

Estadios fenológicos de crecimiento de palma de aceite africana (*Elaeis guineensis*)

Phenological growth stages of African oil palm (*Elaeis guineensis*)

Autores

Hernán Mauricio Romero

Coordinador programa de Biología de la palma de aceite. Cenipalma

Diana Carolina Forero

Programa de Biología y mejoramiento

Paola Hormaza

Programa de Biología y mejoramiento

Traducción:

Camilo Rueda Williamson Martínez

Palabras clave

Etapas de crecimiento, morfología, aceite de palma, fenología

Stages of growth, morphology, oil palm, phenology.

Recibido: 24 febrero 2012
Aprobado: 30 marzo 2012

Resumen

El objetivo de este trabajo fue estudiar la fenología de los genotipos representativos cultivados comercialmente de la especie *Elaeis guineensis* Jacq. en dos zonas de producción en Colombia; la frecuencia de las observaciones fue diaria, semanal o mensual, dependiendo de la etapa de desarrollo durante la fase de evaluación, por un periodo de 18 meses. Estas observaciones se realizaron en plantas previvero y vivero, y en palmas de 3 a 5 años de edad a partir de la hoja cero (hoja flecha), a través del desarrollo de la inflorescencia y terminando con la madurez y la cosecha de los racimos de la fruta. Se observó el tallo de palmas de diferentes edades dentro de los mismos cultivos.

La duración de cada etapa fenológica se midió en términos de días, y se codificaron según la escala BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie), que consta de tres dígitos debido a la inclusión de etapas intermedias entre las principales y las secundarias, con el fin de proporcionar detalles más precisos sobre cada etapa del desarrollo.

Abstract

The aim of this work was to study the phenology of genotypes representative of the species grown commercially *Elaeis guineensis* Jacq. in two production areas in Colombia; the frequency of observations was daily, weekly or monthly, depending on the stage of development during the evaluation phase for a period of 18 months. These plants were conducted in pre nursery, nursery and palms 3 to 5 years of age from zero leaf (leaf spear), through the development of the inflorescence and ending with the maturity and harvest bunches fruit. Observations were carried out from the stem of palms of different ages within the same crops.



The duration of each phenological stage was measured in terms of days, which were coded according to the BBCH scale (Biologische Bundesanstalt, Chemische Industrie und Bundessortennamnt), consisting of three digits, due to the inclusion of intermediate stages between the main and secondary, in order to provide more precise details on each stage of development.



Introducción

La familia de las palmas (*Arecaceae*) es un grupo taxonómico importante en los trópicos (Glimn-Lacy y Kaufman, 2006); la subfamilia *Arecoideae*, a la que pertenece la palma de aceite africana (*Elaeis guineensis* Jacq.), incluye otros 111 géneros (Dransfield y Uhl, 1998). En la actualidad, se encuentra en variedades salvajes, semi-salvajes y cultivadas en las principales áreas de los trópicos ecuatoriales presentes en África, el sudeste de Asia, Centroamérica y Suramérica (Corley y Tinker, 2003).

Los mayores productores de palma de aceite son Indonesia, Malasia, Tailandia, Nigeria y Colombia, con más de 10'551.000 hectáreas, lo cual representa el 85% de la superficie total sembrada en el mundo (Fedepalma, 2010).

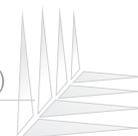
Esta especie tiene un meristemo apical único que produce una sucesión continua de yemas foliares (Henry, 1957). El desarrollo de las hojas es inicialmente muy lento: por lo general toma de 2 a 3 años desde el crecimiento inicial de la hoja hasta que los folíolos empiezan a abrir en el centro de la corona; bajo condiciones ambientales favorables, estas hojas se abren y otra hoja de flecha se elonga y toma su lugar (Corley y Tinker, 2003).

La característica principal de la palma de aceite africana es que tiene un solo tallo del tipo pleonántico, lo que significa que las inflorescencias aparecen en las axilas de las hojas y se producen mientras la planta continúa su crecimiento vegetativo (Dransfield y Uhl, 1998; Adam et ál., 2005). Esta especie, produce inflorescencias masculinas y femeninas 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 2 a 3 años, tiempo en el cual se encuentra totalmente cubierto por las hojas en desarrollo (Corley et ál., 1976).

El fruto es una drupa sésil con una forma esférica, ovoide o alargada. El pericarpio está formado por el exocarpio, mesocarpio y endocarpio, el último de los cuales rodea a la almendra (Corley et ál, 1976; Ng et ál., 2003). El aspecto exterior del fruto maduro varía considerablemente: el tipo más común es de color púrpura oscuro en la punta y pálido amarillento en la base antes de la maduración, y se denomina *Nigrescens*; otro tipo, menos común, es de color verde antes de la maduración (*Virescens*) (Corley y Tinker, 2003).

Durante el proceso de desarrollo de las plantas varios cambios externos visibles se presentan como resultado de las condiciones ambientales; el estudio de estos eventos periódicos regulados principalmente por el clima y los cambios estacionales se denomina fenología (Cautín y Agustí, 2005). La fenología de un cultivo en particular proporciona una base para la interpretación de los cambios de crecimiento de las plantas en relación con el medio ambiente, requerimientos en términos de factores meteorológicos. El conocimiento de las etapas fenológicas permite mejorar las prácticas agronómicas de un cultivo mediante la optimización del tiempo en la aplicación de los insumos, implementando estrategias para el manejo preventivo de enfermedades y plagas y realizar actividades como la polinización y cosecha (Salazar et ál., 2006).



El primer trabajo que propone una descripción de las etapas fenológicas en una escala unificada fue escrito por Fleckinger (1948), quien utilizó una combinación de números y letras para describir el desarrollo de las inflorescencias en árboles frutales; más tarde, Zadoks et ál. (1974), publicaron el primer sistema decimal de codificación para estandarizar la descripción de las etapas de desarrollo homólogas de diferentes cultivos usando los mismos códigos (Cautín y Agustí, 2005).

En 1991 Bleiholder et ál. propusieron la escala BBCH (Biologische Bundesantalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie), sistema para la codificación uniforme e identificación fenológica de las etapas de crecimiento de las especies de plantas mono y dicotiledóneas; utiliza un código decimal que se divide básicamente entre las etapas de crecimiento principales y secundarias de las plantas, describiendo su proceso de crecimiento.

Este artículo describe las etapas fenológicas de la palma de aceite africana de acuerdo con la escala extendida BBCH y su sistema decimal de codificación (Hack et ál., 1992). Con el fin de asegurar la precisión de las observaciones en el desarrollo de la escala, se tomaron veinte meses de observaciones en seis materiales ubicados en dos zonas colombianas.

en 9° 56' 27.016" N y 73° 54' 44.86" W. El tiempo y las condiciones del suelo de los dos sitios durante el periodo experimental se muestran en la Tabla 1.

Las observaciones y mediciones se realizaron en 24 palmas de 6 materiales sembrados en 2005, estos son: Delix x Yagambi; (Guthrie x Kumpulan – Guthrie group, Malasia), Deli; Dumpy x Yagambi; (United Plantation – Berhad, Malasia), dos materiales Delix x Avros (Golden Hope – Berhad) Malasia y Dami Las flores, Colombia; Delix x Nigeria (ASD, Costa Rica) y Delix x La Mé (IRHD 1001, Cirad), el diseño estadístico utilizado fue de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. Dentro de estas se seleccionaron cuatro palmas sanas por material y se marcó la hoja en posición filotáctica uno (hoja con el 70% de foliolos extendidos) y se registró en el tiempo el cambio en la posición de la hoja, la aparición y cambios de estado de las inflorescencias y los frutos de los racimos. Además se realizaron observaciones para la senescencia foliar y cambios en la apariencia del estúpide en 24 palmas de variedades Delix x Avros (Dami Las flores, Colombia) y Delix x La Mé (IRHD 1001, Cirad).

Las observaciones se realizaron entre agosto y septiembre de 2008 a mayo de 2010. Su frecuencia varió de semanal a mensual, dependiendo de la tasa de cambio de la fenología de la palma de aceite. Por

Tabla 1. Condiciones del suelo y meteorológicas de los dos sitios de la investigación, durante el tiempo de experimentación.

Variable	Zona Norte	Zona Centro
Clasificación climática	Templado y seco	Templado y seco
Altitud (m.o.s.l) (m)	120	110
Temperatura promedio (°C)	28,3	27,3
Precipitación acumulada durante el periodo de experimentación	2.390	4.803
Humedad relativa (%)	81	85
Suelo	Texturas arenosas son predominantes en altos contenidos de Ca, Mg, P, Mn y B. pH 6,8	Texturas arcillosas son predominantes con altos contenidos de Ca, Mg, Mn, y Zn. Ácido PH entre 4,9 y 5,1

Materiales y métodos

Los datos experimentales se obtuvieron en dos ensayos, en diferentes zonas de Colombia: el primero fue en la Zona Central a 35 km de Barrancabermeja, departamento de Santander, situado en 6° 58' 35.11" N y 73° 41' 39.89" W; el segundo se llevó a cabo en la Zona Norte, municipio de El Copey (Cesar), ubicado

ejemplo, en el caso de la fase preantesis y antesis fue de cada 1 o 2 días, debido a la rápida evolución de los cambios visibles.

La duración de las etapas fenológicas para la apertura de las hojas y el desarrollo de la inflorescencia en los diferentes cultivos y en las distintas áreas se midió en término de días, y las etapas fenológicas de la planta desde la etapa de semilla a la senescencia se describieron utilizando la escala BBCH de Bleiholder

et ál. (1991) y Hack et ál. (1992). La duración de las diferentes etapas fenológicas se comparó entre las zonas y los materiales, y se llevó a cabo un análisis de la varianza (Anova). La normalidad de los datos se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilk, y la homogeneidad de la varianza por la prueba de Levene.

Además de registrar los eventos fenológicos, se instalaron estaciones meteorológicas WatchDog (Spectrum Technologies, Plainfield, Illinois, EE.UU.) en cada una de las localidades para realizar un seguimiento de la precipitación, la temperatura y la humedad relativa.

Resultados y discusión

Condiciones climáticas para el período de evaluación

Durante el periodo de Septiembre de 2008 a Mayo de 2010 (20 meses), en la Zona Central registro una precipitación acumulada de 4.803 mm, con un régimen bimodal. Los períodos donde se presentaron las mayores frecuencias de lluvias fueron de Septiembre a Noviembre de 2008 y de Marzo a Abril de 2009, por el contrario se registró un período menor de precipitación promedio anual entre los meses de diciembre a enero.

La humedad relativa promedio registrada fue de 84,5 %, el rango de variación estuvo entre el 80-90%. La temperatura en promedio en esta localidad se situó en los 27.3°C con valores máximos de 30.2°C y mínimos de 24.2°C.

En la localidad de El Copey (Cesar), se observó para el mismo período de observación que la precipitación acumulada fue de 2390 mm, aproximadamente la mitad de la registrada en la Zona Central. Se presentó un déficit hídrico durante 11 meses, esto quiere decir que se registraron menos de 150 mm de precipitación mensual. Los meses de diciembre hasta mediados de marzo son los de mayor déficit con menos de 50 mm mensuales acumulados, marcando la época seca en esta localidad. Durante estos meses se suministró riego cada 21 días.

El promedio de humedad relativa durante el período de evaluación fue del 81 %, los menores valores (<80%) se presentaron durante los meses de enero-

febrero de 2009 y 2010. La temperatura máxima fue de 34,7°C, la temperatura media mensual fue de 28,3°C y la temperatura mínima en 21°C.

Escala BBCH para palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq)

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), porque estas etapas de desarrollo no están presentes en la palma de aceite.

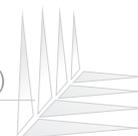
La escala comienza con la descripción de la germinación y emergencia (estadio 0), seguidamente se describe el crecimiento vegetativo por medio de dos estadios, el primero es el desarrollo de las hojas en vivero y en campo (estadio 1) y la elongación del estípite (estadio 3). Entre tanto, el crecimiento 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).

Adicionalmente a los estadios principales, se definieron los estadios secundarios como pasos cortos de desarrollo que ocurren dentro del estadio principal de desarrollo. Para la escala de palma de aceite los estadios secundarios se utilizó un dígito de 0 a 9, un tercer dígito implicó la inclusión de una etapa intermedia, que se consideró necesario para obtener una descripción más precisa, los valores de 0 a 9 corresponden a valores ordinales o porcentajes de desarrollo (Tabla 2, figuras 1 y 2).

Estadio de crecimiento principal 0: Germinación y emergencia

La escala comienza en el estadio 000 correspondiente a la semilla seca. La semilla se somete a un tratamiento de calor con el fin de romper la dormancia. Se rehidratan y se colocan en condiciones adecuadas para iniciar el proceso de germinación (Figura 1).

En el proceso de imbibición la semilla tiene aspecto hinchado y el embrión sobresale a través de uno de los poros germinativos el cual corresponde



al estadio de “punto blanco” 001. En el estadio 004 se observa la diferenciación de la plúmula y radícula y posteriormente se elonga la radícula y empiezan a formarse las primeras raíces adventicias en el anillo superior de la unión de la radícula con el hipocótilo (estadio 005).

En la emergencia (estadio 009) las dos hojas plumulares sobresalen de la lígula hasta que la radícula tiene 1 cm de longitud. El ápice de la segunda hoja plumular sobresale del suelo.

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

Alrededor de un mes después de la emergencia, aparece la primera hoja lanceolada cerrada estadio 100, una vez que la lámina se abre totalmente, se convierte en la primera hoja lanceolada expandida (estadio 101), en el segundo mes se visualiza la segunda hoja lanceolada completamente abierta (estadio 102). Cuando se forman cinco o más hojas lanceoladas simples se ha alcanzado la estadio 109 (Figura 1).

Unos meses más tarde aparecen las primeras hojas bifurcadas en la punta (estadio 121) hasta que aparecen 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 folíolos en la

Tabla 2. Descripción de las etapas fenológicas de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.)

Código BBCH	Descripción
Estadio Principal de crecimiento 0: germinación y aparición	
000	Semilla seca
001	Imbibición completa de la semilla
004	Diferenciación de plúmula y la radícula
005	La aparición de las raíces adventicias
009	Aparición de las hojas lígulares a través de la superficie del suelo
Estadio principal de crecimiento 1: desarrollo de la hoja en viveros	
100	Se observa una hoja lanceolada sin abrir
101	Aparición de la primera hoja lanceolada abierta
102	Aparición de la segunda hoja lanceolada abierta
109	Aparición de cinco o más hojas lanceoladas
121	Primera hoja con bifurcación en el ápice
129	Cinco o más hojas bifurcadas
131	Hoja 12 con hendiduras dividiendo la hoja
139	Hoja 17-18 con hendiduras
141	La hoja 18 está completamente pinnada y la hoja flecha cerrada
143	La hoja 18 está completamente pinnada y la hoja flecha está 30% abierta
145	La hoja 18 está completamente pinnada y la hoja flecha está 50% abierta
149	La hoja 18 está completamente pinnada y la hoja flecha está 70% abierta
Desarrollo de hojas en el campo	
151	La hoja de flecha está sin abrir, el raquis está totalmente alargado, los folíolos son de color verde claro, bien agrupados en el centro de la corona
153	La hoja flecha está 30% abierta
155	La hoja flecha está 50% abierta
159	La hoja flecha está 70% abierta

Estadio principal de crecimiento 3: elongación de tallos

- 301 El estípite es visible y tiene el aspecto de un cono invertido
- 305 Las bases peciolares se encuentran adheridas al estípite
- 309 Estípite sin bases peciolares, se observan las cicatrices de estas estructuras y entre ellas se observan los entrenudos

Estadio principal de crecimiento 5: la emergencia de las inflorescencias masculinas y femeninas

- 500 La inflorescencia no es visible
- 501 Inflorescencia no diferenciada visible en las axilas de las hojas, la aparición de 10% del tamaño final de la estructura de la flor
- 503 La emergencia del 30% del tamaño final de la estructura floral
- 505 La emergencia del 50% del tamaño final de la estructura floral
- 509 La emergencia del 90% del tamaño final de la estructura floral

Estadio principal de crecimiento 6: floración**Inflorescencia femenina**

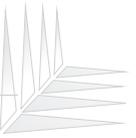
- 601 Pre-antesis I. Raquillas bien agrupadas hacia el medio, de color verde claro, los tépalos no son visibles.
Han transcurrido aproximadamente 30 días desde la aparición de la estructura.
- 602 Pre-antesis II. La bráctea peduncular se desgarró hacia la mitad de la altura de la superficie de la inflorescencia, se observa el ápice en las axilas de cada bráctea floral, está cubierto por el cogollo de las brácteas de color verde pálido o rojizo. La apertura de las raquillas comienza.
- 603 Pre-antesis III. El lagrimeo avanza y la bráctea peduncular comienza a desprenderse; la bractéola se desintegró por completo en la base de la inflorescencia, botones florales con tépalos blancos son fácilmente observables; las espigas y brácteas están más separadas. Ningún cambio en la posición de la hoja.
- 607 Antesis. Inflorescencia femenina. Más del 70% de los tépalos están abiertos mostrando los tres lóbulos de color crema.
- 609 Fin de la floración. La polinización de las flores comienza: cambio progresivo en el color de los lóbulos del estigma que se convierten en púrpura.

Inflorescencia masculina

- 601 Pre-antesis I. Aparecen lágrimas de bráctea peduncular y espiguillas marrones con una forma de dedo o cilíndricas bien agrupadas en el centro.
- 602 Pre-antesis II. Las espiguillas cilíndricas de la inflorescencia masculina están parcialmente expuestas y libres, por lo que la bráctea peduncular se ha desgarrado.
- 603 Pre-antesis III. La inflorescencia se alarga, causando la ruptura completa de la bráctea peduncular, lo que aumenta la separación entre las espiguillas. La apertura de una nueva hoja tiene lugar.
- 607 Antesis. Más del 70% de las flores son abiertas a partir de la base de cada espiguilla. Hay polen en las anteras y una sustancia aromática se libera similar al anís o al hinojo.
- 609 Fin de la floración. Las flores se ponen de color marrón oscuro, ya que sus anteras comienzan a secarse. No hay presencia de polen y las espiguillas comienzan a degradarse.

Estadio principal de crecimiento 7: desarrollo del fruto

- 700 Flor femenina fertilizada. Los lóbulos se endurecen y cambian de color, en un principio a un muy oscuro color púrpura y después a negro. El ovario comienza a hincharse. El fruto está cubierto por las brácteas del verticilo.
- 703 30% del tamaño final del fruto.
- 708 80% del tamaño final del fruto.
- 709 Tamaño completo de la fruta de acuerdo a la especie.



Estadio principal de crecimiento 8: la maduración de la fruta y del manajo

- 800 La fruta alcanza su tamaño final y cambia de color desde el fondo hasta la punta a su color maduro característico.
- 805 La fruta casi madura, con el típico color maduro, excepto en la punta. El cascaron es fuerte y marrón.
- 807 Color maduro en toda la superficie de la fruta. El mesocarpio es de color naranja suave y brillante. El manajo está listo para ser cosechado.
- 809 El exceso de maduración de la fruta y del manajo.

Estadio principal de crecimiento 9: senescencia

- 909 Senescencia de la hoja

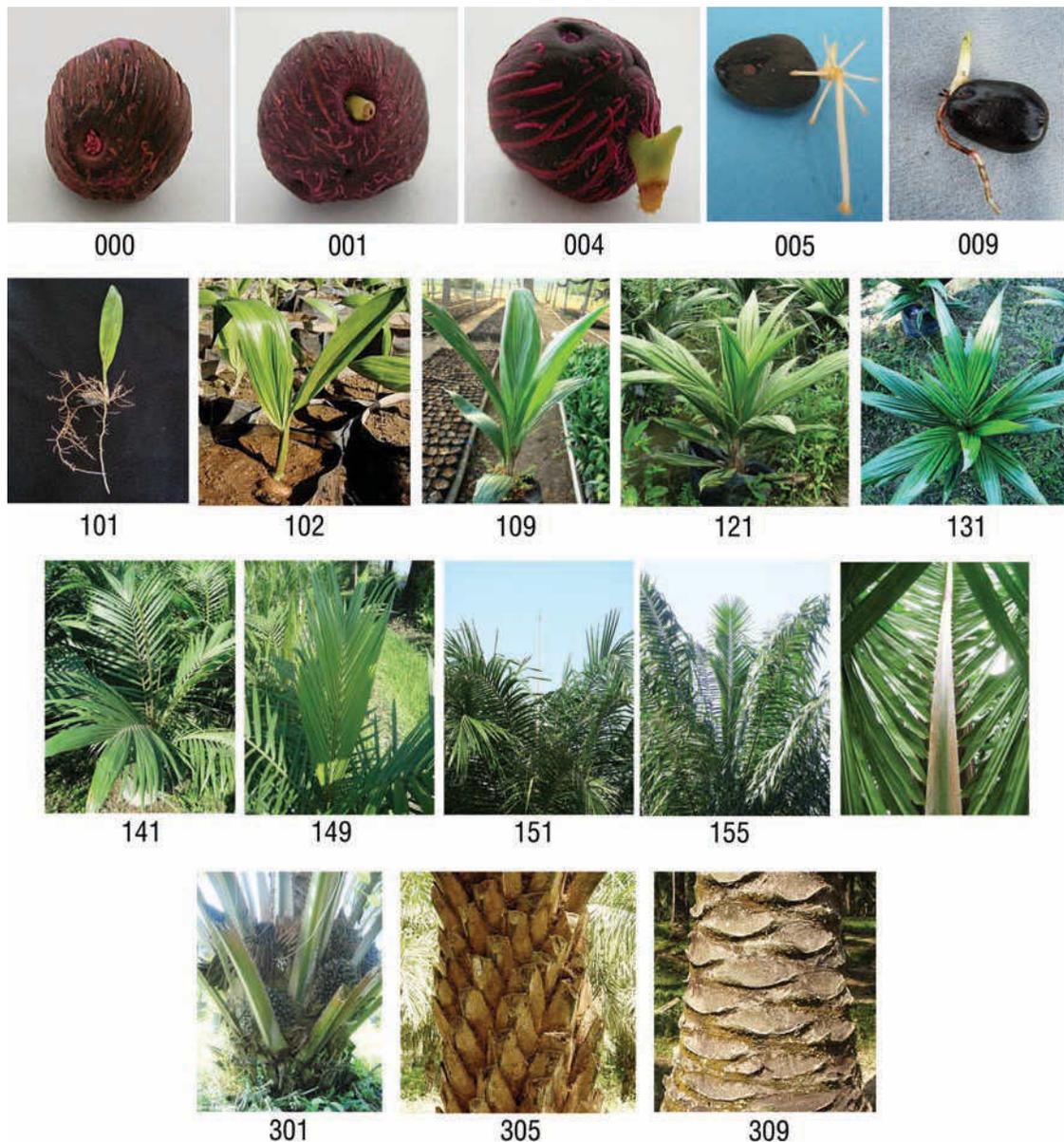


Figura 1. Estadios fenológicos de crecimiento de la palma de aceite durante el desarrollo vegetativo. Principales fases de crecimiento: 0. La germinación y surgimiento (000, 001, 004, 005, 009); 1. Desarrollo de las hojas (101, 102, 109, 121, 131, 11, 149, 151, 155, 159); 3. Elongación de los tallos (301, 305, 309).

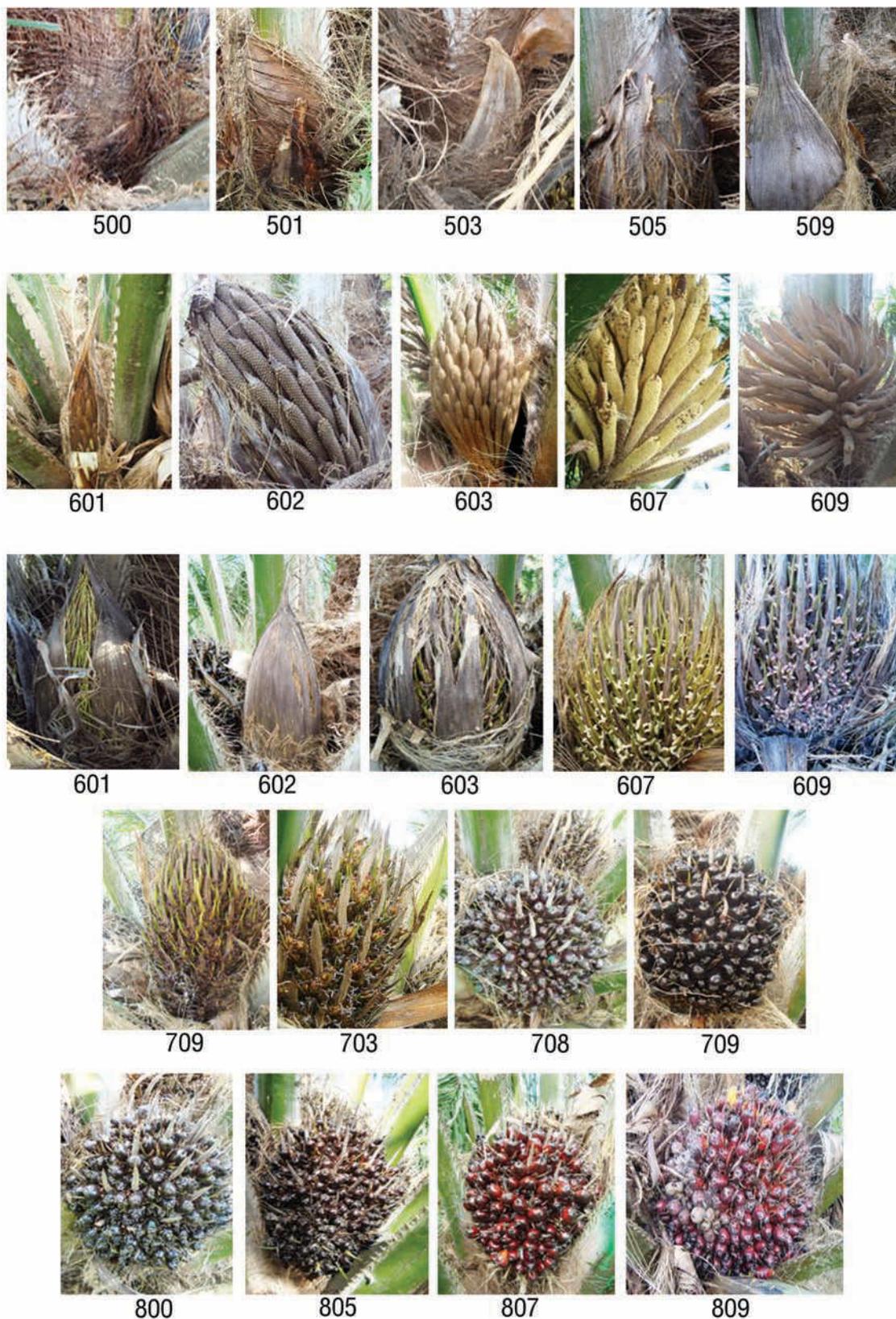
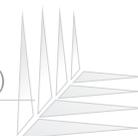


Figura 2. Estadios fenológicos de crecimiento de la palma de aceite durante el desarrollo reproductivo. Principales fases de crecimiento: 5. Aparición de la inflorescencia (500, 501, 503, 505, 509); 6. Floración (601, 602, 603, 607, 609); 7. Desarrollo de la fruta (700, 703, 708, 709); 8. La maduración de la fruta y el manojó (800, 805, 807, 809).



base de la hoja (estadio 131), hasta completar 17 a 18 hojas (estadio 139).

Las hendiduras dividen completamente las venas de las dos láminas foliares en la hoja 18 y se convierte en una hoja pinnada mientras que la hoja más joven (hoja flecha) que ha emergido permanece cerrada, (estadio 141). La hoja 18 se abre y los folíolos de la hoja flecha comienzan a abrirse en un 30% (estadio 143), después la hoja flecha se abre en un 50% (estadio 145) y, finalmente, el 75% de sus folíolos se extienden y se considera como una hoja nueva (estadio 149).

En una palma sembrada en campo mensualmente se producen una o más hojas flecha en sentido vertical, inicialmente se observa que el raquis se encuentra totalmente elongado y que los folíolos se encuentran apretados en el centro de la corona (estadio 151); Cuando se ha abierto la hoja flecha en un 30% se alcanza la estadio 153; en este estadio se observa el inicio de la separación de los folíolos del ápice, los cuales permanecen plegados, y aun no se ve la separación de los folíolos de la parte inferior del raquis.

En la estadio 155, los folíolos de la parte superior se abren en un 50% y la parte inferior de la hoja se mantiene plegada. Cuando el 70% de los folíolos de la hoja flecha están abiertos se considera como la hoja 1 y se completa la estadio 159. Los folíolos se han separado en casi su totalidad y los que se encuentran en el ápice de la hojas son los últimos en separarse (Corley, 2003).

Estadio de crecimiento principal 3: Elongación del estípite

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. Desde 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 301). A los 12 a 16 años la bases peciolares se comienzan a desprender, primero las de la mitad del estípite, quedando las secciones basal y distal con las bases foliares (estadio 305) (Latiff, 2000). 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 309).

Estadio principal de crecimiento 5: Emergencia de la inflorescencia

La inflorescencia se encuentra entre la axila de la hoja y el estípite y la inflorescencia no es visible, ya que se encuentra estrechamente unida a la parte posterior de la axila de la base peciolar de la hoja 13 (estadio 500) (Figura 2)

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 501).

En el estadio 505, 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 prófalo se rasga y se desintegra debido al comienzo del engrosamiento de la estructura floral, mientras que la bráctea peduncular aun cubre la estructura.

Cuando la emergencia de la estructura floral es del 90% del tamaño total (estadio 509), la bráctea peduncular inicia un rompimiento muy leve y en este momento se puede determinar que la inflorescencia se encuentra cercana a la etapa de preantesis. (Figura 2).

Estadio principal de crecimiento 6: Floración

La floración inicia con el rasgamiento de la bráctea peduncular en la sección central de la inflorescencia. En este momento es posible diferenciar el sexo de la flor (sea masculina o femenina), que en todo caso, se había diferenciado varios meses antes.

En la inflorescencia femenina aun no se visualizan claramente los botones florales y esta etapa se denomina preantesis I (estadio 601). La estadio 602 corresponde a la preantesis II en donde 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 la cubre (Figura 2).

La preantesis III (estadio 603) comienza cuando el prófalo comienza a desintegrarse, la bráctea peduncular continúa cubriendo la inflorescencia pero se rasga entre el 50 y el 70% de la 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.

El estadio de antesis inicia cuando el estigma séstil con sus tres lóbulos inicia su etapa receptiva (estadio 607), estos lóbulos se abren y exponen sus superficies exteriores las cuales están cubiertas con una sustancia mucilaginoso y aromática para la polinización, en este momento la bráctea peduncular se ha desprendido casi totalmente de la inflorescencia femenina, y se pueden observar por completo los lóbulos del estigma, los cuales son de color blanco.

Después de la polinización las flores femeninas se tornan de color café oscuro debido a que sus anteras comienzan a secarse. No hay presencia de polen y las espiguillas empiezan a degradarse a medida que la etapa de floración finaliza (estadio 609).

Estadio principal de crecimiento 7: Desarrollo del fruto

El estadio comienza con la presencia de flores femeninas fertilizadas (estadio 700), la principal característica es que los lóbulos del estigma se endurecen y se observa un hinchamiento del ovario el cual se encuentra cubierto por las brácteas del verticilio.

Cuando el tamaño del fruto ha alcanzado el 30% de su tamaño final se ha alcanzado la estadio 703. En esta etapa no se observa cuesco ni endospermo. Cuando alcanza el 80% de su tamaño final puede observar en el fruto que se ha formado el cuesco, mientras que el endospermo permanece en estado líquido (estadio 705); en la estadio 709 el fruto ha alcanzado el tamaño propio de la especie, el cuesco comienza a endurecerse y el endospermo tiene una consistencia coloidal.

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

La maduración de los frutos (estadio 800) comienza alrededor de 84 días después de la antesis; el fruto ha alcanzado su tamaño final y hay un cambio en el color de la parte basal y en el ápice del fruto, el cuesco continua endureciéndose y se va tornando de color marrón, el endospermo tiene aspecto sólido y es de color blanco.

El fruto y racimo maduro de acuerdo a las características de la especie se encuentra en la estadio 805, el cuesco está completamente duro y es de color marrón, solamente el ápice del fruto mantiene una coloración verde.

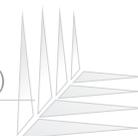
Dependiendo de las condiciones ambientales de una a dos semanas después del estadio 805 el mesocarpio de los frutos pierde firmeza y se torna de color naranja brillante, mientras que el cuesco es de color marrón oscuro. La abscisión de los primeros frutos comienza en la parte superior del racimo y está listo para la cosecha (estadio 807). Posteriormente el fruto entra en el proceso de senescencia y se considera al racimo entero como sobremaduro en este momento del 10 al 40% de la superficie del fruto es de color gris y se aprecian grietas, las raquillas donde están insertados están más abiertas y lignificadas. En este estadio (809), los racimos no son adecuados para la recolección y procesamiento.

Estadio principal de crecimiento 9: 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 momentos o edades; en este sentido, la senescencia de la planta entera no se observa normalmente en la palma de aceite, y por tanto, solo la senescencia de las hojas se presenta en la escala. En esta etapa las hojas viejas cambian su color de verde a amarillo y, finalmente, se secan y se doblan los peciolos hacia el estípite (estadio 909).

Duración en días desde la apertura de la hoja hasta antesis en las dos zonas de estudio

Se observó que, en promedio, la apertura de las hojas de lanza llevó más tiempo en la Zona Norte que en la Central (Tabla 3); aunque no hubo diferencias estadísticas entre los dos lugares o en la interacción de las zonas y variedades, sí las hubo de manera significativa entre los materiales de cada región (Tabla 4). La variedad que registró el menor tiempo en abrir sus hojas fue el cultivar Dami, con 13,4 días en la Zona Norte y 12,4 en la Central, mientras que Guthrie registró el mayor tiempo, con un promedio en ambas zonas de 14,1 días. Tales resultados son consistentes con los obtenidos por Henson (1991), lo que indica



que el alcance y el ritmo de apertura de la hoja de flecha se ven afectados por el suministro de agua; en la Zona Norte la temporada seca fue más pronunciada que en la Central, y aunque se aplicó riego, se observó que fueron necesarios más días para que las hojas de todos los materiales se abrieran.

En términos de aparición de la inflorescencia no diferenciada al 10% (estadio 501), los datos muestran que existen diferencias significativas entre zonas, en el número de días que se demoraron las palmas para llegar a esta etapa. En el caso de los materiales, las diferencias fueron significativas cuando la posición de la hoja se consideró, pero no el número de días (Tabla 4). Los cultivos de la Zona Norte tardaron más en alcanzar esta etapa (243,8 días), en comparación con los de la Zona Central (231,5 días). Golden Hope

y los materiales Dami necesitaron más tiempo (entre 238 y 250 días), mientras que la United Plantations y Guthrie se tomaron menos (de 218 a 242 días).

El análisis de la etapa de floración mostró diferencias significativas entre las zonas respecto del número de días para alcanzar la preantesis II (estadio 602), y para pasar de la preantesis III (estadio 603) a la antesis (estadio 607). Sin embargo, cuando se analizaron los cultivos dentro de cada zona, se encontraron diferencias significativas en el tiempo para pasar de una etapa a otra, ya sea medido en días (antes de la antesis III) o teniendo en cuenta la posición de la hoja en la que se llega a la etapa (preantesis I, preantesis II y antesis) (Tabla 4).

La duración de la preantesis I, II, III y la antesis (601, 602, 603, 607) en la etapa de floración fue

Tabla 3. Etapas, códigos, duración en días y posición de la hoja en las etapas fenológicas de la apertura de las hojas (159), inflorescencia no diferenciada (510), etapa preantesis I, II, III, y antesis de la palma de aceite africana sembrada en las zonas Centro y Norte de Colombia

Etapa	Código BBCH	Material	Longitud en días		Posición de la hoja	
			Norte	Centro	Norte	Centro
Hoja flecha 70% abierta	159	Golden Hope	14,1 ± 0,3	13,4 ± 0,3	17,4 ± 0,2	7,5 ± 0,2
		Guthrie	13,9 ± 0,3	14,7 ± 0,3	17,8 ± 0,2	16,9 ± 0,1
		United Plantations	14,3 ± 0,3	13,6 ± 0,2	16,7 ± 0,2	15,3 ± 0,1
		Dami	13,4 ± 0,3	12,4 ± 0,3	19,5 ± 0,2	17,5 ± 0,2
Inflorescencia no diferenciada, 10% del tamaño final de la estructura de la inflorescencia	501	Golden Hope	250,3 ± 2,2	233,8 ± 3,2	19,4 ± 0,2	20,4 ± 0,3
		Guthrie	242,6 ± 2,2	227,6 ± 2,3	19,8 ± 0,2	19,5 ± 0,2
		United Plantations	241,3 ± 2,4	218,3 ± 2,2	18,0 ± 0,2	18,8 ± 0,1
		Dami	238,8 ± 2,1	244,0 ± 3,0	17,5 ± 0,2	19,5 ± 0,2
Preantesis I	601	Golden Hope	30,2 ± 1,3	29,1 ± 1,4	19,4 ± 0,2	20,4 ± 0,3
		Guthrie	27,8 ± 1,3	31,2 ± 1,3	19,8 ± 0,2	19,4 ± 0,2
		United Plantations	22,3 ± 1,0	32,1 ± 1,5	18,0 ± 0,2	18,8 ± 0,1
		Dami	28,8 ± 1,3	31,8 ± 1,6	19,5 ± 0,2	21,8 ± 0,3
Preantesis II	602	Golden Hope	7,6 ± 0,1	7,8 ± 0,3	19,8 ± 0,2	19,9 ± 0,2
		Guthrie	7,6 ± 0,1	8,1 ± 0,3	20,3 ± 0,3	20,7 ± 0,2
		United Plantations	7,1 ± 0,1	7,6 ± 0,3	19,3 ± 0,1	18,3 ± 0,3
		Dami	7,2 ± 0,1	8,4 ± 0,3	22,4 ± 0,2	20,1 ± 0,2
Preantesis III	603	Golden Hope	7,8 ± 0,2	7,4 ± 0,2	20,3 ± 0,2	21,4 ± 0,3
		Guthrie	8,0 ± 0,2	7,6 ± 0,2	20,7 ± 0,2	20,1 ± 0,2
		United Plantations	7,4 ± 0,2	7,1 ± 0,2	18,6 ± 0,2	19,7 ± 0,1
		Dami	7,1 ± 0,2	6,6 ± 0,1	20,4 ± 0,2	23,2 ± 0,2
Antesis	607	Golden Hope	5,1 ± 0,2	7,9 ± 0,2	20,6 ± 0,2	21,3 ± 0,3
		Guthrie	5,1 ± 0,1	8,0 ± 0,3	21,1 ± 0,2	20,1 ± 0,2
		United Plantations	4,9 ± 0,1	7,3 ± 0,2	19,0 ± 0,2	19,6 ± 0,2
		Dami	4,9 ± 0,1	7,1 ± 0,2	20,8 ± 0,2	23,2 ± 0,2

más corta en la Zona Norte que en la Central. En la fase I de preantesis la mayor diferencia entre las dos áreas de estudio se encontró en el cultivo United Plantations (9,8 días), seguido de Guthrie, Golden Hope y Damim con 3,5, 3 y 1,1 días de diferencia, respectivamente (Tabla 3).

Cuando las palmas entraron en el estadio de preantesis II (602), las diferencias entre los cultivos en las diferentes zonas fue de 1,2 días para Dami, 0,6 para Guthrie y United Plantations, y 0,2 para Golden Hope. La misma tendencia se observó en la preantesis III (Tabla 3). En la etapa de antesis el cultivo con la mayor diferencia entre zonas era Guthrie con 2,9 días, seguido de Golden Hope con 2,7 días, United Plantations con 2,4 y Dami con 2,2.

La palma de aceite es un cultivo perenne con una cosecha continua y a diferencia de las especies anuales no es posible asignar una etapa fenológica única de la planta entera, una vez alcanza la etapa de madurez. Por eso, la escala BBCH que aquí se

presenta utiliza una puntuación individual de las estructuras reproductivas, teniendo en cuenta que diferentes actividades como la polinización asistida, la cosecha, la fertilización de viveros y la selección de plántulas se basan en las observaciones morfológicas. En este sentido, la escala ayudará a la normalización de estas prácticas agronómicas dando un sistema de codificación a las etapas, ya identificado y utilizado por los productores e investigadores de la palma de aceite. Al mismo tiempo, contribuirá a la clarificación y definición de los momentos apropiados para diferentes procedimientos agronómicos como la fertilización, la cosecha y la poda. Finalmente, el desarrollo de la escala abre la puerta a la utilización del tiempo térmico para la definición de la longitud de las etapas fenológicas, lo que podría ser útil para la construcción de modelos para diferentes propósitos, como la previsión del rendimiento y el cálculo del efecto del cambio climático en el crecimiento y desarrollo de la palma de aceite.

Tabla 4. Análisis de la varianza del tiempo en días y en relación con la posición de la hoja en la que se encontró la estructura, tomada para las estructuras de la palma para pasar de una etapa fenológica a otra^b

Fuente de la variación	Hoja flecha	Inflorescencia no diferenciada, aparición del 10% del tamaño final de la estructura de la flor		Pre- antesis I		Pre- antesis II		Pre-antesis III		Antesis	
	Días	Días	Posición de la hoja	Días	Posición de la hoja	Días	Posición de la hoja	Días	Posición de la hoja	Días	Posición de la hoja
Zona	0.12	0.04*	0.70	0.13	0.21	0.01*	0.11	0.08	0.25	0.00**	0.14
Material	0.00**	0.16	0.00**	0.43	0.02*	0.21	0.01*	0.02*	0.02*	0.06	0.02*
Zona x Cultivo	0.02*	0.12	0.60	0.22	0.47	0.22	0.74	0.98	0.31	0.63	0.35

^aLos valores son la media \pm desviación estándar. N = 24 por cada cultivar.

^bCuatro diferentes cultivos fueron analizados en dos regiones de Colombia. Los medios de los datos se presentan en la Tabla 3. n = 24. P < 0,05, P < 0,01.

Tabla 5. Número de días y posición foliar promedio para los materiales Dami, Golden Hope, Guthrie y United Plantations para los estadios de apertura de la hoja flecha, inflorescencias no diferenciadas, preantesis I, II, III y antesis.

Material	Hoja flecha con apertura del 70%	Inflorescencia no diferenciada, 10% del tamaño final de la estructura		Pre- antesis I		Pre- antesis II		Pre-antesis III		Antesis	
	Días	Días	Posición de la hoja	Días	Posición de la hoja	Días	Posición de la hoja	Días	Posición de la hoja	Días	Posición de la hoja
Dami	12.635b*	241.86a	19.64a	30.27a	20.66a	7.79a	21.30a	6.88b	21.75a	5.95a	22.21a
Golden Hope	13.114 ab	242.31a	18.75ab	30.13a	20.01ab	7.68a	20.11ab	7.64ab	20.66ab	6.51a	21.08ab
Guthrie	13.618a	236.81a	17.40bc	29.08a	19.42ab	7.89a	19.65ab	7.93a	20.31ab	6.44a	20.77ab
United plantations	13.206 a	230.27a	16.68c	26.81a	18.33b	7.36a	18.67b	7.32ab	19.20b	6.08a	19.64b



Agradecimientos

Los autores agradecen al Fondo de Fomento Palmero administrado por Fedepalma, y al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias) por su financiación para llevar a cabo esta investigación; a la Hacienda Ariguaní en la Zona Norte, y al Palmar de La Vizcaína, campo experimental en la Zona Central, y en especial al Grupo Daabon, por su apoyo y logística en el monitoreo de la fenología. A los estudiantes Ángela Sánchez y Jonathan Camperos, por su ayuda en el seguimiento y documentación de las etapas de floración y de fructificación.



Bibliografía

- Adam H.; Jouannic S.; Escoute J.; Duval Y.; Verdeil J.L.; Tregear J.W. 2005. Reproductive developmental complexity in the African oil palm (*Elaeis guineensis*, *Arecaceae*). *American Journal of Botany* 92: 1836-1852.
- Bleiholder H.; van den Boom T.; Langelüddecke S.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 (*Annona cherimola* Mill.). *Scientia Horticulturae* 105: 491-497.
- Corley R.H.V.; Tinker P.B.H. 2003. *The Oil Palm*. Oxford, England: Blackwell Science Ltd.
- Corley R.H.V.; Hardon J.J.; Wood B.J. 1976. *Oil Palm Research*. Amsterdam, Netherlands: Elsevier Scientific Publishing Company.
- Dransfield J.; Uhl N.W. 1998. *Palmae*. Berlin, Germany: Springer-Verlag. pp. 306-389
- Fedepalma. 2010. Anuario estadístico 2010. Bogotá: Fedepalma-Fondo de Fomento Palmero.
- Fleckinger J. 1948. Les stades végétatifs des arbres fruitiers en rapport avec les traitements. *Pomologie Française* (Suppl.): 81-93.
- Glimn-Lacy J.; Kaufman P. 2006. *Botany Illustrated*. Introduction to plants, Major Groups, flowering Plant Families. New York, NY, USA: Springer.
- Hack V.H.; Bleiholder H.; Buhr L.; Meier U.; Schonock-Fricke U.; Weber E.; Witzemberger A. 1992. Einheitliche Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen. Erweiterte BBCH-Skala allgemeine. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* 44: 265-270.
- Henry P. 1957. Recherches sur la croissance et le développement chez *Elaeis guineensis* Jacq. et chez *Cocos nucifera* L. *Comparisons avec quelques autres palmiers*. Thèse Université de Paris, France. 154 p.
- Henson I.E. 1991. Limitations to gas exchange, growth and yield of young oil palm by soil water supply and atmospheric humidity. *Transactions of Malaysian Society of Plant Physiology* 2: 51-57.
- Ng S.K.; von Uexküll H., Härdter R. 2003. Botanical aspects of the oil palm relevant to crop management. In *Oil Palm Management for Large and Sustainable Yields*, pp. 13-26. Eds T.H. Fairhurst and R. Härdter. Oxford, UK: Potash and Phosphate Institute (PPI), Potash and Phosphate Institute of Canada (PPIC) and International Potash Institute (IPI).
- Salazar D.M.; Melgarejo P.; Martínez R.; Martínez J.J.; Hernández F. 2006. Phenological stages of the guava tree (*Psidium guajava* L.). *Scientia Horticulturae* 108: 157-161.
- Zadoks J.C.; Chang T.T.; Konzak C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14: 415-421.

Infinito® RSC Registro Nacional ICA 319 Cat. toxicológica III: Ligeramente peligroso - Plaguicida - Consulte con su Ingeniero Agrónomo

100 años de innovación Colombia



INFINITO®

La Barrera de Protección Efectiva
contra *Phytophthora palmivora*

Protección a tiempo



Dudas, Preguntas, Comentarios:
Llame gratis al 01 8000 111212
www.bayercropscience.com.co



Bayer CropScience