

Actividad de la lipasa, contenido de aceite en el mesocarpio e índice de yodo en frutos de palma de aceite *Elaeis guineensis*, *Elaeis oleifera* y el híbrido interespecífico *OxG* (*E. oleifera* x *E. guineensis*)

Lipase Activity, Mesocarp Oil Content, and Iodine Value in Oil Palm Fruits of *Elaeis Guineensis*, *Elaeis Oleifera*, and the Interspecific Hybrid *OxG* (*E. oleifera* x *E. guineensis*)

Autores

Tatiana Cadena

Departamento de Química,
Universidad Industrial de
Santander, Bucaramanga,
Colombia

Fausto Prada

Programa de Biología y
Mejoramiento Genético,
Cenipalma

Aidé Perea

Departamento de Química,
Universidad Industrial de
Santander, Bucaramanga,
Colombia

Hernán Mauricio Romero

Programa de Biología y
Mejoramiento Genético,
Cenipalma
Departamento de Biología,
Universidad Nacional de Colombia,
hromero@cenipalma.org

Palabras CLAVE

Ácidos grasos libres, aceite de palma, triaglicéridos, lipasa, etileno, índice de yodo.

Free fatty acids, oil palm, triacylglycerols, lipase, ethylene, iodine value.

Traducción. Publicado en J. Sci. Food Agric. 93 (3), 674 - 680.

Recibido: marzo 14 de 2013
Aprobado: julio 21 de 2013

Resumen

Un factor que afecta la calidad del aceite crudo de palma es la formación de ácidos grasos libres (AGL), a menudo atribuida a la acción hidrolítica de la lipasa del mesocarpio. El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de la enzima y caminar en la búsqueda de genotipos con baja producción de ácidos grasos libres, alto rendimiento y una mejor calidad de aceite. La actividad de la lipasa se activó a bajas temperaturas (5°C). A esta temperatura el PLL, SOO, POL y POO (P, palmítico; L, linoleico, S, esteárico; O, oleico) fueron los triacilglicéridos más hidrolizados en los frutos de *Elaeis guineensis*. La producción de etileno se redujo de 36 nL g⁻¹ h⁻¹ a temperatura ambiente a 2 nL g⁻¹ h⁻¹ a 5 °C. La actividad de la lipasa de *Elaeis guineensis*, el híbrido *E. oleifera* x *E. guineensis* (*OxG*) y la *E. oleifera* fueron de 52,7%, 32,9% y <0,6% de AGL, respectivamente. La *E. guineensis* mostró aceite en el mesocarpio de 54,7%, seguido por el híbrido *OxG* (47,0%) y la *E. oleifera* (13,6%), y los índices de yodo fueron 52,0, 66,3 y 77,4 g de I₂ 100 g⁻¹, respectivamente.

Este trabajo permitió la identificación del híbrido interespecífico *OxG* como material prometedor con menos actividad de la lipasa y de superior índice de yodo a *E. guineensis*. Aunque los cruces *OxG* producen menos aceite en el mesocarpio que el comercial *E. guineensis*, esta característica se puede mejorar con la introducción de nuevos genes de *E. oleifera* en futuros híbridos.

Abstract

One factor affecting crude palm oil quality is the formation of free fatty acids (FFA), often attributed to the hydrolytic action of mesocarp lipase. The aim of this work was to evaluate the enzyme behavior and to look toward new genotypes with low FFA production, high yield, and better oil quality.

Lipase activity was strongly activated at low temperatures (5°C). At this temperature PLL, SOO, POL, and POO (P, palmitic; L, linoleic; S, stearic; O, oleic) were the most hydrolyzed triacylglycerols in *Elaeis guineensis* fruits. Ethylene production decreased from 36 nL g⁻¹ h⁻¹ at room temperature to 2 nL g⁻¹ h⁻¹ at 5°C. Lipase activity of *Elaeis guineensis*, the *E. oleifera* x *E. guineensis* (OxG) hybrid, and *E. oleifera* were 52.7%, 32.9%, and <0.6% FFA, respectively. The *E. guineensis* showed oil in the mesocarp of 54.7%, followed by the OxG hybrid (47.0%), and *E. oleifera* (13.6%), and the iodine values were 52.0, 66.3, and 77.4 g I₂ 100g⁻¹, respectively. This work allowed the identification of interspecific OxG hybrid as promising crosses with less lipase activity and higher iodine value than *E. guineensis*. Although OxG crosses produce less oil in the mesocarp than commercial *E. guineensis*; this feature could be improved by further breeding to introduce new genes from *E. oleifera* into the hybrids.



Introducción

La palma de aceite *Elaeis guineensis*, Jacq. (variedad ténera) es uno de los cultivos oleaginosos más productivos. El rendimiento de aceite puede alcanzar 4,6 toneladas por hectárea/año. El aceite de soya y el de palma son las fuentes principales de aceites vegetales del mundo. En 2010 la producción de aceite de palma fue de 45.8 millones de toneladas, equivalentes a 26,6% de la producción mundial de aceites y grasas¹. Hay dos especies de palma de aceite: *Elaeis guineensis*, Jacq., nativa de los trópicos ecuatoriales de África, y *Elaeis oleifera* (HBK) Cortes, nativa de Centro y Suramérica.²⁻⁴ La variedad ténera de *E. guineensis* (dura x pisífera) es la variedad que más se cultiva en el mundo debido a su alta producción de aceite. Se sabe que la *E. oleifera* tiene resistencia a algunas plagas y enfermedades comunes a la *E. guineensis* y produce aceite con mayores cantidades de ácidos oleico y linoleico, vitaminas y esteroides, además de tener un mayor índice de yodo que

el aceite de *E. guineensis*^{4,5}. Sin embargo, la baja producción de aceite hace que *E. oleifera* no sea adecuada para producción comercial. El interés principal en la *E. oleifera* tiene que ver con la herencia de características de los híbridos interespecíficos de *E. oleifera* x *E. guineensis* (OxG), que se sabe producen aceite con mayor grasa insaturada que la *E. guineensis* comercial^{3,5,6}. Los híbridos OxG han cobrado importancia debido a su resistencia parcial a la Pudrición del cogollo, enfermedad agresiva en *E. guineensis* causada por *Phytophthora palmivora*⁷.

El aceite crudo de palma (ACP) se extrae a partir del mesocarpio del fruto en la palma de aceite. Este aceite se utiliza principalmente para el consumo humano y como materia prima en muchos procesos industriales⁵. El contenido de ácidos grasos libres (AGL) es el parámetro principal para medir la calidad del ACP y determinar su precio comercial. La presencia de AGL genera rancidez y deteriora el aceite; por estos



motivos, se deben extraer durante el proceso de refinación. Este tema aumenta el costo del proceso^{5,8}. Estudios han demostrado que la formación de AGL en el ACP es causada por una acción hidrolítica de la lipasa en el mesocarpio (triacilglicerol acilhidrolasa, EC 3.1.1.3)^{5,9}. Esta enzima se ha asociado con las membranas de los oleosomas (cuerpos lípidos) y se activa cuando los frutos se golpean durante la cosecha, el transporte y el almacenamiento^{10,11}. Se han informado distintas metodologías para la evaluación de la actividad de la lipasa en el mesocarpio de la palma. Henderson y Osborne¹² midieron la actividad de lipasa en un polvo obtenido mediante la maceración de tejido del mesocarpio con nitrógeno líquido y encontraron actividad entre los 20 y 45°C, con sustrato de glicerol tri-[1-¹⁴C] oleato; se encontró la máxima activación a los 18°C. Posteriormente, Ngando *et al*⁹ desarrollaron una metodología para medir la actividad de la lipasa en los extractos del mesocarpio mediante la extracción con solventes orgánicos. En este método se utilizó aceite de oliva como sustrato y las condiciones óptimas de reacción fueron una temperatura de 35°C y una concentración de 150 mmol L⁻¹ CaCl₂ con pH 9.

Sambanthamurthi *et al*¹⁴ observaron una alta actividad de la lipasa *in vivo* luego de mantener los frutos a 5°C en el transcurso de la noche. Con esta metodología de inducción al frío, se evaluó la actividad de la lipasa en más de 100 muestras de palma en el banco de germoplasma del MPOB. Hallaron que la actividad de la lipasa cambia según el genotipo y es mayor en la *E. guineensis* que en la *E. oleifera*¹⁵. Ngando *et al*¹⁶ evaluaron la actividad de la lipasa en 32 genotipos de palma en el banco de germoplasma de Camerún usando una prueba *in vivo* diferente. Este tratamiento *in vivo* consistió en someter los frutos a un ciclo de congelación/descongelación para provocar el mayor daño al mesocarpio. El estudio mostró variaciones entre genotipos y una mayor actividad en la *E. guineensis* (17 – 55% AGL) que en la *E. oleifera* (<7,5% AGL). Se pueden realizar pruebas de

actividad de la lipasa utilizando metodologías *in vitro* e *in vivo* con sustratos diferentes y diversas condiciones de reacción; sin embargo, el ensayo *in vivo* de inducción por frío se ha utilizado ampliamente en la determinación de la actividad de la lipasa para la evaluación de diferentes genotipos.

El estrés por baja temperatura induce la producción de etileno en los tejidos de la planta, los cuales normalmente no producen cantidades significativas de etileno¹⁷. En muchas frutas, especialmente en las especies de origen tropical y subtropical, la lesión por enfriamiento se asocia con un aumento en la producción de etileno a temperaturas bajas no congelantes¹⁸. Según Sanbanthamurthi *et al*¹⁴ el fruto de la palma sufre un proceso de hidrólisis de triacilglicerol (TAG) durante el enfriamiento a 5°C pero no se detecta una producción de etileno en los frutos de la *E. guineensis* almacenados durante la noche a 5°C o a temperatura ambiente; no obstante, Henderson y Osborne¹⁹ detectaron diferentes cantidades de etileno en los frutos maduros mientras evaluaban el rol señalador del etileno en la abscisión en los frutos de la palma; y Tranbarger *et al*²⁰ midieron el etileno durante las fases en el desarrollo del mesocarpio. Sin embargo, anteriormente no se había informado alguna evidencia sobre la producción de etileno en los frutos de palma a bajas temperaturas. Por lo tanto, se evaluó la producción de etileno y CO₂ en estos frutos para estudiar la correlación entre el etileno y el aumento en la producción de AGL durante el proceso de enfriamiento.

El objetivo del presente trabajo fue establecer las condiciones para la determinación de la actividad de la lipasa usando la prueba *in vivo* inducida con frío y estudiar los cambios en la producción de TAG y etileno/CO₂ bajo estas condiciones. Se utilizó esta metodología para evaluar los diferentes genotipos de la *E. guineensis* variedad ténera cultivadas ampliamente en Colombia; cinco poblaciones provenientes de la colección Angola en el Centro de Investigación de Palma de Aceite, Cenipalma, cinco familias de

E. oleifera y tres híbridos interespecíficos *OxG*. Además, se estudió el contenido de aceite en el mesocarpio y el valor del yodo en el aceite. La evaluación de estos parámetros aportó información importante para la selección de los genotipos con baja formación de AGL, alto rendimiento y mejor calidad de aceite.

Parte experimental

Reactivos

Se adquirió una mezcla de ácidos grasos y esterios metílicos (FAME; 37 component mix, 10 mg mL⁻¹ Cat. 47885-U) de Supelco (Bellefonte, PA, EE.UU). Los triacilglicerolos OLL, PLL, MLP, OOL, POL, PLP, OOO, POO, POP, SOO, POS, PPS y SOS (O, ácido oleico; P, ácido palmítico; L, ácido linoleico; M, ácido mirístico; S, ácido esteárico) con pureza >98% se adquirieron en Sigma (Steinheim, Alemania). El sodio e hidróxido de potasio grado reactivo y el BF₃/MeOH 20% se adquirieron de Merck (Darmstadt, Alemania). El metanol, acetronilo, 2-propanol y el hexano eran grado HPLC. Se obtuvo agua grado HPLC mediante un sistema de purificación Millipore Milli-Q Academic (Sao Paulo, Brasil). Se generó el hidrógeno con un Parker H2PEM-260 (Cleveland, OH, EE.UU). Se compró hipoclorito de sodio 5% en el mercado local. Se adquirieron estándares de gas nitrógeno, aire, etileno y CO₂ en Linde (Bucaramanga, Colombia).

Material vegetal

Se recolectaron muestras de racimos de fruta fresca de palmas *E. guineensis* y de híbridos interespecíficos *OxG* en el Centro de Investigación de Palma de Aceite, Cenipalma. Se obtuvieron muestras de *E. oleifera* provenientes de palmas cultivadas en diferentes ubicaciones de la Zona Central de Colombia. Se evaluaron cinco poblaciones de *E. guineensis* provenientes de la colección Angola y seis variedades comerciales de *E. guineensis* variedad ténera.

Se obtuvieron muestras de *E. oleifera* a partir de cinco familias. Se evaluaron tres cruces Coari x La Mé de híbridos *OxG*. Se seleccionaron al azar palmas de cada genotipo. Se cultivó un racimo maduro de cada palma en la etapa fenológica 807; estos criterios de cosecha fueron descritos por Hormaza *et al.*, y Forero *et al.*^{21, 22} y a menudo se utilizan en la industria palmicultora colombiana.

Condiciones para la evaluación *in vivo* de la actividad de la lipasa

Se tomaron racimos maduros de *E. guineensis* (ténera), *E. oleifera* y el híbrido interespecífico *OxG* para la optimización en la actividad de la lipasa tal como lo describieron Sambanthamurthi *et al.*¹⁴. Los frutos sin alteración visible tales como golpes o contaminación se esterilizaron previamente con hipoclorito de sodio (0,5%) y se lavaron con agua destilada. Se sometieron las muestras de frutos de *E. guineensis* variedad ténera, *E. oleifera* y el híbrido interespecífico *OxG* a temperaturas de -20,5; 25 o 45°C durante el transcurso de la noche. Los frutos almacenados se conservaron en enfriadores y calentadores con temperatura constante, que se monitoreó con termómetros digitales. Al día siguiente, los frutos se sometieron a esterilización en autoclave durante 1 h (15 psi) para detener la reacción de la hidrólisis. Todos los frutos esterilizados se despulparon a fin de obtener una muestra del mesocarpio. Se extrajo el aceite de los mesocarpios de *E. guineensis* y *OxG* mediante una prensa hidráulica manual a 60°C. El extracto agua/aceite se centrifugó a 3.400 x g durante 2 minutos, y la capa superior (aceite) se retiró y almacenó. Las muestras de mesocarpio de *E. oleifera* se secaron al vacío (Labconco, Kansas, MO, EE.UU) durante 12 h. El mesocarpio seco se molió y ~200g se colocaron en un frasco erlenmeyer, y se adicionó hexano para la extracción de los lípidos durante toda la noche. El extracto solvente se filtró (Whatman N° 1), se retiró el hexano usando un rotoevapora-



dor a 50°C (Heidolph, Nuremberg, Alemania) y el aceite extraído se almacenó. Se midió la actividad de la lipasa en cada genotipo tomando muestras de 1 g de aceite y se tituló el AGL a partir de la reacción de hidrólisis con NaOH 0,1 mol L⁻¹ según la norma AOCS 5^a-42²³. La actividad de la lipasa *in vivo* se expresó como el porcentaje del contenido de AGL en el aceite del mesocarpio de los frutos almacenados a diferentes temperaturas.

Análisis del triacilglicerol mediante HPLC

Se analizaron los TAG mediante un cromatógrafo líquido Merck-Hitachi con detección UV según Prada *et al*²⁴. Se separaron los lípidos en una columna Merck Chromolith RP-18e (100 mm x 4,6 mm). Para analizar las TAG, se disolvieron 25 mg de aceite en 1 ml de solvente A (acetronitrilo-2-propanol-hexano, 55:45:5, v/v/v). Se inyectó una alícuota (20 µL) en el cromatógrafo y se eluyó con 96% del solvente A y 4% de agua a 0,8 ml min⁻¹ durante 60 minutos. Los TAG se detectaron a 220 nm. Se identificaron picos mediante la comparación con los estándares y se realizó la cuantificación mediante la normalización del área en los picos.

Análisis de etileno y CO₂ mediante cromatografía de gas (GC)

Los cambios en la producción de etileno y dióxido de carbono se midieron en los frutos de *E. guineensis* y el híbrido interespecífico *OxG*. Se realizó el análisis según lo propuesto por Wang y Adams¹⁷, con algunas modificaciones. Se colocaron 40 frutos frescos en una cámara hermética de 1 L y se sometieron a 25, 20, 15, 10 o 5°C. Cuando los frutos alcanzaron la temperatura deseada, se guardaron durante 1 hora. Se tomó una muestra de aire retirando 1ml con una jeringa hermética (Hamilton, Reno, NV, EE.UU). La producción de etileno y CO₂ se analizó con la cromatografía de gas 7890A (Agilent Technologies, Santa Clara, CA,

EE.UU) equipada con un detector de ionización en la llama para la detección del etileno y un detector de conductividad térmica para la detección del CO₂. Se utilizó una columna capilar PLOT-U (30 m x 0,32 mm d.i, x 10 µm f.e.; J&W Scientific, Folsom, CA, EE.UU). La temperatura del horno se mantuvo a 70°C. Las temperaturas de inyección y detección fueron 250 y 280°C, respectivamente. El gas de arrastre fue hidrógeno a 33 cm s⁻¹. La división de flujo fue de 1:5. Se utilizó una mezcla de etileno y CO₂ como estándar externo. A las cámaras se les inyectó nitrógeno entre los muestreos.

Evaluación del contenido de aceite y actividad lipasa *in vivo*

Se analizaron racimos de frutos frescos usando la metodología descrita por García y Yáñez²⁵, con algunas modificaciones. Se quitaron las raquillas en cada racimo desde el pedúnculo y se recolectaron 3 kg en muestra. Se tomó una muestra de 400 g de frutos normales para la *E. guineensis*. Para la *E. oleifera* y el híbrido *OxG* se tomaron frutos normales y partenocarpías en forma independiente, para la medición del contenido de aceite en el mesocarpio. El mesocarpio se removió de los frutos con un cuchillo. Para el contenido de aceite, se colocó cada muestra de mesocarpio fresco en un horno a 105°C durante la noche. Se molió el mesocarpio seco y se colocaron 5g en dedales para extracción Soxhlet durante 24 horas, mediante el uso de hexano como solvente. Se determinó gravimétricamente una medida cuantitativa del contenido total de aceite. Se tomaron diez frutos frescos que quedaron de las raquillas para realizar la extracción de aceite y determinar el índice de yodo. Otros diez frutos se tomaron para la actividad lipasa *in vivo*, en la cual se sometieron los frutos a 5°C durante la noche. Se extrajo aceite para determinar AGL y se analizó como se describió anteriormente. La actividad *in vivo* de la lipasa se expresó como un porcentaje del contenido de AGL en el aceite de mesocarpio en los frutos.

Índice de yodo

El valor del yodo se calculó de conformidad con el método oficial de la AOCS Cd 1c-85²³ a partir de la composición de ácidos grasos medida mediante GC como lo describieron Prada *et al*²⁴.

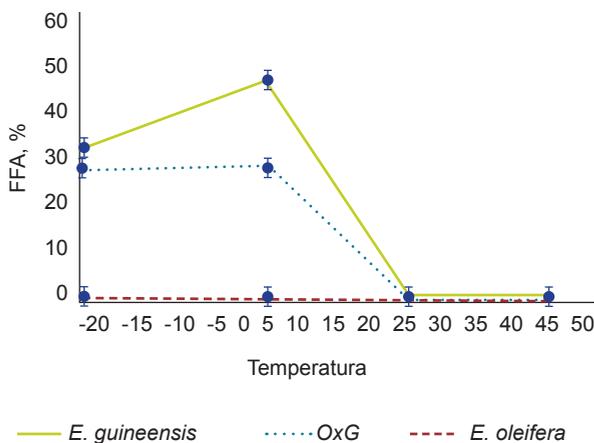


Figura 1. Variación en la formación de AGL en los frutos de los *E. guineensis*, *E. oleifera*, e híbrido OxG de acuerdo con el cambio de temperatura.

Resultados y discusión

Condiciones para la evaluación de la actividad de la lipasa

Se establecieron primero las condiciones para la evaluación de la actividad de la lipasa. Ya se había reportado una prueba con inducción de frío a 5°C para *E. guineensis* pero no para *E. oleifera* o el híbrido OxG. Por esta razón, estudiamos el efecto de diferentes temperaturas de almacenamiento en la formación de AGL durante la noche en los frutos de tres genotipos de palma de aceite (Figura 1). No se indujo la formación de AGL a temperatura ambiente o mayor (45°C) en cualquiera de los genotipos evaluados. De otro lado, hubo un incremento en la producción de AGL en *E. guineensis* y en el híbrido OxG a temperaturas bajas (5 y -20°C). Se observó la máxima formación de AGL a los 5°C con formación de 47% y 29% en *E. guineensis* y el híbrido OxG,

respectivamente. En el caso de *E. oleifera*, la formación de AGL fue <1% y no se observaron cambios en ninguna de las temperaturas evaluadas. Los frutos de *E. guineensis* mostraron mayor producción de AGL a los 5°C (46%) y una reducción de 30% a los 20°C (32% AGL). El híbrido OxG mostró poca reducción en la formación de AGL cuando la temperatura cayó de 5°C (29%) a -20°C (28%). Sanbanthamurthi *et al*¹⁴ también encontraron los mayores niveles de AGL en la *E. guineensis* después de almacenar los frutos a 5°C (70%). Además, Ngando *et al*¹⁶ mostraron la producción de 55% de AGL después de someter los frutos a ciclos de congelación/descongelación. Estos autores sugieren que el efecto puede ser causado por el daño que generan las temperaturas de congelación en el tejido del mesocarpio. La ruptura de oleosomas libera las enzimas vinculadas a la membrana y aumenta la disponibilidad de TAG (sustrato) almacenado en esos organelos. Según nuestros resultados y los resultados previos de literatura, la condición seleccionada para medir la actividad *in vivo* de la lipasa en los diferentes genotipos fue el almacenamiento de los frutos a 5°C durante la noche.

Cambios en la composición del triacilglicerol en los frutos a temperatura de refrigeración

Se evaluó la acción hidrolítica de la lipasa sobre la composición del TAG en los frutos almacenados a temperatura ambiente y a 5°C para los tres tipos de frutos estudiados (Tabla 1). Posterior al enfriamiento, los frutos de la *E. guineensis* y el híbrido OxG mostraron una disminución absoluta en la cantidad total de TAG con 52% y 28%, respectivamente; el contenido de TAG en los frutos de la *E. oleifera* solamente cambió en 0,6%. Los TAG principales en los frutos frescos de *E. guineensis* fueron POP, POO, POL y PLP con 24,5%, 21,69%, 14,69% y 11,6%, respectivamente. Las diferencias relativas en el porcentaje revelan que el PLL, SOO, POL y POO fueron los TAG más hidrolizados con 93,9%; 88,9%; 87,0% y 81,0%, respectivamente (Figura



2). Aunque el POP fue el TAG más abundante en los frutos frescos (24,5%) tuvo una baja susceptibilidad a la hidrólisis (12%). Para los frutos frescos del híbrido *OxG*, los TAG más abundantes fueron POO, POL, POP y PLP con 23,4%; 17,7% y 9,4%, respectivamente. El comportamiento en la hidrólisis de la enzima dentro del híbrido *OxG* fue diferente, comparado con los de los frutos de *E. guineensis*. Aunque las concentraciones de TAG en el híbrido fueron diferentes, la hidrólisis relativa de todos los TAG fue casi idéntica y varió de 24,6% a 35,2%. Los frutos de *E. oleifera* mostraron POL, POO, PLL, PLP, OOL y POP como TAG principales con concentraciones de 23,3%; 14,2%; 14,1%; 13,1%; 9,9% y 9,4%, respectivamente. Esta especie mostró una hidrólisis muy baja de TAG presente en el mesocarpio.

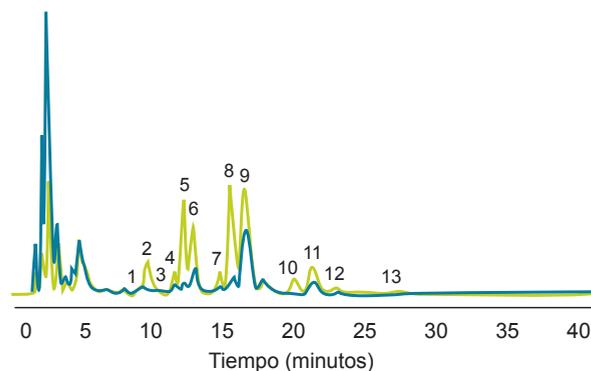


Figura 2. Perfil de TAG en las muestras de lípidos extraídos del mesocarpio de *E. guineensis* expuestas a 25°C (—) y 5°C (---) durante la noche. 1, OLL; 2, PLL; 3, MLP; 4, OOL; 5, POL; 6, PLP; 7, OOO; 8, POO; 9, POP; 10, SOO; 11, POS; 12, PPS; 13, SOS.

Los resultados revelaron que la especificidad de la enzima y la actividad pueden variar entre los tres genotipos evaluados. En *E. guineensis* la enzima tuvo eficiencias diferentes en la hidrolización de los TAG, mientras que en el híbrido *OxG* la enzima no fue específica para un TAG particular, y en *E. oleifera* la enzima no mostró actividad. La prueba de inducción de frío a 5°C demostró que la lipasa podría hidrolizar TAG en un mayor grado en *E. guineensis* y el híbrido *OxG* que en *E. oleifera*. Este hecho se utilizó

para evaluar la actividad de la lipasa en los genotipos estudiados para este trabajo.

Cambios en la producción de etileno y la respiración durante el proceso de enfriamiento

La Figura 3 muestra que los frutos de la palma *E. guineensis* y el híbrido interespecífico *OxG* disminuyeron la producción de etileno y las tasas de respiración a bajas temperaturas. Para *E. guineensis*, la producción de etileno a temperatura ambiente fue de 36 nL g⁻¹ h⁻¹ y disminuyó a un nivel bajo de 2 nL g⁻¹ h⁻¹ a 5°C. El híbrido *OxG* solamente produjo 7 nL g⁻¹ h⁻¹ de etileno a temperatura ambiente y la producción de etileno se redujo a 1 nL g⁻¹ h⁻¹ a los 5°C. Henderson y Osborne¹⁹ reportaron una producción de etileno de 46,1 nL g⁻¹ h⁻¹ en los frutos frescos maduros de *E. guineensis* a temperatura ambiente, valores similares a los obtenidos en el presente trabajo. Los cambios observados en las tasas de respiración siguieron tendencias similares al etileno. Los frutos de *E. guineensis* y el híbrido *OxG* mostraron tasas de 150 y 83 μg g⁻¹ h⁻¹ de CO₂, respectivamente, a temperatura ambiente y disminuyeron a 24 y 26 μg g⁻¹ h⁻¹ a 5°C para la *E. guineensis* y el híbrido *OxG*, respectivamente.

Se ha reportado que los frutos que sufren síntomas de lesión por enfriamiento tales como el pepino¹⁷, el melón²⁶, la chirimoya²⁷ y el aguacate²⁸ aumentan la producción de etileno bajo condiciones de enfriamiento; sin embargo, se ha encontrado que otras frutas tales como los duraznos y las nectarinas inhiben la producción de etileno a bajas temperaturas^{29, 30}, algo similar a lo que encontramos en los frutos de la palma de aceite. Algunos autores informan que las temperaturas entre 5 y 10°C debilitaron los tejidos del fruto debido a los efectos de diferentes procesos metabólicos en respuesta al estrés por enfriamiento. Algunos de los cambios que ocurren a nivel celular de las especies sensibles al enfriamiento incluyen la pérdida de integridad en la membrana, la fuga del soluto,

el aumento en el calcio citosólico, al igual que la estimulación en la producción de etileno y la creciente tasa de respiración en la mayoría de los casos^{18, 26}. Si bien la producción de etileno en los frutos de la palma fue inhibida por las bajas temperaturas, esta inhibición se relacionaba inversamente con los síntomas de la lesión por frío que afecta los tejidos de los frutos y libera el AGL. Consideramos que se deben realizar estudios adicionales con el fin de aclarar el rol del etileno en el mecanismo de activación de la lipasa y la formación del AGL en los frutos de la palma.

Variación en el contenido de lípidos, actividad *in vivo* de la lipasa y valor del yodo

Seis variedades comerciales de *E. guineensis* cultivadas ampliamente en Colombia tuvieron una actividad de lipasa promedio entre 47,9% y 59,4% AGL (Tabla 2). Los tres híbridos interespecíficos Coari x La Mé x OxG presentaron valores promedio de 28,5%; 31,7% y 38,6% de AGL. Las cinco familias de *E. oleifera* evaluadas mostraron una muy baja actividad de lipasa <0,6% AGL. Ngando et al¹⁶ reportaron formaciones de AGL usando otro método de activación de la enzima (congelación/descongelación) en materiales Deli x La Mé entre 5,3% y 44,8% y la formación de AGL en el genotipo Deli x Yagambi de entre 24,2% y 28,6%. El tipo Deli x La Mé reportado en el presente artículo mostró un rango de 49,8 a 59,7%. La actividad de lipasa en Deli x Yagambi varió entre 40,3% y 56,1% de AGL. Todos los valores que reportaron Ngando et al¹⁶ fueron menores que los encontrados en el presente trabajo.

El promedio general de actividad de la lipasa que se encontró en las variedades ténera comerciales de *E. guineensis*, los híbridos OxG y *E. oleifera* fue de 52,7%; 32,9% y <0,6% de FFA, respectivamente. Esto muestra una amplia variación entre las dos especies *E. guineensis* y *E. oleifera*, que es importante para el éxito en los programas de mejoramiento de

palma de aceite y el desarrollo de los futuros genotipos³¹. Cabe anotar que los híbridos OxG mostraron un valor medio más cercano al de *E. guineensis* que al de *E. oleifera*, y que los valores observados en las palmas individuales de los híbridos OxG fueron más diversos (0,8-58,4% AGL) que los encontrados en *E. guineensis* variedad ténera (38,5-63,4% de AGL). Algunas de las palmas híbridas OxG mostraron valores de aproximadamente 1,0% de AGL, cercanos a los que se hallaron en la *E. oleifera* (Tabla 2), y el AGL fue aproximadamente 58% en las demás palmas híbridas, casi tan alto como los medidos en algunas *E. guineensis*. Este resultado sugiere que la heredabilidad de la actividad de la lipasa es dominada por los rasgos de *E. guineensis*.

Se analizó la colección Angola por familias dentro de las poblaciones; sin embargo, no se encontraron diferencias significativas y los valores medios reportados fueron dados para las poblaciones. Se encontró que el promedio de actividad de la lipasa varió entre 42,7% y 48,8% de AGL, y el valor para las palmas individuales estuvo entre 20,4% y 65,1% de AGL. Sambanthamurthi et al¹⁵ estudiaron la actividad de la lipasa en siete palmas de la colección de germoplasma Angola en el MPOB con la misma metodología. Los autores reportaron 9,7%; 10,1%; 14,5%; 43,0%; 43,4% y 66,8% de AGL para las palmas evaluadas. En nuestro trabajo, ninguna de las 195 muestras de palmas estudiadas provenientes de nuestra colección Angola tuvo formaciones de AGL menores a 20,4%. Sambanthamurthi et al¹⁵ también reportaron actividad de lipasa en la palma *E. oleifera* con tres orígenes distintos y encontraron valores AGL de entre 2,9% y 6,2%. La formación de AGL para las palmas *E. oleifera* evaluadas en el presente estudio fue <0,6%. Los resultados en nuestro estudio fueron menores, pero el origen de las palmas fue diferente.

Los contenidos de aceite en el mesocarpio seco (AMS) y en el mesocarpio fresco (AMF) son parámetros importantes en la evaluación del material genético proveniente de la palma



de aceite debido a la relación con el rendimiento. Todas las palmas en este estudio se evaluaron en relación a estos parámetros. Como se esperaba, las variedades comerciales de la *E. guineensis* ténera y las palmas de la colección Angola mostraron un mayor promedio de AMF (52,5-58,3%) que los híbridos *OxG* (45,2-48,4%) y las palmas *E. oleifera* (10,9-16,1%). Se observaron resultados similares para AMS, que mostraron valores de 74,9-80,8% para palmas *E. guineensis*, 70,5-7,2% para híbridos *OxG*, y 21,4-30,9% para palmas *E. oleifera*. Ngando *et al*¹⁶ reportaron contenido de aceite en mesocarpio seco entre 78,3% y 89,6% para los cruces Deli x La Mé y Deli x Yagambi. En el ensayo aquí descrito, el contenido de aceite fue de 73,9%-81,9% y 76,1-80,0% para el material Deli x La Mé y Deli x Yagambi, respectivamen-

te. La variedad comercial *E. guineensis* ténera mostró poca variabilidad dentro de los materiales. Los materiales Deli x Avros Dumphy y Deli x Avros tuvieron el mayor contenido de aceite en el mesocarpio fresco con valores de 58,3% y 55,5%, respectivamente. El valor más bajo se obtuvo para la variedad Deli x Ghana (52,5%). El medio total para AMF en las variedades comerciales, los híbridos *OxG*, las familias de *E. oleifera*, y la colección Angola fueron 54,7%; 47,0%; 13,6% y 54,0%, respectivamente. Estos resultados indican que las palmas *E. oleifera* contienen bajos valores de AMF. A pesar del hecho que *E. oleifera* mostró los valores más bajos para la actividad de la lipasa, el bajo contenido de aceite en el mesocarpio en estas plantas sigue siendo un rasgo negativo, pero susceptible de mejora.

Tabla 1. Cambio en la composición del triglicérido en el mesocarpio durante el tratamiento AGL inducido por frío.

TAG ^a	<i>E. guineensis</i> ^b				Híbrido interespecífico <i>OxG</i>				<i>E. oleifera</i>			
	CF (5°C)	FF (25°C)	AD	RD	CF (5°C)	FF (25°C)	AD	RD	CF (5°C)	FF (25°C)	AD	RD
MLP	0,2 ± 0,0	0,6 ± 0,1	0,5	72,8	0,3 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,1	30,6	1,2 ± 0,1	1,2 ± 0,1	0,0	0,0
PLP	5,8 ± 0,1	11,6 ± 0,3	5,8	49,9	6,4 ± 0,7	9,4 ± 0,9	3,0	31,7	13,1 ± 0,5	13,1 ± 0,7	0,0	0,0
POP	21,6 ± 0,3	24,5 ± 0,1	2,9	12,0	11,5 ± 2,0	17,0 ± 2,4	5,5	32,3	9,3 ± 0,5	9,4 ± 0,4	0,1	0,6
PPS	0,8 ± 0,0	0,9 ± 0,1	0,1	11,3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
PLL	0,3 ± 0,0	5,3 ± 0,0	5,0	93,9	5,1 ± 0,7	6,7 ± 0,6	1,7	24,7	14,1 ± 0,3	14,1 ± 0,3	0,0	0,0
POL	1,9 ± 0,2	14,9 ± 0,1	12,9	87,0	12,9 ± 0,8	17,7 ± 0,8	4,8	26,9	22,9 ± 0,4	23,2 ± 0,4	0,3	1,2
POO	4,1 ± 0,4	21,6 ± ,4	17,5	81,0	17,0 ± 0,5	23,4 ± 0,7	6,4	27,4	13,9 ± 0,5	14,2 ± 0,8	0,2	1,5
POS	5,4 ± 0,3	6,6 ± 0,2	1,1	17,3	1,8 ± 0,3	2,8 ± 0,8	1,0	35,2	0,7 ± 0,1	0,7 ± 0,1	0,0	0,0
OLL	0,4 ± 0,1	0,9 ± 0,1	0,5	55,7	2,4 ± 0,4	3,2 ± 0,3	0,9	26,7	7,2 ± 0,0	7,2 ± 0,1	0,0	0,0
OOL	1,0 ± 0,1	2,7 ± 0,0	1,6	61,7	5,6 ± 0,5	7,6 ± 0,6	2,0	26,2	9,8 ± 0,3	9,9 ± 0,4	0,1	1,1
OOO	0,9 ± 0,1	3,4 ± 0,0	2,5	73,7	5,8 ± 0,5	7,3 ± 1,0	1,9	24,6	5,0 ± 0,3	5,0 ± 0,4	0,1	1,2
SOO	0,4 ± 0,0	3,4 ± 0,1	3,0	88,9	1,3 ± 0,2	1,8 ± 0,3	0,5	27,6	0,5 ± 0,2	0,5 ± 0,1	0,0	0,0
SOS	0,5 ± 0,1	0,6 ± 0,2	0,1	20,9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Total	47,4 ± 0,9	99,5 ± 0,1	52,1	-	71,1 ± 2,6	99,2 ± 0,3	28,1	-	98,8 ± 0,1	99,4 ± 0,2	0,6	-

a O, ácido oleico; P, ácido palmítico; M, ácido mirístico; L, ácido linoleico; S, ácido esteárico.

b CF, frutos fríos; FF, frutos frescos; AD, diferencia absoluta; RD, diferencia relativa; n.d. no detectado.

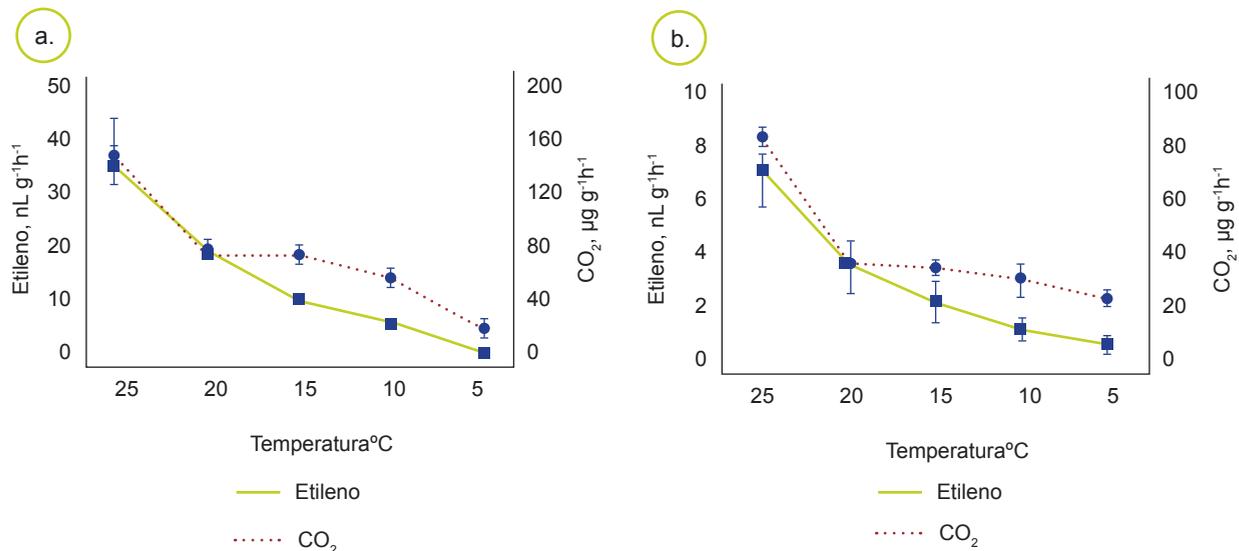


Figura 3. Cambios en la producción de etileno y CO₂ en los frutos de *E. guineensis* y el híbrido OxG durante el proceso de enfriamiento.

El último parámetro evaluado fue el índice de yodo, el cual es una medida de la calidad del aceite y se relaciona con el contenido de ácidos grasos insaturados (palmitoleico, oleico, linoleico) y el rendimiento de la oleína. En las muestras que se examinaron se encontró que las familias *E. oleifera* presentaron los mayores valores de yodo (77,4 g I₂ 100 g⁻¹) seguidas por los híbridos OxG (66,3), las palmas de la colección Angola (54,7) y las palmas de materiales comerciales (52,0). Las variaciones en el índice de yodo en palmas individuales de las variedades tenera, híbridos OxG, colección Angola y familias *E. oleifera* fueron 47,6 – 58,1, 57,2 – 72,4, 37,2 – 62,8 y 72,9 – 82,7, respectivamente. Estudios anteriores en la colección Angola del MPOB³² reportaron valores entre 49,6 y 67,4. La colección Angola en Cenipalma también mostró una amplia variación, que es buena para la selección en los programas de mejoramiento. Las palmas *E. oleifera* tuvieron los mejores valores de yodo además de una baja actividad de lipasa, lo cual es importante especialmente en la producción de híbridos OxG. Los híbridos OxG mostraron mejores valores de AMF (47,0%) que las de *E. oleifera* (13,6%). Los híbridos OxG también tu-

vieron mejor calidad de aceite en términos de índice de yodo (66,4 g I₂ 100 g⁻¹) y más baja actividad de lipasa (32,9%) que la variedad tenera de *E. guineensis* que tuvo un valor de yodo de 52,0 g I₂ 100 g⁻¹ y actividad de lipasa de 52,7%.

En conclusión, la evaluación de la actividad de lipasa, el contenido de aceite en el mesocarpio y del valor de yodo revelaron amplias diferencias entre *E. guineensis*, *E. oleifera* y los híbridos OxG. Las familias *E. oleifera* tienen muy baja actividad de lipasa y producen aceite con mejor valor de yodo, pero contienen una baja cantidad de aceite en el mesocarpio. Las palmas *E. guineensis* produjeron aceite con menor valor de yodo y mayor actividad de lipasa, lo que resultó en mayores contenidos de AGL en el aceite, a pesar de producir la mayor cantidad de aceite en el mesocarpio. Los híbridos OxG se expanden rápidamente en América Latina debido a su resistencia parcial a la Pudrición del cogollo, que afecta enormemente a *E. guineensis*. Estos híbridos podrían ser una buena alternativa a la variedad tenera de *E. guineensis* ya que producen aceite de mejor calidad con menos actividad de lipasa y mayores valores de yodo.



Tabla 2. Actividad de lipasa, contenido de aceite en mesocarpio y valor de yodo para *E.guineensis*, *E. oleifera* e híbrido OxG.

Origen	N ^a	Actividad lipasa ^b (%AGL)	Aceite en mesocarpio seco ^b (%)	Aceite en mesocarpio fresco ^b (%)	Valor de yodo ^b (gl ₂ 100 g ⁻¹)
Variedades comerciales de <i>E. guineensis</i> var. ténera.					
Deli x La Mé	6	53,8±3,7(49,8-59,7)	77,7±2,8(73,9-81,9)	53,8±2,6(50,1-56,3)	53,7±2,4(51,6-58,1)
Deli x Avros	6	59,4±3,5(53,3-63,4)	77,7±3,2(72,8-82,7)	55,5±3,0(51,1-59,2)	52,8±1,9(50,3-55,7)
Deli x Nigeria	6	48,0±9,5(38,5-60,1)	79,0±3,0(76,3-86,5)	53,2±3,8(49,6-59,4)	50,7±1,4(49,0-52,4)
Deli x Ghana	6	54,1±6,8(44,7-61,8)	74,9±3,9(71,1-82,1)	52,5±5,4(49,0-59,8)	52,6±2,2(50,8-54,3)
Deli x Yagambi	6	47,9±5,8(40,3-56,1)	77,9±1,3(76,1-80,0)	54,8±6,2(44,1-60,2)	51,3±2,8(47,8-53,5)
Deli x Avros Dumphy	7	53,1±7,0(41,6-60,8)	80,8±1,8(78,7-84,1)	58,3±3,4(55,1-64,2)	50,9±2,1(47,6-52,8)
Media total	-	52,7±4,3(38,5-63,4)	78,0±1,9(71,1-86,5)	54,7±2,1(44,1-64,2)	52,0±1,2(47,6-58,1)
Híbridos interespecíficos OxG					
Coarí x La Mé 1	14	38,6±12,0(16,0-57,9)	71,5±2,0(68,2-75,0)	48,4±3,6(42,2-52,7)	64,7±1,6(62,4-67,6)
Coarí x La Mé 2	26	31,7±17,2(1,0-58,2)	70,7±4,8(61,7-82,0)	45,2±6,9(31,4-60,1)	66,5±3,5(57,2-72,4)
Coarí x La Mé 3	23	28,5±19,3(0,8-58,4)	72,2±3,7(61,8-81,2)	47,4±4,1(39,2-56,9)	67,7±2,6(62,5-72,3)
Media total	-	32,9±5,2(0,8-58,4)	71,5±0,8(61,7-82,0)	47,0±1,6(31,4-60,1)	66,3±1,5(57,2-72,4)
<i>E. oleifera</i>					
E16 (1)	9	<0,6	30,9±6,1(22,2-43,1)	16,1±3,7(11,3-21,5)	76,6±2,3(72,9-79,8)
S12 (2)	9	<0,6	23,5±3,44(17,2-27,3)	11,7±1,8(9,0-14,5)	76,2±2,2(73,9-79,4)
S16 (3)	9	<0,6	29,6±4,6(22,3-36,2)	15,6±2,7(11,3-18,9)	78,7±2,5(76,4-82,7)
S24 (4)	9	<0,6	21,4±7,3(14,1-35,7)	10,9±5,3(6,6-21,6)	78,3±2,8(74,7-81,9)
SP1 (5)	9	<0,6	25,9±6,3(13,1-33,0)	13,8±3,8(6,3-18,9)	77,0±1,7(74,8-79,7)
Media total	-	<0,6	26,3±4,0(13,1-43,1)	13,6±2,3(6,3-21,6)	77,4±1,1(72,9-82,7)
Colección Angola <i>E. guineensis</i>					
Caixito (1)	52	42,7±9,5(24,0-63,2)	78,5±3,2(69,9-84,4)	53,8±6,1(37,4-63,5)	55,2±3,0(48,6-61,7)
Sumbe (2)	30	48,1±8,9(32,3-63,4)	79,8±2,7(73,1-84,3)	55,4±4,2(48,4-65,3)	55,3±3,0(49,1-61,2)
Cabianda (3)	61	48,8±9,9(20,4-65,1)	77,1±3,1(70,5-83,9)	52,2±6,0(37,9-65,9)	55,2±2,7(48,4-62,8)
Benguela (4)	23	47,0±8,0(32,5-60,8)	78,4±5,8(59,2-85,3)	55,5±7,5(38,4-66,9)	55,5±2,8(51,3-61,7)
Uige (5)	29	46,1±4,6(31,7-53,9)	77,2±3,1(70,5-85,4)	52,9±5,2(44,1-63,1)	52,5±4,1(37,2-57,8)
Media total	-	46,5±2,4(20,4-65,1)	78,2±1,1(59,2-85,4)	54,0±1,5(37,4-66,9)	54,7±1,3(37,2-62,8)

a Número de palmas evaluadas.

b Se reportan los valores como la desviación estándar media +/- y los rangos de valores entre paréntesis.

Agradecimientos

Los autores agradecen por el apoyo financiero al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia – Colciencias (Proyecto 1102-489-25434) y al Fondo de Fomento Palmero, administrado por Fedepalma. También desean agradecer al personal del Programa de Biología y Mejoramiento Genético en el Campo Experimental Palmar de la Vizcaína, de Cenipalma, por su apoyo y logística para la toma de muestras y análisis de racimos.



Referencias

- 1 Fedepalma, *Anuario estadístico 2011: La agroindustria de la palma de aceite en Colombia y en el mundo*. Bogotá, Colombia (2011).
- 2 Soh, A.C.; Wong, C.K.; Ho, Y.W. and Choong, C.W. Oil palm, in *Handbook of Plant Breeding*, Vol. 4: *Oil Crops*, ed. by Vollman J and Racjcan I. Springer, London, pp. 333–367 (2009).
- 3 Corley, R. and Tinker, P. The classification and morphology of the oil palm, in *The Oil Palm* (4th edn). Blackwell Science, Oxford, pp. 27–50 (2003).
- 4 Mohd Din, A.; Rajanaidu, N. and Jalani, B. Performance of *Elaeis oleifera* from Panama, Costa Rica, Colombia and Honduras in Malaysia. *Palm Oil Res* 12:71–80 (2000).
- 5 Sambanthamurthi, R.; Kalyana, S. and Tan, Y. Chemistry and biochemistry of palm oil. *Prog Lipid Res* 39:507–558 (2000).
- 6 Bastidas, S. and Hurtado, L. Evaluación de palmas prolíficas en la especie *Elaeis oleifera* e híbridos interespecíficos *E. oleifera* × *E. guineensis*. *Palmas (Colombia)* 14:55–60 (1993).
- 7 Torres, G.A.; Sarria, G.A.; Varón, F.; Coffey, MD; Elliot Mand Martínez G. First report of bud rot caused by *Phytophthora palmivora* on African oil palm in Colombia. *Plant Dis* 94:1163.1 (2010).
- 8 Codex Alimentarius, *Standard for Named Vegetable Oils*. Codex Stand210 1999).
- 9 Ngando, E.G.; Dhouib, R.; Carrière, F.; Anvan Zollo, PH. and Arondel, V. Assaying lipase activity from oil palm fruit (*Elaeis guineensis* Jacq.) mesocarp. *Plant Physiol Biochem* 44:611–617 (2006).
- 10 Desassis, S. Palm oil acidification. *Oleagineux* 21:525–534 (1957).
- 11 Mohankumar, C.; Arumughan, C. and Kaleysaraj, R. Histological localization of oil palm fruit lipase. *J AmOil ChemSoc* 67:665–669 (1990).
- 12 Henderson, J. and Osborne, D. Lipase activity in ripening and mature fruit of the oil palm: stability in vivo and in vitro. *Phytochemistry* 30:1073–1078 (1991).
- 13 Sambanthamurthi, R.; Oo, K. and Parman, S. Factors affecting lipase activity in *Elaeis guineensis* mesocarp. *Plant Physiol Biochem* 33:353–359 (1995).
- 14 Sambanthamurthi, R.; Let, C.; Cheang, O.; Huat, K. and Rajan, P. Chillinginduced lipid hydrolysis in the



- oil palm (*Elaeis guineensis*) mesocarp. *J Exp Bot* 42:1199–1205 (1991).
- 15 Sambanthamurthi, R.; Rajanaidu, N. and Hasnah, S. Screening for the lipase activity in the oil palm. *Biochem Soc Trans* 28:769–770 (2000).
 - 16 Ngando, EG.; Koonu, P.; Nouy, B.; Carrière, F.; Zollo, P. and Arondel, V. Identification of oil palm breeding lines producing oil with low acid values. *Eur J Lipid Sci Technol* 110:505–509 (2008).
 - 17 Wang, CY. and Adams, DO. Chilling-induced ethylene production in cucumbers (*Cucumis sativus* L.). *Plant Physiol* 69:424–427 (1982).
 - 18 Wang, CY. Physiological and biochemical responses of plants to chilling stress. *Hortic Sci* 17:173–186 (1982).
 - 19 Henderson, J. and Osborne, DJ. Inter-tissue signaling during the twophase abscission in oil palm fruit. *J Exp Bot* 45:943–951 (1994).
 - 20 Tranbarger, T.J.; Dussert, S.; Joët, T.; Argout, X. Summo M, Champion A *et al.*, Regulatory mechanisms underlying oil palm fruit mesocarp maturation, ripening, and functional specialization in lipid and carotenoid metabolism. *Plant Physiol* 156:564–584 (2011).
 - 21 Hormaza, P.; Mesa-Fuquen, E. and Romero, HM. Phenology of the oil palm interspecific hybrid *Elaeis oleifera* × *Elaeis guineensis*. *Sci Agric* 69:275–280 (2012).
 - 22 Forero D.; Hormaza, P. and Romero, H. Phenological growth stages of African oil palm. *Ann Appl Biol* 160:56–65 (2012).
 - 23 *Official and Recommended Methods of the American Oil Chemists Society*. American Oil Chemists' Society, Champaign, IL (1994). 24 Prada, F.; Ayala-Díaz, I.; Delgado, W.; Ruiz, R. and Romero, H. Effect of fruit ripening on content and chemical composition of oil from three oil palm cultivars (*Elaeis guineensis* Jacq.) grown in Colombia. *J Agric Food Chem* 59:10136–10142 (2011).
 - 25 García, J. and Yáñez, E. Aplicación de la metodología alterna para análisis de racimos y muestreo de racimos en tolva. *Palmas (Colombia)* 21:303–311 (2000).
 - 26 Pech, J.; Bouzayen Mand Latché, A. Climacteric fruit ripening: ethylenedependent and independent regulation of ripening pathways in melon fruit. *Plant Sci* 175:114–120 (2008).
 - 27 Alique, R.; Zamorano, JP.; Calvo, MR.; Merodio, C. and De la Plaza, JL. Tolerance of cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) to cold storage. *J Am Soc Hortic Sci* 119:524–528 (1994).
 - 28 Pesis, E.; Ackerman, M. and Ben-Arie, R. Ethylene involvement of chilling injury symptoms of avocado during cold storage. *Postharvest Biol Technol* 24:171–178 (2002).
 - 29 Lurie, S. and Crisosto, CH. Chilling injury in peach and nectarine (review). *Postharvest Biol Technol* 37:195–208 (2005).
 - 30 Zhou, HW.; Dong, L.; Ben-Arie, R. and Lurie, S. The role of ethylene in prevention of chilling injury in nectarines. *J Plant Physiol* 158:55–61 (2001).
 - 31 Rey, L.; Gómez, PL.; Ayala-Díaz, IM. and Prada, F. Variabilidad del germoplasma y su relación con el éxito de un programa de mejoramiento en palma de aceite. *Palmas (Colombia)* 28:166–175 (2007).
 - 32 Noh, A.; Rajanaidu, N.; Kushairi, A.; Mohd Rafil, Y.; MohdDin, A.; Mohd Isa, Z.; *et al.*, Variability in fatty acid composition, iodine value and carotene content in the MPOB oil palm germplasm collection from Angola. *Palm Oil Res* 14:18–23 (2002).



DAMI
LAS FLORES

MURGAS & LOWE
Semillas de Palma Aceitera

Semillas germinadas, palmas de pre-vivero y vivero
Dami - Las Flores DxP. Palma africana en su mejor selección.
Inscrito en el ICA Febrero 17, 1995

ICOSTEC



**CERTIFICADO
DE GESTIÓN
DE LA CALIDAD**

Certificado No. 2518-1
Gestión de los procesos
para producción y venta
de semillas de palma de
aceite, Dami Las Flores
DxP, para el mercado
nacional e internacional.
HFC - ISO 9001:2000



Carrera 56 No. 64 - 82 • Tel.: (57-5) 3441086 • Fax: (57-5) 344 1799
E-mail damilasflores@haciendalASFlores.com • A.A. 7085 • Barranquilla
Hacienda Las Flores, Codazzi - Cesar • Tels.: (55) 747 331 - 747 332
Colombia - Sur América.

Memorias del lanzamiento del libro **Biodiésel de palma:** De la ficción energética a la realidad de un negocio



LEVE SU CULTIVO AL
MÁXIMO.
DE SU PRODUCTIVIDAD CON COLINAGRO



PALMAS
• CON •
CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD
GARANTIZADA


Colinagro
Inteligencia en agroproducción

www.colinagro.com



Av. Cra 15 No. 106 - 65 piso 5 Tel.: (571) 619 4300
Línea Nacional: 018000 116 700 Bogotá D.C., Colombia
info@colinagro.com.co