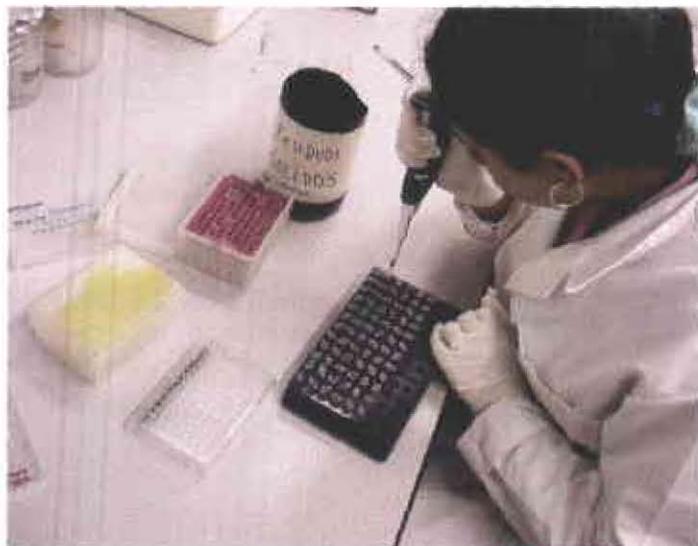


División de Biotecnología de Cenipalma: Generadora de herramientas tecnológicas para el sector palmicultor colombiano

Pedro Jesús Rocha Salavarieta¹



Notas del Director de Biotecnología

Cenipalma, como centro responsable de la investigación del gremio palmicultor colombiano, ha liderado la introducción de técnicas y metodologías que son de utilidad para el sector. Desde el año 2000, el Centro introdujo algunas herramientas biotecnológicas, al principio con un Laboratorio de Marcadores Moleculares (LMM, 2000-2002) que evolucionó al Laboratorio de Caracterización Molecular (LCM, 2002-2007), específicamente brindando apoyo al programa de fitomejoramiento de Cenipalma mediante ejercicios de caracterización molecular.

Los resultados obtenidos hasta el momento, la aplicación de herramientas biotecnológicas en otros cultivos y la necesidad de utilización de las diferentes metodologías ofrecidas por la biotecnología para apoyar la resolución de diversos problemas del cultivo de palma, hicieron que se creara la División de Biotecnología de Cenipalma. Así, desde julio de 2007, la División entró a formar parte de la nueva estructura organizacional del Centro. Inmediatamente se comenzó un trabajo arduo para definir las líneas de investigación de la División, establecer alianzas con socios estratégicos, desarrollar experimentos y, de esta manera, consolidar la biotecnología para el sector palmero.

Por estas razones, se ha considerado pertinente, en el presente CenIavances, hacer un breve recuento acerca de la evolución del LCM a la División de Biotecnología.

Pedro Jesús Rocha Salavarieta, Ph.D.

Caracterización Molecular

Los marcadores moleculares son herramientas que evalúan directamente el ADN de los individuos y, en consecuencia, permiten hacer comparaciones entre ellos (revisión en Rocha, 2003b). En este sentido, los resultados de la aplicación de técnicas de marcadores moleculares en palma, en su mayoría representados como bandas en geles, se constituyen en fuentes de vasta información, tan valiosas como las características morfo-agronómicas tradicionalmente empleadas por el fitomejorador (Tabla 1). Sin embargo, a diferencia de ellas, los marcadores moleculares no despliegan rangos sino que generan información en términos de presencia o ausencia (Fig. 1B y C).

Consiente de la importancia de este tipo de herramientas para apoyar el fitomejoramiento, Cenipalma, en cabeza de su entonces Director Ejecutivo, Pedro León Gómez Cuervo, gestionó la creación de un Laboratorio de Marcadores Moleculares con el apoyo de Colciencias y del gremio palmicultor colombiano. En sus inicios, esta iniciativa contó con el apoyo logístico del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, Palmira) y llevó a cabo algunos experimentos con herramientas moleculares tipo RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA) orientados a la búsqueda de marcadores asociados con la resistencia a la Pudrición de Cogollo (PC; Ochoa et al., 1997) y caracterización parcial de materiales Dura mediante AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism) realizada por Victoria Villegas (datos sin publicar).

En una segunda fase, comprendida entre mayo de 2002 y junio de 2007, y en el marco técnico y administrativo del Proyecto de Variedades (Subproyecto de Herramientas Moleculares de Selección), el laboratorio introdujo nuevas herramientas con el objeto de hacer la caracterización molecular de las colecciones de germoplasma de *E. guineensis* y *E. oleífera* de distintas procedencias (Rocha y Rey, 2007a y b), apoyando así los esfuerzos de caracterización morfoagronómica y bioquímica realizados por el proyecto de Variedades de Cenipalma (Rey et al., 2004).

Con recursos del Fondo de Fomento Palmero (FFP) y de fuentes externas nacionales (Colciencias y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - MADR) e internacionales (Fontagro), se optimizaron metodologías para la extracción de ADN en palma de aceite (Rocha, 2002a), se retomó la técnica de RAPD (Arias, 2003) y se introdujeron los AFLP (Galeano, 2004) y los SSR (Single Sequence Repeats o microsátélites, Billotte et al., 2001; Arias y Rocha, 2004).

Cabe destacar el uso rutinario de la técnica de microsátélites, puesto que con ésta se realizó la caracterización de materiales *E. guineensis* provenientes del ejercicio de prospección de Angola (Rocha et al., 2007; Meléndez, 2006; Montoya et al., 2005a y b), de palmas tipo Dura (Rocha

¹ Biólogo, Ph.D., Investigador Titular, Director División de Biotecnología, Cenipalma. Dirección para correspondencia: Calle 21 No. 42 - 55, Bogotá. pedro.rocha@cenipalma.org.

Tabla 1. Características de interés para el mejoramiento genético de la palma de aceite.

Características	
A. Vegetativas	
Tasa de crecimiento del tallo (cm/año)	
Tasa de crecimiento en diámetro (cm/año)	
Tipo de fruto (grosor de cuesco)	
Tipo de fruto (coloración)	
Longitud del raquis (cm)	
Longitud del pedúnculo (cm)	
Largo del foliolo (cm)	
Ancho del foliolo (cm)	
Largo del peciolo (cm)	
Ancho del peciolo (cm)	
Área foliar hoja 17 (cm ²)	
Número de racimos	
B. Componentes de rendimiento del racimo	
Peso medio de racimo (Kg)	
Peso pedúnculo (Kg)	
Peso de espiguillas (Kg)	
Número de espiguillas por racimo	
Número de frutos normales	
Número de frutos partenocápicos	
Número de frutos totales por racimo	
Peso medio del fruto (g)	
Peso medio de la nuez (g)	
Espiga con fruto / racimo (%)	
Pedúnculo / racimo (%)	
Fruto / racimo (%)	
Pulpa / fruto (%)	
Nuez / fruta (%)	
Pulpa / racimo (%)	
Contenido de aceite / mesocarpio húmedo (%)	
Contenido de aceite / racimo (%)	
Eficacia de la polinización (%)	
C. Componentes del desempeño fisiológico	
Tasa de fotosíntesis	
Contenido de clorofilas totales (mg/g tejido foliar)	
Tolerancia a la sequía	
Tolerancia a la salinidad	
D. Componentes del desempeño sanitario	
Resistencia a enfermedades y plagas	
E. Calidad de Aceite	
Contenido de carotenos totales (ppm)	
Vitamina E total (ppm)	
Ácidos grasos insaturados (%)	
Índice de Yodo	
Índice de refracción a 40°C	

A. Muestreo



B. Procesamiento en laboratorio

1. Extracción de ADN
2. Amplificación
3. Electroforesis
4. Tinción



5. Detección de bandas

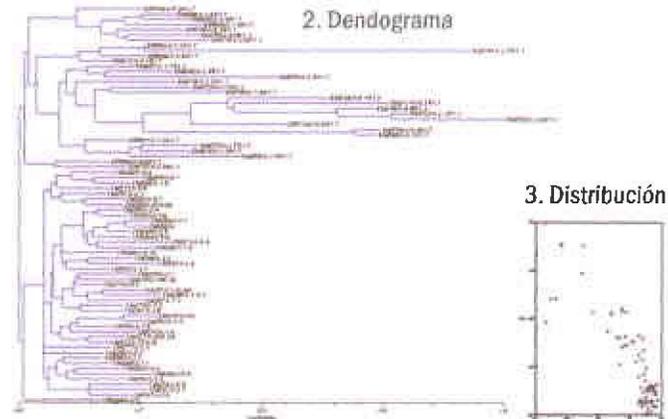


C. Análisis

1. Matriz de datos

1	1	0	0	0	0	1
2	0	1	0	0	1	1
3	1	1	0	0	1	1
4	0	1	0	0	0	0
5	0	1	1	0	1	0
6	1	0	1	1	1	0
7	1	0	0	0	1	0
8	1	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	1
~	1	0	0	1	1	1

2. Dendrograma



3. Distribución

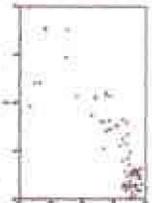


Figura 1. Esquema de trabajo con marcadores moleculares. A) Muestreo. Se requieren solamente miligramos de tejido para hacer una caracterización molecular. B) Procesamiento: El tejido vegetal es macerado y el ADN extraído (1). El ADN es utilizado como molde para la amplificación mediante PCR (2). Los amplicones son separados mediante electroforesis en gel de poliacrilamida (3). El gel es teñido con nitrato de plata (4). El resultado son bandas que se pueden observar a simple vista (5). C) Las bandas obtenidas son registradas en una matriz de ausencia y presencia (1), posteriormente esa matriz se convierte en una de similaridad y de su análisis estadístico se genera un dendrograma (2). Adicionalmente es posible realizar análisis de ordenamiento que generan presentaciones de otro tipo (3).

et al., 2007a; Suárez, 2006) y materiales comerciales (Rocha y Suárez, 2006). Además, con SSR se realizó la caracterización de palmas *E. oleifera* (Rocha y Rey, 2007b; López, 2006; Rocha et al., 2005; Rojas, 2005; Herrera, 2005) que conforman la colección de germoplasma de Cenipalma (Rey et al., 2007; Rey et al., 2003), ubicada en el Campo Experimental Palmar de La Vizcaína (Barrancabermeja, Santander).

La información obtenida ha reducido en algunos casos el tiempo del proceso de selección, pasando de cuatro años a ocho meses (Rocha, 2007d), apoyando así la pronta definición de cruces para la generación de progenies (Leonardo Rey, Director de la División de Variedades, 2008, comunicación personal).

Es de mencionar que todas las metodologías estandarizadas bajo las condiciones del LCM han sido descritas en detalle en un manual que hace parte del sistema de gestión de calidad del Centro y que ha sido reconocido como producto tecnológico por Colciencias (Rocha, 2006). Dicho manual estandariza los procedimientos empleados en el laboratorio y junto con el desempeño cuidadoso de los operarios reduce, en gran medida, la posibilidad de cometer errores.

Adicionalmente, el LCM ha participado con revisiones técnicas e investigaciones relacionadas con fitopatología (Rocha, 2007b y e; Sierra et al., 2006; Rocha, 2005a; Rocha et al., 2005; Rocha et al., 2004; Airede, 2003; Sánchez et al., 2003; Rocha, 2002b), bioquímica (Rocha et al., 2006; Mendoza, 2003; Mendoza y Rocha, 2003a y b; Rocha et al., 2005), biología molecular (Rocha, 2005b; Trung-Nghia et al., 2003), fisiología (Aldana et al., 2005; Mendoza y Rocha, 2003b) y control biológico (Ojeda et al., 2003; Ojeda, 2002), entre otras (Rocha, 2004b; Rocha, 2003a).

En resumen, como resultado de su actividad en esa segunda fase, el LCM generó cuatro publicaciones internacionales, 19 artículos en revistas nacionales indexadas y nueve Ceniavances; participó en la formación de recurso humano mediante la realización de dos tesis de maestría (Mendoza, 2003; Ojeda, 2002) y siete trabajos de pregrado (Suárez, 2006; Meléndez, 2006; López, 2006; Rojas, 2005; Herrera, 2005; Galeano, 2004; Arias, 2003), incluidas una pasantía y seis tesis (cuatro de las cuales recibieron calificación meritoria por parte de las respectivas Universidades). De igual manera, se participó en diversos eventos de carácter nacional (Rocha, 2007b; Rocha y Mendoza, 2004) e internacional (Sanz et al., 2007; Rocha 2007c; Rocha, 2004a y c; Rocha et al., 2004; Rocha y Rey, 2007a y b).

División de Biotecnología

Con base en los resultados de caracterización molecular obtenidos para palma de aceite, conscientes de las múltiples herramientas que ofrece la biotecnología y en atención a la nueva estructura organizacional del Centro, se propuso la formación de una División de Biotecnología que brindara apoyo no sólo al programa de fitomejoramiento sino que interactuara con las demás Divisiones y Programas de Cenipalma (Fedepalma, 2007). Como resultado de la aprobación de dicha estructura y de la creación de la División de Biotecnología por parte de la Junta Directiva de Cenipalma, desde mediados de 2007 se inició el proceso de formación de dicha División.

Para el año 2008, la División de Biotecnología desarrollará el proyecto titulado: "Biotecnología en palma de aceite", el cual fue aprobado por el FFP. El objetivo principal del proyecto y de la División es el de "aplicar herramientas metodológicas de la biotecnología para contribuir a la solución de problemas tecnológicos del cultivo de palma de aceite y apoyar así la competitividad y sostenibilidad del sector palmero colombiano". Para esto se han considerado varias líneas de trabajo, incluidas las de bioinformática, genómica, biotecnología industrial (áreas de proteómica y metabolómica), marcadores moleculares, normatividad legal y eventualmente transformación genética. Claramente, el desarrollo de estas nuevas tareas implica el acceso a una infraestructura física muy completa, a equipos costosos y a personal altamente calificado. Dichos requerimientos no podrán ser completados en su totalidad con los recursos actuales; por esta razón se consideró pertinente establecer alianzas y convenios de colaboración con investigadores reconocidos de universidades y otros centros de investigación.

Bioinformática

En general, la bioinformática se ha definido como una herramienta dedicada al manejo de una vasta cantidad de información biológica. Considera aspectos tales como la recopilación, organización y almacenamiento de secuencias de ADN, de aminoácidos, estructuras proteicas, etc. Además, desarrolla herramientas eficientes en la búsqueda y análisis de información en bases de datos y en la generación y uso de herramientas computacionales que permiten interpretar datos con una explicación biológica. Aunque existen desarrollos de bioinformática para palma de aceite (por ejemplo, el *Palmollis* del MPOB, Budiman et al., 2005), no están disponibles para el gremio palmicultor colombiano. Por ello, se ha considerado estratégico desarrollar esta línea de investigación en el Centro y así generar una herramienta que brinde apoyo a las diversas actividades de investigación (mejoramiento, fisiología, etc.). La plataforma de bioinformática brindará la posibilidad de tener centralizada la información propia generada en experimentos de secuenciación y aquella disponible en otras bases de datos. Para alcanzar este objetivo, se está gestionando un convenio de colaboración técnica con el Laboratorio de Micología y Fitopatología de la Universidad de los Andes (LAMFU, Dra. Silvia Restrepo).

Genómica

Dentro de las estrategias para obtener información molecular en torno a *Elaeis guineensis* y *E. oleifera*, Cenipalma participa en la conformación de un consorcio internacional liderado por Cirad y Neiker. Dicha iniciativa, conocida con el nombre de OPGP (por *Oil Palm Genome Project*) busca identificar secuencias de interés provenientes de diversos tejidos de estas dos especies. Aunque la negociación ha sido compleja, en particular por aspectos relacionados con propiedad intelectual (Sanz et al., 2007), se espera que dicho proyecto comience a mediados del año 2008. En él, Cenipalma tendrá un componente técnico muy fuerte y buscará la formación de recurso humano a nivel de doctorado.

Adicional a la iniciativa OPGP, Cenipalma realizará una aproximación en metagenómica. Esta área de la genómica (también conocida como genómica medioambiental, ecogenómica o genómica de comunidades) estudia el material genético directamente obtenido de muestras del medio ambiente. Así, la metagenómica permite estudiar organismos en su ambiente natural e incluso explorar aquellos de difícil cultivo en el laboratorio (Cox-Foster et al., 2007). Con estas herramientas Cenipalma buscará establecer una estrategia metagenómica para la PC, la cual se realizará en asocio con el LAMFU.

Biotecnología Industrial y Ambiental

La proteómica y metabolómica se han considerado dentro de las estrategias de la División, bajo el área de biotecnología industrial. Para esto, se ha considerado realizar experimentos con cultivos de células en suspensión que pudieran ser fuente de enzimas, proteínas y metabolitos con potencial de aplicación industrial (Rocha, 2000) en colaboración con el Laboratorio de Agrobiotecnología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá (Dra. Esperanza Torres) y el Laboratorio de Bioprocesos de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín (Prof. Mario Arias). Adicionalmente, se establecerán ensayos de bioremediación de suelos con cultivos de palma en colaboración con el Centro de Investigaciones Microbiológicas de la Universidad de los Andes (CIMIC, Prof. Martha Vives) y ensayos bioquímicos de caracterización de enzimas y microorganismos con potencial industrial en asocio con la Pontificia Universidad Javeriana (PUJ, Dra. Sandra Baena).

Normatividad

Adicional a lo anterior, se realizará un proyecto para determinar el estado actual de la normatividad legal y aspectos de propiedad intelectual necesarios para los desarrollos biotecnológicos. Para ello se buscará la consultoría y asesoría de grupos colombianos expertos en el tema (por ejemplo, de la Universidad Nacional de Colombia y PUJ).

Comentarios finales

Desde los inicios del LCM, las actividades estuvieron enfocadas a brindar herramientas de apoyo al programa de fitomejoramiento de Cenipalma. Sin embargo, a partir de 2007, con la creación de la División de Biotecnología, se espera interactuar con las demás Divisiones del Centro y fuera de él. Durante 2008, se identificarán nuevas líneas de investigación, se fortalecerá la investigación en marcadores moleculares y se consolidará la estrategia de apertura institucional nacional e internacional. Adicionalmente, se recibirá retroalimentación de los ejercicios de auditorías realizados por parte del FFP y auditores externos.

Ciertamente, el reto de desarrollar la biotecnología para el sector es grande. Sin embargo, con el apoyo decidido de Cenipalma, Fedepalma, el Fondo de Fomento Palmero (FFP) y de los palmicultores de las diferentes Zonas, las alianzas con otras instituciones, la introducción de herramientas biotecnológicas y la generación de resultados en esta área serán un insumo más para apoyar la competitividad del sector palmero colombiano.

Agradecimientos

El autor agradece a los miembros del Comité Editorial de Cenipalma por la valiosa crítica de este manuscrito. La investigación de Cenipalma es patrocinada por Fedepalma-FFP.

Bibliografía

Atwood, TK; Parry-Smith, DJ. 2002. Introducción a la bioinformática. Prentice Hall, España. P.1-36, 209.

Billotte, N.; Rusterucci, A.M.; Barcelos, E.; Noyer, J.L.; Amblard, P.; Baurens, F.C. 2001. Development, characterisation, and across-taxa utility of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) microsatellite markers. *Genome*. 44(3):413-425.

Budiman, MA; Singh, R; Low, ETL; Nunberg, A; Citek, R; Rohlfing, T; Bedell, JA; Lakey, ND; martienssen, RA; Cheah, SC. 2005. Sequencing of the oil palm genespace. Proceedings of the Pipoc 2005 International Oil Palm Congress (Agriculture, Biotechnology and Sustainability). Sunway Lagoon Resort Hotel. Petaling Jaya. Selangor: 628-639.

Cox-Foster, DL; et al. A metagenomic survey of microbes in Honey Bee Colony Collapse Disorder. *Science* 318(5448):283-287.

Fedepalma. 2007. Reformada la estructura organizacional de Cenipalma. El Palmicultor 423:6-7.

Ochoa, I.; Villegas, V.; Beebe, S. 1997. Identificación de marcadores moleculares RAPD asociados con la resistencia al complejo de pudrición de cogollo en palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Palmas* 18:33-38.

Rocha, PJ. 2000. Engineering Secondary Metabolite Production in Transgenic *Nicotiana tabacum* and *Hyoscyamus muticus* and isolation of MYB sequences from *Catharanthus roseus*. University of East Anglia- John Innes Centre, Norwich. Tesis doctoral. 160p.

Lista de las publicaciones generadas por el LCM durante el período 2002-2007

- Airedo, C. 2002. Análisis del "nuevo disturbio" de la palma de aceite presente en la Zona Oriental. *Ceniavances* 100:1-3.
- Aldana, J. Rey, L, Rocha, PJ. 2005. Multiplicación de un polinizador (Coleoptera: Curculionidae) en poblaciones nativas de *Elaeis oleifera* [H.B.K.] Cortés. *Ceniavances* 126:1-4.
- Arias, DM. 2003. Asistencia para la identificación de marcadores moleculares asociados con la resistencia al complejo de pudrición de cogollo en palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). Tesis de pregrado-mención meritoria, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), Tunja.
- Arias, D; Rocha, PJ. 2004. Análisis de diversidad genética en materiales tolerantes y susceptibles a la pudrición de cogollo en palma de aceite mediante marcadores moleculares. *Palmas* 25 (3):11-27.
- Galeano, H. 2004. Estandarización de AFLP para palma de aceite tipo dura (*Elaeis guineensis* Jacq.). Tesis de pregrado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Gómez, PL, Rocha, PJ. 2005. Informe final técnico y de ejecución presupuestal del proyecto "Identificación de marcadores moleculares asociados a la resistencia al complejo de pudrición del cogollo en palma de aceite" Convenio de Cooperación Técnica FTG/RF-99-02-RG. Reporte técnico. Bogotá. 450p. URL: <http://www.fedepalma.org/cgi-bin/bibliografia.pl>
- Herrera, NJ. 2005. Caracterización molecular de 45 genotipos del banco de germoplasma de palma americana *Elaeis oleifera* [H.B.K.] de Cenipalma, por medio de marcadores moleculares tipo AFLP y microsatélites. Tesis de pregrado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- López, P. 2006. Asistencia para la caracterización molecular de *Elaeis oleifera* [H.B.K.] Cortés del banco de germoplasma de Cenipalma. Reporte de pasantía, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá.
- Meléndez, E. 2006. Caracterización molecular de *Elaeis guineensis* proveniente de Angola. Tesis de pregrado- calificación meritoria. Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta.
- Meléndez, E; Rocha, PJ, Rey, L. 2007. Caracterización molecular de materiales provenientes de Angola. *Revista Respuestas* 12(1):20-28.
- Mendoza, C. 2003. Determinación del contenido endógeno de poliaminas y efecto de su aplicación exógena en relación con la pudrición de cogollo en la palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq. Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Mendoza C; Rocha PJ. 2003a. Relación de las poliaminas con el complejo de pudrición de cogollo. *Ceniavances* 105:1-4.
- Mendoza, C; Rocha, PJ. 2003b. Poliaminas: Reguladores de crecimiento con múltiples efectos en las plantas. *Palmas* 23(4):39-46.
- Montoya, C; Arias, D; Rey, L; Rocha, PJ. 2005a. Evaluación preliminar de *Elaeis guineensis* (Jacq.) proveniente de Angola mediante marcadores moleculares. *Ceniavances* 121: 1-4.
- Montoya, C; Arias D; Rey L; Rocha, PJ. 2005b. Caracterización molecular de materiales *Elaeis guineensis* procedentes de Angola. *Filotecnia Colombiana* 5(2):1-10.
- Ojeda, Z.Z. 2002. Multiplicación de baculovirus para el control de *Euprosterna elaeasa* en palma de aceite. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Ojeda, Z; Rocha, PJ; Calvache, H. 2003. *Baculovirus* como insecticida biológico. *Palmas* 23 (4): 27-37.
- Rey, L; Ayala, I; Delgado, W; Rocha, PJ. 2003. Colecta de material genético de la palma americana noli *Elaeis oleifera* (H.B.K.) Cortez en el Trapezico Amazónico. *Ceniavances* 101:1-4.
- Rey, L; Gómez, PL; Ayala, I; Delgado, W; Rocha, PJ. 2004. Colecciones genéticas de palma de aceite *Elaeis guineensis* (Jacq.) y *Elaeis oleifera* (H.B.K.) de Cenipalma: Características de importancia para el sector palmicultor. *Palmas* 25 (especial):39-48.

- Rey, L; Gómez, PL; Ayala, I; Delgado, W; Rocha, PJ. 2004. Colecciones genéticas de palma de aceite *Elaeis guineensis* (Jacq.) y *Elaeis oleifera* (H.B.K.) de Cenipalma: Características de importancia para el sector palmicultor. *Palmas* 25 (especial):39-48.
- Rey, L; Gómez, PL; Ayala, I; Rocha, PJ; Prada, F. 2007. La variabilidad del germoplasma y su relación con el éxito de un programa de mejoramiento en palma de aceite. *Palmas* 28 (especial): tomo 1:166-175.
- Rocha, PJ. 2002a. Teoría y práctica para la extracción y purificación del ADN en palma de aceite. *Palmas* 23(3):9-17.
- Rocha, PJ. 2002b. Report of visit and critical evaluation of the project: "Identification of molecular markers linked to bud rot resistance in oil palm". Reporte técnico. Bogotá. 5p.
- Rocha, PJ. 2003a. Derechos de propiedad intelectual, la manera de proteger invenciones. *Palmas* 24(1):9-17.
- Rocha, PJ. 2003b. Marcadores moleculares, una herramienta útil para la selección de palma de aceite. *Palmas* 24(2):11-25.
- Rocha, PJ. 2004a. Conceptos básicos en biotecnología de la palma de aceite. *Palmas* 25 (especial):11-17.
- Rocha, PJ. 2004b. Plantas transgénicas frente a la realidad del mercado. *Palmas* 25(3):55-69.
- Rocha, PJ. 2004c. Reporte de visita técnica a Malasia y Reino Unido. 9 Septiembre a 17 de Octubre 2004. Reporte técnico. Bogotá. 45p.
- Rocha, PJ. 2005a. Empleo de técnicas moleculares para la caracterización de hongos que afectan la palma de aceite. *Ceniavances* 128:1-4.
- Rocha, PJ. 2005b. Aportes de la biotecnología al cultivo de la palma de aceite en Pipoc 2005. *Palmas* 26(4):53-59.
- Rocha, PJ. 2006. Manual de laboratorio de Caracterización molecular. Documento interno de trabajo Cenipalma. Código RA-M-02-LCM/2.
- Rocha, PJ. 2007a. Cultivo de tejidos: una herramienta valiosa para el desarrollo de la palma de aceite en Colombia. *Palmas* 28(1):53-64.
- Rocha, PJ. 2007b. Sanidad de la palma de aceite: Diagnóstico e investigación integral liderada por el gremio palmero colombiano. *Palmas* 28(2):87-98.
- Rocha, PJ. 2007c. Biotecnología en el cultivo de palma de aceite: Aspectos sobresalientes en Pipoc 2007. *Palmas* 28(3):47-55.
- Rocha, PJ. 2007d. La biotecnología como una herramienta para agilizar la selección de nuevos materiales en palma de aceite. *Palmas* 28 (especial): tomo 1: 144-148.
- Rocha, PJ. 2007e. Proyecto FTG-58/59 "Identificación de marcadores moleculares asociados con la resistencia a la pudrición de cogollo (PC) en palma de aceite". Memorias I Taller de seguimiento técnico de proyectos Fontagro, Región Andina, Documento de Trabajo No. 6. Washington, D.C. p. 15-37.
- Rocha PJ; Castilla, C; Rey, L; Tovar, JP. 2004. Reporte de visita técnica al centro de investigación INIAP y a la plantación Palmeras del Ecuador S.A. 7 - 13 Marzo 2004. Reporte técnico. Bogotá. 50p.
- Rocha, PJ; Mendoza C. 2004. Determinación y efecto de las poliaminas en palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) afectada por el Complejo de Pudrición del Cogollo. XXXIV Congreso Anual de Comalfi. Bogotá 5 a 7 de Mayo. p.58.
- Rocha, PJ; Mendoza C; Cayón G. 2005. Application of polyamines in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) stops advance of bud rot disease. *Journal of Oil Palm Research* 17:167-174.
- Rocha, PJ; Prada, F; Rey, L; Ayala, I. 2006. Caracterización bioquímica parcial de genotipos de la colección de *Elaeis oleifera* de Cenipalma provenientes de la Amazonía colombiana. *Palmas* 27(3):35-44.
- Rocha, PJ; Rey, L. 2007a. Oil palm breeding program in Cenipalma, Colombia: A way to sustainability. Proceedings of the PIPOC 2007, Malaysia. 927-939.
- Rocha, PJ; Rey, L. 2007b. Partial agronomical, biochemical and molecular characterisations of Colombian *Elaeis oleifera* germplasm bank. Proceedings of the PIPOC 2007, Malaysia. 1193-1198.
- Rocha, PJ; 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, PJ; Suárez, SR. 2006. Caracterización molecular preliminar de materiales comerciales de palma de aceite en Colombia. *Ceniavances* 141:1-4.
- Rocha, PJ; Suárez, S; Rey, L. 2007a. Uso de microsatélites para la caracterización molecular de palma de aceite tipo Dura. *Revista UDCA* 10(2):51-63.
- Rocha, P; Tovar, J; Gutiérrez, D; Mosquera, M. 2007b. Marchitez Letal en palma de aceite. Boletín Técnico No. 22. Cenipalma. Bogotá. 38p.
- Rojas, Y. 2005. Caracterización molecular por microsatélites de genotipos de palma americana *Elaeis oleifera* [H.B.K.] Cortés del banco de germoplasma de Cenipalma. Tesis de pregrado-calificación meritoria, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), Tunja.
- Sánchez, NJ; Fuentes, FR; Torres, M; Rocha, PJ; Calvache, H; Gómez, PL. 2003. La marchitez letal no es la marchitez vascular africana causada por Fusarium. *Palmas*, 24(4):9-20.
- Sanz, J; Rocha, PJ; Rey, L; García, J; Romero, HM; Mora OL. 2007. Reporte de visita a Malasia 2007. Cenipalma, 88p.
- Sierra, R; González, A; Rocha, P; Restrepo, S. 2006. *Xylella fastidiosa* no se detecta en tejidos de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) afectada por marchitez letal. *Ceniavances* 137:1-4.
- Suárez, SR. 2006. Caracterización molecular de materiales Dura. Tesis de Pregrado, calificación meritoria, Corporación Tecnológica de Bogotá UDCA. Bogotá.
- Tripathi-Nighia, P; Bassein, L; Sarwat, G; Thru-Hang, P; Lepp, G; Rochu, PJ; Christou, P; Cipelli, T. 2003. Reduction in the endogenous arginine decarboxylase transcript levels in rice leads to depletion of the putrescine and spermidine pools with no concomitant changes in the expression of downstream genes in the polyamine biosynthetic pathway. *Planta* 218:125-134.



cenipalma

Director: José Ignacio Sanz Scovino, Ph.D.

Revisión de textos: Comité de Publicaciones de Cenipalma

Coordinación editorial: Donald Donado Jefe de Comunicaciones

Diseño y diagramación: Carlos Sandoval

Impresión: Mother Ltda. Impresores

Esta publicación contó con el apoyo del Fondo de Fomento Palmero