

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Harvest prediction and control in interspecific hybrid *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* at Colombian west area of palm production.

I. Ripeness period determination in order to obtain high amounts of oil concentration at bunches

ABSTRACT

This study was carried out to identify the ripeness period in order to obtain high amounts of oil concentration in bunches of the OxG hybrid (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*) Corpoica Elmira in the palm production region of Tumaco, Colombia. The highest period of oil concentration in bunches was obtained between 170 and 180 days after assisted pollination, within this range it's possible to harvest the largest number of bunches with fruit at optimum ripeness. Variables such as oil to dry mesocarp ratio of fertile fruits (AcPSFF), oil to dry mesocarp ratio of parthenocarpic fruits (AcPSFP), oil to wet mesocarp ratio of parthenocarpic fruit (AcPFFP), oil to bunch ratio based on parthenocarpic fruit (AcRFP), and oil to bunch ratio (AcR), are sensitive to ripeness periods.

Keywords: hybrid, criteria for harvest, harvest cycles, quality of harvest.

Predicción y control de la cosecha en el híbrido interespecífico *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* en la zona palmera occidental de Colombia.

I. Determinación del periodo de madurez para obtener racimos con alto contenido de aceite

Cindy Amelia Preciado Q.¹, Silvio Bastidas P.², Carlos Betancourth G.¹, Eduardo Peña R.², Rafael Reyes C.²

RESUMEN

El propósito de la investigación fue identificar el periodo de madurez del fruto con mayor acumulación de aceite en los racimos del híbrido OxG (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*) Corpoica Elmira en la zona palmera de Tumaco, Colombia. El periodo con mayor acumulación de aceite en los racimos se obtuvo entre 170 y 180 días después de la polinización asistida; dentro de este rango es posible cosechar el mayor número de racimos en punto de madurez óptima. Las variables aceite en pulpa seca de frutos fértiles (AcPSFF), aceite en pulpa seca de frutos partenocárpicos (AcPSFP), aceite en pulpa fresca de frutos partenocárpicos (AcPFFP), aceite en racimo con base en frutos partenocárpicos (AcRFP) y aceite en racimo (AcR) son sensibles a los periodos de maduración.

Palabras clave: híbridos, criterios de cosecha, ciclos de cosecha, calidad de la cosecha.

INTRODUCCION

El complejo pudrición del cogollo (PC) es el principal y más grave disturbio que enfrentan los palmeros de la zona occidental del país. En el año 2007 su presencia devastadora se estimó presente en el 95% de las fincas palmeras de Tumaco (Hurtado y Mercado, 2007) y en el 2010 en toda el área, causando la muerte de 25.000 ha de las 35.000 ha que existían en esta región³. Contra la PC aún no existen medidas efectivas de control. La solución genética parece prometedora al incorporar la resistencia de la palma americana de aceite (*Elaeis oleifera*) a la palma africana de aceite (*Elaeis guineensis*), generando el híbrido interespecífico OxG reportado tolerante a enfermedades, entre ellas al PC (Hartley, 1988; Gómez *et al.*, 1995; Alvarado *et al.*, 1998; Sharma, 1999; Torres *et al.*, 2004; Bastidas *et al.*, 2007).

En palma africana de aceite la madurez del fruto es definida como la máxima acumulación de aceite en el fruto con

Fecha de recepción 2010-10-07
Fecha de aceptación 2010-11-10

¹ Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto (Colombia). cindyamelia1@gmail.com; cbet70@yahoo.com

² Centro de Investigación Palmira, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Corpoica. Palmira (Colombia). sbastidas@corpoica.org.co; epena@corpoica.org.co; rreyes@corpoica.org.co

³ Estimaciones en diferentes reuniones gremiales de Fedepalma; Corpoica, MADR (2010)

un mínimo de acidez (Toong y Yeang, 1993). Los primeros intentos para determinar la madurez óptima de cosecha en palma de aceite bajo las condiciones ambientales de la zona palmera de Tumaco, Colombia, fueron realizados por Narváez *et al.* (1996) y Vera *et al.* (1998) quienes demostraron que la edad de la palma no ejercía influencia sobre el periodo de maduración de los frutos, además que aumentaba la tasa de extracción de aceite cosechando 180 días después de antesis.

Este nuevo sistema de producción trae consigo nuevos problemas, siendo el principal un desconocimiento generalizado de su manejo agronómico lo cual justifica generar conocimientos básicos que permitan hacerlo rentable y sostenible. El propósito de ésta investigación fue identificar el periodo de madurez óptima en palmas del híbrido OxG Corpoica Elmira en la zona palmera de Tumaco-Nariño-Colombia, equivalente a determinar el periodo de maduración en días después de la polinización asistida, para cosechar racimos con mayor contenido de aceite.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en Corpoica Estación Experimental El Mira, localizada a 16 msnm; coordenadas 1° 32' 58" LN y 78° 41' 21" LO. En la región predominan condiciones de bosque húmedo tropical, con 3000 mm/año de precipitación, 25,5°C de temperatura media, humedad relativa del 88% y 1.008 horas de brillo solar por año (Ideam, 2004).

El material de estudio correspondió a la nueva generación del híbrido interespecífico OxG Corpoica Elmira, obtenido por cruzamiento entre las especies *Elaeis oleifera* tipo Cereté y *Elaeis guineensis* tipo Deli (Bastidas *et al.*, 2010). Se utilizó un lote sembrado en junio de 2005 con palmas del híbrido OxG Corpoica Elmira a una distancia de 10 m entre palma y palma en triángulo, para una densidad de 115 palmas/ha. En este lote se ubicaron 20 palmas que estuvieran en ciclo femenino, sobre las cuales se distribuyeron al azar 10 tratamientos con 2 repeticiones cada uno:

| | |
|------|--|
| T150 | Cosecha 150 días después de la polinización asistida |
| T160 | Cosecha 160 días después de la polinización asistida |
| T165 | Cosecha 165 días después de la polinización asistida |
| T170 | Cosecha 170 días después de la polinización asistida |
| T175 | Cosecha 175 días después de la polinización asistida |
| T180 | Cosecha 180 días después de la polinización asistida |

| | |
|------|---|
| T185 | Cosecha 185 días después de la polinización asistida |
| T190 | Cosecha 190 días después de la polinización asistida |
| T195 | Cosecha 195 días después de la polinización asistida |
| TTES | Se cosecha a criterio de la plantación ⁴ (testigo) |

La aplicación de los tratamientos consistió en revisar diariamente las 20 palmas en busca de inflorescencias femeninas en antesis. Una vez ubicada la inflorescencia se le asignó un tratamiento al azar. Luego se procedió a polinizarla asperjando una mezcla de polen y talco en proporción 1:5, registrando este día como el día uno, a partir del cual se contabilizaron los siguientes hasta llegar al día programado para la cosecha. Cada racimo cosechado se llevó al laboratorio para el correspondiente análisis cuantitativo y cualitativo de sus frutos, usando la metodología utilizada regularmente en Corpoica El Mira (Corpoica, 2003). Fueron estudiadas 17 variables respuesta: 1) Peso de frutos fértiles; 2) Peso de frutos partenocárpicos; 3) Porcentaje de frutos fértiles; 4) Porcentaje de frutos partenocárpicos; 5) Porcentaje de fruto en racimo; 6) Porcentaje de pulpa en fruto fértil; 7) Porcentaje de cuesco en fruto fértil; 8) Porcentaje de almendra en fruto fértil; 9) Porcentaje de pulpa en fruto partenocárpico; 10) Porcentaje de cuesquillo en fruto partenocárpico; 11) Porcentaje de aceite en pulpa fresca de los frutos fértiles; 12) Porcentaje de aceite en pulpa seca de los frutos fértiles; 13) Porcentaje de aceite en pulpa fresca de los frutos partenocárpicos; 14) Porcentaje de aceite en pulpa seca de los frutos partenocárpicos; 15) Porcentaje de aceite en racimo con base en los frutos fértiles; 16) Porcentaje de aceite en racimo con base en los frutos partenocárpicos y 17) Porcentaje de aceite en racimo. Las anteriores variables fueron estimadas a partir de 10 características medidas directamente de la planta: peso del racimo; peso del raquis del racimo; peso de frutos fértiles, partenocárpicos y abortados; número de frutos fértiles y partenocárpicos; peso de las nueces; peso de los cuesquillos (cuescos sin almendra de frutos partenocárpicos) y peso de la almendra.

La diferencia estadística entre tratamientos se determinó mediante el análisis de varianza correspondiente a un modelo estadístico completamente al azar con 10 tratamientos y 2 repeticiones; la unidad experimental fue un racimo resultante de la polinización artificial. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

⁴ Los operarios consideran que un racimo está listo para cosechar cuando la mayoría de los frutos se tornan de color rojo anaranjado y además algunos presentan cuarteaduras en el ápice.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De 17 variables estudiadas, únicamente 6 presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos (Tabla 1): peso frutos partenocárpicos (PFP); aceite en pulpa seca de frutos fértiles (AcPSFF); aceite en pulpa seca de frutos partenocárpicos (AcPSFP); aceite en pulpa fresca de frutos partenocárpicos (AcPFFP); aceite en racimo con base en frutos partenocárpicos (AcRFP) y aceite en racimo (AcR).

Peso promedio en frutos partenocárpicos (PFP)

Este componente de la producción de aceite presentó variación desde 1,91 g cuando la cosecha se realiza 150 días después de la polinización hasta 6,70 g cuando la cosecha se realiza 190 días después de la polinización. En promedio los frutos partenocárpicos de los híbridos OxG pesan 2,76 g (Tabla 1).

Las diferencias estadísticas ($P \leq 0,01$) indica que el peso de los frutos partenocárpicos obedece al periodo de maduración (Tabla 2). El PFP presentó baja variabilidad entre tratamientos, de ahí su bajo coeficiente de variación ($CV = 10,7\%$).

Con las evidencias estadísticas del trabajo se puede afirmar que cosechando 190 días después de la polinización, los híbridos OxG producen frutos partenocárpicos más pesados que los otros 9 tratamientos, entre los cuales no existen diferencias (Tabla 1).

Se puede inferir que el periodo de maduración del racimo afecta positivamente el PFP, entendiendo como periodo de maduración el tiempo transcurrido desde la polinización de las flores hasta la cosecha del racimo. Con respecto a los frutos fértiles de la palma de aceite se conoce que su mayor crecimiento en peso y volumen ocurre durante los 3 primeros meses después de la polinización, donde acu-

mulan materia seca y agua, luego sigue el endurecimiento del endocarpio (cuesco) hasta los 5,5 meses y luego el crecimiento cesa, iniciando la acumulación de aceite (Hartley, 1988). Según los resultados, los frutos partenocárpicos de los híbridos OxG continúan creciendo después de los 5,5 meses.

Un racimo OxG está compuesto por frutos fértiles y frutos partenocárpicos rojos, blancos y verdes. Entre los partenocárpicos rojos se observa alta variabilidad en tamaño y peso, los más grandes y pesados están en el exterior del racimo; esta gama de variación sugiere que los frutos partenocárpicos continúan creciendo y madurando después de 190 días. El problema de esta cualidad es que aumenta el número de frutos desprendidos.

Los híbridos OxG bajo polinización natural presentan las siguientes proporciones: frutos normales sobre racimo desde 14 hasta 42%; frutos partenocárpicos rojos entre 22 y 49%; frutos partenocárpicos blancos y verdes (no producen aceite) desde 10 y 44% (Zambrano, 2004). En Indupalma (Cesar), reportan la siguiente composición de los racimos: frutos normales 42%; frutos partenocárpicos rojos 17,3%; partenocárpicos verdes 9,4% y raquis y espiguillas 31,3% (Indupalma, 2007). Lo anterior indica una importante participación de los frutos partenocárpicos rojos en la composición del racimo y en la producción de aceite.

Aceite en pulpa seca en frutos fértiles (AcPSFF)

El porcentaje de AcPSFF varía desde 52,3 hasta 75,8% cuando la cosecha se realiza 150 y 190 días después de la polinización respectivamente. En promedio los frutos fértiles contienen 68,7% de aceite en su pulpa (Tabla 1). Este comportamiento es equiparable con el estándar mínimo que deben tener los parentales Dura de palma de aceite, cifrado en 70% de aceite en pulpa seca (Corley y Tinker, 2003).

Tabla 1. Variables determinantes de la producción de aceite en el híbrido interespecífico OxG Corpoica Elmira.

| Cosecha (ddp) | PFP (g) | AcPSFF (%) | AcPSFP (%) | AcPFFP (%) | AcRFP (%) | AcR (%) |
|---------------|---------|------------|------------|------------|-----------|----------|
| 150 | 1,90 b | 52,30 c | 27,13 b | 37,45 a | 15,94 a | 11,79 b |
| 160 | 2,20 b | 74,57 a | 61,18 a | 41,95 a | 19,40 a | 15,59 ab |
| 165 | 2,18 b | 57,73 bc | 41,05 b | 49,56 a | 24,57 a | 15,97 ab |
| 170 | 2,13 b | 74,73 a | 72,17 a | 69,46 a | 38,83 a | 29,19 a |
| 175 | 2,54 b | 71,19 ab | 66,63 a | 65,65 a | 33,94 a | 24,80 ab |
| 180 | 2,56 b | 72,03 a | 67,67 a | 77,64 a | 35,35 a | 25,20 ab |
| 185 | 2,36 b | 68,66 ab | 63,61 a | 55,79 a | 28,26 a | 19,77 ab |
| 190 | 6,70 a | 75,88 a | 74,03 a | 24,12 a | 17,36 a | 17,16 ab |
| 195 | 2,41 b | 69,64 ab | 64,39 a | 60,55 a | 27,12 a | 19,48 ab |
| Testigo | 2,61 b | 70,94 ab | 69,23 a | 35,97 a | 16,27 a | 13,91 ab |

ddp = Días después de la polinización asistida. PFP, peso frutos partenocárpicos; AcPSFF, aceite en pulpa seca de frutos fértiles; AcPSFP, aceite en pulpa seca de frutos partenocárpicos; AcPFFP, aceite en pulpa fresca de frutos partenocárpicos; AcRFP, aceite en racimo con base en frutos partenocárpicos; AcR, aceite en racimo. Las letras distintas sobre las columnas indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

En la Tabla 2 se indican las diferencias entre tratamientos en cuanto a la cantidad de AcPSFF ($P \leq 0,01$) mostrando que esta característica depende del periodo de maduración de los frutos, aunque presentó el más bajo coeficiente de variación con 5,1%. La prueba de Tukey ($P \leq 0,05$) determinó que únicamente los tratamientos T150 y T165 son inferiores al resto de tratamientos en la capacidad para acumular AcPSFF. En promedio el T190 presenta mayor cantidad de AcPSFF con 75,8% pero sin evidencias estadísticas con respecto a los otros tratamientos, excepto T150 y T165 (Tabla 1).

En Tumaco se encontró baja variabilidad en AcPSFF entre palmas de aceite de diferente edad cuando los racimos se cortan 175 días después de antesis, con 77,3% en palmas de 10 años hasta 75,9% en palmas de 15 años (Narváez *et al.*, 1996). Por su parte Ruiz (2000) menciona que el AcPSFF en las etapas tempranas del desarrollo del racimo de la palma de aceite es insignificante, luego sigue un incremento repentino a partir de la semana 16 hasta la 20, cuando ocurre la maduración del racimo, con incrementos insignificantes durante la semana siguiente.

Aceite en pulpa seca en frutos partenocárpicos (AcPSFP)

El AcPSFP es otro factor directamente relacionado con la tasa de extracción de aceite; expresa la cantidad porcentual de aceite presente en la pulpa seca de los frutos partenocárpicos. Esta variable presentó baja variabilidad entre tratamientos ($CV = 6,2\%$). La variación encontrada fue desde 27,1% de AcPSFP para los frutos del T150 hasta 74,0% en los frutos del T190.

En palma de aceite el AcPSFP no se toma en cuenta para los análisis de laboratorio porque en esta especie el porcentaje de frutos partenocárpicos es bajo; sin embargo, según los resultados el AcPSFP en los híbridos OxG tiene la misma importancia que el AcPSFF, dado que bajo condiciones naturales y en ausencia de polinización asistida el porcentaje de frutos partenocárpicos en los híbridos OxG es mayor que el porcentaje de frutos fértiles. Como se mencionó antes, en los híbridos OxG los frutos partenocárpicos rojos maduran y producen aceite.

Para AcPSEP se encontró diferencias con 99% de probabilidades entre tratamientos, confirmando que los ciclos de cosecha modifican la cantidad de aceite en pulpa seca de los frutos partenocárpicos. La prueba de Tukey indica que los híbridos OxG producen mayor cantidad de AcPSFP cuando la cosecha se realiza 190 días después de la polinización asistida.

La Figura 1 representa la comparación entre AcPSFF y AcPSFP; se aprecia que estas dos características están directamente relacionadas, porque presentan variaciones paralelas según cada uno de los tratamientos. También se aprecia, que independiente del periodo de maduración el porcentaje de AcPSFF es mayor que el porcentaje de AcPSFP, aunque sin significancia estadística.

La relación representada en la Figura 1 sugiere que el contenido de aceite en los frutos es estrechamente similar en ambos tipos de fruto, reforzando la importancia de los frutos partenocárpicos en los análisis de los racimos. Con relación a esto, Corley y Tinker (2003) dicen que los análisis de contenido de aceite para los frutos fértiles y partenocárpicos

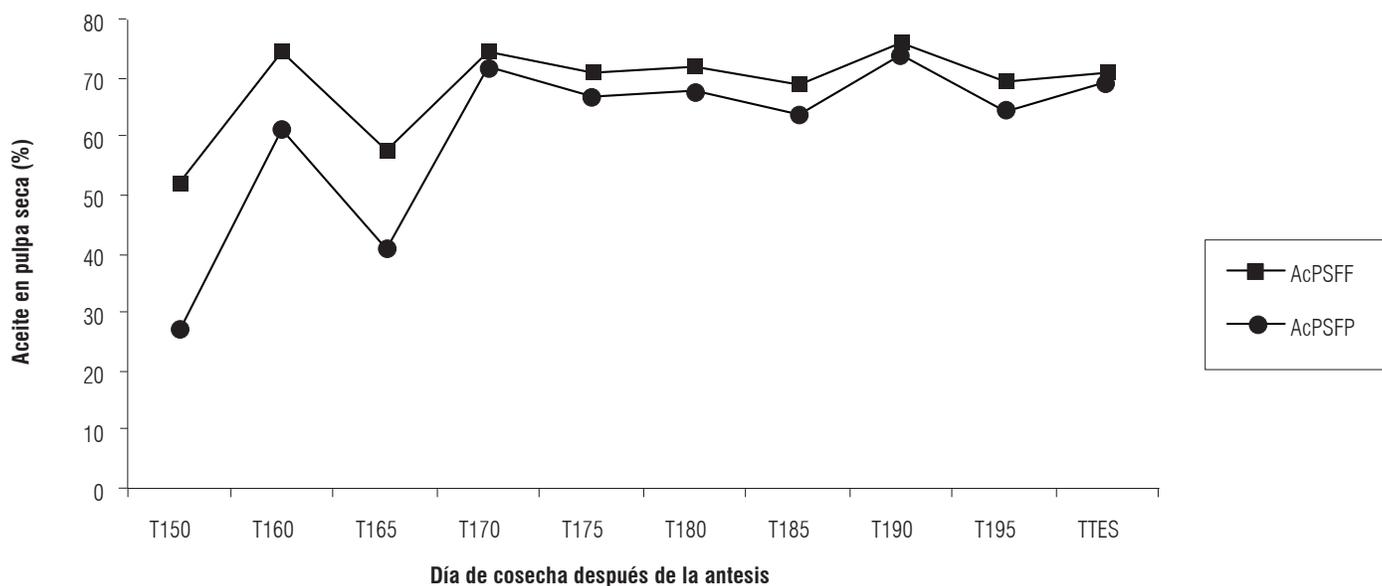


Figura 1. Comparación entre tratamientos con relación al porcentaje de aceite en pulpa seca de los frutos fértiles (AcPSFF) y de los frutos partenocárpicos (AcPSFP). TTES, se cosecha a criterio de la plantación.

Tabla 2. Los cuadrados medios del análisis de varianza, grado de significancia y coeficientes de variación de variables determinantes en la producción de aceite del interespecífico OxG Corpoica Elmira.

| Fuente de variación | GL | PFP (%) | AcPSFF (%) | AcPSFP (%) | AcPFFP (%) | AcRFP (%) | AcR (%) |
|---------------------|----|---------|------------|------------|------------|-----------|---------|
| Tratamientos | 9 | 3,93 ** | 118,84 ** | 444,66 ** | 575,20 * | 141,43 * | 61,77 * |
| Error | 10 | 0,08 | 12,53 | 14,34 | 200,67 | 35,41 | 15,70 |
| % CV | -- | 10,72 | 5,14 | 6,23 | 27,34 | 23,15 | 20,54 |

PFP, peso frutos partenocárpico; AcPSFF, aceite en pulpa seca de frutos fértiles; AcPSFP, aceite en pulpa seca de frutos partenocárpico; AcPFFP, aceite en pulpa fresca de frutos partenocárpico; AcRFP, aceite en racimo con base en frutos partenocárpico; AcR, aceite en racimo.

* Diferencias significativas ($P \leq 0,05$). ** Diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$).

cárpico se hacen por separado, especialmente cuando la proporción de frutos partenocárpico es alta, como en los racimos de los híbridos *E. oleifera* x *E. guineensis*.

Aceite en pulpa fresca en frutos partenocárpico (AcPFFP)

Este componente de la producción de aceite presentó variación desde 24,1 hasta 77,6% cuando la cosecha se realiza 190 y 180 días después de la polinización respectivamente (Tabla 1). El comportamiento de las palmas del tratamiento T190 es irregular, puesto que en tres características (PFP, AcPSFF, AcPSFP) presentan los mayores valores, en cambio en las otras tres (AcPFFP, AcRFP, AcR) su valor está entre los más bajos.

Torres *et al.* (2004) encontraron que los frutos partenocárpico aportan un porcentaje de aceite que oscila entre 47 y 58% en pulpa fresca, valores con menos amplitud de rango que los encontrados en el presente estudio, resaltando el aporte de este tipo de frutos a la producción de aceite.

El análisis de varianza encontró que los tratamientos difieren entre sí con 95% de probabilidades en cuanto al AcPFFP, sin embargo la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$) fue

insensible para diferenciar tratamientos a pesar que esta característica presentó el mayor coeficiente de variación con 27,3%. Esta divergencia estadística significa que las diferencias se deben a factores ajenos a los periodos de maduración (Tabla 2).

En la especie *E. guineensis* el contenido de aceite en pulpa fresca presenta amplia variación entre tratamientos, desde 39,8% cuando la cosecha se realiza 150 días después de antesis hasta 52,6% a los 180 días (Narváez *et al.*, 1996). Por su parte, cuando se realiza revisión semanal para identificar flores en antesis y se realiza la cosecha 180 días después se obtiene mayor cantidad de aceite en pulpa fresca con 47,4% con variaciones desde 44,9 hasta 48,7% (Vera *et al.*, 1998).

La Figura 2 representa la comparación entre AcPSFP y AcPFFP. Algunos tratamientos, como T150, T65 y T180 demuestran interacción con respecto al contenido de aceite en los frutos partenocárpico. En la Figura 2 también se demuestra que el comportamiento se debe más a efectos ajenos a la acción de los tratamientos, porque según la metodología de cálculo, el porcentaje de aceite en pulpa fresca siempre será mayor que el porcentaje de aceite en pulpa seca, independiente del tipo de fruto.

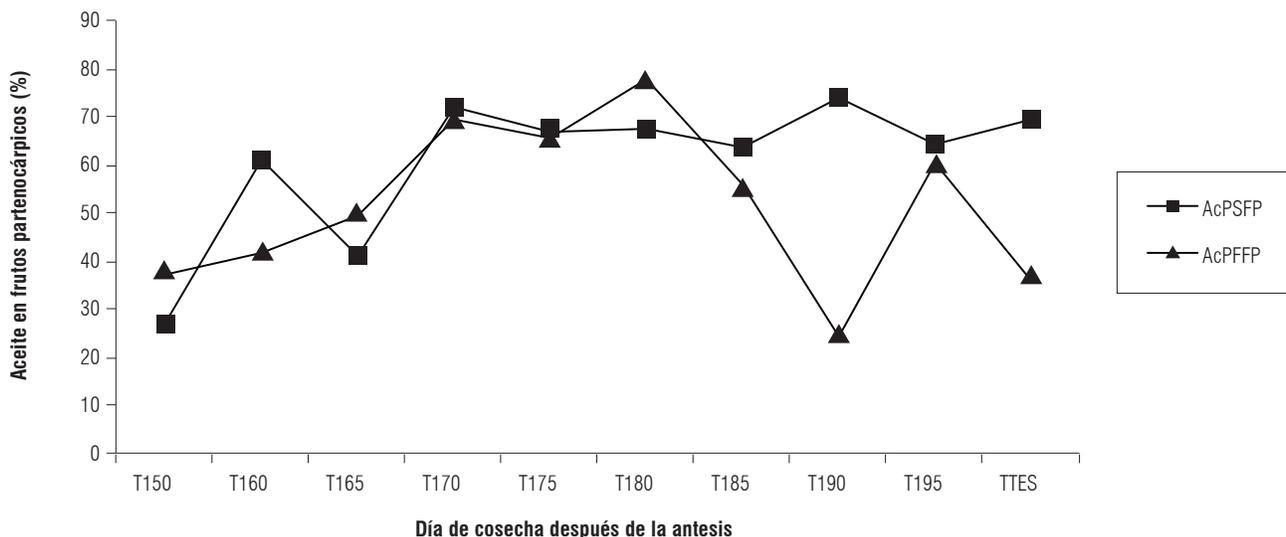


Figura 2. Porcentaje de aceite en frutos partenocárpico de los híbridos OxG Corpoica Elmira. AcPFFP, aceite en pulpa fresca frutos partenocárpico; AcPSFP aceite en pulpa seca frutos partenocárpico. TTES, se cosecha a criterio de la plantación.

En palma africana, el aceite en pulpa fresca está directamente asociado con el aceite en pulpa seca (coeficiente de correlación 0,78**) indicando que al aumentar el uno aumenta en igual proporción el otro (Vera *et al.*, 1998).

La relación representada en la Figura 2 sugiere que al perder humedad los frutos, ocurre una redistribución porcentual de sus componentes, sin que esto signifique aumento en la cantidad de aceite, salvo en 3 tratamientos. Al respecto, Henson (2001) considera que la formación de aceite en la pulpa está acompañada por la pérdida de agua sin que se presente un incremento de los sólidos no aceitosos; una baja relación aceite en pulpa, implica un alto contenido de sólidos secos no aceitosos o un alto contenido de agua.

Porcentaje de aceite en racimo con base en frutos partenocárpicos (AcRFP)

El porcentaje de AcRFP varía desde 15,9% cuando la cosecha se realiza 150 días después de la polinización hasta 38,8% cuando la cosecha se realiza 170 días después de la polinización sin que esto signifique una relación directa con respecto a los periodos de maduración, puesto que racimos con alto porcentaje de frutos partenocárpicos cosechados con más días de maduración que 170, producen menor cantidad de AcRFP. En promedio los racimos con alto porcentaje de frutos partenocárpicos proporcionan 25,7% de extracción en laboratorio (Tabla 1) confirmando el aporte de este tipo de frutos a la producción de aceite.

Se encontraron diferencias significativas en AcRFP cuando los frutos pierden humedad, ($P \leq 0,05$) dependiendo del periodo de maduración (Tabla 2). El coeficiente de variación 23,5% indica alta variabilidad en la expresión porcentual del AcRFP. Esta variabilidad es el resultado de mayor variabilidad en el tamaño, peso y grado de madurez de los frutos partenocárpicos.

Como en la variable anterior, la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$) no detectó diferencias estadísticas entre tratamientos, sugiriendo que las diferencias en el AcRFP entre tratamientos son producto de factores no controlados en la investigación (Tabla 1).

Se detectaron diferencias entre tratamientos con respecto al AcRFP, pero no en cuanto al AcRFF confirmando una vez más la importancia de los frutos partenocárpicos para determinar la tasa de extracción de aceite en los híbridos OxG. La característica frutos fértiles es altamente afectada por el ambiente, disponibilidad de polen, viabilidad o esterilidad del polen, también por el genotipo; en cambio los frutos partenocárpicos se producen en forma natural en los híbridos OxG; Rey *et al.* (2007) reportaron 62% de frutos partenocárpicos en racimos del tipo Coari x LaMé.

Porcentaje de aceite en racimo (AcR)

El AcR es el componente de la producción de aceite de mayor importancia, porque su grado de expresión es un reflejo del comportamiento de las 5 características anteriores. También depende de los frutos normales en racimo, de la pulpa en fruto y del aceite en pulpa fresca (Corley y Tinker, 2003; Ruiz, 2005) además del estado de madurez de los frutos (Durán *et al.*, 2004). Es la característica más aceptada para calificar la productividad de los materiales genéticos en términos cuantitativos (criterio de selección).

El porcentaje de AcR presentó amplia variación desde 11,7 hasta 29,2% cuando la cosecha se realiza 150 días y 170 días después de la polinización, respectivamente. En promedio el AcR⁵ en los híbridos OxG fue 19,3% (Tabla 1). Torres *et al.* (2004) encontraron variaciones entre 18 y 29% de AcR en híbridos OxG de diferente origen genético que el híbrido OxG Corpoica Elmira; Castro y Amézquita (2007) también reportan variaciones desde 5 hasta 25% de AcR en híbridos OxG diferentes al híbrido OxG Corpoica Elmira.

Es importante resaltar que el promedio general de AcR (19,3%) alcanzado por los híbridos OxG Corpoica Elmira entre el primero y segundo año de producción, es superior al 16% de AcR (estándar mínimo) que deben tener los parentales Dura (Corley y Tinker, 2003).

En la empresa Indupalma-Cesar la tasa de extracción de aceite en los híbridos está entre 16 y 18% (Indupalma, 2007). El rendimiento de aceite de los híbridos OxG es bajo debido a la pobre relación AcR y se necesitará un esfuerzo considerable de mejoramiento para llevarlos al nivel de la palma de aceite (Corley y Castro, 2004).

Las diferencias entre tratamientos al 5% de significancia, indicando que el periodo de maduración modifica la cantidad de aceite en racimo en los híbridos OxG, como consecuencia esta variable presentó alta variabilidad entre tratamientos, CV = 20,54% (Tabla 2).

La prueba de medias de Tukey indica que se obtiene mayor porcentaje de AcR en los híbridos OxG cuando la cosecha se realiza entre 160 y 190 días después de la polinización; únicamente el T150 es significativamente inferior ($P \leq 0,05$) del resto de tratamientos, incluido el testigo. Según estos resultados, periodos de maduración de 150 días producen racimos inmaduros (Tabla 1).

⁵ Análisis realizados en racimos de palmas OxG Corpoica Elmira de 4,5 años de sembradas en sitio definitivo, equivalente a racimos entre el primer y segundo año de cosecha.

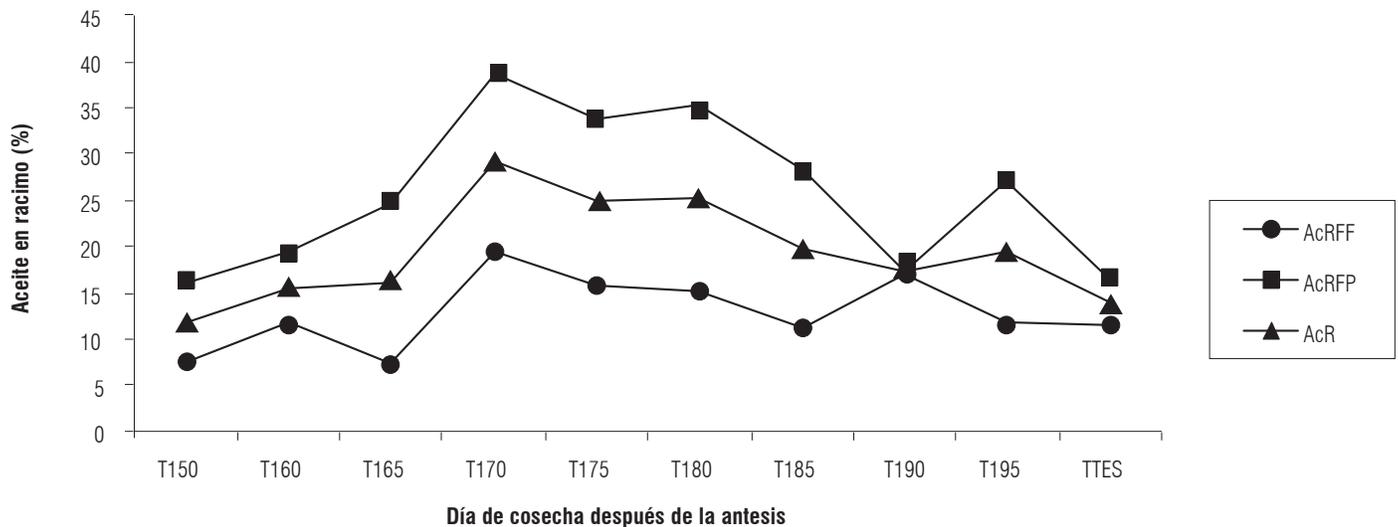


Figura 3. Porcentaje de aceite en racimo de los híbridos OxG Corpoica Elmira. AcRFF, aceite en racimo de frutos fértiles; AcRFP, aceite en racimo de frutos partenocárpicos; AcR, aceite en racimo. TTES, se cosecha a criterio de la plantación.

En palma de aceite el AcR no presenta diferencias estadísticas con respecto a diferentes criterios de cosecha (un fruto suelto, 2 a 5 frutos sueltos, 6 a 10 frutos sueltos y más de 11 frutos sueltos) en cambio sí presenta diferencias significativas con respecto a la tasa de extracción de aceite (Ruiz, 2005) evidenciando que el grado de madurez de los racimos modifican la tasa de extracción de aceite.

Estudios realizados en palma de aceite indican que la máxima acumulación de aceite en racimo se presenta cuando los frutos empiezan a desprenderse del mismo (Taillez *et al.*, 1996). En Tumaco se encontró que el porcentaje de AcR alcanzó su máxima expresión entre 175 y 180 días después de la antesis de las flores femeninas (Chilito y Narváez, 1996; Narváez *et al.*, 1996).

El AcR sigue una tendencia positiva con respecto a los periodos de madurez (Figura 3) alcanzando valores máximos entre los 170 y los 180 días después de la polinización (T170, T175 y T180), luego la tendencia empieza a decrecer. Este comportamiento indica, por una parte, que la madurez óptima de los racimos del híbrido OxG se produce en un corto periodo de tiempo (aproximadamente 10 días) y por otra, que después de los 185 días ocurre sobre maduración de los frutos causando el desprendimiento de los mismos (Tabla 1). Resultados similares fueron encontrados en palma de aceite, donde concluyen que cosechando 180 días después de antesis se aumenta el porcentaje de extracción en laboratorio (Vera, *et al.*, 1998).

CONCLUSIONES

Los periodos de madurez con los cuales se obtienen mayores porcentajes de aceite en los racimos están entre 170 y 180 días después de la polinización asistida, con 29,19 y 25,20% de extracción en laboratorio, respectivamente.

Programar la cosecha para realizarla un día comprendido entre 170 y 180 días después de realizada la polinización asistida es la forma más eficiente de control de calidad en cuanto a madurez óptima o tasa de extracción. En este caso un estimativo confiable de la producción de racimos y aceite se realiza con 170 a 180 días de anticipación a la cosecha.

Las variables AcPFFP, AcRFP y AcR fueron sensibles a los periodos de maduración, por lo tanto su grado de expresión es un indicador de la calidad de la cosecha.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural por la financiación recibida a través del Proyecto "Comportamiento de los híbridos F1 y RC1 entre las especies *Elaeis oleifera* y *Elaeis guineensis* en pruebas comerciales frente a la enfermedad pudrición del cogollo de la zona palmera occidental", Convenio No. 057/2007; Contrato N° 2007R7389 312-995/2007; de igual manera agradecen a la empresa Palmas de Tumaco S.A., a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Corpoica y a la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño por la colaboración y apoyo recibidos durante la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado A, Bulgarelli J, Moya B. 1998. Germinación del polen en poblaciones derivadas de un híbrido entre *Elaeis guineensis* Jacq. y *E. oleifera* HBK, Cortes. ASD Oil Palm Papers 20:35-36.
- Bastidas S, Peña E, Reyes R, Pérez J, Tolosa W. 2007. Comportamiento agronómico del cultivar híbrido RC1 de Palma de aceite (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*) x *Elaeis guineensis*. Rev Corpoica 8(1):5-11.
- Bastidas S, Peña E, Reyes R, Medina C, Villa A, Tolosa W. 2010. Pruebas agronómicas para certificar la tolerancia de los híbridos OxG a pudrición del cogollo. Fase I (Resumen ejecutivo). Ciencia y Tecnología para la Competitividad del Sector Agropecuario 2002 – 2010. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, <http://www.agronet.gov.co/BibliotecaDigital.html>; consulta: junio de 2011. pp. 158-159.
- Castro JF, Amézquita MM. 2007. Experiencias con los materiales OxG en Unipalma S.A. (CD-ROM). En: Taller Técnico Científico sobre Avances y Resultados en los Procesos de Investigación y Manejo del Complejo Pudrición del Cogollo en Tumaco; 24 y 25 octubre de 2007. Tumaco, Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural; Corpoica; Cenipalma; Fedepalma.
- Chilito L, Narváez J. 1996. Determinación de la madurez óptima de cosecha para la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en la región de Tumaco, Nariño [Tesis de grado]. Pasto, Colombia: Facultad de Ciencias Agrícola, Universidad de Nariño.
- Corley RHV, Castro JF. 2004 Programa de mejoramiento de palma de aceite de unipalma. Rev Palmas 25(Número especial, 2):311-325.
- Corley RHV, Tinker PB. 2003. The oil palm. 4a ed. Oxford, UK: Blackwell Science. 562 p.
- [Corpoica] Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. 2003. Metodología para análisis físico químico de racimos de palma de aceite *Elaeis guineensis* en la Estación Experimental El Mira. Tumaco, Colombia: Corpoica. 10 p.
- Durán SQ, Sierra RGA, García NJA. 2004. Potencial de aceite en racimos de palma de aceite de diferente calidad y su influencia en el potencial y extracción de aceite en la planta de beneficio. Rev Palmas 25(Número especial, Tomo II):501-508.
- Gómez CPL, Acosta GA, Guevara LA, Nieto PLE. 1995. Pudrición de cogollo en Colombia: importancia, investigación y posibilidades de manejo. Rev Palmas 16(Número especial):198-206.
- Hartley CWS. 1988. The oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). 3a ed. Tropical Agriculture Series. Londres: Longman Group. 761 p.
- Henson I. 2001. Marco analítico para identificar los factores que determinan las tasas de extracción de aceite. Rev Palmas 22(3):29-38.
- Hurtado R, Mercado H. 2007. Determinación del número de hectáreas afectadas por pudrición de cogollo y porcentaje de incidencia (CD-ROM). En: Taller Técnico Científico sobre Avances y Resultados en los Procesos de Investigación y Manejo del Complejo Pudrición del Cogollo en Tumaco; 24 y 25 octubre de 2007. Tumaco, Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural; Corpoica; Cenipalma; Fedepalma.
- [IDEAM] Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales. 2004. Información mensual disponible de datos correspondientes a la estación Granja El Mira. Pasto: Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales.
- Indupalma. 2007. Características generales de los híbridos interespecíficos de palma *E. oleifera* x *E. guineensis*. Bogotá: Indupalma.
- Narváez JJ, Chilito DLA, Bastidas PS. 1996. Determinación de la madurez óptima de cosecha para la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en la región de Tumaco, Nariño. Rev Palmas 17(4):15-22.
- Rey BL, Gelves F, Santacruz AL. 2007. Evaluación del comportamiento de los híbridos interespecíficos *E. oleifera* x *E. guineensis* en la plantación Guacaramo S.A. en la zona oriental de Colombia. Tumaco: Fedepalma.
- Ruiz RR. 2000. Desarrollo del racimo y formación de aceite en diferentes épocas del año. Rev Palmas 21(Número especial 1):53-58.
- Ruiz RR. 2005. Desarrollo del racimo y formación de aceite en diferentes épocas del año según las condiciones de la Zona Norte. Revista Palmas 26(4):37-51.
- Sharma M. 1999. Utilization of Nigerian PS1 y PS2 selection in oil palm breeding programmes at UP Bhd. En: Rajanaidu N, Jalani BS, editores. Proceedings of the Seminar on PS1 and PS2 oil Palm Planting Materials. Kuala Lumpur: Palm Oil Research Institute of Malaysia; PORIM. pp. 18-29.
- Tailleux B, Siaka Coulibaly M, Bonny CP, Jacquemard JC. 1996. La maduración de los racimos de palma y los criterios de cosecha en Palmindustrie (Costa de Marfil). Rev Palmas 17(1):29-37.
- Toong TH, Yeang TS. 1993. Normas de cosecha y control de calidad para una mayor productividad de la palma africana. Rev Palmas 14(2):63-70.
- Torres VM, Rey BL, Gelves RF, Santacruz L. 2004. Evaluación del comportamiento de los híbridos interespecíficos *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* en la plantación Guacaramo S.A. Rev Palmas 25(Número especial, Tomo II):350-357.
- Vera M, Bastidas S, Peña E, Espinoza N. 1998. Control previo de la calidad de cosecha en palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en la región de Tumaco, Colombia. Rev Palmas 19(1):9-15.
- Zambrano JE. 2004. Los híbridos interespecíficos *Elaeis oleifera* H.B.K. por *Elaeis guineensis* Jacq. Una alternativa de renovación para la zona oriental de Colombia. Rev Palmas 25(Número especial, Tomo II):339-349.