

Biotecnología en el cultivo de palma de aceite: aspectos sobresalientes en Pipoc 2007

Biotechnology in the Oil Palm Crop: Remarkable Aspects in Pipoc 2007

AUTOR

Pedro Jesús Rocha S, Ph.D.
Investigador titular,
Director División de
Biotecnología, Cenipalma.
pedro.rocha@cenipalma.org

Palabras CLAVE

Genómica, Bioinformática,
Transformación genética,
Cultivo de tejidos,
Marcadores moleculares.

Genomics, Bioinformatics, Genetic
transformation, Tissue culture,
Molecular markers.

Recibido: 18 septiembre 2007
Aceptado: 18 septiembre 2007

Resumen

Dentro de las actividades de internacionalización de Cenipalma, del 26 al 30 de agosto, una misión técnica del Centro, junto con un grupo de palmicultores, participó en el *International Palm Oil Congress* (Pipoc 2007). Por esta razón, y en atención a la estrategia de comunicación del Centro, que busca mantener actualizado al sector palmicultor colombiano con los avances tecnológicos mostrados en este tipo de eventos, se presenta una revisión relacionada con biotecnología en el cultivo y el estado actual de Cenipalma en esta área de conocimiento. En el evento, se presentaron diez conferencias y 24 pósteres. Los temas incluyeron i) uso de transgénicos para múltiples propósitos, incluidos aquellos de interés para las industrias farmacéutica y médica; ii) la necesidad de transgénicos en la agricultura, en particular, para actuar frente a problemas fitopatológicos; iii) el aislamiento de genes de interés; iv) el cultivo de tejidos y el estudio de las aberraciones resultantes de los procedimientos *in vitro*; v) el empleo de los marcadores moleculares para apoyar estudios de caracterización de diversidad genética y brindar soporte en selección asistida por marcadores y vi) los desarrollos y aplicaciones generadas mediante bioinformática.

Summary

Inside the internationalisation activities of Cenipalma, from 26 to 30 August, a technical mission, together with a group of oil palm growers, participated in the *International Palm Oil Congress* (Pipoc 2007). For this reason, and attending to the communication strategy of Cenipalma that looks for keeping informed the Colombian oil palm sector about technological advances showed in this kind of events, here it is presented a short review related to the biotechnology in the oil palm crop and the current situation of



Cenipalma in this area of knowledge. Ten conferences and 24 posters were presented. Topics included: (i) use of transgenics for multiple purposes, including those of interest for pharmaceutical and medical industries; (ii) the necessity of transgenics in agriculture, in particular, in order to surpass phytopathological problems; (iii) isolation of genes of interest (iv) tissue culture and study of aberrant plants resulting of *in vitro* procedures; (v) use of molecular markers to support characterisation of genetic diversity and marker assisted selection; and (vi) developments and applications of bioinformatics.



Introducción

Desde hace varios lustros, los impactos más notables en biotecnología de palma de aceite los ha producido el *Malaysian Palm Oil Board* (MPOB) y en menor medida el *Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement* (Cirad). Durante el Pipoc 2007, la tendencia continúa (Rocha, 2005) y MPOB presenta la mayor cantidad de trabajos en esta área. Por ejemplo, en transformación genética de palma de aceite, ésta es la institución líder en el mundo.

Transgénicos

La transgénesis es una tecnología cuyo desarrollo, aunque promisorio, se vio truncado en el pasado reciente por desinformación y campañas sociales y políticas que respondieron más al temor que a la evidencia científica. Sin embargo, esta actitud está cambiando y de hecho se aprecia una tendencia a recuperar el tiempo perdido y a explotar de manera racional dicha tecnología.

Una de las maneras más prácticas de utilizar la tecnología transgénica en plantas, en particular en palma de aceite, es mediante la manipulación de rutas metabólicas (área conocida como ingeniería metabólica). Para hacer ingeniería metabólica es necesario tener, entre otros factores (Rocha, 2004), i) conocimiento de las rutas metabólicas para alterar, ii) acceso a los genes que codifican para las enzimas involucradas en cada paso de una ruta particular y los vectores construidos para introducir esos genes, iii) uso de un sistema eficiente de transformación genética (mediante bombardeo de partículas o *Agrobacterium*) y iv) disponibilidad de protocolos de regeneración eficaz (tecnología de cultivo de tejidos) para la planta a utilizar.

En Pipoc 2007 la tendencia a hacer ingeniería metabólica en palma de aceite es bastante clara. Experimentos de clonación y expresión de genes biosintéticos; resultados de transformación genética; desarrollos en cultivo de tejidos y la implementación de herramientas para la detección de transformantes fueron temas con figuración destacada. Así, es probable que en un futuro cercano se obtengan resultados de enorme aplicación para el manejo del cultivo y la generación de productos de valor agregado extraídos gracias a la manipulación genética del cultivo, por ejemplo, aceite con bajo contenido de ácido palmítico y alto de ácido oleico, (Bohari *et al.*, 2007).

Una de las conferencias con mayor visión al futuro estuvo a cargo del profesor Dr. Dirk Prüfer (*Fraunhofer Institute for Molecular Biology and Applied Ecology*), quien trató el tema del uso de plantas para la producción de proteínas recombinantes (estrategia conocida con el nombre de *molecular farming*). Dicha tecnología busca explotar la transgénesis como una herramienta para expresar proteínas complejas a escala industrial utilizando como "reactor" el cultivo de plantas de interés. En el caso particular de la palma, el hecho de que sea un cultivo perenne adaptado para producir grandes cantidades de metabolitos (aceites, vitaminas, etc.), el alto contenido de aceites y los procesos de extracción ya establecidos a escala industrial, lo convierte en un objeto apropiado para manipulación genética (Noll *et al.*, 2007).

Algunos de los objetivos para emplear esta tecnología en palma incluyen la producción de anticuerpos PIPP contra la gonadotropina coriónica humana, los cuales pueden ser usados en pruebas de embarazo y en diagnóstico de cáncer; la producción de albúmina sérica humana y la generación de anticuerpos D12 que



reconocen a la adhesina bacteriana SAI/II, una proteína de la superficie celular de *Streptococcus mutans*, que hace posible la colonización de esta bacteria en la cavidad bucal, permitiendo de esta manera producir vacunas contra la caries dental. Si bien las perspectivas son futuristas, es de anotar que en Colombia se cuenta con uno de los pioneros del grupo que desarrolló dichos trabajos empleando cultivos de arroz como modelo (Torres *et al.*, 1999; Stoger *et al.*, 2000).

Siguiendo la línea de la transformación genética y su utilidad en agricultura, el doctor John Manners (Csiro, Australia) mostró la importancia y la necesidad de la transgénesis como estrategia para entender y utilizar los mecanismos de resistencia a patógenos y enfermedades en plantas. Aunque no presentó referencia alguna a experimentos de biotecnología en palma de aceite, el mensaje fue una motivación para la utilización del mismo en la resolución de los problemas que afectan al cultivo (Manners, 2007).

La ingeniería metabólica está incursionando en palma de aceite y para sobrepasar los problemas propios de la biología de la palma utiliza como modelo de pruebas a *Arabidopsis thaliana* (Masani *et al.*, 2007). Dicha estrategia es acertada y ha sido demostrada con la producción de plásticos biodegradables (polihidroxi-butilato: PHB y polihidroxi-butilato-co-valerato: PHBV) en hojas de palma (Hanin y Parveez, 2007). Si bien la transformación mediante bombardeo de explantes de hojas de palma ha sido eficiente, se desarrollan nuevos protocolos, por ejemplo, la transformación de plastidios, para evitar la tendencia a introducir copias múltiples del transgen y los rearrreglos de los mismos en el genoma cuando se utiliza bombardeo (Rasid *et al.*, 2007a).

Ciertamente la transgénesis y la ingeniería metabólica están avanzando. Sin embargo, es necesario clonar más genes con el objeto de tener una fuente amplia de enzimas que pueda ser utilizada con diferentes propósitos.

Clonación de genes

Se presentaron varios reportes sobre clonación de genes individuales y de grandes grupos de genes en determinados tejidos. Por ejemplo, Rasid y colaboradores (2007 b) presentaron la clonación (aislamiento), mediante transcripción reversa y reacción en cadena de la polimerasa (RT-PCR) con cebadores degenerados, y

la secuenciación de los genes que codifican para las enzimas *lycopene* β -*cyclase* (*lcyb*) y *lycopene* ϵ -*cyclase* (*lcye*), involucradas en la ruta metabólica de producción de carotenoides, en particular licopeno (Rasid *et al.*, 2007b). Este trabajo se constituye en el primer esfuerzo por elucidar y entender la ruta metabólica de los carotenoides en palma. Además, la caracterización de estos genes y el entendimiento de su regulación en palma de aceite (mediante estudios de expresión usando PCR en tiempo real en tejidos de mesocarpio) tienen implicaciones de importancia para realizar modificaciones genéticas de la ruta productora y de acumulación de licopeno mediante transgénesis.

De igual manera, se presentaron resultados de experimentos de la expresión diferencial de siete genes expresados en palmas afectadas por *Ganoderma* y de la caracterización de metabolitos, específicamente compuestos fenólicos, cuya presencia se induce durante la interacción planta-patógeno (Arif *et al.*, 2007). Con esta información se da un paso más hacia el entendimiento de los mecanismos moleculares y fisiológicos de esta enfermedad. Es importante mencionar que esta estrategia de trabajo es en esencia la misma que utilizará Cenipalma para entrar en la nueva fase de estudios de Pudrición de Cogollo (PC) y Marchitez Letal (ML).

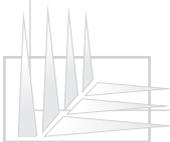
MPOB se ha enfocado en identificar genes que se expresan de manera constitutiva en tejidos de palma de aceite. Para esto se estudian, mediante *Northern* reverso e hibridación *Northern*, los patrones de expresión de clones de ADN complementario (ADNc) que previamente han mostrado expresión no diferencial mediante el empleo de la tecnología de microarreglos (Masura y Parveez, 2007).

La composición de ácidos grasos podría ser modificada si se manipulan las enzimas involucradas en su biosíntesis. Por esta razón, MPOB desarrolla experimentos de clonación de genes involucrados en estas rutas. Es así como Syhanim *et al.* (2007) reportan el aislamiento del ADNc que codifica para la oleil-CoA desaturasa en palma de aceite, un gen de 1510 pares de bases (pb) obtenido del mesocarpio en desarrollo mediante RACE-PCR (*rapid amplification of cDNA ends – polymerase chain reaction*).

Un reporte de especial interés fue el relacionado con el aislamiento de la secuencia promotora del gen

que codifica para la enzima esteroil-ACP desaturasa (SAD), enzima que participa en la producción de ácidos grasos insaturados. Un clon genómico de 1074 pares de bases (pb) fue analizado con herramientas de bioinformática y permitió la identificación de elementos reguladores de diversas clases (por ejemplo, factores de transcripción MYB) previamente reportados para otros genes de plantas (Othman *et al.*, 2007).

El doctor John Manners mostró la importancia y la necesidad de la transgénesis como estrategia para entender y utilizar los mecanismos de resistencia a patógenos y enfermedades en plantas.



En el mesocarpio de frutos maduros se encuentran lipasas endógenas que degradan triacilglicérolos, lo cual causa el deterioro de la calidad del aceite. Así, con el objeto de identificar mecanismos relacionados con la calidad del aceite, se reportaron experimentos de identificación de genes, mediante la búsqueda en colecciones de *Expressed Sequence Tags* (ESTs) expresados en mesocarpio de fruto de palma, que

codifican para lipasas (Nurniwalis *et al.*, 2007). Adicionalmente se presentaron estudios de expresión de genes que codifican para lipasas con sus correspondientes evaluaciones bioquímicas (Yun *et al.*, 2007).

Para finalizar con la sección de aislamiento de genes, son de mención los resultados del efecto de la remoción de bases en el extremo 5' del promotor MT3-A para estudiar el mecanismo que regula la actividad transcripcional de un gen similar al que codifica para la metalotioneína, gen que es expresado en altos niveles y de manera específica en el tejido de mesocarpio del fruto de palma de aceite (Izadfar *et al.*, 2007).

Cultivo de tejidos

Con respecto a tecnología de propagación clonal, se presentó la importancia de ésta para cumplir con la

misión 35:25 (35 ton RFF/ha y 25% de TEA) y la estrategia para replantar nuevas áreas con clones (Sharifah y Othman, 2007). Dentro de esta misma área, se presentaron estudios de microscopía electrónica (*Università di Pisa*, Felda y MPOB) sobre el fenómeno de variación somaclonal como consecuencia del cultivo *in vitro* y su efecto sobre la reprogramación de procesos tales como el desarrollo floral (Giorgetti *et al.*, 2007). De igual manera, se presentó la metodología de *Representational Difference Analysis* (RDA, NovoMark Technologies) en palma de aceite (Cullis *et al.*, 2007), con el objeto de identificar marcadores moleculares asociados al fenotipo aberrante (*mantled*), observado como consecuencia de la variación somaclonal observada en material obtenido vía *in vitro*. Con esta metodología se pueden detectar pérdidas de secciones del genoma, rearrreglos, amplificaciones, mutaciones puntuales y posibles transferencias de genomas entre organismos. Gracias al contacto establecido es probable que Cenipalma incurra con esta metodología en un futuro cercano.

Con respecto al uso de tecnología de marcadores moleculares y tecnología *in vitro*, se presentó (Jaligot *et al.*, 2007) el desarrollo de una estrategia combinada para aclarar los mecanismos epigenéticos responsables de la variación somaclonal. Dicha estrategia incluye el estudio de tejidos de palmas normales y anormales (*mantled*) mediante: i) evaluación de niveles transcripcionales mediante RT-PCR semicuantitativo y PCR en tiempo real, (ii) determinación de los patrones de metilación mediante secuenciación y (iii) inmuno-precipitación de cromatina.

También se presentaron resultados relacionados con la clonación de *E. oleifera* a partir de explantes provenientes de hojas y empleando cultivo en medio sólido (Zamzuri y Siti Rahmah, 2007). En dicho experimento utilizaron 37 muestras de explantes de 22 ortets. La metodología reportada permite regenerar plántulas completas.

Marcadores moleculares: selección asistida y evaluación de diversidad genética

Billotte y colaboradores (2007) reportan, de manera muy general, dos nuevos marcadores tipo AFLP (P9 y P10) que están a 1,0 y 2,2 centimorgans (cM) del alelo



Sh- (pisífera) y otros dos (P5 y P12) que están a 4,1 y 6,4 cM del alelo *Sh+* (dura). En un futuro cercano, Cirad patentará estos marcadores, muy seguramente en Malasia, Indonesia, Colombia, Costa Rica y otros países en los que hayan casas productoras de semilla o centros de investigación en palma de aceite. Sin embargo, es necesario esperar a la validación de los mismos en diversos cruces (Billotte *et al.*, 2007) para que los interesados puedan entrar a negociar el acceso a dicha información.

Maizura y colaboradores (2007) reportan la construcción de un mapa para una progenie de híbrido interespecífico OxG, *E. oleifera* de Colombia (código UP1026) y *E. guineensis* de MPOB-Nigeria (código T128), con el objeto de identificar genes asociados a calidad de aceite. Con 412 marcadores encontrados, se reportaron QTL (*Quantitative Trait Loci*) asociados con índice de yodo, C14:0, C16:0, C16:1 y C18:0.

MPOB ha iniciado un programa de recursos genéticos en palma de aceite que incluye colección, conservación, evaluación y utilización de germoplasma de palma de aceite. En Pipoc 2007, se reportaron resultados de la estimación de variabilidad genética, con base en EST-SSR, y la determinación de la estructura genética de las colecciones de germoplasma (Yaakub *et al.*, 2007). Adicionalmente, se reportan estudios sobre la variación genética entre genotipos parentales y sus progenies basado en marcadores microsatélites (SSR, Norziha *et al.*, 2007). De manera similar, Cenipalma presentó dos trabajos de caracterización molecular (Figuras 1 y 2) mediante microsatélites (SSR), de los bancos de germoplasma de *E. guineensis* de diferentes orígenes (Figura 1; Rocha y Rey, 2007b) y de *E. oleifera* proveniente del Amazonas (Figura 2; Rocha y Rey, 2007b). Es de anotar que es la primera vez que Cenipalma participa con trabajos en biotecnología en este evento (Figura 3).

Es importante mencionar los estudios que sobre variabilidad genética de *Ganoderma* se realizan en la actualidad (Nusaibah *et al.*, 2007) con el objeto de re-evaluar la identificación morfológica. Mediante la evaluación de diez combinaciones de cebadores AFLP (*Amplified Fragment Length Polymorphism*) en 12 aislamientos de cuatro especies distintas se ha observado considerable variación inter e intra específica. Sin embargo, los resultados indican que las especies pa-

togénicas tienen un alto grado de similaridad genética, es decir, están muy relacionadas entre sí.

Bioinformática

Con respecto al uso de informática en agricultura, se hizo la presentación del *Malaysian grid computing* (MIMOS), un sistema que busca generar aplicaciones de utilidad para atender desde los frentes propios del cultivo hasta lo relacionado con investigación biotecnológica del mismo (Weng *et al.*, 2007). También se presentó la plataforma SynaBASE (Synamatix), empleada para la caracterización rápida y eficiente de genomas y transcriptomas de plantas (Anwar, 2007). Aunque los detalles técnicos de la bioinformática son relativamente complejos para quien no es especialista, ciertamente los resultados pueden tener un enorme impacto para el experto en biología. Por esta razón, la tendencia es fortalecer esta área y generar herramientas amigables y de manejo sencillo para dejar de lado la programación y enfocarse más a la explicación de fenómenos biológicos y la utilización racional y eficiente de enormes cantidades de información.

Consideraciones finales

Hasta el momento Cenipalma ha incursionado en muy pocas áreas de la biotecnología. Sin embargo, son notables sus resultados en la utilización de marcadores moleculares para evaluar la diversidad genética de palma (Rocha y Rey, 2007a; 2007b; Rocha *et al.*, 2007; 2005; Montoya *et al.*, 2005). Por esta razón y dentro de la nueva estructura del Centro, la División de Biotecnología continuará con el apoyo al programa de fitomejoramiento mediante la aplicación de marcadores moleculares para la evaluación de materiales provenientes del banco de germoplasma e incursionará en la utilización de estas herramientas para estudio de microorganismos con el objeto de brindar apoyo a los programas de patología. Se establecerán proyectos que integren bioinformática con aislamiento de genes mediante RT-PCR y ensayos con proteínas con el fin de complementar algunas de las actividades de investigación del Centro en otras áreas. También se ha programado el comienzo de transgénesis, en un principio se realizarán los trámites legales para acceder a la autorización por parte del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y posteriormente los experimentos estarán enfocados en pruebas de concepto.



Partial Agronomic, Biochemical and Molecular Characterisations of Colombian *Elaeis oleifera* Germplasm Bank

Pedro J. Rocha¹, Leonardo Rey²

¹ Division of Biotechnology, Cenipalma, Calle 21 No. 42C-47, Bogotá, Colombia. E-mail: pedro.rocha@cenipalma.org

² Breeding Division, Cenipalma, Campo Experimental Palmiar de La Viscaina, Barrancabermeja, Colombia. E-mail: leonardo.rey@cenipalma.org

Description

The American oil palm (*Elaeis oleifera* [H.B.K.] Cortés) is a wild palm located from Central America to Amazon region in South America. *E. oleifera* has shown to be tolerant (if not resistant) against bud rot disease, one of the most devastating diseases affecting the oil palm cultivars in Colombia. In addition, its excellent oil quality and its ability to generate fertile inter-specific hybrids with *E. guineensis* -OxG materials- have opened possibilities for novel oil palm developments. So, in order to increase the genetic base of *E. oleifera*, prospecting activities were carried out in the Colombian Amazon region. After legal procedures of the Ministry of the Environment were fully met (Fig. 1), a germplasm bank of this species was established and basic research carried out in order to identify those accessions in some detail. Nowadays, a germplasm bank of *E. oleifera* has been established and it keeps around 40 accessions (2,350 palms). Such bank has been partially characterised at biochemical, molecular, physiological, and agronomic levels.

Figure 1. Prospecting activities for *E. oleifera* in the Colombian Amazon region. (A) Consulting communities, (B,C) Prospecting, (D) Collection of germplasm (bunches and germinating seeds), (E) Detail of fruits, (F) Detail of the *E. oleifera* nursery, (G) Experimental station Palmiar de La Viscaina.



Results

A. Agronomic analysis

Agronomic traits have been evaluated (Table 1). Extreme values have been observed and some materials have the potential of being incorporated in the breeding program. In addition, management conditions for this species have been established, including aspects related to fertilization, irrigation, and drainage.

Table 1. Agronomic traits for *E. oleifera* in Colombia's germplasm bank.

Trait	From <i>E. oleifera</i>	From hybrid
Acid value (mg/kg)	5.7	30.0
Free fatty acid (%)	0.20	1.00
Free fatty acid (ppm)	200	1000
Free fatty acid (ppm)	200	1000
Free fatty acid (ppm)	200	1000
Free fatty acid (ppm)	200	1000
Free fatty acid (ppm)	200	1000

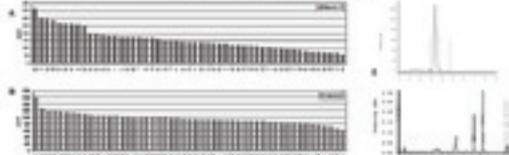
B. Biochemical analysis

Partial biochemical characterisations have been carried out (Table 2). Several methodologies were standardized for the detection and quantification of vitamin E (tocopherols) and carotenoids (alpha and beta) in leaflets. Traditionally, the oil content and quality has been determined in oil palm fruits. However, due to lack of knowledge about maintenance of these wild materials out of their original environment and because these materials do not behave in the same way than other interspecific hybrids OxG or their relatives *E. guineensis* in terms of time of germination, flowering, and fruiting, it was necessary to develop a method to measure these compounds in leaves. Variable contents of carotenoids (557 to 1612 ppm) and vitamin E (56 to 359 ppm) were found for the 52 analysed materials (Figure 2). These values are high, nevertheless, it is necessary to wait until palms produce fruits in order to perform the palm oil characterisation analysis and to establish if exists any degree of correlation between content of molecules in leaves and the registered value for fruits. In case there is a positive correlation, it would be opening a new early selection system for oil quality. Additionally, the fact that we found such metabolites in leaves, is opening a field to use oil palm byproducts.

Table 2. Parameters for determination of α -tocopherol and α - and β -carotenoids in leaflets of *E. oleifera*.

Parameter	Vitamin E (ppm)	Carotenoids (ppm)
Mean	170	1000
Standard deviation	50	200
Minimum	50	500
Maximum	350	1600
Range	300	1100
CV (%)	30	20

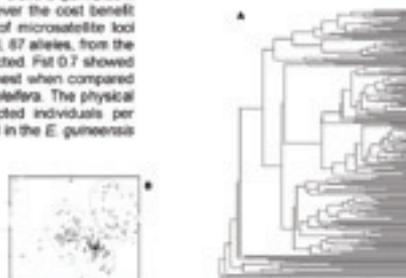
Figure 2. Vitamin E (α -tocopherol) content (A) and total carotenoids (B) determined by HPLC in leaflets from *E. oleifera*. (C) HPLC chromatogram.



C. Molecular analysis

Although partial, molecular analysis has shown a vast degree of genetic diversity. At molecular level, genetic variation of 219 individuals from the *E. oleifera* germplasm bank was estimated. Initially, AFLP technique was used. However the cost benefit relationship determined the routinely use of the amplification of microsatellite loci (SSR) technique. Twenty primer combinations were used. In total, 87 alleles, from the 94 alleles previously reported by Bilotte et al. (2002), were detected. Fix 0.7 showed that genetic variability of Cenipalma *E. oleifera* bank is the highest when compared with values reported by other authors for *E. guineensis* and *E. oleifera*. The physical dimensions of the bank were determined (at least 30 selected individuals per population) and some materials were selected to be incorporated in the *E. guineensis* breeding program.

Figure 3. Genetic variability of 182 *E. oleifera* palms present in Cenipalma's *E. oleifera* germplasm bank. Analysis based on SSR (Bilotte et al., 2004). Similarity matrix was calculated using Nei index. (A) Clustering analysis was performed by unweighted pair group method using arithmetic averages (UPGMA); (B) Grouping analysis was performed by using Eigen vectors.



References

Bilotte, N., Ribaut, A.M., Serrano, E., Hoyle, J.L., Alvarez, P., Baudry, F.C. 2001. Development, characterization, and access low utility of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) microsatellite markers. *Genome* 44(3):119-125.
 Rey, L., Ayala, I., Delgado, W. y Rocha, P.J. 2005. Creación de material genético de la palma americana nativa (*Elaeis oleifera* [H.B.K.] Cortés) en el Triángulo Amazónico, Colombia. *Colombia*, 10:1-4.
 Rocha, P., Prieto, P., Rey, L., Ayala, I. 2006. Partial biochemical characterisation of Cenipalma's *Elaeis oleifera* collection from Colombian Amazonia. *Palmas*, 27(2): 39-45.

Acknowledgements

This work has been supported in part by the Colombian Oil Palm Fund, the Colombian Oil Palm Growers Federation (Fedepalma), and the Colombian Institute for Development of Science and Technology Francisco José de Caldas (Colciencias). The authors are very grateful to Cenipalma's Board for allowing presentation of this poster, and to Ivan Ayala, Fausto Prieto, Gandra Suárez, Paula López, Yanika Rojas, Judith Herrera and Diane Arias for their technical contribution.

Figura 2. Caracterizaciones parciales agronómica, bioquímica y molecular del banco de germoplasma de *E. oleifera*.



Figura 3. Detalle de la sesión de presentación de trabajos. En primer plano: Pedro Rocha (Cenipalma) y Rajinder Singh (Mpob)*.

Para finalizar, hasta hace algunos años, la participación de Cenipalma en Pipoc era muy reducida y particularmente en biotecnología era nula. Sin embargo, la importancia de esta área, los avances metodológicos, las nuevas tendencias y herramientas, los contactos y las posibilidades de trabajo colaborativo convierten a este evento en una oportunidad única y esencial para los desarrollos de Cenipalma y del gremio palmicultor en biotecnología.

Agradecimientos

El autor agradece al Comité de Publicaciones de Cenipalma por sus valiosos comentarios en la crítica de este manuscrito. A Colciencias por la financiación parcial para asistir al evento. La investigación de Cenipalma es apoyada por el Fondo de Fomento Palmero (FFP) administrado por Fedepalma.



Bibliografía

- Anwar, A. 2007. Elucidation of gene expression and genome structure of higher plants using novel high-speed genomics and bioinformatics technologies. *In: Proceedings of the Pipoc 2007 International Palm Oil Conference (Agriculture, Biotechnology & Sustainability)*. Kuala Lumpur : 341.
- Arif, MAM; Abrizah, O; Zetty Norhana, BY; Syahanim, S; Idris, A; Mohd Din, A; Ravigadevi, S. 2007. Molecular and biochemical approaches to understanding oil palm – *Ganoderma* interactions. *In: Proceedings of the Pipoc 2007 International Palm Oil Conference (Agriculture, Biotechnology & Sustainability)*. Kuala Lumpur : 228-247.
- Billotte, N; Herrán, A; Lacut, E; Adon, B; Hayun, Z; Durand-Gasselín, T; Ritter, E; D'Hont, A. 2007. Towards the fine mapping of the *Sh* gene in the oil palm (*E. guineensis*): a Socfinco-Cirad Eureka project. *In: Proceedings of the Pipoc 2007 International Palm Oil Conference (Agriculture, Biotechnology & Sustainability)*. Kuala Lumpur : 1051-1053.
- Bohari, B; Parveez, AGK. 2007. Fatty acid analyses of transformed oil palm cultures and plantlets. *In: Proceedings of the Pipoc 2007 International Palm Oil Conference (Agriculture, Biotechnology & Sustainability)*. Kuala Lumpur. p.1071-1076.
- Cullis, C; Cullis, MA; Ong, MA. 2007. Development of markers for the mantled phenotype (and Somaclonal variants in general) in oil palm. *In: Proceedings of the Pipoc 2007 International Palm Oil Conference (Agriculture, Biotechnology & Sustainability)*. Kuala Lumpur : 299-312.
- Giorgetti, L; Ruffini, M; Sharifah, SRSA; Madon, M; Geri, C. 2007. Study of *in vivo* and *in vitro* oil palm (*Elaeis guineensis* Dura x Pisifera) reproductive processes. *In: Proceedings of the Pipoc 2007 International Palm Oil Conference (Agriculture, Biotechnology & Sustainability)*. Kuala Lumpur : 277-298.
- Hanin, NA; Parveez, GKA. 2007. Polyhydroxybutyrate genes expression study in transformed oil palm using real-time PCR. *In: Proceedings of the Pipoc 2007 International Palm Oil Conference (Agriculture, Biotechnology & Sustainability)*. Kuala Lumpur :1089-1096.
- Izadfard, A; Nor SAA; Abdul MK. 2007. Deletion analysis of the mesocarp-specific metallothionein-like gene promoter from oil palm. *In: Proceedings of the Pipoc 2007 International Palm Oil Conference (Agriculture, Biotechnology & Sustainability)*. Kuala Lumpur :1044-1050.
- Jaligot, E; Rival, A; Beulé, T; Tregear, J; Finnegan, F.J. 2007. A marker-based strategy for the assessment of epigenetic instability in oil palm. (*Elaeis guineensis* Dura x Pisifera) reproductive processes. *In: Proceedings of the Pipoc 2007 International Palm Oil Conference (Agriculture, Biotechnology & Sustainability)*. Kuala Lumpur : 313-323.
- Maizura, I; Rajinder, S; Rahimah, AR; Mohd Din, A. 2007. Development of molecular markers for oil quality. *In: Proceedings of the Pipoc 2007 International Palm Oil Conference (Agriculture, Biotechnology & Sustainability)*. Kuala Lumpur : 955-962.
- Manners, JM 2007. Biotechnology in plant protection. *In: Proceedings of the Pipoc 2007 International Palm Oil Conference (Agriculture, Biotechnology & Sustainability)*. Kuala Lumpur : 207-216.
- Maizura, I; Singh, R; Rahman, RA; Din, MA. 2007. Development of molecular markers for oil quality. *In: Proceedings of the Pipoc 2007 International Palm Oil Conference (Agriculture, Biotechnology & Sustainability)*. Kuala Lumpur : 955-962.
- Masani, AMY; Parveez, AGK; Ho, CL; Nor, SAA. 2007. Genetic engineering of polyhydroxybutyrate production in the leaf tissues of transgenic *Arabidopsis thaliana*. *In: Proceedings of the Pipoc 2007 International Palm Oil Conference (Agriculture, Biotechnology & Sustainability)*. Kuala Lumpur : 1077-1088.



- Masura, SS; Parveez, AGK. 2007. Constitutively expressing cDNA in oil palm. In: *Proceedings of the Pipoc 2007 International Palm Oil Conference (Agriculture, Biotechnology & Sustainability)*. Kuala Lumpur : 1063-1070.
- Montoya C., Arias D., Rey L, Rocha P.J. 2005. Diversidad genética de materiales *Elaeis guineensis* Jacq. procedentes de Angola. *Fitotecnia Colombiana*, 5(2): 1-10.
- Noll, G; Parveez, AGK; Basri MW; Prüfer, D. 2007. Value addition in the oil palm through molecular farming. In: *Proceedings of the Pipoc 2007 International Palm Oil Conference (Agriculture, Biotechnology & Sustainability)*. Kuala Lumpur : 3-11.
- Norziha, A; Rafii, YM; Maizura, I; Ghizan, S. 2007. Genetic variation among oil palm parental genotypes and their progenies base don microsatellite markers. In: *Proceedings of the Pipoc 2007 International Palm Oil Conference (Agriculture, Biotechnology & Sustainability)*. Kuala Lumpur : 940-953.
- Nurniwalis, AW; Siti Nor, AA; Chan, PL; Manaf, MA. 2007. Isolation of a cDNA encoding a lipase class 3 family protein from oil palm (*Elaeis guineensis*). In: *Proceedings of the Pipoc 2007 International Palm Oil Conference (Agriculture, Biotechnology & Sustainability)*. Kuala Lumpur : 1011-1020.
- Nusaibah, SA; Rajinder, S; Idris, AS. 2007. Inter and intra-specific variation of four different Ganoderma species via AFLP. In: *Proceedings of the Pipoc 2007 International Palm Oil Conference (Agriculture, Biotechnology & Sustainability)*. Kuala Lumpur : 898-899.
- Othman, A. Nor SAA; Mohd, HS. 2007. Isolation of oil palm stearyl acyl carrier protein gene promoter via genome walking. In: *Proceedings of the Pipoc 2007 International Palm Oil Conference (Agriculture, Biotechnology & Sustainability)*. Kuala Lumpur :1035-1043.
- Rasid, OA; Parveez, GKA; Tarmizi, A. 2007a. Toward the development of plastid transformation system in oil palm. In: *Proceedings of the Pipoc 2007 International Palm Oil Conference (Agriculture, Biotechnology & Sustainability)*. Kuala Lumpur : 1054-1062.
- Rasid, OA; Nor Hanin, A; Masura, SS; Abdul Masani, MY; Singh, R; Ho, CL; Suhaimi, N; Parveez, GKA; Sambanthamurthi, R. 2007b. Lycopene: Genetic engineering of a potential nutraceutical. In: *Proceedings of the Pipoc 2007 International Palm Oil Conference (Agriculture, Biotechnology & Sustainability)*. Kuala Lumpur : 248-273.
- Rocha, P.J. 2004. Plantas transgénicas frente a la realidad del mercado. *Palmas* 25(3):55-69.
- Rocha, P.J. 2005. Aportes de la biotecnología la cultivo de palma de aceite en Pipoc 2005. *Palmas* 26(4):53-59.
- Rocha P.J., Rojas Y., Rey, L. 2005. Caracterización molecular preliminar del banco de germoplasma de *Elaeis oleifera* [H.B.K.] Cortés, mediante microsatélites. *Ceniavances* 130: 1-4.
- Rocha, P.J; Rey, L. 2007a. Oil palm breeding program in Cenipalma, Colombia: A way to sustainability. In: *Proceedings of the Pipoc 2007 International Palm Oil Conference (Agriculture, Biotechnology & Sustainability)*. Kuala Lumpur : 927-939.
- Rocha, P.J; Rey, L. 2007b. Partial agronomical, biochemical and molecular characterisation of Colombian *Elaeis oleifera* germplasm bank. In: *Proceedings of the Pipoc 2007 International Palm Oil Conference (Agriculture, Biotechnology & Sustainability)*. Kuala Lumpur : 1193-1199.
- Rocha P.J., Meléndez E.R., Rey, L. 2007. Ampliación del análisis de diversidad genética de palma de aceite proveniente de Angola. *Respuestas* 12(1): 20-28.
- Sharifah, SRSA; Othman, AZ. 2007. Achieving vision 35:25 through clonal planning. In: *Proceedings of the Pipoc 2007 International Palm Oil Conference (Agriculture, Biotechnology & Sustainability)*. Kuala Lumpur : 219-227.
- Stoger, E; Vaquero, C; Torres, E; Sack, M; Nicholson, L; Drossard, J; Williams, S; Keen, D; Perrin, Y; Christou, P; Fisher, R. 2000. Cereal crops as viable production and storage systems for pharmaceutical scFv antibodies. *Plant Mol. Biol.* 42: 583-590.
- Syahanim, J; Abrizah, O; Siti Nor Akmar, A; Mohamad Arif, AM; Ho CL. 2007. Cloning of an oleoyl -CoA desaturase from oil palm. In: *Proceedings of the Pipoc 2007 International Palm Oil Conference (Agriculture, Biotechnology & Sustainability)*. Kuala Lumpur : 1001-1010.
- Torres, E. et al. 1999. Rice cell culture as an alternative production system for functional diagnostic and therapeutic antibodies. *Transgenic Research* 8(6): 441-449.
- Weng, KL.; Maul, THB; Chen CL; Yuet, YL. 2007. Informatics in agriculture: issues and opportunities. In: *Proceedings of the Pipoc 2007 International Palm Oil Conference (Agriculture, Biotechnology & Sustainability)*. Kuala Lumpur : 324-340.
- Yaakub, Z; Ithnin, M; Singh, R. 2007. Preliminary results on evaluation of oil palm germplasm collections using EST-SSR. In: *Proceedings of the Pipoc 2007 International Palm Oil Conference (Agriculture, Biotechnology & Sustainability)*. Kuala Lumpur : 1200-1208.
- Yun, WT; Kushairi, AD; Mohamad, O; Sambanthamurthi, R. 2007. Screening and expression study of lipase activity in the oil palm (*Elaeis guineensis*) mesocarp at room temperature and below. In: *Proceedings of the Pipoc 2007 International Palm Oil Conference (Agriculture, Biotechnology & Sustainability)*. Kuala Lumpur :1021-1034.
- Zamzuri, I; Siti Rahmah, AR. 2007. Tissue culture of *Elaeis oleifera*. In: *Proceedings of the Pipoc 2007 International Palm Oil Conference (Agriculture, Biotechnology & Sustainability)*. Kuala Lumpur : 963-970.