

## Avances en la validación de la escala BBCH en híbridos interespecíficos OxG en Tumaco y su uso en la determinación del punto óptimo de cosecha

Adriana Amado Holguín<sup>1</sup>, Alonso Pardo Vargas<sup>1</sup>, Hernán Mauricio Romero<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Biología y Mejoramiento de la Palma, Cenipalma  
<sup>2</sup>Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.  
E-mail: hromero@cenipalma.org

### Notas del Director

En la búsqueda de una buena productividad del cultivo de palma de aceite, la cosecha es una etapa de crucial importancia y se debe garantizar que los racimos de fruta fresca cosechados estén bien formados y con mejores contenidos de aceite. Las prácticas a utilizarse se deben ajustar de acuerdo al material, por las diferencias que presentan los indicadores de cosecha para *E. guineensis* y el híbrido interespecífico OxG.

La escala BBCH (Basch-Bayer-Ciba-Hoerchst) es una herramienta que codifica los estadios fenológicos y ha sido adaptada por Cenipalma para el cultivo de la palma de aceite, sin embargo, teniendo en cuenta la heterogeneidad de los híbridos interespecíficos OxG, esta escala debe estandarizarse y validar para los diferentes materiales y zonas palmeras.

El Ceniavances que les entregamos a los palmicultores en esta ocasión, presenta el avance de la validación de la escala para dos cruzamientos (Coari x La Mé y Brasil x Djongo) del híbrido interespecífico OxG en Tumaco, Nariño.

Ante la variabilidad de los materiales, las labores de cosecha requieren de una planeación específica y en esta labor la escala BBCH se convierte en una herramienta de gran utilidad, que puede ayudar a definir los criterios de cosecha más adecuados y efectivos para cada material.

**José Ignacio Sanz Scovino, Ph.D.**

Director General de Cenipalma

### Introducción

La cosecha del racimo es la última de una serie de labores del cultivo encaminadas a producir la mayor cantidad de racimos de buena calidad. Sin embargo, en el híbrido interespecífico entre *Elaeis guineensis* y *Elaeis oleifera* (OxG) la polinización asistida y la determinación del punto óptimo de cosecha son actividades críticas que incrementan la probabilidad de cosechar racimos con una buena formación (Rosero y Santacruz, 2014) y maximizar los contenidos de aceite (Rincón et al., 2013).

La determinación de los índices de maduración en frutos incluye características relevantes como número de días después de la plena floración (antesis), color de la pulpa, forma del fruto, tamaño del fruto, color del exocarpio, entre otras (Sterling y Alvarado, 1993). En el caso de *E. guineensis* la coloración del fruto representa un buen índice de maduración, ya que los cambios de coloración en el exocarpio del fruto ocurren en estadios tardíos de maduración de manera drástica, cambiando desde un vinotinto oscuro (característico de racimos inmaduros) a un naranja rojizo en racimos maduros para el caso de las palmas tipo *nigrescens*. En contraste, en el híbrido OxG la coloración del fruto varía gradualmente en respuesta a la maduración, por lo que se dificulta establecer el momento óptimo para cosechar. La coloración se encuentra en la gama de los verdes durante las primeras etapas de desarrollo del racimo, siguiendo con tonos amarillos hasta tomar el color naranja característico de la maduración, y cuando un racimo está sobremaduro, el color llega a ser naranja muy oscuro debido a que inicia su proceso de senescencia (Forero et al., 2012). Por otra parte, en el híbrido el desprendimiento del fruto no es una característica tan común por

lo que no es un indicador de cosecha tan eficiente como en el caso de *E. guineensis*.

En respuesta a esta necesidad de establecer criterios de cosecha efectivos para el híbrido OxG, se han desarrollado estudios como el de la escala fenológica BBCH para la palma de aceite (Hormaza *et al.*, 2010) que constituye una herramienta para describir los procesos de crecimiento y desarrollo con base en un código decimal que se divide entre las etapas de crecimiento principales y secundarias (Romero *et al.*, 2012), por ejemplo para referirse a la etapa de maduración del racimo (principal) se utiliza el código 800 y dentro de este se describe el progreso de la maduración. El código 800 representa el estadio más inmaduro del racimo y el 809 representa el estadio de sobremaduración del racimo (secundarios). Rincón *et al.*, 2013, emplearon la escala BBCH para evaluar racimos del cruzamiento de híbrido Coari x La Mé en la Zona Oriental palmera donde encontraron el momento en el que el fruto alcanza su máximo crecimiento, adicionalmente lograron establecer el momento óptimo de desarrollo del racimo, donde la cantidad y calidad de aceite fue máxima, correspondiente al estadio fenológico 807.

Debido a la heterogeneidad de los parentales usados en el desarrollo de materiales OxG, los cuales varían según el programa de mejoramiento de cada casa comercial productora de semillas, las variedades de cruzamientos de híbrido OxG presentan diferencias en

algunas características de su desarrollo, entre ellas, la maduración del racimo. Por tal razón, los trabajos de investigación encaminados a conocer el comportamiento de los híbridos OxG tendrán un impacto en el buen manejo de estos materiales. Este trabajo tiene por objetivo estandarizar y validar el punto óptimo de cosecha para dos cruzamientos de híbrido interespecífico (OxG) en Tumaco, Nariño, tomando como parámetro de evaluación la escala BBCH desarrollada por Cenipalma.

## Metodología

Desde el 2012 en Tumaco, municipio ubicado en la Zona Suroccidental palmera, se han venido evaluando los cruzamientos de híbrido más representativos con base en el área sembrada. En este Ceniavances se presentan los resultados parciales de la evaluación de palmas de cinco años de siembra, pertenecientes a los cruzamientos Coari x La Mé y Brasil x Djongo (Figuras 1 y 2).

Para el estudio del proceso de floración y desarrollo del fruto se empleó la escala fenológica BBCH extendida para la palma de aceite, desarrollada por Cenipalma (Hormaza *et al.*, 2010). Se seleccionaron lotes con una producción promedio en los que se realiza polinización asistida regularmente con palmas que mostraron una buena condición sanitaria y de desarrollo, y que además, presentaron una buena conformación de racimos. En cada palma se seleccionó una inflorescencia que se encontraba en el estadio fenológico 509



**Figura 1.** Estado de desarrollo de las palmas (Izquierda) y de los racimos (Derecha) en el cruzamiento Coari x La Mé. Fotografías: Moreno, L., 2012.



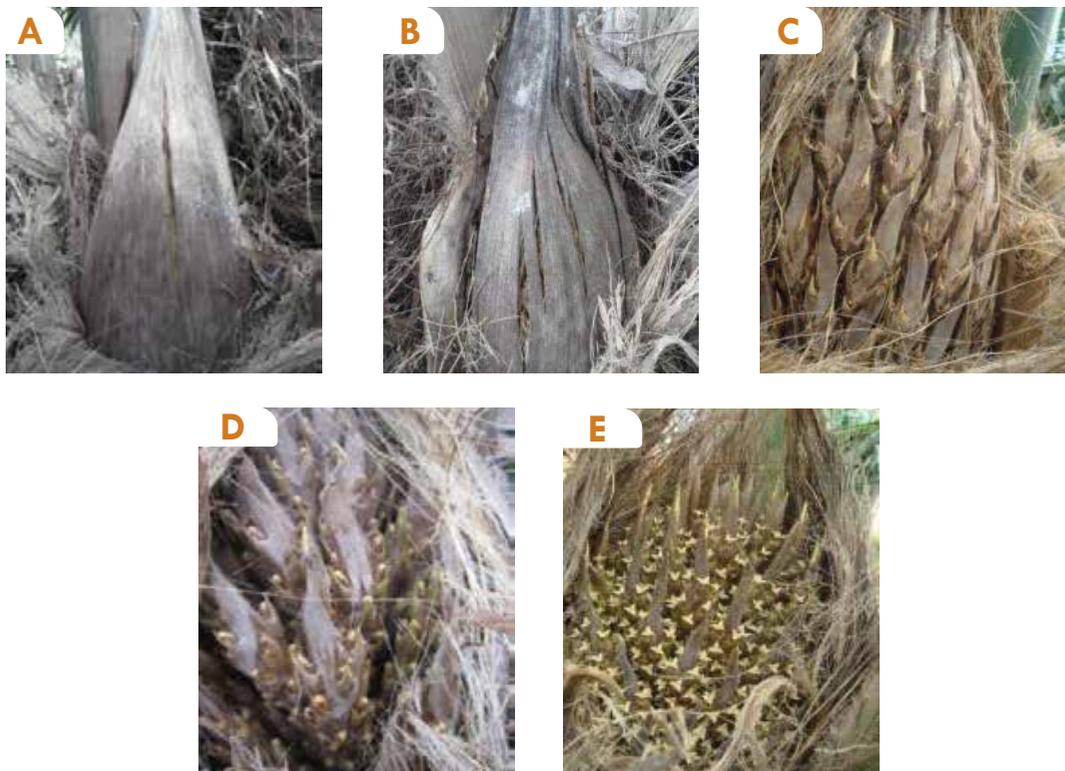
**Figura 2.** Estado de desarrollo de las palmas (Izquierda) y de los racimos (Derecha) en el cruzamiento Brasil x Djongo. Fotografías: Amado, A., 2013.

(no diferenciado) y, a partir de entonces, se realizó un seguimiento del desarrollo hasta un determinado estadio de maduración asignado de forma aleatoria. Cada racimo (en diferentes estadios de maduración) correspondió a una unidad de observación.

Los estadios fenológicos evaluados en las inflorescencias abarcan desde el estadio no diferenciado (509), seguido por preantesis I (601), preantesis II (602), preantesis III (603) y finalmente la antesis (607), que es el estadio en el que normalmente se realizó la po-

linización asistida (Figura 3). Los estadios de desarrollo del fruto evaluados comprenden el estadio 709 en el que el fruto ha alcanzado su máximo crecimiento, y seis estadios de maduración (800, 803, 805, 806, 807 y 809).

El tamaño de la muestra se determinó con base en resultados de estudios anteriores en donde el parámetro que presentó mayor varianza fue el aceite a racimo (AR) y a partir de este se determinó el tamaño de muestra en 146 palmas para todo el experimento



**Figura 3.** Estadios de desarrollo de las inflorescencias: A. Estadio 509, no diferenciado avanzado (ND); B. Estadio 601, preantesis I; C. Estadio 602, preantesis II; D. Estadio 603, preantesis III; E. Estadio 607, Antesis. Fotografías: L. Moreno, 2012.

(confiabilidad del 99 % y una probabilidad de error del 10 %). Las 146 palmas seleccionadas fueron asignadas en cada uno de los estadios a evaluar de la siguiente manera: estadio 709, n=8; estadio 800, n=29; estadio 803, n=23; estadio 805, n=29; estadio 806, n=22; estadio 807, n=24 y estadio 809, n=11.

Una vez los racimos alcanzaron el estadio fenológico asignado, se analizó el racimo con base en la metodología estandarizada por Prada y Romero (2012). El análisis de racimo del material híbrido interespecífico OxG se divide en tres partes: la primera se enfoca en

la composición del racimo que está determinada por la presencia de frutos fértiles, partenocárpicos (o sin semilla) y frutos abortados y calcula la conformación de los racimos; la segunda se enfoca en la composición del fruto, específicamente la proporción del mesocarpio en el fruto; y la tercera corresponde a un análisis del contenido de aceite.

A partir de este análisis de racimo se puede establecer el porcentaje de aceite a racimo (AR), el porcentaje de frutos a racimo (FR) que indica la proporción en peso de los frutos normales y partenocárpicos con respecto

- al racimo, y el porcentaje de aceite a mesocarpio fresco (AMF) y seco (AMS) que es una medida de la acumulación de aceite y que puede variar de acuerdo al tipo de fruto.

## Resultados preliminares

### Evaluación del desarrollo del racimo en campo

La apariencia externa del fruto siguió los patrones de coloración descritos en la escala BBCH, variando de verde oscuro a claro en su estadio inmaduro (709 y 800), cambiando a tonos amarillos en la base, naranja en el medio, y verde claro en el ápice para estadios intermedios de maduración (803 y 805) y, finalmente, tornándose de color naranja más homogéneo (806 y 807), que se hizo más oscuro hacia el último estadio de maduración (809). El cruzamiento Coari x La Mé presentó una variación en la gama de coloración de los racimos inmaduros, desde un color verde oscuro hasta verde amarillento (Figura 4). Para el cruzamiento Brasil

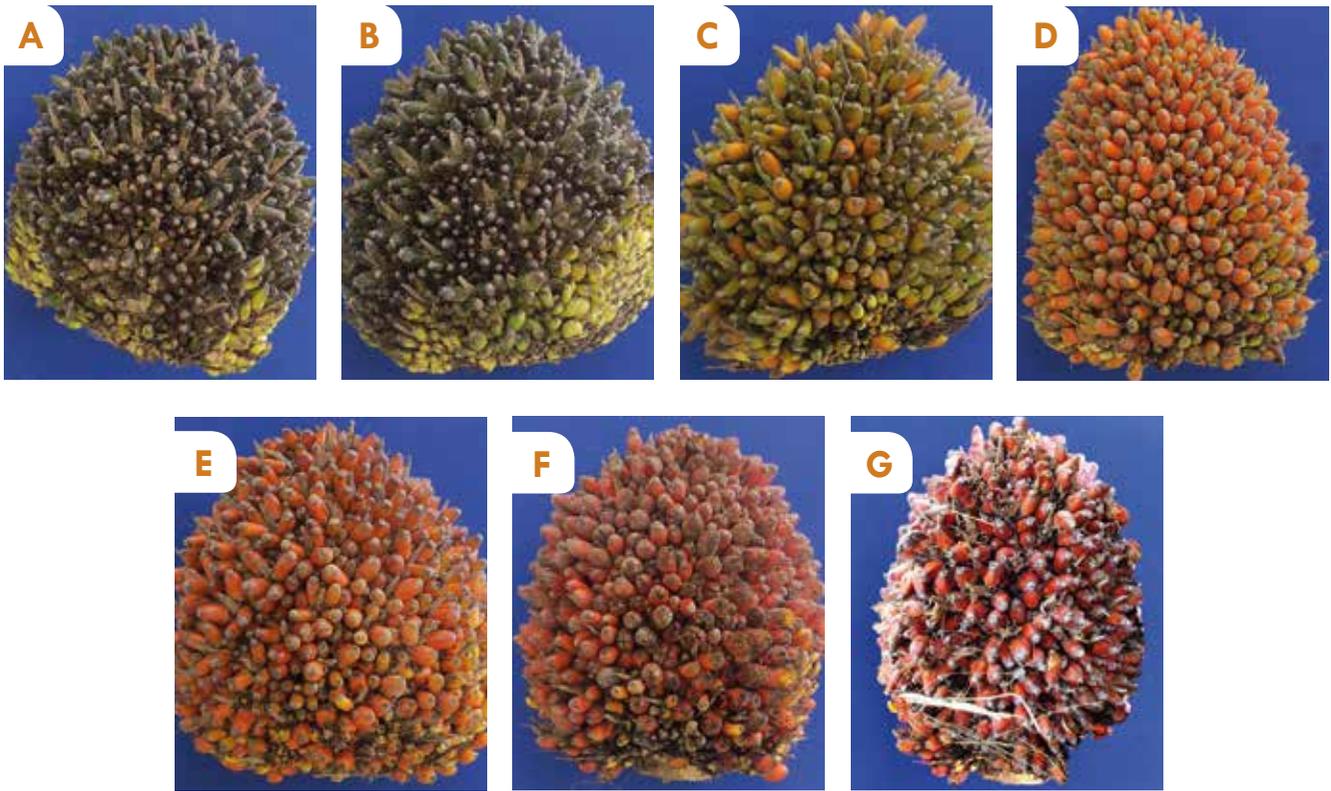
x Djongo, la coloración de los racimos inmaduros varió en una gama de coloración rojiza y verde, sin embargo hacia el final de la maduración la coloración fue naranja intenso en los racimos en general (Figura 5).

En los dos cruzamientos, el cambio de estadio desde 709 al 800 y del 800 al 803 ocurrió en un periodo de tiempo más largo (alrededor de 20 días), mientras que entre los estadios maduros (comprendidos entre 805 y 809) este periodo de tiempo fue menor (entre 8 y 15 días aproximadamente) (Figura 6).

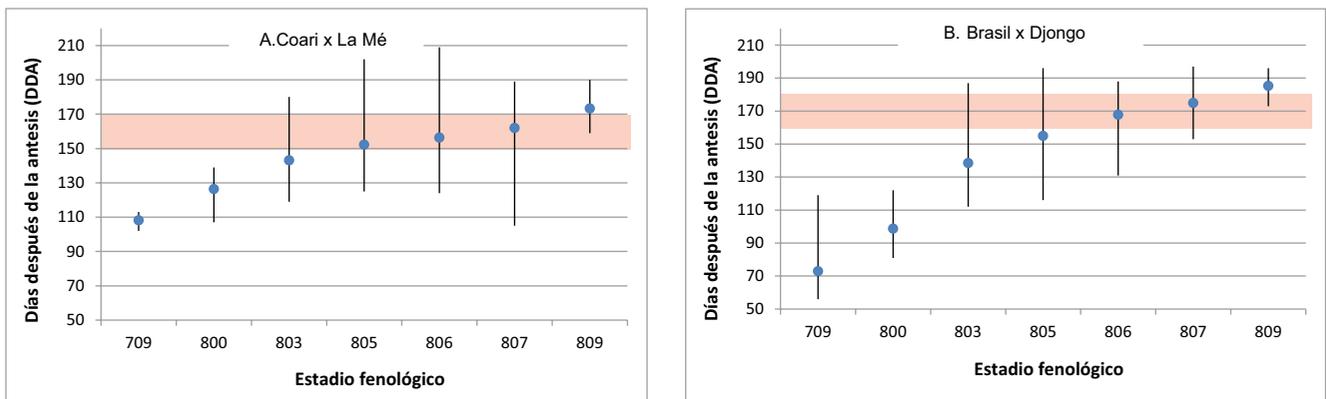
En el cruzamiento Coari x La Mé el proceso de maduración inició alrededor de los 126 días después de la antesis (estadio 800), alcanzando el estadio 807 (que es el estadio de maduración correspondiente al momento adecuado de cosecha para este cruzamiento según Rincón *et al.*, 2013) a los 162 días después de la antesis, mientras que para alcanzar el estadio de sobremaduración (809) transcurrieron 173 días. En el cruzamiento



**Figura 4.** Estadios de maduración del racimo en el cruzamiento Coari x La Mé: A. Estadio 709; B. Estadio 800; C. Estadio 803; D. Estadio 805; E. Estadio 806; F. Estadio 807 y G. Estadio 809.



**Figura 5.** Estadios de maduración del racimo en el cruzamiento Brasil x Djongo: A. Estadio 709; B. Estadio 800; C. Estadio 803; D. Estadio 805; E. Estadio 806; F. Estadio 807 y G. Estadio 809.



**Figura 6.** Cambio de estadio fenológico para los dos cruzamientos evaluados: A. Coari x La Mé; B. Brasil x Djongo. Nota: se muestran los valores mínimos, máximos y el valor promedio identificado con el marcador azul. La franja roja delimita el intervalo de tiempo correspondiente al criterio de cosecha basado en días después de la antesis.

Brasil x Djongo la maduración del racimo inició alrededor de los 98 días después de la antesis (estadio 800), alcanzando el estadio 807 a los 175 días después de la antesis. El estadio de sobremaduración (809) se presentó a los 185 días después de la antesis.

Al examinar el criterio de cosecha basado en el número de días después de la antesis, que establece un rango

para realizar dicha labor entre los 150 y 170 DDA (intervalo señalado en la Figura 6 con una franja roja), resulta relevante el hecho de que los dos cruzamientos presentaron racimos que se encontraban en diferentes estadios de maduración durante el intervalo de tiempo en mención. En efecto, se encontraron racimos desde el estadio 803 que corresponde a un estadio intermedio de maduración, en el que se destaca un mosaico de

- frutos maduros e inmaduros, hasta el 809 en el que la maduración está llegando a su momento final y se puede presentar desprendimiento del fruto. Particularmente, realizar la cosecha en estos dos estadios presupone pérdidas importantes en el contenido de aceite, ya que en el estadio 803 existen frutos que no han alcanzado su madurez y en el estadio 809 se presentan potenciales pérdidas por la cantidad de los frutos desprendidos en campo. Adicionalmente, las diferencias encontradas entre los cruzamientos con respecto al tiempo transcurrido para que un racimo alcance los estadios 807 y 809 dificultan establecer un único criterio basado en días después de la antesis ya que, por ejemplo, si se definiera que el momento para realizar la cosecha corresponde a los 160 DDA, se estarían cosechando racimos en el estadio 807 para el cruzamiento Coari x La Mé mientras que en el Brasil x Djongo se estarían cosechando racimos que aún no han llegado a ese estadio.

Por lo anterior, el criterio de número de días después de la antesis no representa un buen indicador.

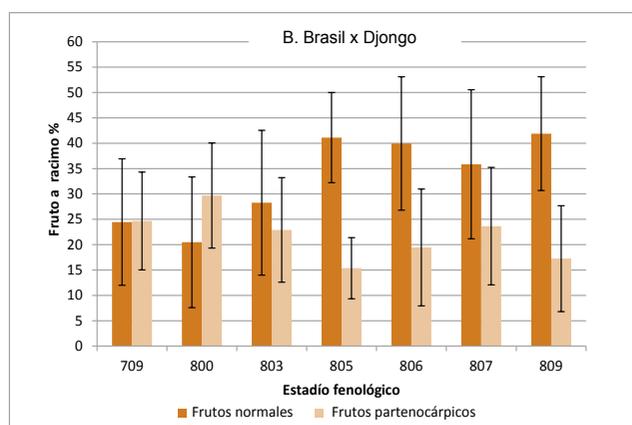
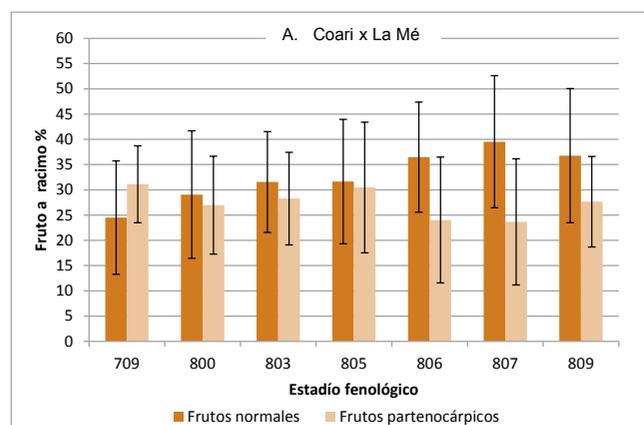
## Análisis de racimo: composición y contenido de aceite del racimo

En el porcentaje de frutos a racimo (FR) se observaron diferencias para los dos cruzamientos en la composición del racimo, debido al aporte que realizan los dos tipos de fruto (normales y partenocárpicos) al FR total. El cruzamiento Coari x La Mé presenta alrededor de 25 % de frutos partenocárpicos y 35 % de frutos normales. Por el contrario, en el cruzamiento Brasil x Djongo los frutos normales presentan una mayor participación

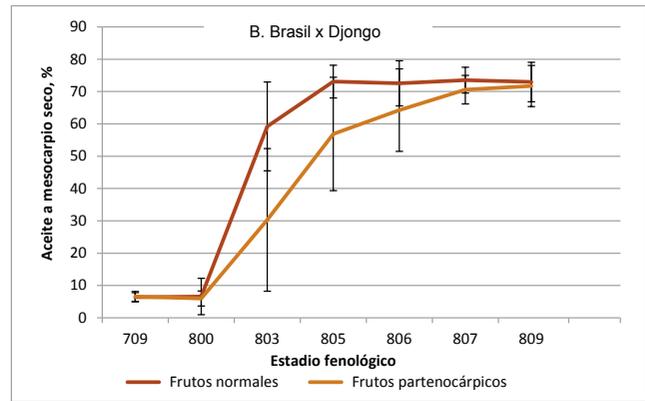
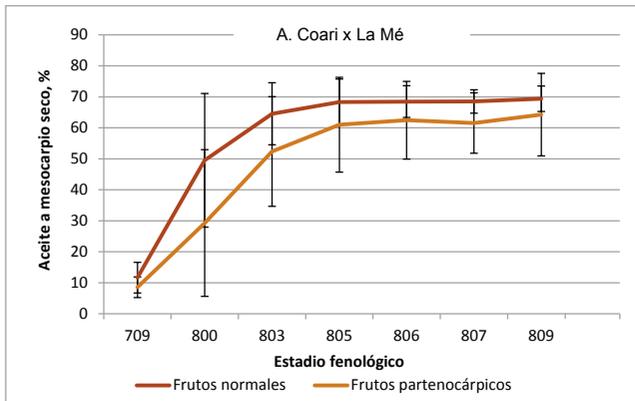
alcanzando el 40 %, mientras que los partenocárpicos no alcanzaron el 20 % (Figura 7). Estas diferencias en el porcentaje de frutos partenocárpicos y normales repercutirán finalmente en el porcentaje de aceite en el racimo.

La comparación entre frutos partenocárpicos y normales indicó que la síntesis de aceite ocurre de manera distinta en cada caso. A lo largo de la maduración, los frutos normales presentaron un porcentaje de aceite a mesocarpio seco superior al de los frutos partenocárpicos (entre 10 hasta 30 %), y hacia el estadio sobremaduro 809 esta diferencia disminuyó llegando a ser de 5 %, o incluso menor en el caso del cruzamiento Brasil x Djongo. La síntesis de aceite comenzó en los estadios inmaduros presentando un incremento acelerado hasta el estadio 805; posteriormente se estabilizó en los frutos normales, mientras que en los partenocárpicos se presentó un leve incremento hasta llegar al estadio 809. Al comparar los dos cruzamientos se encontró que en el Coari x La Mé la síntesis de aceite se disparó desde el estadio 709 mientras que en el Brasil x Djongo, este incremento se observó a partir del estadio 800 (Figura 8). A pesar de que en los dos cruzamientos la máxima acumulación de aceite en frutos normales ocurre en estadios tempranos de maduración, en los frutos partenocárpicos la máxima acumulación de aceite ocurre en los estadios tardíos de la maduración de los racimos.

El porcentaje de aceite a racimo (AR) mostró un incremento gradual durante la maduración, alcanzando los mayores valores en los estadios 807 y 809. Para el cruzamiento Coari x La Mé este valor osciló entre 20 y 22 %, mientras que para el Brasil x Djongo alcanzó valores entre 23 y 26 % (Figura 9).



**Figura 7.** Fruto a racimo (FR) en cada estadio de desarrollo del racimo. A. Cruzamiento Coari x La Mé; B. Cruzamiento Brasil x Djongo.



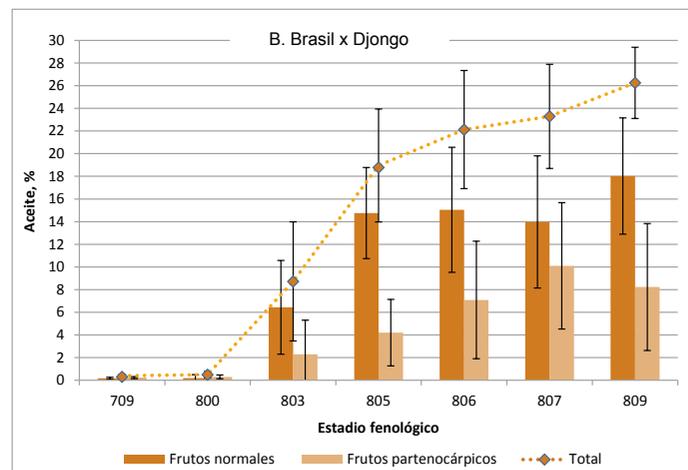
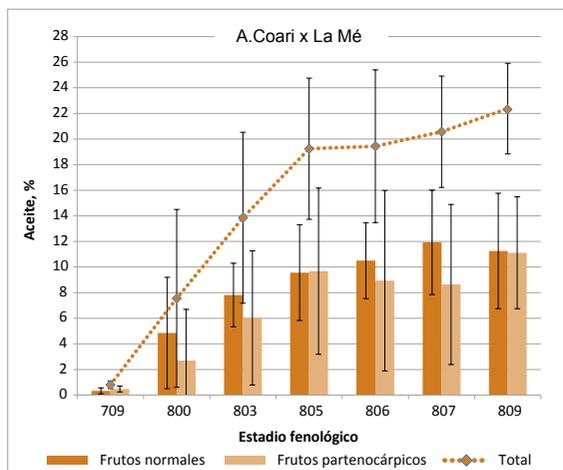
**Figura 8.** Aceite a mesocarpio seco (AMS) en cada estadio de desarrollo del racimo. A. Cruzamiento Coari x La Mé; B. Cruzamiento Brasil x Djongo.

Para el cruzamiento Coari x La Mé se encontró que tanto frutos normales como partenocárpicos tuvieron una contribución importante con respecto al contenido total de aceite en el racimo. En el caso del cruzamiento Brasil x Djongo, un gran porcentaje de AR provino de los frutos normales alcanzando los mayores valores desde el estadio 803 hasta el 809; sin embargo, el aporte de los frutos partenocárpicos en los estadios finales osciló entre 30 y 40 % del valor total de AR. Este comportamiento, en concordancia con el del porcentaje de frutos a racimo, indicó que para este cruzamiento los frutos normales constituyen un aporte mucho más significativo para el contenido de aceite en el racimo.

tran las características más deseables para obtener mejores rendimientos y optimizar la labor de cosecha. En estos estadios se ha alcanzado un buen grado de desarrollo del racimo en general, así como de los frutos normales y partenocárpicos.

Así pues, para ambos cruzamientos la cosecha podría realizarse cuando los racimos han alcanzado el estadio 807; sin embargo, el cruzamiento Brasil x Djongo presentó una tendencia marcada al desprendimiento del fruto a partir del estadio 807, por lo que para este cruzamiento la cosecha debería efectuarse más cerca del estadio 807 que del 809, evitando así la pérdida de frutos por desprendimiento; mientras que en el cruzamiento Coari x La Mé no se observó de manera marcada el desprendimiento de frutos, aun cuando el

El comportamiento de los distintos parámetros evaluados señala que en los estadios 807 y 809 se encuen-



**Figura 9.** Aceite a racimo (AR) en cada estadio de desarrollo del racimo. A. Cruzamiento coari x La Mé; B. Cruzamiento Brasil x Djongo.

- racimo estaba llegando al estadio 809, lo que permite
- manejar un rango de días más amplio para realizar la
- cosecha en este caso.

En esta evaluación se evidenció que la variabilidad existente entre los cruzamientos de híbrido es significativa y, por esta razón, las labores de manejo podrían requerir de una planeación específica en relación a características particulares de cada cruzamiento. En este esfuerzo, conocer los cambios del racimo durante su desarrollo por medio del estudio de la escala fenológica abre un camino orientador hacia el establecimiento de criterios de cosecha que resulten mucho más efectivos.

## Bibliografía

Forero, D.; Hormaza, P.; Moreno, L.; Ruiz, R. 2012. Generalidades sobre la morfología y fenología de la palma de aceite. Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma. Bogotá D.C. Colombia. 150 p.

Hormaza, P.; Forero, D.; Ruiz, R.; Romero, H. 2010. Fenología de la Palma de aceite africana (*Elaeis guineensis* Jacq) y del híbrido interespecífico (*E. oleifera* x *E. guineensis*). Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma. Bogotá, D.C. Colombia.

Prada, F.; Romero, H. 2012. Muestreo y análisis de racimos en el cultivo de la palma de aceite. Tecnología para la agroindustria de la palma de aceite: guía para facilitadores. Bogotá, D.C. Colombia. 158 p.

Rincón, S.; Hormaza, P.; Moreno, L.; Prada, F.; Portillo, D.; Gracia, J.; Romero, H. 2013. Use the phenological stage of the fruits and physicochemical characteristics of the oil to determine the optimal harvest time of oil palm interspecific OxG hybrid fruits. *Industrial Crops and Products*. Vol 49. 204-210.

Romero, H.; Forero, D.; Hormaza, P. 2012. Estadios fenológicos de crecimiento de palma de aceite africana (*Elaeis guineensis*). *Palmas*, 33(1), 23-35.

Rosero, G.; Santacruz, L. 2014. Efecto de la polinización asistida en la conformación del racimo en material híbrido OxG en la plantación Guaicaramo S.A. *Palmas*, 35(4), 11-19.

Sterling, F.; Alvarado, A. 1993. Determinación del estado de madurez del racimo de palma aceitera asociado con la máxima tasa de extracción de aceite. *Agronomía Costarricense*. 17 (2): 71-76.

Esta publicación es propiedad del Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma, por tanto, ninguna parte del material ni su contenido, ni ninguna copia del mismo puede ser alterada en forma alguna, transmitida, copiada o distribuida a terceros sin el consentimiento expreso de Cenipalma. Al realizar la presente publicación, Cenipalma ha confiado en la información proveniente de fuentes públicas o fuentes debidamente publicadas. Contiene recomendaciones o sugerencias que profesionalmente resultan adecuadas e idóneas con base en el estado actual de la técnica, los estudios científicos, así como las investigaciones propias adelantadas. A menos que esté expresamente indicado, no se ha utilizado en esta publicación información sujeta a confidencialidad ni información privilegiada o aquella que pueda significar incumplimiento a la legislación sobre derechos de autor. La información contenida en esta publicación es de carácter estrictamente referencial y así debe ser tomada y está ajustada a las normas nacionales de competencia, Código de Ética y Buen Gobierno de la Federación, respetando en todo momento la libre participación de las empresas en el mercado, el bienestar de los consumidores y la eficiencia económica.



Director general: José Ignacio Sanz Scovino, Ph.D.  
Revisión de textos: Comité de Publicaciones de Cenipalma  
Coordinación editorial: Yolanda Moreno Muñoz - Esteban Mantilla  
Diagramación: Jenny Angélica Ramírez Jácome  
Impresión: Javegraf

Esta publicación contó con el apoyo de Fedepalma y el Fondo de Fomento Palmero