

**CAMBIOS FISICOQUÍMICOS POSTCOSECHA QUE AFECTAN LA CALIDAD DE RACIMOS DE PALMA *Elaeis oleifera* (Kunth) Cortés x *Elaeis guineensis* Jacq.**

**PHYSICOCHEMICAL POST-HARVEST CHANGES THAT AFFECT THE QUALITY OF PALM CLUSTERS *Elaeis oleifera* (Kunth) Cortés x *Elaeis guineensis* Jacq.**

Luz Karime Montoya P.<sup>1</sup>; Oswaldo Osorio M.<sup>2</sup>; Andrés Felipe Cerón C.<sup>3</sup>

Fecha de recepción: Septiembre 03 de 2013

Fecha aceptación: Diciembre 10 de 2013

**RESUMEN**

El material Alto Oleico difiere en varios aspectos con la variedad *E. guineensis* Jacq, (única variedad manejada comercialmente en la zona de Tumaco, Nariño, Colombia) por lo tanto, es necesario evaluar variables postcosecha influyentes en la calidad y productividad de los racimos como: pérdida de humedad, desgranamiento del fruto y el incremento de ácidos grasos libres (AGL), factores que se potencializan en el almacenamiento. Para esto se realizó seguimientos a las tres variables mencionadas; el estudio se llevó a cabo en dos ambientes, bajo sombra y a la intemperie, buscando determinar los efectos ocasionados. Se determinó que el 90% de los racimos ha perdido mínimo  $101,33g \pm 15,01$ , de su peso inicial equivalente al  $1,01\% \pm 0,0015$ , del peso total del racimo en la cosecha, al cabo de 30 días el racimo ha perdido un  $25,02\% \pm 2,34$  del peso total; respecto del desgranado se determinó que a los 5 días el 100% de los frutos están sueltos en los dos ambientes evaluados; el contenido de AGL bajo sombra y la intemperie fue de  $2,56\% \pm 0,22$  y  $2,62\% \pm 0,26$ , respectivamente, a los 11 días, pasado este tiempo los porcentajes superan al máximo permitido. Se concluye que el máximo tiempo de almacenamiento bajo sombra y a la intemperie es 11 días.

**Palabras clave:** Ácidos grasos libres, almacenamiento, fruto desgranado, pérdida de peso.

1 Ingeniera Agroindustrial, Facultad Ingeniería Agroindustrial, Universidad de Nariño. Pasto, Colombia.

2 Profesor Tiempo Completo, Ph.D, Grupo de investigación Tecnologías Emergentes en Agroindustria (TEA), Facultad Ingeniería Agroindustrial, Universidad de Nariño. Pasto, Colombia. osorio\_oswaldo@hotmail.com.

3 Investigador Facultad Ingeniería Agroindustrial, Ingeniero Agroindustrial, Grupo de investigación Tecnologías Emergentes en Agroindustria (TEA), Universidad de Nariño. Pasto, Colombia. andre5505@hotmail.com

## ABSTRACT

High Oleic material differs in various aspects from the variety *E. guineensis* Jacq. (the only commercially managed variety in the region of Tumaco, Nariño, Colombia), therefore, it is necessary to evaluate post-harvest variables that influence the quality and productivity of clusters, such as: moisture loss, fruit breakdown or unshelling, and increase in free fatty acids (FFA), as factors that are potentiated during storage. This study monitored the three variables mentioned above in two environments, under shade and exposed, in order to determine the resulting effects. It was determined that 90% of the clusters lost at least 101,33 g  $\pm$  15,01 of their initial weight, equal to 1,01%  $\pm$  0,0015 of the cluster's total weight harvested. After 30 days, the cluster lost 25,02%  $\pm$  2,34 of its total weight. With respect to unshelled fruit, it was determined that after five days, 100% of the fruits were loose in both of the evaluated environments. The FFA content under shade and exposed was 2,56%  $\pm$  2,62 and 0,22  $\pm$  0,26%, respectively, at day 11; past this time, FFA content percentages exceed the maximum allowed. In conclusion, the maximum storage time under shade and exposed is 11 days.

**Keywords:** Free fatty acids, storage, unshelled fruit, weightloss.

## INTRODUCCIÓN

La palma de aceite *E. guineensis* Jacq. y *E. oleifera* son originarias de África y América respectivamente (Oladoja y Akinlabi, 2009). Este cultivo tiene la capacidad de tomar la energía solar y transformarla en aceite vegetal y es considerada como una de las mejores entre las especies oleíferas (CORPODIB, 2003). Según Donough *et al.* (2006), la palma de aceite tarda entre 2 y 3 años para empezar a producir y puede hacerlo durante más de 25 años, ofreciendo a las personas una fuente de trabajo estable (Mosquera y García, 2005).

El aceite vegetal, de esta especie se extrae del mesocarpio de los frutos, los aceites extraídos son utilizados en alimentación, higiene, conservación de la salud, y en innumerables productos (Siddique *et al.*, 2010, Valenzuela y Morgado, 2005).

Según Salinas *et al.* (2008), el aceite de palma se caracteriza por estar constituido; por un

50% de ácidos grasos saturados y el resto de insaturados, compuestos fenólicos que aportan capacidad antioxidante. Monde *et al.* (2011), Sundram *et al.* (2003), mencionan que contiene compuestos lipídicos como los triglicéridos del aceite de palma africana, que pueden ser modificados y utilizados como sustituto de la leche humana y aplicable en la industria farmacéutica (Zou *et al.*, 2011), así mismo el aceite crudo es fuente de carotenos, tocoferoles, tocotrienoles (Salinas *et al.*, 2008; Nagendran *et al.*, 2000; Choo *et al.*, 1998) y precursores de la vitamina A. En investigaciones realizadas por Van Het Hof *et al.* (1999), se determinó que los carotenoides, se pueden aplicar como un ingrediente de alimentos funcionales.

Sin embargo, como cualquier otro, el aceite rojo de palma se ve afectado por factores externos (humedad, temperaturas elevadas, presencia de metales catalíticos, exposición del lípido a la luz y al medio por periodos prolongados, y microorganismos) que

comprometen su calidad. El principal factor que influye en la calidad, es el elevado nivel de oxidación, entendiéndose por oxidación la reacción que se produce entre los enlaces dobles de las grasas insaturadas y el oxígeno del medio, en la cual se dan compuestos oxidados como aldehídos o cetonas y ácidos grasos libres de cadena corta, que conducen a la alteración de las características sensoriales del producto y formación de rancidez en el aceite (Kader, 1992).

La acidez es otro factor importante que puede afectar la calidad de aceite, esta es producida por la acción de la enzima lipasa (Hartley, 1986). Un fruto suelto, recién caído del racimo de la palma tiene un 2% de acidez, en el racimo cortado el proceso de acidificación se acelera considerablemente, también influyendo el manejo de los racimos, el número de golpes dados antes de su procesamiento; entre otras causas (El rango permitido por la Norma Técnica Colombiana NTC 218 en ácidos grasos libres (AGL) para aceite rojo de palma de aceite es de 2,5 - 3,0) (Amatller y Dávila, 2000).

Según Guerrero *et al.* (2011), el complejo pudrición de cogollo (CPC) es el disturbio más grave reportado en las plantaciones de palma de aceite de Suramérica; en la zona palmera de Tumaco (Colombia) su presencia ha sido devastadora impulsando a los palmicultores a la resiembra con el material vegetal palma Alto oleico (híbrido interespecífico) *Elaeis oleifera x Elaeis guineensis* Jacq., la cual se ha demostrado ser tolerante al CPC (Amblard *et al.*, 2004; Bastidas *et al.*, 2007). Debido al aumento en áreas del cultivo del híbrido, es necesario conocer algunas propiedades agroindustriales de este nuevo material plantado en Colombia.

Dentro de este contexto, se planteó una investigación cuyo objetivo general de estudio fue determinar algunos cambios fisicoquímicos en los racimos de palma aceitera alto oleico *Elaeis oleifera x Elaeis guineensis* Jacq., que se presentan durante la postcosecha.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización.** La investigación se llevó a cabo en la zona suroccidente del departamento de Nariño, sobre la costa pacífica en el municipio de Tumaco en una plantación privada. Se evaluaron 7 lotes sembrados con el material Alto oleico de 3 años de edad. La plantación se encuentra a una altitud de 35 msnm con una precipitación de 3306 mm anuales y una temperatura promedio de 25 °C.

**Diseño Experimental.** El estudio se llevó a cabo, bajo sombra y a la intemperie, evaluando las variables que afectan en el almacenamiento, la calidad del racimo y por consecuencia la calidad del aceite.

El factor de estudio a evaluar fueron los días después de la cosecha; se utilizó un diseño unifactorial categórico completamente aleatorizado que se llevó a cabo por triplicado, en diferentes lotes de la plantación, seleccionando 9 racimos al azar con un porcentaje de polinización superior al 70%; por cada condición (sombra e intemperie), para un total de 18 racimos, los cuales se revisaron diariamente a partir de la cosecha por 30 días y se evaluó el número de frutos desgranados, pérdida de peso e incremento de los ácidos grasos libres (AGL); tiempos superiores a 30 días generan castigo por sobre madurez.

Las variables que se evaluaron fueron las siguientes:

**Pérdida de peso.** Se midió cada 24 horas el peso de todos los racimos, utilizando una báscula de reloj METTLER TOLEDO de 22 Lbs.

**Desgranamiento.** Se determinó el número de los frutos desgranados en el momento del corte, efectuando un nuevo conteo 24 horas después, y así cada 24 horas, realizado en las primeras horas de la mañana; se recolectó en bolsas plásticas evitando eliminarlas para no afectar los datos del análisis de peso.

**Contenido de ácidos grasos libres (AGL).** La extracción del aceite se hizo por prensado y calentamiento (60 °C), con previa esterilización de los frutos en autoclave (15 psi/1h), utilizando 200 g de cada tratamiento; el contenido de AGL, se determinó de acuerdo a la metodología descrita por Bernal (1998), se pesó 5 g de aceite y se disolvieron en 50 ml de etanol y fenoltaleína como indicador. Se tituló con NaOH 0,1 N. Los ácidos grasos libres se calcularon como porcentaje de ácido oleico empleando la siguiente ecuación.

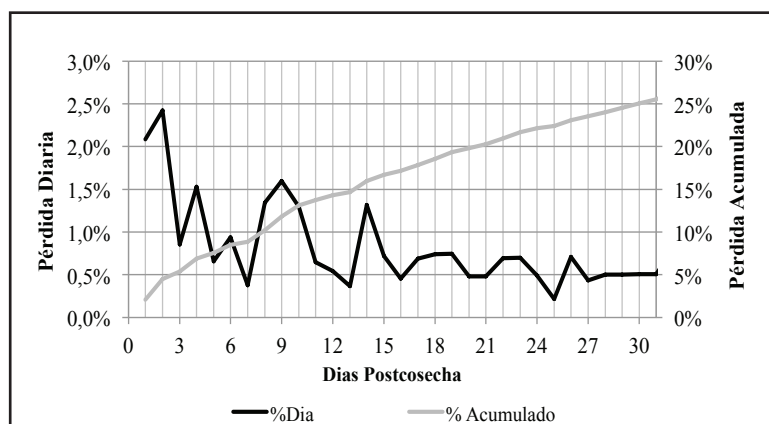
$$\%agl = \frac{(mL\ NaOH)\ (0.1N)\ (PM\ \acute{a}cido)}{W_{muestra}} \cdot 100$$

Donde. W: peso de la muestra en gramos; PM ácido: peso molecular del ácido oleico (282 g/mol).

Para el análisis de las variables estas se expresaron con promedios más o menos la desviación estándar, realizando análisis de varianza y gráficos de dispersión.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Pérdida de peso.** Inmediatamente el racimo es desprendido de la palma, este empieza a perder peso (Fig. 1), confirmando lo reportado por (Hartley, 1984), esto se evidenció en la toma de datos realizada a las 24 horas, en donde se establece que el 90% de los racimos pierde  $101,33g \pm 15,01$ , de su peso inicial, lo que equivale aproximadamente al  $1,01\% \pm 0,0015$ , del peso total del racimo; los resultados son contrarios a los expuestos por (Cárdenas, 2007) quien reporta pérdidas en promedio mensuales de 100 g por racimo; al comparar los dos resultados bajo la misma condición, se evidencia en 30 días una pérdida de 2502 g, en esta investigación equivalente al  $25,02\% \pm 2,34$  del peso total de racimo (Fig. 1). Según Donough *et al.* (2006), las pérdidas de peso se incrementan como consecuencia de la transpiración después de la cosecha lo que significa una disminución de la calidad y aceptabilidad.



**Figura 1.** Pérdida de peso con respecto al tiempo de almacenamiento.

El seguimiento de la pérdida de peso únicamente se realizó en los racimos evaluados bajo sombra. En los ubicados a la intemperie no se pudo obtener datos reales por efectos de la lluvia producida durante la noche; y durante el día por efectos del sol donde sufrían deshidratación intensa.

La humedad inicial de los racimos fue de  $38,04\% \pm 4,23$ ; una vez cortados la humedad desciende a  $36,57\% \pm 0,0009$ , reduciéndose en  $1,47\%$ ; al cabo del día 15, la pérdida de peso comienza a estabilizarse a razón de  $0,5\% \pm 0,06$  por día, perdiendo una humedad por día de  $0,67\% \pm 0,08$ ; en el día 30 la humedad del racimo alcanzada es de  $17,36\% \pm 3,08$ . Lo anterior permite afirmar una reducción total de la humedad de  $20,68\% \pm 2,32$ ; los valores son mayores a los presentados por Gómez y Silva (2010), quienes encuentran reducciones en la humedad del racimo del  $15\%$  en el proceso de cosecha; entendido como el proceso, que inicia con el corte del racimo y termina cuando comienza la esterilización de los mismos (Franco, 1997). Por otra parte, se determinó que la pérdida de humedad de los frutos se da en igual porcentaje que la de los racimos con sus correspondientes pedúnculos y espigas.

**Desgranamiento del fruto.** Este fenómeno se atribuye a la abscisión, considerada como el proceso de separación celular altamente coordinado que implica el desprendimiento de los órganos de la planta (Méreló, 2011), y en la cual participan diferentes actores hormonales como el etileno, el cual incrementa su producción y actividad en condiciones ambientales extremas y de alta temperatura.

Sin embargo, debido a la estructura del racimo, los frutos no se desprenden del pedúnculo

gracias al apiñamiento, pero al sufrir un movimiento fuerte estos se caen del raquis del racimo; este efecto se ve reflejado en el momento de bajar el racimo en la tolva de la planta extractora o al ser arrojado en el vagón de transporte (Osorio y Zacarias, 2000).

El problema de este fenómeno radica en temas económicos, pues la cantidad de frutos que se desprenden en campo y que no son recolectados posteriormente asciende al  $0,13\%$ ; al considerar recolectas diarias de 15 toneladas y mensuales de 400 toneladas el porcentaje en pérdidas económicas puede significar el pago de los operarios que realizan esta labor, dependiendo del valor actual del aceite.

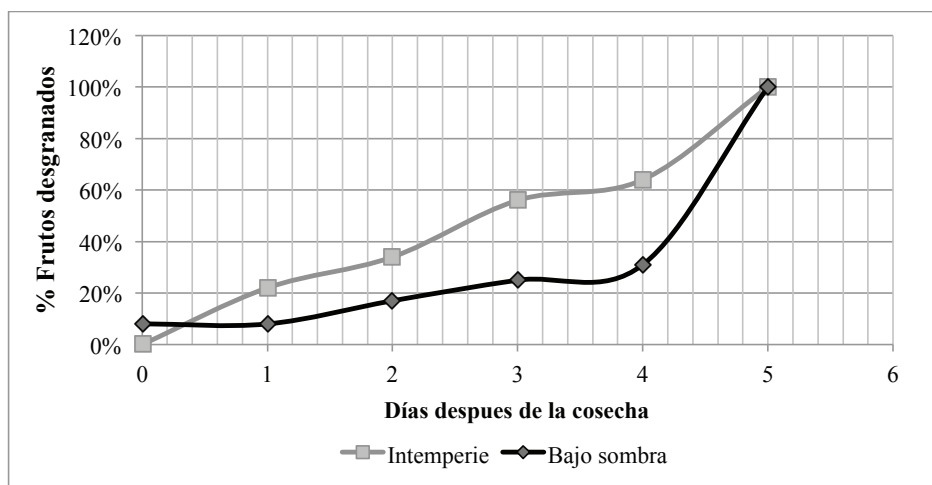
El desprendimiento bajo sombra, es menor para los 4 primeros días en comparación con el de los racimos a la intemperie (Fig. 2); una explicación de lo anterior se atribuiría a que la abscisión puede ser de tipo hormonal, fisiológico o ambiental (Méreló, 2011); este último aspecto estaría implicado, debido a la mayor variación de temperatura a la cual estuvo expuesto el racimo a la intemperie; según Méreló (2011), Osorio y Zacarias, (2000), las temperaturas extremas también pueden activar la abscisión de diferentes órganos en la planta; estudios realizados por Bartuszevige *et al.* (2006) demuestran que bajas temperaturas promueven la caída de frutos en plantas ornamentales y estudios realizados por Tadeo y Gómez (2008), señalan que condiciones de sequía y otros estreses que causan déficit hídrico, como la salinidad y las temperaturas extremas, promueven la abscisión; condiciones similares a las observadas en Tumaco - Colombia.

En el día cinco el desprendimiento es similar para las dos condiciones estudiadas, alcanzando el  $100\%$ , sin embargo, según

el análisis de varianza (ANDEVA), existe diferencia estadísticamente significativa entre los dos ambientes evaluados ( $p < 0,05$ ).

De otra parte, evidenciado que los frutos parcialmente sueltos se aferran más al

pedúnculo, al sacar un fruto, se nota claramente la cicatrización del área donde se encontraba adherido al raquis del racimo, asimismo se evidenció una mayor deshidratación en estos.



**Figura 2.** Porcentaje frutos desgranados a la intemperie y bajo sombra con respecto al tiempo de almacenamiento.

El desgranamiento de frutos en función del tiempo, a la intemperie (FDI) y bajo sombra (FDBS), puede representarse por las siguientes ecuaciones:

$$\%FDI = 0,1851 \text{tiempos} - 0,0029 \quad (R^2=0,97)$$

$$\%FDBS = 0,0618e^{0,4879 \text{ tiempo}} \quad (R^2=0,92)$$

**Ácidos grasos libres (AGL).** La acidez en la agroindustria de la palma de aceite está entre las variables de mayor relevancia, la que se encuentra ligada directamente con la calidad del aceite (Cadena, 2012; Rueda, 2011). Según Franco (1997), los AGL se forman con la maduración fisiológica y su contenido se eleva por la acción de varios factores tales como: sobre maduración, demoras en el transporte,

almacenamiento, grado de magulladura, entre otros; lo que es perjudicial para el productor cuando su cosecha no puede llegar a tiempo a la planta de procesamiento.

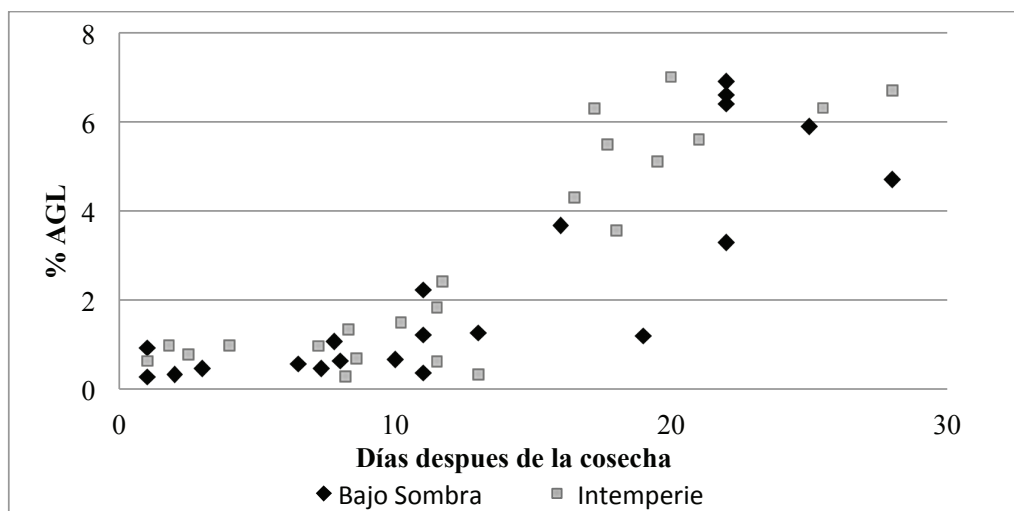
En la figura 3, se evidencia una tendencia de la acidez al incremento a medida que transcurre el tiempo. Esto debido a que la formación de ácidos grasos libres es un proceso en el que mientras exista humedad en el lípido, se va a dar una reacción de hidrólisis (Amatler y Dávila, 2000), lo que significa que estos ácidos no van a dejar de formarse a medida que transcurra el tiempo.

A los 7 días de almacenamiento el contenido de AGL, en los racimos bajo sombra y a la



intemperie son de  $1,53\% \pm 0,15$  y  $1,65\% \pm 0,18$ , respectivamente, resultados similares reporta Rueda (2011). Al comparar las dos condiciones no se evidenció diferencia estadísticamente significativa ( $p = 0,425$ ), sin embargo pasados los 11 días las dos condiciones difieren ( $p > 0,05$ ); los racimos almacenados bajo sombra presentan un menor contenido comparado con los racimos a la intemperie. Lo anterior atribuido a

las mayores variaciones de temperatura a las cuales se ve sometido el racimo a la intemperie (descenso de la temperatura en la noche); según Cadena (2012), a temperatura ambiente ( $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y temperaturas superiores, no hay formaciones significativas de AGL, sin embargo a bajas temperaturas, se evidencia un notable incremento en el nivel de AGL en el material Alto Oleico, con una máxima formación a los  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



**Figura 3.** Contenido de ácidos grasos libres bajo condiciones de sombra e intemperie con respecto al tiempo de almacenamiento.

Esto amplía de manera significativa el ciclo de almacenamiento en los racimos de este material; solo a partir de los 11 días de almacenamiento los racimos almacenados bajo sombra y a la intemperie, incrementan los niveles de acidez a índices del  $2,56\% \pm 0,22$  y  $2,62\% \pm 0,26$ , respectivamente, siendo estos valores inferiores al 3%, acorde a la Norma Técnica Colombiana NTC 218; debido posiblemente a que para una catálisis básica es necesario una presencia menor a este grado de acidez, ya que la alta presencia de acidez dificulta la transesterificación (Van Gerpen, 2005).

Según Salinas y Pacheco-Delahaye (2003), la palma de aceite *E. guineensis* Jacq. Es la segunda fuente de aceite comestible más importante del mundo y una de las que presenta el más alto contenido de aceite (45%), por ello los resultados presentados son muy alentadores para los productores, teniendo en cuenta que esta variedad a los 11 días alcanza un porcentaje de AGL de  $4,74\% \pm 2,83$  (Rueda, 2011). Según Prada *et al.* (2011), se acidifica en la mitad del tiempo que el material Alto Oleico.

## CONCLUSIONES

Inmediatamente el racimo es desprendido de la palma pierde en promedio  $101,33g \pm 15,01$  de peso, equivalente al  $1,01\% \pm 0,0015$ , del peso total del racimo.

Se determinó que la humedad inicial de los racimos bajo sombra fue de  $41,04\% \pm 4,23$ ; una vez cosechados y almacenados por 30 días, la humedad disminuyó hasta los  $21,36\% \pm 3,08$ , evidenciando una reducción de  $19,68\% \pm 2,32$ .

El racimo de palma alto oleico tiene un nivel de desprendimiento de frutos del 100%, luego de 5 días de ser cortado y puesto en almacenamiento; pero su acidez no supera el 2% por lo cual no se podría considerar como racimo sobremaduro, lo que implicaría un posible cambio en el manejo de los castigos en las plantas extractoras.

El contenido de ácidos grasos libres (AGL), en los racimos bajo sombra y a la intemperie a los 11 días post-cosecha, permanece bajo la norma, pasado este tiempo el porcentaje de AGL se incrementa, por ende el máximo tiempo determinado de almacenamiento es 11 días.

## BIBLIOGRAFÍA

- AMATLLER, G. y DAVILA, A. 2000. Procesamiento de aceite rojo de palma africana (*E. guineensis* jacq.), para consumo Humano en Frituras. Guasimo. En: <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/pdf/PG-97025.pdf>. 44 p.; consulta: enero, 2013.
- AMBLARD, P., BILLOTTE, N., COCHARD, B., DURAND, T., JACQUEMARD, C., LOUISE, C., NOVY, B. y POTIER, F. 2004. El mejoramiento de la palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq. y *Elaeis oleifera* por el Cirad - CP. Revista Palmas. 25(2):306 - 310.
- BASTIDAS, S., PEÑA, E., REYES, R. y TOLOSA, W. 2007. Comportamiento agronómico del cultivar híbrido RC1 de palma de aceite (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*) x (*Elaeis guineensis* Jacq.) Revista Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 8(1):5 - 11.
- BARTUSZEVIGE, A., HUGHES, M., BAILER, A. y GORCHOV, D. 2006. Weather-related patterns of fruit abscission mask patterns of frugivory. Canadian Journal of Botany. 84(5): 869 - 875.
- BERNAL DE R. I. 1998. Análisis de alimentos. 3<sup>ra</sup> ed.: Editora Guadalupe LTDA. Bogotá. 144 p.
- CADENA, T. 2012. Caracterización de materiales *E. guineensis* Jacq., *E. oleifera* e híbrido (*E. oleifera* x *E. guineensis* Jacq.) del banco de germoplasma de CENIPALMA, respecto a la actividad lipásica y la calidad del aceite. Tesis de grado Magíster en Química, Facultad de Ciencias, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 56 p.
- CÁRDENAS, L. 2007. Producción de pérdidas en campo. CENIPALMA. Biblioteca Virgilio Barco. 29 - 31 p.
- CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL DE LA BIOTECNOLOGIA Y PRODUCCION LIMPIA. (CORPODIB). 2003. Programa estratégico para la producción de biodiesel - combustible vegetal a partir de aceites vegetales: evaluación de las variedades más promisorias para la producción de aceite vegetal y su potencial implementación en Colombia. En: <http://www.si3ea.gov.co/si3ea/documentos/documentacion/Biodiesel/Capitulo%200.pdf>; consulta: noviembre, 2011.
- CHOO, Y., MAA, A. y YAP, S. 1998. Caroteno, vitamina E y esteroides en aceites de *Elaeis guineensis* Jacq., *Elaeis oleifera* y sus híbridos. Revista Palmas. 19(2):79 - 85.



- DONOUGH, C., WITT, C., FAIRHURST, T., GRIFFITHS, W. y KERSTAN, A. 2006. Concept and implementation of Best Management Practice for maximum economic yield in oil palm plantations. p. 1-10. En: Proceedings of 5th International Planters Conference 2006, Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur. Malaysia.
- FRANCO, P. 1997. Postcosecha en la palma de aceite. La ruta de la calidad. Revista Palmas. 18 (3):59 - 67.
- GÓMEZ, J. y SILVA, A. 2010. Criterios de cosecha en palma Alto Oleico en Tumaco. IX reunión Nacional en Palma de aceite - Cenipalma. Revista Palmas. 31(4):68 - 73.
- GUERRERO, J., BASTIDAS, S. y GARCÍA, J. 2011. Estandarización de una metodología para germinar semillas del híbrido interespecífico *Elaeis oleifera* H.B.K. x *Elaeis guineensis* Jacq. Revista de Ciencias Agrícolas. 28(1):132 - 146.
- HARTLEY, C., 1986. La palma de Aceite, Trad. del Inglés por Eduardo Maldonado, México, continental S.A. 846 - 847 p.
- HARTLEY, C. 1984. The oil palm. Lonhmaninc. Second edition. New York. USA. 806 p.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. (ICONTEC). 1999. Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de acidez y de la acidez: Bogotá D.C. (NTC 218).
- KADER, A. 1992. Biología y Tecnología de Postcosecha: Una Revisión General. Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California Publications. 3311 p.
- MÉRELO, P. 2011. Aproximación genómica al estudio de la abscisión de frutos cítricos: análisis transcriptómico de la zona de abscisión C. Tesis doctoral. Departamento de Biotecnología, Universidad Politécnica de Valencia. 27 p.
- MONDE, A., CARBONNEAU, M., MICHEL, F., LAURET, C., DIABATE, S., KONAN, E., SESS, D. y CRISTOL J. 2011. Potential Health Implication of in Vitro Human Low-Density Lipoprotein, Vitamin E Oxidation Modulation by Polyphenols Derived from Cote d'Ivoire's Oil Palm Species. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 59:9166 - 9171.
- MOSQUERA, M y GARCÍA, E. 2005. Impacto social de la agroindustria de la palma de aceite. Revista Palmas. 26(2):11 - 19.
- NAGENDRAN, B., UNNITHAN, U., CHOO, y SUNDRAM, K. 2000. Characteristics of red palm oil, a carotene-and vitamin E- rich refined oil for food uses. Food and Nutrition Bulletin. 21(2):189 - 94.
- OLADOJA, N. y AKINLABI, A. 2009. Congo red Biosorption on Palm Kernel Seed Coat. Applied Chemistry. 48:6188 - 6196.
- OSORIO, O. y ZACARIAS, L. 2000. Efecto de las bajas temperaturas en la biosíntesis de etileno en discos de flavedo de la mandarina "Fortune". Revista Iberoamericana de Tecnologías Postcosecha. 3(1):53 - 64.
- PRADA, F., AYALA, D., RUIZ, W. y ROMERO, H. 2011. Effect of Fruit Ripening on Content and Chemical Composition of Oil from Three Oil Palm Cultivars (*Elaeis guineensis* Jacq.) Grown in Colombia. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 59:10136 - 10142.
- RUEDA, H. 2011. Evaluación del tiempo postcosecha sobre la actividad lipásica del mesocarpio del fruto de la palma de aceite y la calidad del aceite. Tesis de grado Químico. Facultad de Ciencias, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 46 p.
- SALINAS, N. y PACHECO-DELAHAYE, E. 2003. Pigmentos carotenoides identificados y purificados en aceite de palma. Agronomía Tropical. 53(4):483 - 499.

- SALINAS, N., MÁRQUEZ, M. y SUTIL, R. 2008. Evaluación del efecto de un aceite de palma parcialmente refinado con un alto contenido en micronutrientes sobre el perfil lipídico de ratas. *Investigación Clínica*. 49(1):5 - 16.
- SIDDIQUE, B., AHMAD, A., HAKIMI-IBRAHIM, M., SUFIA, S., RAFATULLAH, M. y MOHD, O. 2010. Physico-chemical properties of blends of palm olein with other vegetable oils. *Grasas y aceites*. 61(4):423 - 429.
- SUNDRAM, K., SAMBANTHAMURTHI, R., y TAN, YA. 2003. Palm fruit chemistry and nutrition. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*. 12(3): 355 - 62.
- TADEO, F y GÓMEZ, A. 2008. Fisiología de las plantas y el estrés. *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. Segunda edición. McGraw -Hill Interamericana. Madrid. 577 - 597 p.
- VALENZUELA, B y MORGADO, T. 2005. Las grasas y aceites en la nutrición humana: algo de su historia. *Revista Chilena de Nutrición*. 32(2):88 - 94.
- VAN-GERPEN, J. 2005. Biodiesel processing and production. *Fuel Processing Technology*. 86:1097 - 1107.
- VAN-HET HOF, K.H, GÄRTNER, C., WIERSMA, A., LILIAN, B., TIJBURG. y JAN, A. 1999. Weststrate comparison of the bioavailability of natural palm oil carotenoids and synthetic beta-Carotene in Humans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 47(4): 1582 - 1588.
- ZOU, X., HUANG, J., JIN, Q., YUAN-FA, L. SONG, Z. y WANG, X. 2011. Lipase-Catalyzed Preparation of Human Milk Fat Substitutes from Palm Stearin in a Solvent-Free System. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 59(11):6055 - 6063.