

# Programa de mejoramiento de la palma aceitera de PalmElit y sus socios en Ecuador y Colombia

## Oil palm breeding program of PalmElit and its partners in Ecuador and Colombia

AUTOR



**Philippe Amblard**  
PalmElit SAS (Francia)  
philippe.amblard@cirad.fr

### Palabras CLAVE

Pudrición del cogollo, mejoramiento genético de la palma de aceite, investigación en palma de aceite

Bud rot, oil palm breeding, oil palm research

### Resumen

El complejo pudrición del cogollo (PC) ha afectado de manera importante los cultivos de palma de aceite de Latinoamérica. PalmElit y sus socios en Ecuador y Colombia han emprendido una serie de ensayos, con el fin de poder lograr la obtención de un material resistente a la enfermedad y que además sea de alto rendimiento. En este informe se presentan los resultados arrojados hasta la fecha, así como los procedimientos empleados durante el proceso, que permiten concluir que, por lo menos en el corto plazo, la solución es sembrar híbridos interespecíficos y material *E. guineensis* cuya resistencia se comienza a demostrar. No obstante, es imperativo continuar las investigaciones para encontrar otras fuentes de resistencia.

### Abstract

The bud rot complex has significantly affected oil palm plantations in Latin America. PalmElit and its partners in Ecuador and Colombia have undertaken a series of trials in order to obtain high yielding material resistant to the disease. This report presents the results obtained to date and the procedures used during the process, to conclude that, at least over the short-term, the solution is to plant interspecific hybrids and *E. guineensis* material whose resistance is beginning to show. However, it is imperative to continue research to find other sources of resistance.





## Introducción

El desarrollo del cultivo de aceite de palma en América se encuentra limitado por una enfermedad del complejo tipo pudrición del cogollo (PC), que en sus formas más agresivas puede matar a las palmas y destruir plantaciones enteras en pocos años. La hipótesis de que su causa primaria sería una *Phytophthora* se encuentra en la etapa de validación (Martínez, 2008); sin embargo, esto únicamente resolvería el problema parcialmente y a largo plazo, aunque sí facilitaría enormemente la búsqueda de una solución genética. El reto que se han propuesto PalmElit, Cirad y sus socios es poder ofrecer a los cultivadores de palma un material de alto rendimiento que sea además resistente a la PC. Para alcanzarlo, se ha establecido una extensa red de pruebas que se presenta en este informe junto con los resultados obtenidos a la fecha. Los principales socios de PalmElit en Ecuador son Palmeras de los Andes, Palmeras del Ecuador y la hacienda Murin del grupo Danec, y en Colombia, Hacienda La Cabaña y los jardines de semillas de Promotora Herrera Vargas. Este trabajo se realiza con la participación del centro de la CRA-PP en Benín.

Con el fin de encontrar una respuesta genética a los problemas generados por el complejo PC, PalmElit-Cirad ha acometido diversas líneas de investigación (Louise, 2006).

En primer lugar, se enfatizó la búsqueda de fuentes de resistencia en la especie *E. guineensis*. Observaciones en Ecuador, en Shushufindi (PDE), y luego en Colombia, mostraron que las categorías comerciales cultivadas tenían reacciones muy diversas a la enfermedad. De hecho, debido a que los cultivos comerciales que se sembraron en la década del ochenta se establecieron conservando la identificación del material de origen, ha sido posible asociar dichas diferencias con ciertos orígenes genéticos. Con base en estas observaciones se sembró una nueva generación y se realizaron nuevas pruebas en el año 2000.

Además, se comprobó que los híbridos interespecíficos de *E. oleifera* x *E. guineensis*, independientemente de su origen, presentaron una buena resistencia a este complejo en las décadas del setenta y de ochenta en Colombia, y también en Ecuador, Brasil y Suriname, entre otros países. Infortunadamente, en ese momento los desempeños en cuanto al rendimiento

de muchas de las combinaciones de híbridos dejaban mucho que desear. Se resolvió entonces retomar las pruebas para mejorar la productividad de las mejores combinaciones de híbridos.

Por último, dada la resistencia que *E. oleifera* le aportaba a los híbridos interespecíficos, y gracias a la presencia de una población nativa en las zonas de PC, en la actualidad se está desarrollando un programa de retrogresión para incorporar por medio del cruzamiento esa resistencia al *E. guineensis*. El éxito de este programa depende de que se encuentren los marcadores moleculares de esta resistencia, por lo que se ha establecido un programa estratégico con este fin.

Para completar el programa que se está implementando en Latinoamérica, se decidió seguir trabajando sobre el mejoramiento de la productividad del *E. guineensis* y de los híbridos interespecíficos mediante la siembra de un nuevo ciclo seleccionado, sobre el cual se realizarán simultáneamente pruebas relacionadas con el complejo PC. Se ha hecho un intenso esfuerzo para lograr una más rápida distribución a los cultivadores de materiales de siembra obtenidos sexualmente mediante el desarrollo de jardines de semillas, o por medio de la clonación con el establecimiento de un laboratorio de cultivo *in vitro* en Colombia.

## Búsqueda en el *E. guineensis*

A comienzos de la década del ochenta se cultivaron materiales cuyo origen genético se identificó según las prácticas desarrolladas por IRHO en Costa de Marfil (Ref). Gracias a ello fue posible detectar las diferentes reacciones a la PC que presentaban los materiales sembrados en la hacienda Shushufindi (PDE, Grupo Danec) (Figura 1).

Una vez obtenidos los resultados sobre la primera generación de cultivos en Ecuador, se realizaron tres pruebas en la hacienda Shushufindi en el año 2000 y una en Colombia en La Cabaña en el 2002, con el fin de evaluar el comportamiento del material de segunda generación.

La primera prueba involucra siete cruces de diversos orígenes genéticos, sembrados en un esquema de panal donde cada palma siempre tiene otras seis palmas de origen diferente como vecinos, y donde cada cruce está representado por 135 plantas.

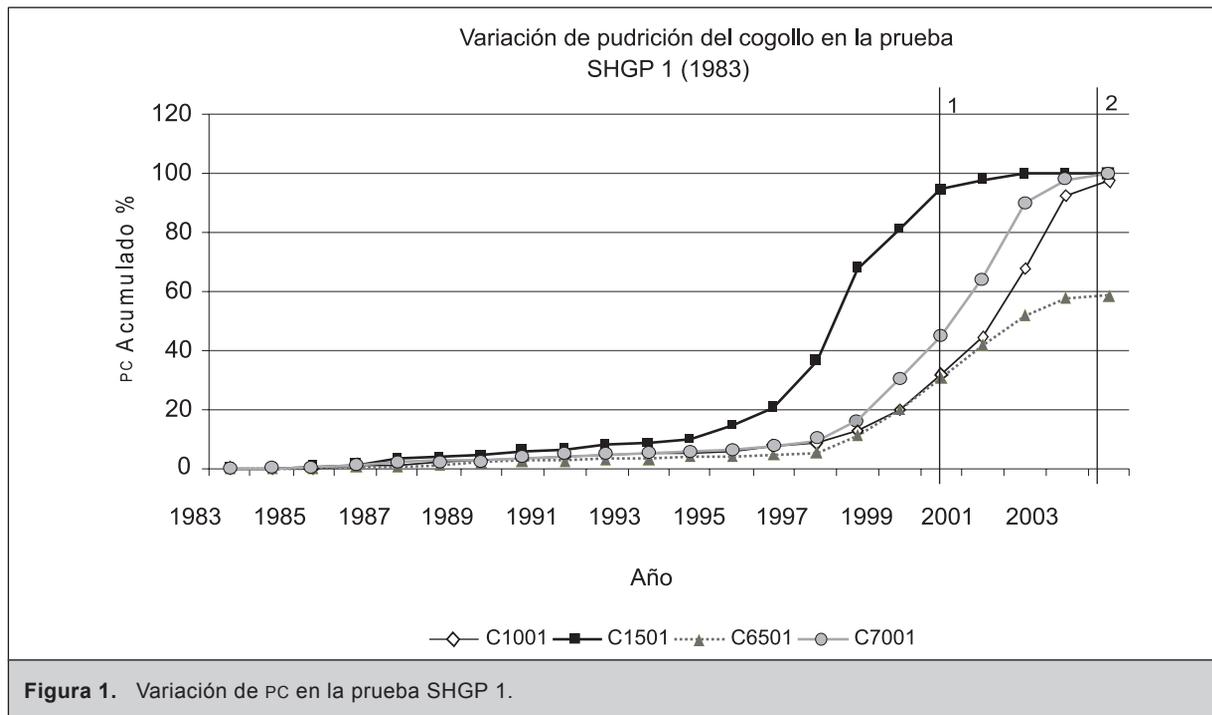


Figura 1. Variación de PC en la prueba SHGP 1.

Los resultados obtenidos hasta junio de 2009 se indican en la Tabla 1 y claramente muestran tres grupos de cruces: uno altamente susceptible, otro con resistencia moderada y uno particularmente resistente en este contexto de infestación severa. Es de suponer que los cruces con moderada resistencia eventualmente desaparecerán por completo, al igual que los cruces más susceptibles, aunque unos cuantos años después, como en el caso de los dos originados en SH GP1. Sin embargo, el primer ciclo sugiere que el material más resistente se estabiliza una vez alcanza una tasa de mortalidad de entre 30 y 50%, a pesar de la alta exposición a la enfermedad en este ensayo.

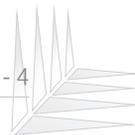
En el segundo y el tercer ensayo realizados en el año 2000 en Shushufindi, se sembraron 41 cruces para cada ensayo derivados de los mismos orígenes genéti-

cos, y 7 de los cruces sembrados en la primera prueba se utilizaron nuevamente. Cada cruce está representado por 135 palmas de aceite en total. El esquema de siembra es en bloques completos con 15 réplicas de 9 palmas. Una de las pruebas (GP 9) fue un cultivo de resiembra justamente después de que las últimas palmas que habían sobrevivido al PC se habían retirado, y la otra se sembró en un lote aledaño a la hacienda. Los resultados se indican en la Tabla 2.

La proporción de palmas afectadas por PC es claramente más alta en el lote donde se realizó la resiembra que en el nuevo lote (48% comparado con 30%). En ambos ensayos existen diferencias importantes en términos de orígenes genéticos y en los cruces entre orígenes genéticos, aunque en el ensayo en el nuevo lote está un tanto menos diferenciado por el momento

Tabla 1. Resultados de tasas de mortalidad de PC en las pruebas SH GP 8, 9 y 10

Madre de origen	Padre de origen	GP 8	GP 9	GP 10
LM 404 D self	LM 2 T self	75,0 a	68,0 a	41,2 a
DA 8 D self	LM 13 T x LM 9 T	71,5 a	73,2 a	39,4 a
LM 404 D self	LM 718 T x LM 238 T	71,4 a	63,1 a	42,7 a
DA 5 D x DA 3 D	LM 2 T x SI 10 T	56,4 b	49,6 b	-
DA 115 D self	LM 2 T self	48,8 b	43,1 b	36,4 a
DA 115 D x DA 3 D	LM 2 T self	48,1 b	39,4 b	11,2 b
DA 128 D self	LM 9 T self	17,8 c	21,4 c	10,1 b



**Tabla 2.** Resultados de tasas de mortalidad de PC en las pruebas SH GP 9 y 10 por categoría

Cruce	Madre de origen	GP 9	GP 10
7	DA 8 D self	68,0	38,1
3	LM 404 D self	62,0	37,5
8	DA 115 D x DA 3 D	51,9	24,6
8	DA 5 D x DA 3 D	48,8	29,6
8	DA 115 D self	47,8	29,2
7	DA 128 D self	19,6	9,5

que en el ensayo de resiembra. El desempeño de los diferentes orígenes genéticos es en general igual en las tres pruebas, y muestran muy buena reproducibilidad a la resistencia entre las localidades de la misma plantación.

Estos resultados indican que existen variaciones entre los cruces dentro de un mismo origen genético (categoría), algo muy importante porque abre la posibilidad de seleccionar los materiales de *E. guineensis* que sean más resistentes al complejo PC.

Por ejemplo, dentro de la categoría C0746 (DA128D self x LM9T self), se ha encontrado que algunos cruces son muy resistentes (A x 5 y D x 2) y que otros lo son moderadamente. Uno de los cruces presenta alta susceptibilidad (Figura 2).

Lo anterior es indicativo de que sí existen fuentes de resistencia a la PC, al menos en la forma en que

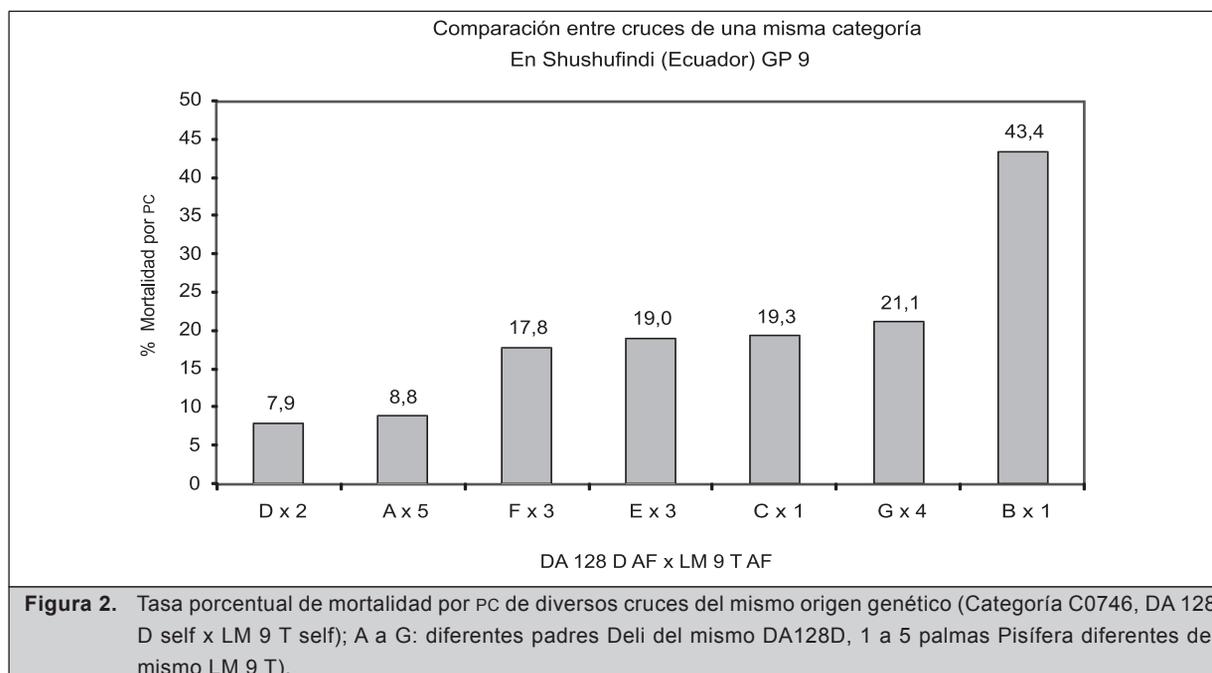
se presenta en Shushufindi, y que estas fuentes se pueden mejorar aún más al seleccionar los padres más resistentes de una categoría. Con la adopción de un modelo genético para las próximas pruebas, será posible medir los parámetros genéticos de la resistencia con el fin de conocer el tipo de resistencia y su heredabilidad.

En el año 2002 se sembró una prueba en los Llanos colombianos con material de origen DA128D (Categoría C07\*\*), el cual había mostrado buen nivel de resistencia a la PC en Ecuador en Shushufindi, para evaluar su reacción a la forma menos agresiva del complejo, conocida como “pudrición de la flecha” (PF).

Se observó cómo surgieron casos de PF desde el inicio de la prueba y además se monitoreó la recuperación de las palmas.

Se seleccionó una variedad comercial como control de categoría C2501, cuyo origen es (DA 5 D x DA 3 D) x LM 2 T self.

Hasta hoy los resultados indican que más del 35% de las palmas de prueba ha sido afectado por PF, las muestras comerciales de control tienen una afectación de más del 44%, mientras que en los cruces de origen C07\*\* la afectación es de solo 32%. Hay una diferencia significativa entre los cruces, donde el porcentaje de plantas afectadas oscila entre 7 y 60%.

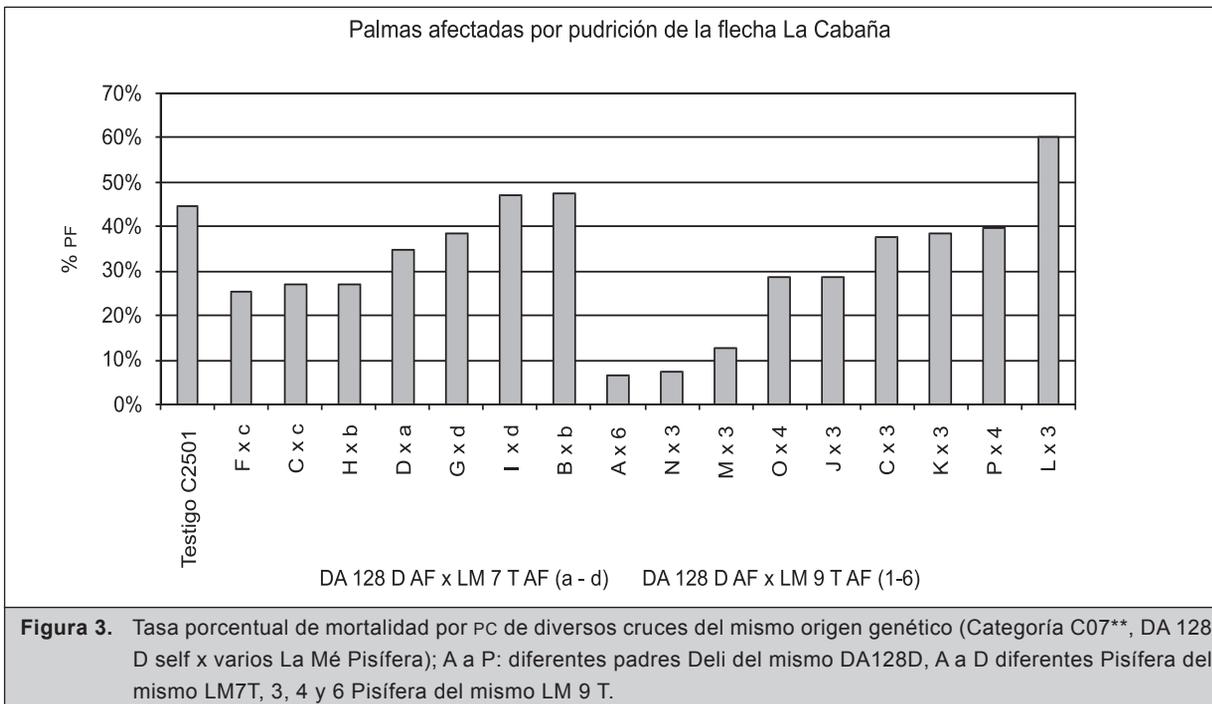


En la Figura 3 se observa que las palmas Pisífera que se utilizan aquí no parecen tener ningún efecto sobre la resistencia, pero debido al diseño genético no es posible diferenciar los efectos de los padres. La Pisífera No. 3 se utiliza con 6 palmas Deli diferentes de DA128D: los cruces muestran reacciones significativamente diferentes ante la PF que oscilan entre menos del 10% de los casos hasta más del 60%.

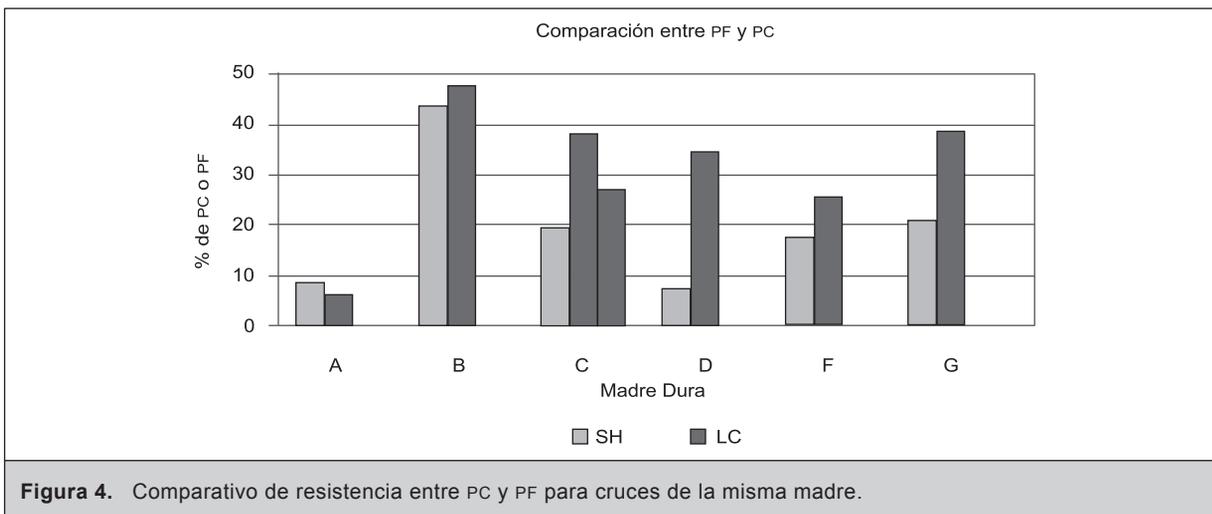
Una sola palma Deli fue utilizada dos veces, sin presentar diferencias significativas de comportamiento. Se deben buscar las fuentes de resistencia en el grupo B, utilizando diseños más apropiados.

Es posible comparar el comportamiento de las palmas Deli DA128D self sembradas tanto en Shushufindi como en La Cabaña (Figura 4). Las muestras se sembraron con dos años de diferencia. La PF parece tener mayor virulencia que la PC en este caso en particular, con numerosos casos observados desde temprana edad (aunque permanece menos agresiva).

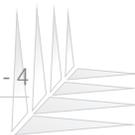
La similitud de comportamiento de las diferentes Duras en estos dos complejos de enfermedades tipo PC es manifiesta. Además, una misma Dura cruzada con diferentes palmas Pisífera parece tener un comportamiento distinto en ambos sitios.



**Figura 3.** Tasa porcentual de mortalidad por PC de diversos cruces del mismo origen genético (Categoría C07\*\*, DA 128 D self x varios La Mé Pisífera); A a P: diferentes padres Deli del mismo DA128D, A a D diferentes Pisífera del mismo LM7T, 3, 4 y 6 Pisífera del mismo LM 9 T.



**Figura 4.** Comparativo de resistencia entre PC y PF para cruces de la misma madre.



Es en extremo importante replicar este tipo de experimento en múltiples localidades con diseños genéticos más apropiados, con el fin de validar la hipótesis de que un genotipo con resistencia parcial a un tipo de PC sería también parcialmente resistente a otros. La generalización de resultados en diferentes sitios facilitaría enormemente la labor de los proveedores de material genético.

PalmElit y sus socios realizan pruebas similares para otros orígenes genéticos en La Cabaña, en Shushufindi y en San Lorenzo.

Una muestra de todas las plantas de origen Deli que se utilizarán para la producción de semillas en Ecuador y en Colombia se han sembrado en zonas de PF y de PC.

Una prueba de 8 categorías comerciales (88 ha) se estableció en La Cabaña en el año 2005 y se utilizará para estudiar el efecto de PF sobre la producción de cada categoría, su resistencia y la velocidad con la que se recuperan.

Recientemente se establecieron dos nuevas pruebas (9, 8 ha) en dos cultivos en San Lorenzo (zona del Pacífico cerca de Tumaco) y en Shushufindi (60 ha) para evaluar la resistencia de diversos cruces de origen DA128D x DA300D (categoría C40\*\*). Algunos de estos cruces (16) se observarán en la hacienda Murin, en Ecuador, para verificar su productividad. En total, estas pruebas ocuparán un área de 80 hectáreas.

En la misma hacienda también se está estableciendo un bloque genético de cerca de 350 hectáreas, con el fin de continuar mejorando la productividad y evaluar los efectos de genotipo x ambiente. El mismo se está sembrando con CRA-PP en Benín. A principios de 2010 se sembrarán 5 pruebas, incluyendo una de 16 cruces que también serán probadas en Nigeria e Indonesia, para estudiar las interacciones genotipo x ambiente.

Se sembrará una prueba con clones para estudiar la variabilidad genética dentro de un mismo cruce involucrando a 25 clones derivados de embriones de un muy buen cruce y el cruce mismo, y su reproducción por *top-crossing* (Dura del mismo padre cruzado con la misma Pisífera).

Todos los materiales de este bloque también se evaluarán en general en cuanto a su resistencia a PC, y con tal fin se sembrará una muestra en Shushufindi.

Si se pudiera desarrollar una prueba confiable y reproducible, sería más simple y económico que estar obligado a sembrar con la esperanza de que la enfermedad sea lo suficientemente activa para permitir clasificar los cruces.

## Búsqueda de los mejores híbridos interespecíficos

El híbrido interespecífico *E. oleifera* x *E. guineensis* es reconocido por su muy buena resistencia al complejo de enfermedad tipo PC. Los resultados observados en Colombia (regiones de Turbo, Tumaco y Llanos Orientales), y los conocidos en Ecuador, Brasil y otros lugares, todos han confirmado dicha resistencia independientemente de la agresividad del patógeno (de Franqueville, 2002). Sin embargo, en términos de productividad de racimos de fruto fresco (RFF) y tasas de extracción, los primeros híbridos no fueron muy satisfactorios. La mayoría se produjeron con material *E. oleifera* originario de Suni (Colombia). La mayoría de los mejores híbridos son producidos con base en determinadas plantas de origen brasileño cruzado con La Mé (Amblard, 1995). Sin embargo, ello no descarta que también se puedan seleccionar otros orígenes, pero se requiere de un examen riguroso.

Para seleccionar nuevos híbridos y mejorar la primera generación de Coari x La Mé, se han establecido nuevas pruebas en Colombia y Ecuador. La Tabla 3 muestra un resumen de las pruebas sembradas y los orígenes de prueba.

En estas pruebas se observará la producción desde la primera cosecha, aproximadamente a los 3 años de edad, hasta el noveno año. La tasa de extracción se determina a los 5 y 6 años para cada cruce. Se realizan observaciones vegetativas para determinar el crecimiento vegetal y el abultamiento a los 6 y 10 años.

La mayoría de los cruces corresponde a material de origen brasileño, cuyos híbridos tienen un buen comportamiento en cruces con plantas de origen La Mé.

No obstante, el *E. oleifera* exhibe una amplia diversidad genética (Barcelos, 2002) y plantas de otros orígenes también se están evaluando en menor escala. En particular, se viene realizando un ensayo en el que se compara el *E. oleifera* de origen Taischa (Ecuador) y de origen Coari (Brasil). Las primeras observaciones

**Tabla 3.** Listado de pruebas de híbridos observados y analizados

Año de siembra	Prueba de híbrido	Ubicación	Tipo de material	Cruce probado	ha
2005	TT GP 7	PDA	Varios Coari + Brasil	25	16
2005	TT GP 8	PDA	Varios Coari + Brasil	16	13
2006	TT GP 10	PDA	Taischa – Coari comparativo	6	4
1999	SH GP 7	PDE	Coari x La Mé	8	5
2004	SH GP 18	PDE	Varios Coari + Brasil	25	16
2004	SH GP 19	PDE	Varios Coari + Brasil	16	13
2005	SH GP 20	PDE	Coari x La Mé complemento	25	16
2005	SH GP 22	PDE	Taischa – Coari comparativo	25	16
2010	SH GP 27	PDE	Coari, Coari x Peru & Coari x Sinu	16	13
2004	SL GP 2	PDA	Varios Coari + Brasil	16	13
2004	SL GP 3	PDA	Varios Coari + Brasil	16	13
1998	LC GP 1	LC	Mangenot, Manicoré Coari x La Mé	5	5
2004	CA GP 1	LC	Coari x LM	25	16
2004	CA GP 2	LC	Coari x LM	25	16
2009	CA GP 9	LC	Mangenot, Manicoré x LM	16	13
Total				265	188

**Tabla 4.** Comparativo % aceite/mesocarpio entre híbridos de origen Coari y Taisha

Cruces		Origen		Número de análisis	% aceite/mesocarpio
Madre	Padre	Madre	Padre		
TT 62 D	PO 2761 P	Coari	LM 2 T x LM 10 T	4	45,3%
HU 1 D		Taisha		4	23,8%
TT 53 D	PO 2982 P	Coari	LM 2 T x LM 5 T	4	40,9%
HU 5 D		Taisha		4	29,4%
TT 53 D	PO 3240 P	Coari	Yangambi	4	52,8%
HU 5 D		Taisha		4	38,7%

muestran un buen desempeño para el de origen Taischa en términos de producción de RFF, y aparentemente ciertas características interesantes de su origen son efectivamente transmitidas a los híbridos, tales como la longitud del pedúnculo de florescencia o la apertura de la espata durante la antesis. Sin embargo, las observaciones preliminares sobre la tasa de extracción indican que el contenido de aceite del mesocarpio es más bajo en el material Taischa comparado con el Coari (Tabla 4). Estas observaciones se confirmarán mediante los análisis que se realizarán cuando las palmas tengan algo más de edad, a los 5 y 6 años.

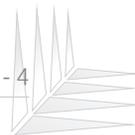
En cuanto a los materiales originarios de la Guayana Francesa y Surinam, que se caracterizan por un tama-

ño muy pequeño y un reducido número de semillas por polinización, se han clonado embriones de dos cruces de origen Guayana Francesa x La Mé, para reproducir las palmas y evaluarlas en comparación con el material Coari x La Mé. Las primeras plántulas deben estar disponibles a comienzos del año 2011.

La mayoría de las pruebas se establecieron apenas en el año 2004, de manera que todavía hay muy pocos resultados sobre ellas.

### Clonación de híbridos

Los resultados de las primeras pruebas en Colombia y Ecuador fueron presentados en la anterior Conferencia Internacional sobre Palma de Aceite, de Fedepalma



(Zambrano, 2003; Louise, 2006). Con base en estas pruebas se seleccionaron los mejores cruces en términos de productividad de RFF y tasas de extracción. Luego de realizar otra serie de análisis, se clonaron las palmas de mayor productividad. Las características de estas palmas se indican en la Tabla 5. La TEA obtenida en cinco análisis por palma en promedio oscila entre 21 y 27,2%. Estas tasas de extracción fueron obtenidas con polinización asistida y dependen del equilibrio entre la formación de frutos rojos partenocárpico con aceite y frutos blancos partenocárpico sin aceite. Se encontró que a la misma tasa de extracción la composición entre los primeros dos tipos de frutos puede variar de una palma a otra. Este es un factor interesante para tomar en cuenta en la selección de las palmas que se clonarán.

### Programa de retrocruzamiento

Con el fin de resolver el problema de esterilidad parcial del híbrido y reducir el costo de polinización

de estos híbridos, se ha implementado un programa para introducir las características del *E. oleifera* en el *E. guineensis*, restaurando al mismo tiempo la fertilidad. Las principales características de interés para la introgresión son el menor crecimiento vertical y de abultamiento, un aceite más rico en ácidos grasos insaturados y las fuentes de resistencia a las enfermedades. Vale resaltar la muy alta resistencia a todas las formas de pudrición del cogollo conocidas en Latinoamérica, pero también la resistencia al marchitamiento vascular en África que se descubrió en poblaciones provenientes de Centroamérica (Renard, 1980).

Las primeras características son relativamente fáciles de medir y por tanto fáciles de seleccionar; sin embargo este no es el caso con la resistencia a las enfermedades. La observación de una sola palma de aceite de ninguna manera ofrece información acerca de su resistencia: es posible que simplemente no haya sido contaminada; solo se sabe que es susceptible cuando ha sido afectada por PC. Dos herramientas serían

**Tabla 5.** Características de los primeros clones híbridos seleccionados en La Cabaña

Padres	Origen	5-9 años		% frutos/racimo		% mesocarp	OM	tea
		BN	BW	sf	rpf			
1	CO x LM	15,2	311	41,2	25,5	77,5	31,0	26,5
2	CO x LM	14,2	257	56,0	18,6	78,7	31,8	27,2
3	CO x Yan	13,0	242	37,1	17,9	79,8	25,8	22,1
4	CO x Yan	12,2	251	39,5	20,4	76,1	24,5	21,0
5	Mang x LM	12,0	196	50,2	20,3	71,2	26,8	22,9
6	Mang x LM	13,0	208	45,1	27,6	71,6	26,2	22,4
7	Mang x LM	17,0	228	38,5	25,9	74,7	25,8	22,0
8	Mang x LM	19,0	242	27,0	43,0	75,1	29,6	25,3
9	Mani x LM	16,6	200	39,7	31,6	71,5	27,7	23,7
10	Mani x LM	21,4	233	46,0	24,8	72,1	27,5	23,5
11	Mani x LM	19,0	253	49,0	21,5	72,5	27,3	23,4
12	Mani x LM	18,0	239	41,4	28,7	72,6	28,0	24,0
13	Mani x LM	16,8	268	43,5	27,1	74,6	26,9	23,0
14	Mani x LM	18,4	220	48,4	20,9	71,2	28,5	24,4
15	Mani x LM	20,4	243	46,6	25,4	70,3	29,6	25,3
16	Mani x LM	20,8	228	51,1	23,5	74,3	28,4	24,3
17	Mani x LM	19,2	232	49,7	18,2	68,5	25,9	22,2
18	Mani x LM	19,8	242	44,5	25,0	76,7	27,6	23,6
19	Mani x LM	19,8	240	31,1	38,4	71,2	31,1	26,6
20	Mani x LM	23,6	242	39,3	27,4	77,2	26,3	22,5
21	Mani x LM	16,6	224	40,1	25,3	75,5	25,9	22,1
22	Mani x LM	21,8	225	43,2	26,4	72,6	27,1	23,2
23	Mani x LM	19,4	235	46,8	21,6	69,7	24,8	21,2

particularmente útiles: la marcación molecular de la resistencia del *E. oleifera* (ver la siguiente sección) y una prueba temprana de resistencia, como lo mencionó H. de Franqueville en su presentación *Ganoderma, enfermedad de la palma de aceite: hipótesis sobre la infestación natural y la aplicación de una prueba temprana de inoculación para detectar el nivel de resistencia de progenies en la palma de aceite*.

Algunos retrocruzamientos fueron producidos en la década del noventa con base en los primeros híbridos tipo Coari x La Mé. Se sembraron en 1991-1992 en Shushufindi y en La Cabaña, dos zonas donde la pudrición del cogollo se encuentra presente en diferentes formas.

Se ha realizado una selección de los BC1 para producir un BC2 (Claude Louise). El primer criterio es, por supuesto, la ausencia de PC en los padres, luego crecimiento vertical y abultamiento, junto con el contenido de ácidos grasos insaturados evaluados según el valor del yodo. De esta manera se seleccionaron dieciséis padres en PDE y 19 en La Cabaña en Colombia en 2002-2004.

Se han producido algunos BC2 con base en estos padres de acuerdo con un programa llamado retrocruzamiento abierto o cerrado, según lo describe Le Guen (Le Guen *et al.*, 1991). Con este fin, hemos cruzado los padres del BC1 con algunos padres *E. guineensis* del mismo grupo del padre *E. guineensis* del BC1 para mejorar la población de origen; de esta manera se ha hecho el llamado retrocruzamiento abierto, con lo que se ha posibilitado continuar con la introgresión en una nueva generación. También se han cruzado estos BC1s con un padre *E. guineensis* de un origen distinto, lo que permite la recombinación de dos plantas de origen *E. guineensis* complementarios, como Deli x La Mé. Este caso involucra un llamado retrocruzamiento cerrado, ya que no existen planes de continuar con el programa de introgresión luego de desarrollar este tipo de BC2. Sin embargo, en este caso, al mismo tiempo que el BC2, se espera poder seleccionar algunas palmas para clonar que demuestren tanto resistencia a las enfermedades como buena productividad y características similares a las que se desea introducir. Los padres *E. guineensis* empleados para estos BC2 son los de Pobé seleccionados debido a su excelente capacidad general de combinarse en el último bloque genético de *E. guineensis*.

En el BC1 no se han encontrado palmas de suficiente interés como para clonar a gran escala. Sin embargo, vale la pena mencionar el clon de un BC1 producido sobre un material de origen Mangenot reconstituyendo una combinación tipo (Mangenot x La Mé) x Deli. Éste ha probado ser totalmente resistente a PF en los Llanos y solo muy ligeramente afectado por PC en Ecuador (Shushufindi). También ha sido sembrado en Denpasa en Brasil y, según la información disponible, tampoco ha sido afectado por el PC local conocido como el amarillamiento fatal (AF). Dicho clon se está clonando nuevamente con miras a probarlo en otras localidades. Debe decirse que no es totalmente fértil.

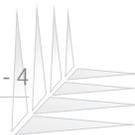
En la Tabla 6 se indica el número de cruces sembrados y el área dedicada a esta labor. Las palmas de aceite se cosecharán de manera individual y se realizarán análisis de racimos sobre los BC2 más prometedores. La dificultad sigue siendo la selección por resistencia, cuya duración en teoría no se puede saber, pues depende principalmente de la virulencia del foco.

**Tabla 6.** Relación del material BC2 sembrado para resistencia al PC

Ubicación	Fecha siembra	Número de cruces	Palmas	ha
LC	2005	19	789	5,5
LC	2006	5	697	4,9
LC	2009	15	1323	9,0
	Total LC	39	2809	19,4
PDE	2008	7	324	2,3
PDE	2009	11	417	2,9
	Total PDE	18	741	5,2

## Búsqueda de marcadores moleculares de tolerancia a PC y PF

El programa de introgresar la resistencia a la PC que ofrece el *E. oleifera* es difícil de implementar sin la existencia de una prueba que permita seleccionar en cada generación las palmas que han conservado la resistencia. En la actualidad, la única manera de seleccionar según esta característica es monitoreando las palmas en una zona con alta incidencia de PC, pero existe un alto riesgo de error (si la palma no ha sido expuesta a la enfermedad) y toma mucho tiempo. Ya en el año 1998 (Amblard, 2003) se había planteado un diseño genético apropiado para buscar los marcadores



moleculares de la resistencia a la PC. Ello involucraba producir 200 clones con base en embriones de un BC1 en el que la o las características de resistencia a la PC del *E. oleifera* tienen que estar en disyunción.

Por cada clon se han sembrado 50 individuos en una zona de alta incidencia de PC (Shushufindi). Cada siembra se ha realizado en forma completamente aleatoria. La siembra comenzó en el año 2004 y se completará a comienzos de 2010. Al mismo tiempo, una muestra de tres palmas por clon ha sido sembrada en Colombia en La Cabaña, en una zona de alta incidencia de PF.

Una última muestra de tres palmas por clon ha sido sembrada en PDA en un área libre de PC para estudiar las demás características de interés del *E. oleifera* que también se desea introducir al *E. guineensis*.

Los primeros casos de PC aparecieron en el año 2007, pero es muy pronto para comenzar a buscar marcadores genéticos. El mapa genético de este cruce BC1 ha sido completado y será publicado pronto. Esta prueba ocupa un área de cerca de 35 hectáreas en doble densidad.

El ensayo debe continuar hasta que la enfermedad sea insuficiente para un análisis estadístico discriminante (posiblemente 10 años). Nuestros análisis también serán diferentes dependiendo de si encontramos múltiples resistencias parciales o una resistencia fuerte de un solo factor.

También se podría aprovechar este diseño de BC1 para buscar la asociación de los marcadores con otras características de interés que deseamos introducir en el *E. guineensis*.

Debido a que esto involucra un cruce “abierto” del tipo Colombia x Deli x Deli, no será posible seleccionar ningún clon BC1 directamente, pero una nueva generación de BC2 se producirá con algunos clones resistentes, primero seleccionando las características de aceite (valor de yodo), abultamiento y crecimiento.

## Utilización de los resultados obtenidos

Con el fin de diseminar los logros genéticos obtenidos, se han establecido dos jardines de semillas de *E. guineensis*, uno en Colombia y uno en Ecuador,

los cuales inicialmente posibilitarán la distribución de material *E. guineensis* de alta productividad y, posteriormente, la producción de material más resistente a la PC y a la PF. Estos jardines comenzaron a operar en 2008 y 2009, respectivamente.

En cuanto a los híbridos interespecíficos, los primeros jardines de semillas únicamente permiten producir un solo tipo de cruce Coari x La Mé, pero se completarán con material correspondiente a otros orígenes que se vienen probando (Mangenot, Manicoré, Taischa, etc.) y se producirá una nueva generación de Coari x La Mé mejorada, seleccionada de acuerdo con los resultados obtenidos.

En estos dos casos relacionados con material productivo *E. guineensis* resistente al PC, junto con los híbridos más productivos, se utilizará la técnica de clonación con el fin de diseminar los resultados de la investigación más rápidamente. La clonación retrocruzada permitirá la distribución de palmas productivas y resistentes que son difíciles de producir con base en semillas. También permitirá verificar la resistencia de cada individuo si no ha sido posible desarrollar una prueba.

## Conclusión

Debido a que a la fecha no existe una solución satisfactoria al problema de las enfermedades tipo PC, es necesario continuar desarrollando las diferentes opciones genéticas a largo plazo. La solución a corto plazo es sembrar híbridos interespecíficos y material *E. guineensis* cuya resistencia se comienza a demostrar pero que aún no ha sido validada a largo plazo. Se debe continuar en la búsqueda de otras fuentes de resistencia en el *E. guineensis*. A largo plazo, retrocruzamientos productivos y resistentes, que harán posible evitar la polinización asistida, deben ser creados en forma continua. Sigue siendo esencial mejorar los conocimientos sobre el complejo de enfermedades tipo PC y únicamente el desarrollo de una prueba temprana podrá acelerar el proceso de desarrollo. El alto costo de esta investigación requiere de la creación de redes, con el fin de evaluar más materiales de los que se están evaluando en la actualidad. En el futuro, se debe tener cuidado para asegurar de que la calidad de la información recopilada justifique las inversiones realizadas.



## Bibliografía

- Amblard, P.; Noiret, J.M.; Kouamé, B.; Potier, F.; Adon, B. 1995. Performances comparées des hybrides interspécifiques et du matériel commercial *E. guineensis* OCL. *Oléagineux corps gras lipides* 2(5): 335-340. And Seminar On Worldwide Performance Of DxP Oil Palm Planting Materials, Clones And Interspecific Hybrids, 1995/06/05-06, Barranquilla, Colombia
- Amblard, P.; Billotte, N.; Cochard, B.; Durand-Gasselín, T.; Jacquemard, J-C.; Louise, C.; Nouy, B.; Potier, F. 2003. El mejoramiento de la palma aceitera *Elaeis guineensis* y *Elaeis oleifera* por el Cirad-CP. En la Conferencia Internacional de Aceite de Palma de Fedepalma, 23-26 de septiembre 2003, Cartagena, Colombia.
- de Franqueville, H. 2003. *Oil palm Bud Rot in Latin America*. Expl Agric. 39: 225-240. Cambridge University press United Kingdom.
- Le Guen, V.; Amblard, P.; Omoro, A.; Koutou, A.; Meunier, J. 1991. Le programme hybride interspécifique *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* de l'IRHO *Oleagineux* 46(12): 479-487.
- Louise, C. ; Amblard, P.; de Franqueville, H.; Benavides, D.; Gallardo, C. 2006. Investigaciones dirigidas por el Cirad sobre las enfermedades del complejo Pudrición del Cogollo de la palma aceitera en América Latina. En la Conferencia Internacional de Aceite de Palma de Fedepalma, 19-21 de septiembre 2006, Cartagena, Colombia.
- Martínez, G.; Sarria, GA.; Torres, GA.; Aya, HA.; Ariza, JG.; Rodríguez, J.; Vélez, GC.; Varón, F.; Romero, H.; Sanz, H. 2008. *Phytophthora* sp. es el responsable de las lesiones iniciales de la pudrición del cogollo (PC) de la palma aceite en Colombia. En Memorias de la VIII Reunión Técnica Nacional de Palma Aceite. Compensar, 22-24 de septiembre, Bogotá.
- Renard, J.L.; Noiret, J.M.; Meunier, J. 1980. Sources et gammes de résistance à la fusariose chez les palmiers à huile *Elaeis guineensis* et *Elaeis melanococca*. 1980. *Oléagineux* 35(8-9): 387-393
- Zambrano, J. 2003. Los híbridos interespecíficos *E. oleifera* x *E. guineensis*, una alternativa de renovación en la agroindustria de la palma de aceite en Colombia. En la Conferencia Internacional de Aceite de Palma de Fedepalma, 23-26 de septiembre 2003, Cartagena, Colombia.