

**PREDICCIÓN Y CONTROL DE CALIDAD EN LA COSECHA DEL HÍBRIDO
INTERESPECÍFICO ENTRE PALMA NOLÍ *Elaeis oleifera* Y PALMA DE
ACEITE *Elaeis guineensis* EN LA ZONA PALMERA OCCIDENTAL¹**

**PREDICTION AND CONTROL OF HARVEST QUALITY OF THE
INTERSPECIFIC HYBRID BETWEEN NOLI PALM *Elaeis oleifera* AND
OIL PALM *Elaeis guineensis* IN COLOMBIA WEST AREA**

Cindy Amelia Preciado Q.²; Silvio Bastidas P.³; Carlos Betancourth G.⁴

RESUMEN

En el híbrido inter-específico CORPOICA ELMIRA entre palma nolí *Elaeis oleifera* y la palma de aceite *E. guineensis* en la zona palmera occidental, el periodo con mayor acumulación de aceite en los racimos se obtuvo entre 170 y 180 días después de realizada la polinización asistida, porque dentro de este rango es posible cosechar el mayor número de racimos en punto de madurez óptima. Los resultados indican que una forma eficiente de control de calidad de la cosecha es programarla con 170 días de anticipación, porque de esta forma se disminuye la cantidad de racimos verdes y sobremaduros. 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. Además se realizó un análisis económico de la relación costo-beneficio.

Palabras clave: Híbridos OxG, criterios de cosecha, ciclos de cosecha, calidad de la cosecha.

ABSTRACT

In the inter-specific hybrid between the American oil palm, *Elaeis oleifera* and the African oil palm *E. guineensis* in the west palm production region of Colombia, the

¹ Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto-Colombia.

² Candidato a Ingeniero Agrónomo. Universidad de Nariño. Pasto-Colombia. cindyameliap1@gmail.com

³ Investigador Master. Corpoica El Mira. Tumaco - Colombia. sbastidas@corpoica.org.co

⁴ Profesor Asistente I.A M. Sc. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto - Colombia. cbet70@yahoo.com

period with more oil accumulation in the fruit bunches were obtained between 170 and 170 days after completion of the assisted pollination, when it is possible to harvest the largest number of fruit at optimum maturity. The following variables: 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 periods of maturation. In addition I realize an economic analysis of the relation cost-benefit

Key Words: Hybrid OxG, Criteria for harvest, Harvest cycles, Quality of harvest

INTRODUCCION

El complejo pudrición del cogollo (PC) es el principal y más grave disturbio que enfrentan los palmeros; su presencia es devastadora, en el 2007 se estimó presente en el 95% de las fincas palmeras de Tumaco (Hurtado y Mercado, 2007) en el 2010 en toda el área, causando la muerte de 25.000 ha de un total de 35.000 ha que existían en esta región⁵.

Contra la PC aún no existen medidas efectivas de control. La solución genética parece prometedora al incorporar la resistencia de la palma Nolí *Elaeis oleífera* a la palma 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, M. 1999; Torres *et al.*, 2004; Bastidas *et al.*, 2007).

En la palma de aceite *Elaeis guineensis* la madurez óptima es definida como la máxima acumulación de aceite en el fruto con 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.

⁵ Estimaciones en diferentes reuniones gremiales de FEDEPALMA; CORPOICA, MADR (2010)

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 los racimos de los híbridos 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 METODOS

El estudio se realizó entre Marzo a Mayo del 2009 (Fase de campo o fase de polinización) y entre Octubre de 2009 a Mayo de 2010 (Fase de cosecha y fase de laboratorio), en CORPOICA Estación Experimental EL MIRA, en Tumaco (Nar.), en condiciones de bosque húmedo tropical, con las siguientes características: Altura 16 msnm; coordenadas 1°32'58" LN y 78°41'21" LO, con 3000 mm/año de precipitación, 25,5 °C de temperatura media, humedad relativa del 88% y 1008 horas de brillo solar por año (IDEAM 2004).

El material de estudio correspondió a la nueva generación de los híbridos inter específicos OxG CORPOICA ELMIRA, obtenidos por cruzamiento entre las especies *Elaeis oleífera* tipo Cereté y *Elaeis guineensis* tipo Deli (Bastidas *et al.*, 2010) además se utilizaron materiales de laboratorio para los análisis de frutos y racimos. Se evaluaron los siguientes tratamientos:

Tratamiento 1: Cosecha 150 días después de la polinización asistida

Tratamiento 2: Cosecha 160 días después de la polinización asistida

Tratamiento 3: Cosecha 165 días después de la polinización asistida

Tratamiento 4: Cosecha 170 días después de la polinización asistida

Tratamiento 5: Cosecha 175 días después de la polinización asistida

Tratamiento 6: Cosecha 180 días después de la polinización asistida

Tratamiento 7: Cosecha 185 días después de la polinización asistida

Tratamiento 8: Cosecha 190 días después de la polinización asistida

Tratamiento 9: Cosecha 195 días después de la polinización asistida

Tratamiento 10: Criterio de la plantación (cosecha según madurez del fruto)

Se trabajó la diferencia estadística entre tratamientos con un análisis de varianza (ANDEVA) correspondiente a un modelo estadístico de un diseño irrestrictamente al azar con 10 tratamientos y 2 repeticiones; la unidad experimental fue un racimo resultante de la polinización artificial. El mejor tratamiento se determinó con la prueba de medias de Tukey.

La aplicación de los tratamientos consistió en revisar diariamente las 20 palmas en busca de inflorescencias femeninas en antesis, siendo que las flores en antesis son de color crema y una vez polinizadas toman un color inicial rojizo. 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 respectivamente, registrando este día como día uno, a partir del cual se contabilizaron los siguientes hasta llegar al día designado 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; | 12 Porcentaje de aceite en pulpa seca de los frutos fértiles; |
| 2 Peso de frutos partenocárpicos; | 13 Porcentaje de aceite en pulpa fresca de los frutos partenocárpicos; |
| 3 Porcentaje de frutos fértiles; | 14 Porcentaje de aceite en pulpa seca de los frutos partenocárpicos; |
| 4 Porcentaje de frutos partenocárpicos; | 15 Porcentaje de aceite en racimo con base en los frutos fértiles; |
| 5 Porcentaje de fruto en racimo; | 16 Porcentaje de aceite en racimo con base en los frutos partenocárpicos; |
| 6 Porcentaje de pulpa en fruto fértil; | 17 Porcentaje de aceite en racimo. |
| 7 Porcentaje de cuesco en fruto fértil; | |
| 8 Porcentaje de almendra en fruto fértil; | |
| 9 Porcentaje de pulpa en fruto partenocárpico; | |
| 10 Porcentaje de cuesquillos en fruto partenocárpico; | |
| 11 Porcentaje de aceite en pulpa fresca de los frutos fértiles; | |

Las anteriores variables fueron estimadas a partir de 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)
- Peso de la almendra

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Teóricamente se dice que un racimo está maduro y cosechable cuando el contenido y la calidad del aceite están en un balance óptimo; lo ideal sería cortar únicamente los racimos que alcanzan este nivel, pero en la práctica esto no es posible (Toong y Teang 1993, Southworth 1981).

De las 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).

Tabla 1. Promedios de las variables determinantes de la producción de aceite
Resultados de la prueba de Tukey (P<0,05)

TRAT	(PFP)	(AcPSFF)	(AcPSFP)	(AcPFFP)	(AcRFP)	(AcR)
T 150	1,90 b	52,30 c	27,13 b	37,45 a	15,94 a	11,79 b
T 160	2,20 b	74,57 a	61,18 a	41,95 a	19,40 a	15,59 ab
T 165	2,18 b	57,73 bc	41,05 b	49,56 a	24,57 a	15,97 ab
T 170	2,13 b	74,73 a	72,17 a	69,46 a	38,83 a	29,19 a
T 175	2,54 b	71,19 ab	66,63 a	65,65 a	33,94 a	24,80 ab
T 180	2,56 b	72,03 a	67,67 a	77,64 a	35,35 a	25,20 ab
T 185	2,36 b	68,66 ab	63,61 a	55,79 a	28,26 a	19,77 ab
T 190	6,70 a	75,88 a	74,03 a	24,12 a	17,36 a	17,16 ab
T 195	2,41 b	69,64 ab	64,39 a	60,55 a	27,12 a	19,48 ab
TTES	2,61 b	70,94 ab	69,23 a	35,97 a	16,27 a	13,91 ab
PROMEDIO	2,76	68,77	60,71	51,81	25,71	19,29

Medias con diferente letra son diferentes entre sí (P<0,05)

Todas las características presentan los mejores valores cuando se cosecha entre 170 días después de la polinización, mientras que los valores más bajos se obtienen cuando se cosecha 150 días después de la polinización; estos resultados son lógicos, según las observaciones de otras investigaciones realizadas en palma de aceite entre ellas: PORIM (1987), CALVO (1991), BERNAL (1993) Y NARVAEZ et al (1996).

A continuación se analizan las 6 características que resultaron con capacidad para discriminar tratamientos:

1. Peso promedio de frutos partenocárpicos (PFP)

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

El ANDEVA ($P < 0,09$) indica que según el periodo de maduración, las palmas OxG producen frutos partenocárpicos pesados o livianos (Tabla 2). El PFP presentó baja variabilidad entre tratamientos, de ahí su bajo Coeficiente de variación ($CV = 10,7\%$).

Tabla 2. Los cuadrados medios del análisis de varianza, su grado de significancia y Coeficientes de Variación

Fuente de Variación	G.L.	(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
% C.V.	—	10,72	5,14	6,23	27,34	23,15	20,54

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

Con respecto a los frutos fértiles de la palma de aceite se conoce que su crecimiento en peso y volumen ocurre durante los 3 primeros meses después de la polinización, donde acumulan materia seca y agua, luego sigue el endurecimiento del endocarpio (cuesco)

hasta los 5,5 meses y 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. Se puede inferir que el periodo de maduración afecta positivamente el PFP, entendiendo como periodo de maduración el tiempo transcurrido desde la polinización de las flores hasta la cosecha del racimo.

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. Este tipo de frutos al formar parte de los componentes determinantes de la producción de aceite, favorecen a los híbridos OxG CORPOICA ELMIRA, porque estos producen racimos con alto porcentaje de frutos partenocárpicos sin necesidad de polinización asistida.

2. Aceite en pulpa seca en los 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 resultado es similar al encontrado en Tumaco por (Narváez *et al.*, 1996) quienes demostraron baja variabilidad en AcPSFF entre palmas de aceite de diferente edad cuando los racimos se cortan 175 días después de anthesis, con 77,3% en palmas de 10 años hasta 75,9% en palmas de 15 años. Por su parte Ruiz (2000) dice 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. 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).

El ANDEVA (Tabla 2) indica diferencias entre tratamientos en cuanto a la cantidad de AcPSFF ($P < 0,01$) significando 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 ($P < 0,05$) determinó que únicamente los tratamientos T150 y T165 son inferiores al resto de tratamientos en la capacidad para acumular AcPSFF. Aunque en promedio el T190 presenta mayor cantidad (75,8%) de AcPSFF que el resto de tratamientos, las evidencias estadísticas indican que esta superioridad puede deberse a factores diferentes al efecto del periodo de maduración, como al genotipo o simplemente al azar. (Tabla 1).

3. Aceite en pulpa seca en los frutos partenocárpicos (AcPSFP)

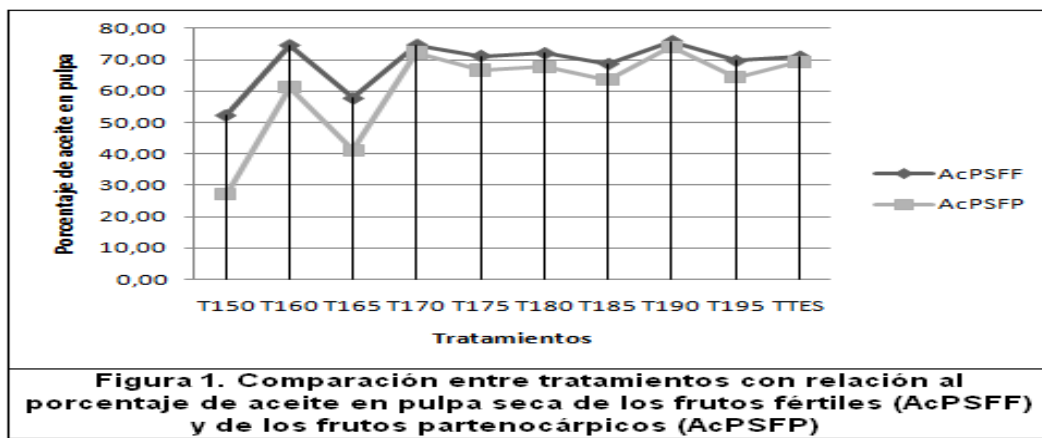
El AcPSFP es otro factor directamente relacionado con la tasa de extracción de aceite; expresa la cantidad porcentual de aceite presente en la pulpa seca de los frutos partenocárpicos. Esta variable presentó baja variabilidad entre tratamientos ($CV = 6,2\%$). La variación encontrada fue desde 27,1% de AcPSFP para los frutos del T150 hasta 74,0% en los frutos del T190. El porcentaje promedio en los híbridos OxG CORPOICA ELMIRA fue 60,7%.

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 es igual de importante 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.

El ANDEVA para AcPSFP indicó 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 producen mayor cantidad de AcPSFP cuando la cosecha se realiza 190 días después de la polinización asistida.

La Figura 1 representa gráficamente 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, 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 racimos. Con relación a esto, Corley y Tinker (2003) dicen que los análisis de contenido de aceite para los frutos fértiles y partenocárpicos se hacen por separado, especialmente cuando la proporción de frutos partenocárpicos es alta, como en los racimos de los híbridos *E. oleifera* x *E. guineensis*.

4. Aceite en pulpa fresca de frutos partenocárpicos (AcPFFP)

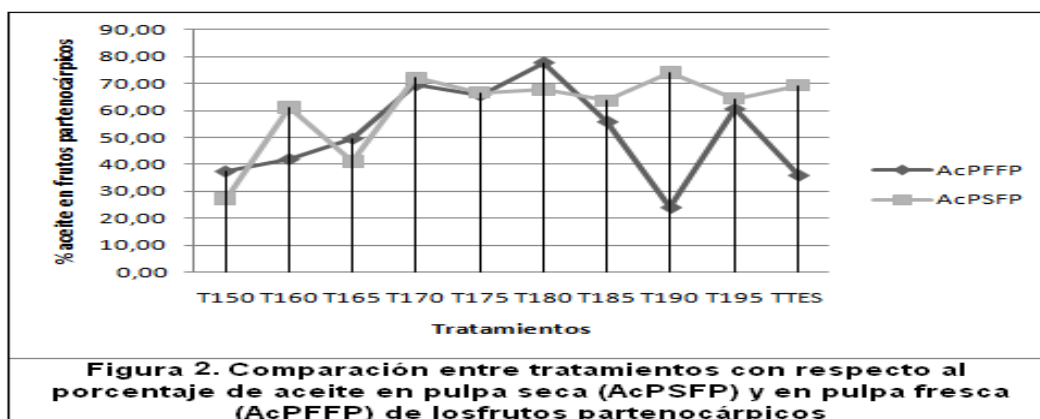
Este componente de la producción de aceite presentó variación desde 24,1% hasta 77,6% cuando la cosecha se realiza 190 y 180 días después de la polinización respectivamente. En promedio los híbridos OxG producen 51,8% de AcPFFP (Tabla 1). El comportamiento de las palmas del tratamiento T190 es irregular, puesto que en tres características (PFP, AcPSFF, AcPSFP) presentan los mayores valores, en cambio en las otras tres (AcPFFP, AcRFP, AcR) su comportamiento está entre los más bajos

Torres *et al.*, 2004 encontraron que los frutos partenocárpicos 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.

En el ANDEVA se encontró que los tratamientos difieren entre sí con 95% de probabilidades en cuanto al AcPFFP, sin embargo la prueba de Tukey ($P < 0,05$) 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 anthesis hasta 52,6% a los 180 días (Narváez *et al.*, 1996). Por su parte, cuando se realiza revisión semanal para identificar flores en anthesis 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 partenocárpicos. Esta figura 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.



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 cuando los frutos pierden humedad, 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.

5. 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 ($P < 0,05$) 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 ($P < 0,05$) 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).

Los ANDEVA 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, como escasez 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.

6. 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 aceptada para calificar la productividad los materiales genéticos (criterio de selección).

En Tumaco el mayor porcentaje de aceite en racimo se presenta entre 170 y 180 días después de la antesis de las flores femeninas (Chilito y Narváez, 1996; Narváez *et al.*, 1996), 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 AcR⁶ en los híbridos OxG fue 19,3% (Tabla 1). Estos resultados son equivalentes a los encontrados por Torres *et al.*, (2004) con variaciones entre 18% y 29% de AcR en varios códigos de los híbridos OxG diferentes de los híbridos OxG CORPOICA ELMIRA; en cambio Castro y Amezcua (2007) reportan AcR con mayor variabilidad, desde 5% hasta 25% en códigos comerciales de los híbridos OxG.

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 estándar mínimo de AcR que deben tener los parentales Dura de palma de aceite, que según Corley y Tinker (2003) es 16% de AcR.

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

El ANDEVA reveló diferencias entre tratamientos al 5% de significancia, indicando que el periodo de maduración modifica la cantidad de aceite en racimo en los híbridos OxG,

⁶ 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

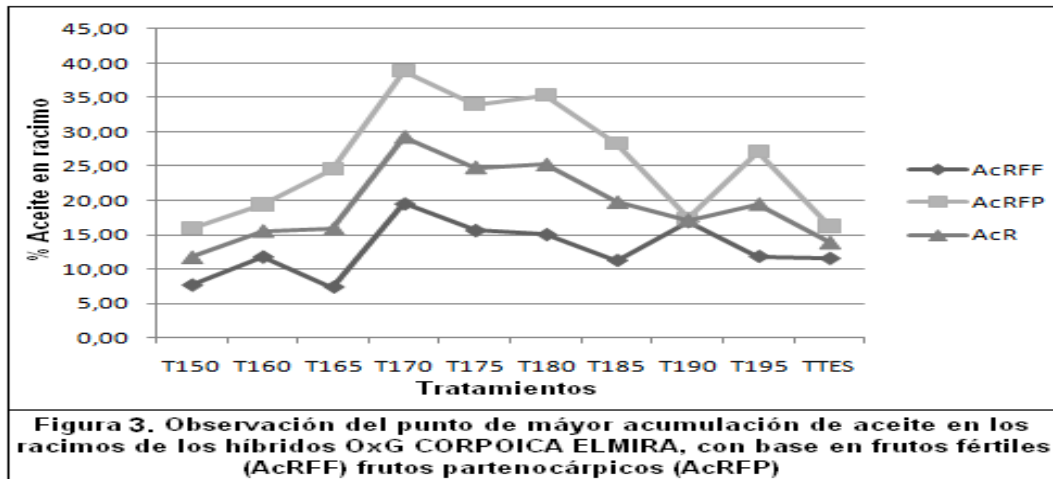
como consecuencia esta variable presentó alta variabilidad entre tratamientos, CV = 20,54% (Tabla 2).

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

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 su máximos valores 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).



Los resultados de la investigación confirman que:

- El tiempo de máxima acumulación de aceite es corto estando de acuerdo con Hartley (1983), Calvo (1991) y Narváez et al (1996) quienes afirmaron que es durante la última semana cuando ocurre la rápida acumulación de aceite.
- El porcentaje de aceite está directamente influenciado por el contenido de agua en los frutos, es decir a medida que el fruto madura pierde humedad y los porcentajes en su composición cambian, de igual manera cuando el fruto está por debajo de la madurez óptima contiene menos aceite y más agua como lo manifiesta PORIM (1987).
- El color del fruto es el patrón de menor consideración ya que se aprecian tonalidades diferentes, la acumulación de aceite en el fruto no continúa después que se separe naturalmente de la espiga, tal como lo afirman Narváez y Chilito (1996) y Toong y Yeang (1993), por lo tanto cualquier fecha posterior a los 170 días es óptima siempre que se recoja los frutos desprendidos.

Análisis económico

Con seis meses de anticipación a la cosecha es posible hacer proyecciones con alta precisión y nivel de confianza en cuanto a producción de racimos de fruta fresca, con base en el periodo de maduración y en los ciclos de polinización asistida.

Aunque la edad de la palma nada tiene que ver con la velocidad de maduración de los frutos, esta influye indirectamente en la frecuencia y duración de los ciclos de cosecha,

puesto que una palma adulta produce mayor cantidad de kilogramos de racimo que una palma joven Narváez et al (1996), además se acepta la afirmación de Bernal (1993) de que la madurez fisiológica de los frutos se alcanza alrededor de los seis meses; por ello el análisis económico se realiza considerando los siguientes supuestos: Los costos de producción del cultivo de híbridos OxG, desde la siembra en campo hasta llegar a la etapa productiva, incluyendo cosecha y beneficio, son iguales para los tratamientos, también se asume igual volumen de producción. La labor de cosecha se paga por kilo; esta modalidad es aplicada en la mayoría de plantaciones de Tumaco, por lo tanto, las principales diferencias entre tratamientos son: el número de cosechas por año y los Porcentajes de aceite en racimo.

Descripción de la actividad	Cosecha de 7 días	Cosecha de 15 días	Cosecha de 21 días	Criterio plantación
Número de cosechas por año	52	26	17	29***
Costos de producción por ha *	\$9.315.810	\$9.315.810	\$9.315.810	\$9.315.810
Producción de fruto (ton/ha/año)	35 ton	35 ton	35 ton	35 ton
Porcentaje de aceite en racimo según tratamiento	20,65%	23,17%	23,89%	13,92%
Producción de aceite crudo (ton/ha/año)	7,23 ton	8,11 ton	8,37 ton	4,88 ton
Valor de la producción de aceite (ingresos brutos) **	\$11.495.700	\$12.894.900	\$13.308.300	\$7.759.200
Ingresos Neto	\$2.179.890	\$3.579.090	\$3.992.490	\$-1.556.610
Rentabilidad	18,96%	27,75%	30,00%	-20,06%
* 70% de los ingresos brutos del mejor tratamiento				
** Considerando \$1.590.000 por tonelada de aceite crudo pagado durante el primer semestre de 2010 (Fuente: El Palmicultor, junio 2010)				
*** De acuerdo con los picos de producción en Tumaco, se deberían utilizar ciclos de cosecha de 7 días en épocas de alta producción (abril, mayo y junio); ciclos de 21 días en épocas de baja producción (julio, agosto, febrero y marzo) y ciclos de 15 días el resto del año; de esta forma se realizarían 29 cosechas en el año equivalentes a ciclos de 13 días				

El análisis de costo beneficio indica que utilizar ciclos largos (21 días) son la mejor opción para la cosecha de racimos en los híbridos OxG CORPOICA ELMIRA, puesto que con T21D, en igualdad de condiciones en otros factores, se obtiene mayor cantidad de aceite y por lo tanto mayor rentabilidad. Cuando la cosecha se paga por jornal, los costos de producción son mayores para los ciclos cortos, a pesar que los ciclos cortos

producen menor cantidad de racimos verdes y menor cantidad de racimos sobremaduros.

El pobre comportamiento del tratamiento testigo (Criterio de la plantación) se debe precisamente al desconocimiento generalizado que existe con respecto al nuevo cultivar; en este caso el cosechero falló a la hora de elegir los racimos en óptimo estado de madurez. En los híbridos OxG aún no se han identificado indicadores visuales de madurez confiables, como si los existen en la palma de aceite, por ejemplo, el número de frutos desprendidos o el color de la pulpa del fruto.

Las plantas extractoras se benefician de la tecnología generada con mayor cantidad de aceite y los productores de fruto se benefician con menores costos de producción por menor número de jornales para la cosecha y con mayores ingresos.

En la práctica, el procedimiento para el híbrido OxG CORPOICA ELMIRA es el siguiente: 1) Utilizar ciclos de polinización de 21 días, polinizando cada dos días todas las flores en antesis; 2) registrar en formatos de campo y marcar todas las flores polinizadas con un color de pintura; 3) registrar como día uno (1) el primer día de polinización asistida y 4) programar la cosecha para el día 181 después del primer día de polinización. Con este procedimiento además de estimar el volumen de producción, se realiza control de calidad, puesto que el día 181, día de la cosecha, se cortarían únicamente racimos en óptima madurez y racimos sobre maduros (racimos con 170 hasta 190 días de maduración) y ningún racimo verde.

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.

La programación de cosecha con 170 días de anticipación a la ocurrencia de la misma, con base en los ciclos de polinización asistida, es una forma eficiente de control de calidad en cuanto a madurez óptima y/o tasa de extracción (en ausencia de polinización con base en registros de antesis femenina).

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.

La coloración como criterio de cosecha no es un buen indicador de madurez en la labor.

RECOMENDACIONES

Los resultados encontrados en esta investigación aplican para los híbridos OxG CORPOICA ELMIRA y las condiciones ambientales de Tumaco; por lo tanto se recomienda validar estos resultados en los híbridos OxG de diferente origen genético producidos en el país y en el exterior, para las diferentes zonas productivas de palma de aceite en Colombia.

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.

BIBLIOGRAFIAS

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. www.asdcr.com/ASD-Pub/Bol20/Bo20-4_esp.HTM.

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*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA. Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria 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. Resultados de algunos proyectos cofinanciados por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá. pp 158 – 159. Versión completa en: <http://www.agronet.gov.co/BibliotecaDigital.html>

Bernal, F. 1993. Sistemas y eficiencia de cosecha en Colombia. Palmas (Colombia) v.14 no. Especial, p. 100-102

Calvo, F. 1991. Cosecha: maduración, sistemas y costos. Palmas (Colombia) v. 12 no. Especial, p.47-52

Castro JF, Amezcua MM. 2007. Experiencias con los materiales OxG en Unipalma S. A. In: Taller técnico científico sobre avances y resultados en los procesos de investigación y manejo del complejo pudrición del cogollo en Tumaco. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural; Corpoica; Cenipalma; Fedepalma. Tumaco, Octubre 24, 25 de 2007. Medio magnético (CD).

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 para optar al título de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrícola, Universidad de Nariño.

Corley RHV, Castro JF. 2004 Programa de mejoramiento de palma de aceite de unipalma. Revista Palmas 25 (número especial, 2): 311-325.

Corley RHV, Tinker PB. 2003. The oil palm. Fourth edition. Blackwell Science. Oxford. 562 p.

CORPOICA. 2003. Metodología para análisis físico químico de racimos de palma de aceite *Elaeis guineensis* en la Estación Experimental El Mira. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - 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. Revista 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. Revista PALMAS 16 (Número especial):198 – 206.

Hartley, C. 1983. La palma de aceite. Trad. del ingles por Eduardo Maldonado P. Continental, Mexico, D.F. 958p.

Hartley CWS. 1988. The oil palm, *Elaeis guineensis* jacq. 3° ed. Longman Group U.K. London, U.K. 761 p.

Henson I. 2001. Marco analítico para identificar los factores que determinan las tasas de extracción de aceite. Revista PALMAS 22(3): 29-38.

Hurtado R, Mercado H. 2007. Determinación del número de hectáreas afectadas por pudrición de cogollo y porcentaje de incidencia. Taller técnico científico sobre avances y resultados en los procesos de investigación y manejo del complejo pudrición del cogollo en Tumaco. San Andrés de Tumaco, Colombia. Octubre 24 y 25. CD ROM.

IDEAM. 2004. Información mensual disponible de datos correspondientes a la estación Granja El Mira, Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales. San Juan de Pasto.

INDUPALMA. 2007. Características generales del híbrido interespecíficos de palma E. oleífera x E. guineensis.

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. Revista Palmas 17 (4): 15 – 22.

PORIM. 1987. General description of the palm oil milling process. Palm Oil Factory Process Handbook, Part I. 2 ed. Liz y Co. Malasia, 115p

Rey BL, Gelves F, Santacruz AL. 2007. Evaluación del comportamiento de los híbridos interespecíficos E. oleífera x E guineensis en la plantación Guacaramo S.A. en la zona oriental de Colombia. Taller PC Tumaco.

Ruiz RR. 2000. Desarrollo del racimo y formación de aceite en diferentes épocas del año. Revista 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. In: Proceedings of the seminar on PS1 and PS2 oil palm planting materials. Palm Oil Research Institute of Malaysia – PORIM. pp 18-29.

SOUTHWORTH, R. 1981. Factores del campo que afectan la calidad. Palmas (Colombia) v.2 no. 2, p31-39

Taillez 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). Revista Palmas 17 (1): 29 – 37.

Toong TH, Yean TS. 1993. Normas de cosecha y control de calidad para una mayor productividad de la palma africana. Revista Palmas 14(2):63 – 70.

Torres VM, Rey BL, Gelves RF, Santacruz L. 2004. Evaluación del comportamiento de los híbridos interespecíficos *Elaeis oleífera* x *Elaeis guineensis* en la Plantación Guaicaramo S.A. Revista 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. Revista Palmas 19 (1): 9 – 15.

Zambrano JE. 2004. Los híbridos interespecíficos *Elaeis oleífera* H.B.K. por *Elaeis guineensis* Jacq. Una alternativa de renovación para la zona oriental de Colombia. Revista PALMAS 25 (Número especial, Tomo II):339 – 349.