 a 152 días después de antesis, la coloración externa del racimo es *naranja* medio en general; en el fruto la coloración en la base es amarillo o naranja intenso, en el medio es naranja opaco y en el ápice *naranja oscuro*. Cuesco duro, color café oscuro. No hay desprendimiento de fruto fácilmente del racimo y ya se observa la formación de aceite en el mesocarpio.



ESTADIO FENOLOGICO

CÓDIGO

ESTADIO PRINCIPAL DE CRECIMIENTO 8: Maduración del fruto y del racimo

Híbrido interespecífico OXG

890

Maduración del fruto y el racimo

Entre 132 y 140 días después de antesis, la coloración externa del racimo es naranja intenso en general, en el fruto la coloración en la base es naranja medio, en el centro es naranja intenso y en el ápice naranja oscuro. Cuesco duro, color café oscuro. Hay desprendimiento de fruto del racimo, presencia de estrías organizadas en forma circular alrededor de la zona apical del fruto y se observa la formación de aceite en el mesocarpo.



CÓDIGO

ESTADIO PRINCIPAL DE CRECIMIENTO 8: Maduración del fruto y del racimo

Elaeis guineensis

800

Inicia el cambio de coloración de los frutos característico de la maduración

A los 84 días después de la antesis, la coloración de las drupas (frutos) cambia a amarillo ocre en la base, violetinto muy oscuro en el centro y negro en el ápice. Cuesco inicia endurecimiento, color café medio; endospermo blanco y sólido.



850

Maduración del fruto y el racimo

Entre los 112 días después de antesis, la coloración externa de las drupas cambia a amarillo ocre en la base, violetinto a negro en el medio y negro en el ápice. Cuesco duro, color café oscuro.



870

Sobre maduración del fruto y racimo

Entre los 126 y 140 días después de la antesis, los frutos se tornan de color naranja intenso. El mesocarpo pierde firmeza y ocurre el desprendimiento de la mayoría de los frutos del racimo, en el transcurso de una a dos semanas después es considerado apto para la cosecha.





ESTADIO FENOLÓGICO

CÓDIGO

ESTADIO PRINCIPAL DE CRECIMIENTO 9: Senescencia

Elaeis guineensis

990

Senescencia de la hoja

En una densidad de 140 a 150 palmas por hectárea, sin podas, la senescencia de las hojas comienza en la hoja 48-50, pero en densidades de siembra más altas, la senescencia comienza en la hoja 35 (Corley et al., 1982). Las hojas viejas cambian su color de verde a amarillo y finalmente se tornan café claro.





Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos al Fondo de Fomento Palmero, administrado por Fedepalma, y al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias), (contrato 426-2007) por la financiación para la realización de esta investigación. Igualmente, a las plantaciones Guaicaramo S.A. y al ingeniero Jorge Rodríguez en la Zona Oriental, Hacienda Ariguaní en la Zona Norte, y al Campo Experimental El Palmar de la Vizcaína y Pamosan en la Zona Central y, especialmente, a los ingenieros Libardo Santacruz y al Grupo Daabon por su apoyo y logística para el seguimiento de la fenología de los materiales de palma africana y el híbrido interespecífico OxG.

A las investigadoras Ley Ley Chan, por facilitarnos el material fotográfico de las semillas del material híbrido, Mónica Monroy por las fotografías de las inflorescencias masculinas, y a los estudiantes Steffani Lozano, Alexis Ríos, Leidy Paola Moreno, Ángela Sánchez y Jhonatan Camperos por su colaboración en el seguimiento y documentación de las etapas de floración y fructificación descritas en este libro. Al doctor Jaime Arcila Pulgarín de Cenicafé por sus aportes sobre la aplicación de la escala BBCH. Igualmente, a la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia por facilitar parte de este proceso investigativo en el marco del Convenio de Cooperación Interinstitucional entre la Facultad y Cenipalma.



Glosario

- >> **Antesis.** Momento de apertura de las flores.
- >> **Bráctea.** Hoja que nace del pedúnculo de las flores de ciertas plantas y suele diferir de la hoja verdadera por la forma, la consistencia y el color.
- >> **Címa.** Inflorescencia cuyo eje acaba en una flor, al igual que sus ramificaciones laterales.
- >> **Cincino.** Inflorescencia cimosa en que las diversas ramitas que la integran no quedan todas en un mismo plano.
- >> **Drupa.** Fruto de mesocarpio carnoso y endocarpio leñoso y una sola semilla; por ejemplo, el melocotón y la ciruela.
- >> **Opérculo.** Pieza generalmente redonda, que, a modo de tapadera, sirve para cerrar ciertas aberturas
- >> **Dormancia.** Es un estado de la semilla en el que a pesar de que está madura y viable, no germina pese a contar con las condiciones favorables para su desarrollo. Este bloqueo a la germinación es diferente entre las especies de acuerdo con su adaptación al medio ambiente donde se encuentran, en este caso, la germinación ocurrirá cuando las condiciones sean apropiadas para el desarrollo de las plántulas (Finch-Savage y Leubner-Metzger, 2006).
- >> **Estigma.** Parte del carpelo diferenciado, situada en su extremo libre y destinada a recibir el polen.
- >> **Lígula.** Apéndice membranoso de ciertas hojas en la unión del limbo y el pecíolo y de ciertos pétalos en su base.

- »» **Perianto.** Envoltura típica de la flor de las plantas fanerógamas, formada por dos verticilos de hojas florales, el cáliz y la corola.
- »» **Pecíolo.** Estructura que sostiene las hojas de los vegetales y los une al tallo.
- »» **Pedúnculo.** Parte de la flor que, como continuación del receptáculo floral, la une al tallo.
- »» **Pistilo.** Órgano floral femenino de las plantas, diferenciado en ovario, estilo y estigma y que, por lo general, ocupa el centro de la flor.
- »» **Sépalo.** Cada una de las hojas, generalmente de color verde, que forman el cáliz de una flor.
- »» **Tépalo.** Voz análoga de las palabras pétalo y sépalo. Cada una de las piezas del perianto de una flor, cuando en ella no existe una diferenciación entre cáliz (sépalos) y corola (pétalos).
- »» **Testa.** Es la cubierta externa de la semilla (episperma) cuando se vuelve dura y resistente. Procede de los tegumentos del primordio seminal.
- »» **Ostiolo.** Orificio definido por las dos células oclusivas de un estoma.
- »» **Proterandro (dra).** Dicho de una planta o de una flor dicógama en la que los estambres maduran y el polen está formado antes de que el estigma sea apto para recibirlo, lo que evita la autopolinización.
- »» **Semilla intermedia.** Inicialmente la semilla de *Elaeis guineensis* fue clasificada como recalcitrante debido a su alto contenido de humedad, luego fue clasificada como ortodoxa debido a su favorable respuesta al almacenamiento en condiciones de criopreservación y actualmente, después de rigurosos estudios, se clasificó como una semilla intermedia (Grout et ál., 1983; Chin et ál., 1984; Hong et ál., 1997), esto explica porqué el 30% de las semillas permanecen viables después de 33 meses cuando se almacenan en el suelo desnudo en condiciones naturales (Galt 1956, citado por Rees 1960).



Bibliografía

- Arcila, J.; Buhr, L.; Bleiholder, H.; Hack, H.; Wicke, H. 2001. *Aplicación de la escala BBCH ampliada para la descripción de las fases fenológicas del desarrollo de la planta de café (Coffea sp.)*. Centro Nacional de Investigaciones de café "Pedro Uribe Mejía" Cenicafé. Chinchina-Colombia.
- Adam, H. ; Jouannic, S. ; Escoute, J. ; Duval, Y. ; Verdeil, J. ; Tregear, J. W. 2005. Reproductive developmental complexity in the African oil palm (*Elaeis guineensis*, *Arecaceae*). *American Journal of Botany*, 92(11): 1836-1852.
- Adam, H.; Jouannic, S.; Morcillo, F.; Richaud, F.; Duval, Y.; Tregear, J.W. 2007. Determination of Flower Structure in *Elaeis guineensis*: Do Palms use the Same Homeotic Genes as Other Species? *Annals of Botany*, 100:1-12.
- Azcues, M. 2000. La fenología como la herramienta en la agroclimatología. En: *Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (Ceniap)*.
- Bernal, F. 2003. *El cultivo de la palma de aceite y su beneficio. Guía general para el nuevo palmicultor*. Fedepalma. Bogotá (Colombia). 186 p.
- Bleiholder, H.; van den Boom, T.; Langelüddeke, P.; Stauss, R. 1991. Codificación uniforme para los estadios fenológicos de las plantas cultivadas y de las malas hierbas. *Phytoma*. 28:54-56
- Cautin, R.; Agusti, M. 2005. Phenological growth stages of the cherimoya tree (Mill.). *Scientia Horticulturae*, 105(4): 491-497.
- Cayon, D. 1996. Aspectos fisiológicos y bioquímicos de la maduración de los frutos de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). En: *Primer curso internacional sobre el cultivo de la palma de aceite*. Bogotá.

- Cayon, D. 1999. Apuntes sobre fisiología del crecimiento y desarrollo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) *Palmas* (Colombia). 20(3): 45 - 54.
- Corley R.V.H.; Gray, B.S.; Ng, S.K. 1971. Productivity of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in Malaysia. *Experimental Agriculture* (Inglaterra). 7:129-136.
- Corley R.V.H.; Gray B.S. 1982. Growth and morphology. *Oil Palm Research* (Holanda). 55-86.
- Corley, R.V.H.; Tinker, P.B. 2009. La palma de aceite. Cuarta edición (versión en español), Fedepalma. Bogotá (Colombia). 604 p.
- Crombie, W.M.; Hardman, E.E. 1956. Fat metabolism in the West African oil palm (*Elaeis guineensis*). 1. Fatty acid formation in the maturing exocarp. *Journal of Experimental Botany*. 9:247-253.
- De Oliveira, J. 2006. Productividade de óleo de palma na cultura do dendê na Amazônia oriental: influencia do clima e do material genético. Tesis de grado para optar al título de magíster en fitotecnia. Universidad Federal de Viçosa. Brasil.
- Dransfield, J.; Uhl, N.W. 1998. *Families and genera of vascular plants, flowering plants: monocotyledons*. Springer-Verlag. Berlin (Alemania), pp. 306-389.
- Dransfield, J; Uhl, N.W.; Asmussen, C.B.; Baker, W.J.; Harley, M.M.; Lewis, C. E. 2008. *Genera palmarum: The evolution and classification of palms*. Kew Publishing. (Reino Unido). 732 p
- Fedepalma. 2009. *Anuario estadístico 2009. La agroindustria de la palma de aceite en Colombia y el mundo*. Fedepalma. Bogotá (Colombia). 170 p.
- Fenner, M. 1998. The phenology of growth and reproduction in plants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. (Reino Unido) 1: 78-91.
- Finch-Savage, W.E.; Leubner-Metzger, G. 2006. Seed dormancy and the control of germination. *New phytologist*. 171:501-523.
- Fleckinger, J. 1948. Les stades vegetatifs des arbres fruitiers en rapport avec les traitements. *Pomologie Francaise* (Suppl.), 81-93.



- Gonzales, R.; Bleiholder, H.; Hack, H.; Meier, U. 2002. Una propuesta de codificación del ciclo fenológico de musáceas comestibles. En: *Acorbat Memorias XV reunión*. Cartagena Colombia), 27 octubre-2 de noviembre.
- Glimn-Lacy, J.; Kaufman, P. 2006. *Botany Illustrated* (2ª ed.). Springer. 146 p.
- Guevara, L.; Jauregui, D. 2008. Anatomía floral de *Cocos Nucifera* L. *Acta Botánica de Venezuela*. 31 (1), pp. 35-48.
- Hack, H.; Bleiholder, H.; Buhr, L.; Meier, U.; Schnock-Fricke, E.; Weber, E.; Witzemberger, A. 1992. Einheitliche Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien mono- und dikotyle Pflanzen. Erweiterte BBCH-Skala, Allgemein.Nachrichtenbl. *Deut. Pflanzenschutzd.* 44: 265-270.
- Hartley, C.W.S. 1977. *The oil palm*. Longman Group Limited. England. 958 p.
- Hartley, C.W.S., 1988. *The oil palm*. Longmans Green. New York. 761 p.
- Himelblau, E.; Amasino, R.M. 2001. Nutrients mobilized from leaves of *Arabidopsis thaliana* during leaf senescence. *Journal of Plant Physiology* 158: 1317-1323.
- Henderson, F.M. 2006. Morphology and anatomy of palm seedlings. *The Botanical Review*. 72(4): 273-329.
- Henry, P. 1955. Morphologie de la feuille d'Elaeis au cours de croissance. *Rev. gén. Bot.* 32:66-77.
- Ho, S.H.; Chiang, K.L. 1999. Replanting strategies for oil palm in Sabah. *The Planter* (Kuala Lumpur). 75(874):9-20.
- Hussey, G. 1959. The germination of oil palm seed: experiments with tenera nuts and kernels. *J. W. Afr. Inst. Oil Palm Res.* 331-354.
- Jones, L.H. 1997. The effects of Pruning and other Stresses on Sex determination in the Oil Palm and their Representation by a computer simulation. *J. Theor. Biol.* 187: 130-159.

- Labarca, M. V. 2007. Relación entre las inflorescencias, el clima y los polinizadores en el cultivo de la palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) en el sur del lago de Maracaibo. *Revista Facultad de agronomía* (Venezuela) 24; 303-320.
- Latiff, A. 2000. The biology of the genus *Elaeis*. *Advances in oil palm research*. 1:19-38.
- León, J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales (2ª ed.) IICA. (San José de Costa Rica). 50-56.
- Martínez-Valero, R.; Melgarejo, P.; Salazar, D.M.; Martínez, R.; Martínez, J.J.; Hernández, F.C. 2001. Phenological stages of the quince tree (*Cydonia Hema oblonga*). *Ann. Appl. Biol.* 139: 189-192.
- Meier, U. 1997. *B BCH-Monograph. Growth stages of plants -Entwicklungsstadien von Pflanzen - Estadios de las plantas - Développement des Plantes*. Blackwell Wissenschaftsverlag, Berlin (Germany). 622 p.
- Ortiz, R.A.; Fernández, O. 2000. *El cultivo de la palma aceitera*. Euned. San José de Costa Rica. 208 p.
- Padilha de Oliveira, M.; Couturier, G.; Beserra, P. 2003. Biología da polinização da palmeira tucumã (*astrocaryum vulgare* mart.) em belém, pará, Brasil. *Acta bot.bras.* 17(3):343-353.
- Pelaéz, E.; Ramírez, D. 2004. Caracterización fisiológica de palmas africana (*Elaeis guineensis* Jacq.), Nolí (*Elaeis oleifera* H.B.K. Cortes) e híbrido interespecífico. Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Colombia. Bogota (Colombia).
- Prada, M. 1998. Efectividad de dos especies del género *Elaedobius* (Coleóptera: curculionidae) como polinizadores en palma aceitera. *Bioagro* 10(1): 3-10.
- Raygada, R. 2005. Manual técnico para el cultivo de la palma aceitera. Comisión Nacional para el Desarrollo y Vida Sin Drogas (Devida); proyecto de desarrollo alternativo Tocache-Uchiza (Prodatu). Lima (Perú).
- Ress, A. R. 1962. High-temperature pre-treatment and the germination of seed of the oil palm, *Elaeis guineensis* (Jacq.). *Ann. Bot.*, 26. pp 569-581.



- Rees, A.R. 1963. Some factors affecting the germination of oil palm seeds under natural conditions. *J. W. Afr. Inst Oil Palm Research*. 4:201-207.
- Ruiz, R. 2005. Desarrollo del racimo y formación de aceite en diferentes épocas del año según las condiciones de la Zona Norte. *Palmas (Colombia)* 26(4): 39-53.
- Salazar, D.; Melgarejo, P.; Martínez, R.; Martínez, J.; Hernández, F.; Burguera, M. 2006. Phenological stages of the guava tree (*Psidium guajava* L.), *Scientia Horticulturae*, 108(2): 157-161.
- Schwartz, M.D. 1999. Advancing to full bloom: planning phenological research for the 21st century. *Int. J. Biometeorol.* 42(3):113-118.
- Schwartz, M.D. 2003. *Phenology: an Integrative Environmental Science*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, (The Netherlands). 560 p.
- Siew, Ng.; von Uexkull, H.; Hardter, Rolf. 2003. Botanical aspects of the oil palm relevant to crop management. In *Oil Palm: Management of large and sustainable yields*.
- Stauffer, F.; Rutishauser, R.; Endress, P. 2002. Morphology and development of the female flowers in *geonoma interrupta* (arecaceae). *American Journal of Botany*, 89 (2):2, 20-229.
- Tandon, T.; Manoharaf, T.N.; Nijalingappaf, B.H.M.; Shivanna, R. 2001. Pollination and Pollen-pistil Interaction in Oil Palm, *Elaeis guineensis*, *Annals of Botany* 87: 831-838.
- Torres, V. M.; Rey, L.; Gelves, F.; Santacruz, L. 2007. Evaluación del comportamiento de los híbridos interespecíficos *Elaeis oleifera* X *Elaeis guineensis*, en la plantación de Guaicaramo S.A. *Palmas (Colombia)* 25(No. Especial): 350-357.
- Turner, P.D.; Gillbanks, R.A. 2003. *Oil Palm cultivation and management*. The Incorporated Society of Planters. Kuala Lumpur (Malaysia). 915 p.
- van Doorn, W.G.; Woltering, E.J. 2004. Senescence and programmed cell death: substance or semantics? *Journal of Experimental Botany*, 55: 2147-2153.

- van Heel, W.; Breure Cornelius, J.; Menéndez, T. 1987. The early development of inflorescences and flowers of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) seen through the scanning electron microscope. *Blumea* 32(1).
- Volpe, C.A. 1992. Citrus Phenology. In: *Proceedings of the Second International Seminar on Citrus Physiology*. 103-122.
- Wingler, A.; Purdy, S.; MacLean J.A.; Pourtau, N. 2006. The role of sugars in integrating environmental signals during the regulation of leaf senescence. *Journal of Experimental Botany*, 57(2): 391-399.
- Yang, S. 1995. Mathematical formulae for calculating the base temperature for growing degree days. *Agricultural and Forest Meteorology* 74(1-2): 61-74.

CENIPALMA advierte expresamente a todos los usuarios, miembros, consultantes y demás terceros interesados que las investigaciones que adelanta, los informes o resultados que socializa, las exposiciones, presentaciones, conferencias, documentos, así como la información que difunde como consecuencia de los estudios, inferencias y demás análisis realizados al interior de la entidad o contratados por ella –sin perder su rigor y profundidad profesional–, sólo tienen carácter informativo, de consulta, de difusión y de referencia estadística, académica o científica.

En ningún caso constituyen axiomas para su estricta observancia, ya que en el mejor de los casos podrían interpretarse como simples consejos o recopilaciones de experiencias analizadas, para ser estudiadas, utilizadas o aplicadas por quienes acceden a ellas, de acuerdo con su propio criterio, bajo su exclusiva responsabilidad, según su leal saber y entender. Esto, en razón de que cada situación resulta única y particular y requiere de tratamientos o soluciones específicas que escapan de la competencia de CENIPALMA.

Por tanto, se trata de socializaciones según el estado actual de la técnica y de los avances científicos idóneamente realizados, que han sido valorados por el Centro hasta el momento presente, sin tener en cuenta escenarios concretos detallados ni casos particulares.