

Visión futura del mejoramiento genético de la palma de aceite en Latinoamérica: varias resoluciones sobre cooperación en Colombia para mejoramiento del material de siembra

Future prospects for oils palm breeding in Latin America:

Various resolutions for plant breeding cooperation in Colombia

AUTORES



T. Durand-Gasselín

PalmElit SAS, Bat 14, parc Agropolis, 2214 bd de la Lironde, 34980 Montferrier sur Lez
tristan.durand-gasselín@cirad.fr

P. Amblard

J. Corredor,

Palmeiras. Colombia S.A.
Av. 4N #18-70 Cali, Colombia

José Ignacio Sanz S.

Director Ejecutivo de Cenipalma.
Calle 21 N°42-55, Bogotá, D.C., Colombia

H. de Franqueville

Cirad, UPR28, Génétique palmier, CIRAD Bios, TA A-28/01, avenue Agropolis 34398 Montpellier Cedex 5, Francia

Palabras CLAVE

Híbridos interespecíficos, retrocruzamiento, pudrición del cogollo, genética de la palma de aceite

Interspecific hybrids, backcrossing, bud rot, oil palm genetics

Resumen

La palma de aceite es la oleaginosa más productiva del planeta, inclusive por encima de la soya. En los últimos diez años su producción de aceite se ha incrementado 112%, de 18 millones a casi 39 millones de toneladas, sin contar las 5 millones de aceite de palmiste. Sin embargo, en particular en regiones centro y suramericanas, se ha desarrollado la enfermedad pudrición del cogollo (PC), que amenaza seriamente los cultivos. El presente artículo recopila las diferentes soluciones genéticas que hasta hoy se han presentado para enfrentarla, con sus ventajas y desventajas, y hace un inventario de lo que se necesita en investigación, sobre lo cual deberá trabajar la comunidad científica, con cooperación internacional. En particular, se describen aspectos de los híbridos interespecíficos, el retrocruzamiento y el empleo de *E. guineensis*.

Abstract

Oil palm is the most productive oilseed crop in the world, even more so than soybean. In the last ten years, palm oil production has increased by 112% from 18 million to nearly 39 million tons, not counting the 5 million tons of palm kernel oil. However, the bud rot disease has been spreading, particularly in Central and South American regions, seriously threatening oil palm crops. This article compiles the different genetic solutions that have been presented to date to fight the disease, including advantages and disadvantages, and an inventory of what is needed in research on which the scientific community should work with international cooperation. In particular, it describes aspects of interspecific hybrids, backcrossing, and the use of *E. guineensis*.

Introducción

Entre las oleaginosas, la palma de aceite ha presentado el mayor crecimiento: en 10 años se incrementó 112%, de 18 a casi 39 millones de toneladas de aceite que, sumadas a las 5 millones de aceite de palmiste (Tabla 1), convierten al de la palma en el aceite número uno del mundo, por encima del de soya, cuya producción creció 51% en el mismo periodo, de 24 a 37 millones de toneladas.

Colombia es el mayor productor en Latinoamérica y el quinto en el mundo, con 780.000 toneladas de aceite de palma producidos en 2007, seguido por Ecuador con 295.000 toneladas. La palma de aceite se beneficia del considerable potencial de desarrollo en estos dos países. Solo en Colombia, varios millones de hectáreas podrían ser desarrolladas en tierras de sabanas y potreros degradados.

Sin embargo, tanto en Suramérica como en Centroamérica la presencia de la enfermedad llamada pudrición del cogollo (PC) está afectando el desarrollo del área sembrada en ciertas regiones. Esto es particularmente perjudicial dado el potencial en el continente. Colombia siempre ha figurado entre los tres primeros países en términos de rendimiento por hectárea sembrada, pero recientemente su productividad se ha visto afectada por enfermedades, especialmente por aquella.

La PC es una enfermedad con una sintomatología compleja. Por tanto, muchos la perciben como varias enfermedades. En esta conferencia se describe en muchas formas (G. Martínez *et al.*, 2008; C. Louise *et al.*, 2006), lo que es testimonio de una diversidad de situaciones que sugieren la existencia de un agente causal primario, seguido de un coctel de microorganismos oportunistas cuya variabilidad parece estar ligada a las condiciones ambientales locales. A efectos de simplificación, ya que la solución es similar, en este artículo se considera que involucra una causa simple con síntomas variables.

Todavía existen grandes zonas aparentemente libres de la enfermedad: la región de Pucallpa, en Perú; la región de Quinindé, en Ecuador; la región sur del Magdalena Medio, en Colombia, y alguna en Honduras, entre otras. También existe una forma de esta enfermedad que no es muy agresiva, donde entre el 85 y el 95% de las palmas afectadas se recupera. Algunas no lo hacen posiblemente debido a *Rhynchophorus palmarum* y no a la enfermedad. Esa forma de la enfermedad, conocida como “pudrición de flecha” se encuentra, por ejemplo, en Colombia (Llanos) y en el área de Quepos de Costa Rica (Costa Pacífica). Por último, algunas formas más agresivas han destruido plantaciones desde el sur hasta el norte del continente, incluyendo Río Maniti (Perú), la región oriental de Ecuador, Surinam (Plantaciones Victoria, Phaedra y Patamacca), Tefe, Brasil, Turbo, Colombia (en la década de los sesenta) y más recientemente en Tumaco (Colombia). Estas formas de la enfermedad también se encuentran en la Costa Atlántica de Panamá (Icacal), Costa Rica y Venezuela.

En apariencia, las cadenas montañosas juegan un papel importante en el confinamiento de las diferentes formas de la enfermedad a ciertas zonas, aunque condiciones climáticas más secas pueden explicar la existencia de formas menos agresivas.

En los últimos 30 años, se han propuesto muchas hipótesis sobre la causa de la PC (incluyendo la posibilidad de que no sea una enfermedad) y H. de Franqueville ha proporcionado una descripción de ellas. Una hipótesis que en principio fue descartada (*Phytophthora*), fue recientemente investigada de nuevo por G. Martínez, con algunos hallazgos experimentales novedosos y muy interesantes. En la actualidad, esta tentadora hipótesis está siendo validada de acuerdo con los postulados de Koch, particularmente en palmas maduras (Sarria *et al.*, 2008). La confirmación de ese trabajo representaría un gran avance para toda la comunidad palmera.

Tabla 1. Tendencia en la producción de aceites de palma y de palmiste 1998-2007 (millones de t)

Año	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Aceite de palma	18,2	20,7	22,0	24,1	25,8	28,7	31,5	34,3	37,7	38,6
Aceite de palmiste	2,3	2,7	2,8	3,2	3,3	3,7	3,9	4,4	4,8	4,9

FAOSTAT | © FAO Statistics Division 2009 | 02 Agosto - 2009



La resistencia de *E. oleifera* a la enfermedad fue detectada muy pronto, pero esta especie de palma no produce suficiente aceite para ser explotada comercialmente. Con mucha mejor producción de aceite, las siembras de la década del setenta de híbridos interespecíficos *E. guineensis* x *E. oleifera* en zonas severamente afectadas han mostrado buena resistencia a la PC, que nunca ha sido cuestionada. Van de Lande menciona una hectárea de híbridos *E. o.* x *E. g.* sembrados en 1978 en Victoria, Surinam, que ha resistido muy bien la enfermedad, y estaba intacta en el año 2007 (J. Corredor, comunicación personal). En Turbo (Coldesa), de 1974 a 1976 se sembraron cerca de 500 hectáreas de híbridos *E. oleifera* (de Urabá) x *E. guineensis* (de La Mé o Yangambi). Muchas palmas se tumbaron para sembrar banana y potreros, pero algunas pocas hileras permanecieron intactas hacia finales del año 2008 (J. Corredor, comunicación personal). En la región de Tumaco hay muchas parcelas de híbridos viejos O x G (Sinú x Yangambi) de la década del setenta que han resistido el reciente ataque de la enfermedad. En las resiembras únicamente los híbridos han tenido una tasa de supervivencia aceptable. En esta área ningún material *E. guineensis* ha mostrado suficiente tolerancia a la enfermedad. Algunos materiales de Cirad 07** que han mostrado buena resistencia a la enfermedad en la zona oriental de Ecuador todavía tienen que demostrar la misma resistencia en la región de San Lorenzo, aunque su desempeño ha sido mucho mejor que el promedio de *E. guineensis*.

En una publicación reciente, C. Chinchilla (Chinchilla, 2008) reportó haber encontrado una resistencia parcial en *E. guineensis* (habla de unos pocos genes de tolerancia), tanto en materiales experimentales como comerciales. En particular, menciona el origen Deli como susceptible, junto con híbridos Deli x Avros. Resalta la relación entre la resistencia al estrés en general, y cierto grado de resistencia a la PC, y menciona los orígenes Ekona, Bamenda, Tanzania, Entebbe, Angola, etc. Según Chinchilla, los cruces entre estos orígenes podrían tener una potencial resistencia, pero no se presentan datos. En otro estudio, Deli x Ghana fue mencionado como susceptible (Aya, 2008).

En su conferencia [Programa de mejoramiento de la palma de aceite de PalmElit y sus socios en Ecuador

y Colombia], Philippe Amblard presenta algunos resultados experimentales originales que prueban la existencia de resistencias parciales en el origen Deli. Sin embargo, tan promisorios como puedan ser, sin ninguna duda los resultados tendrán que ser confirmados y su durabilidad evaluada.

Por tanto, es posible proporcionar soluciones genéticas para esta enfermedad, combinando resistencias parciales (sean o no fuertes) encontradas en *E. guineensis* y *E. oleifera*. Empero, seleccionar material parcialmente resistente no es fácil, tanto para fitopatólogos como para fitomejoradores, que tendrán que trabajar en conjunto.

Este híbrido interespecífico ha mostrado alguna resistencia a la nueva enfermedad de los Llanos de Colombia llamada marchitez letal, que sería la siguiente en importancia en América. De tal manera que gran parte del trabajo de desarrollo genético realizado para PC también puede ser aplicado a ella, pues igualmente podría ser una nueva forma de ese complejo.

La presente publicación explora las ventajas y desventajas de las diferentes soluciones para PC que se pueden considerar hoy. Además, para lograr un avance efectivo en ciertas opciones es necesario involucrar recursos sustanciales y probablemente promover la cooperación internacional.

Soluciones genéticas para las plantaciones

Aunque las palmas *Elaeis oleifera* han demostrado resistencia casi total a todas las formas de PC, cualquiera que sea su origen geográfico no producen suficiente aceite como para que su cultivo sea rentable. Sin embargo, transmiten una resistencia que es casi tan fuerte como la de los híbridos *E. o.* x *E. g.* Aunque no todos los primeros híbridos interespecíficos tienen características que valgan la pena, los fitomejoradores lograron seleccionar unas pocas combinaciones que dieron por resultado rendimientos muy respetables. Más allá del cultivo de híbridos interespecíficos, la transmisión de esa resistencia abre el camino para nuevas construcciones genéticas mediante retrocruzamientos de *E. guineensis*.

Por último, parece que se han encontrado algunas resistencias parciales muy interesantes en los orígenes

Deli. Existen muy buenas razones para creer que este tipo de resistencia también se puede encontrar en otros orígenes *E. guineensis* y será necesario evaluar qué recursos se necesitan para encontrarlos.

Híbridos Interespecíficos

Resistencia a la pudrición del cogollo

Todo parece indicar que la resistencia encontrada en *E. oleifera* es muy fuerte y que se transmite en forma dominante al híbrido interespecífico. No se conoce si es uno solo el factor de resistencia involucrado o es una suma de varios factores con fuertes efectos cuantitativos. Para responder esa pregunta, el grupo Cirad/PalmElit y el grupo Danec en Ecuador prepararon un original experimento, que Philippe Amblard describe en la conferencia arriba mencionada. Se crearon 180 clones comenzando con la primera generación de retrocruzamiento (BC1), que en principio es segregante. Cada clon representa un individuo del cruce. Los clones se siembran en una zona infestada de PC en la región oriental de Ecuador. A los pocos años, se podrá decir si la resistencia viene de un solo factor o de un complejo juego de factores, y se podrá localizar en el genoma mediante marcadores moleculares. Desde luego, si existen factores de resistencia recesivos, no serán detectados.

Esta inversión es extremadamente fuerte para los dos socios. No será posible replicarla con múltiples orígenes *E. oleifera* y, por tanto, es necesario aceptar la hipótesis de que los factores principales de resistencia son los mismos para todos los orígenes *E. Oleifera*. Sin duda, una precaución será diversificar gradualmente los tipos de híbridos cultivados, sin perder demasiado en términos de productividad.

La resistencia del híbrido interespecífico no es total. Se han presentado unos pocos casos de PC. En general, dichos casos son pocos y esporádicos, y es probable que ocurran más en palmas jóvenes. En siembras jóvenes es posible reemplazar estas palmas de tal manera que el número original de palmas de aceite por hectárea no se vea afectado. En el caso de palmas maduras, pérdidas de hasta el 1% al año no deben afectar la producción total, como ha sido el caso en la región oriental de Ecuador. Cuando existe un foco muy activo de la enfermedad en *E. guineensis* cerca a una plantación de híbridos interespecíficos, el porcentaje

de casos puede ser más alto; por ello se debe tener cuidado al destruir palmas viejas infectadas o palmas espontáneas que nacen de frutos sueltos no recogidos (A. Berthaud; J. Corredor, comunicación personal).

Productividad

Aunque todos los híbridos parecen ser resistentes a la pudrición del cogollo, no todos son económicamente viables. Las primeras evaluaciones de híbridos interespecíficos fueron publicadas por Nifor (Obasola, 1973) y por IRHO (Meunier & Boutin, 1975) en la década del setenta. Luego, información más precisa fue publicada por Le Guen, quien demostró la superioridad de los híbridos de Costa Rica (región pacífica central) x La Mé sobre las otras combinaciones (Le Guen *et al.*, 1991; Louise *et al.*, 2006). Sin embargo, los orígenes brasileños fueron probados más tarde y los resultados fueron publicados por Amblard (Amblard *et al.*, 1995).

En general, la fertilidad parece ser mejor con cruces *E. o.* x La Mé, lo que explica las mejores tasas de extracción con ese tipo de cruce. No obstante, existen algunos híbridos interesantes en cruces con La Mé (Mangenot [Brasil] x La Mé, Coari [Brasil] x La Mé y Montería [Colombia] x La Mé, etc.) lo mismo que con ciertos padres de origen Yangambi (Coari x Yangambi o Montería x Yangambi) (Le Guen, 1991; Amblard, 1995). Los híbridos deben ser seleccionados con cuidado antes de ser diseminados. No todos los padres *guineensis* son adecuados y se debe tener especial cuidado con los orígenes Nigeria, Yangambi y Avros. Sin embargo, es muy probable que nuevas combinaciones de diferentes orígenes tanto de *E. oleifera* como de *E. guineensis* puedan producir híbridos muy interesantes. Estudios recientes han permitido el ensamblaje de nuevas poblaciones de *E. o.*, como por ejemplo las poblaciones de Perú o Taisha, que deben ser estudiadas con cuidado antes de ser usadas para producción de semillas. Este es el caso de la combinación Taisha x Avros que ha producido algunas familias con muy altas tasas de extracción de aceite (J. Barba, comunicación personal).

Se avanzará considerablemente una vez que la segunda generación de híbridos interespecíficos haya sido seleccionada, con base en la selección de individuos que hayan mostrado una aptitud particular para cruces interespecíficos. Estas poblaciones ya se están comenzando a sembrar.



Material y siembra: semillas y clones

En el lado de *E. o.*, la producción de híbridos interespecíficos se lleva a cabo explotando poblaciones normalmente de origen brasileño (poblaciones Manicoré, Coari, Manganot, etc.) y en el lado de *E. g.*, usando polen de material seleccionado que haya mostrado buena capacidad para cruces interespecíficos (Polen La Mé, Yangambi, etc.). Algunos de estos híbridos interespecíficos están disponibles para los cultivadores, y bajo buenas condiciones climáticas los rendimientos pueden llegar a 25-40 toneladas de RFF por hectárea por año, con tasas de extracción de aceite superiores al 20% (Amblard, 1995). Esto está por debajo de los rendimientos de *E. guineensis* bajo las mismas condiciones climáticas, pero vale la pena sembrarlos si son resistentes a la PC.

Existe una considerable variabilidad disponible en este tipo de material. Hay grandes diferencias entre familias dentro de un tipo dado de híbrido interespecífico, y esa variabilidad aumenta dentro de los cruces por la gran variabilidad entre individuos. Esta configuración resulta pertinente para la producción de clones derivados de individuos seleccionados de las mejores familias. Esto es especialmente cierto con las tasas de extracción. En Tumaco se ha visto recientemente que las tasas de extracción en las plantas de beneficio para individuos de los viejos híbridos de Sinú x *E. guineensis* que se produjeron en la década del setenta pueden variar entre 4,5 y 28%, con una tasa promedio de extracción de aceite de 12%. Debido a esto, muchas de las parcelas sembradas con estos materiales han sido abandonadas y ahora que todas las palmas *E. guineensis* se han perdido, esos materiales se están volviendo a cosechar. Parece que existe un gran potencial para seleccionar para clonación palmas individuales con altas tasas de extracción de aceite, en este híbrido y en otras combinaciones de híbridos.

Se debe realizar un esfuerzo considerable para hacer el mayor número posible de combinaciones con todos los diferentes materiales tanto de especies como de combinaciones dentro de las especies, para seleccionar individuos altamente productivos y muy resistentes a la enfermedad. Hacerle seguimiento a este tipo de trabajo es largo y costoso, y debe ser parte de un esfuerzo de cooperación internacional para solucionar el problema de la PC, y mantener una amplia base de

recursos genéticos que preparen a los cultivos para enfrentar enfermedades futuras.

Infortunadamente, la producción comercial de este tipo de material sigue siendo muy limitada ya que solo unas pocas decenas de miles de plántulas de estos clones estarán disponibles en Colombia en los años 2010 y 2011.

Ventajas y desventajas

El cultivo de híbridos interespecíficos es un poco diferente al cultivo de *guineensis*: por ejemplo, la frecuencia de los ciclos de cosecha puede ser menor ya que hay menos frutos sueltos y el aceite se acidifica muy lentamente, pero la polinización debe ser asistida con polen de *Elaeis guineensis*, lo que requiere una organización especial. A continuación se presenta una lista de las principales ventajas y desventajas de esta solución:

Ventajas

- Todos los híbridos interespecíficos tienen alta resistencia (pero no total) a la pudrición del cogollo
- Los rendimientos de aceite son económicamente aceptables
- Presentan resistencias parciales a ciertas plagas, facilitando su control
- La calidad del aceite de ciertos híbridos puede generar precios preferenciales en el mercado
- El aceite de los híbridos tiene muy bajo contenido de ácidos grasos libres (AGL)
- La cosecha se facilita debido a la altura de las palmas, a la posibilidad de espaciar más los ciclos de cosecha y la menor cantidad de frutos sueltos (en algunos cruces como Coari x La Me y Taisha x Avros), estas características pueden reducir los costos de cosecha y también puede haber un aumento muy lento de AGL, tanto en frutas cosechadas como en las no cosechadas
- La fruta puede requerir menos tiempo de esterilización y es fácil de separar de los racimos después de esterilización y trilla. (Racimos blandos)
- Palmas más grandes con mayor área foliar significa menos palmas por hectárea, lo que podría

reducir algunos costos de mantenimiento en términos de plateo y control de malezas, pues el crecimiento debajo de las palmas es limitado aun con una densidad de 115-128 palmas por hectárea

- El crecimiento más rápido de las palmas jóvenes debido al vigor híbrido también puede ayudar a reducir costos de mantenimiento, ya que el dosel puede cubrir toda el área entre palmas, aun a menores densidades de siembra, mucho más pronto que con *E. guineensis*. El crecimiento vegetativo de palmas bien fertilizadas es mucho más rápido inclusive que en cruces precoces como Deli x Avros.

Desventajas

- Una de las mayores desventajas sigue siendo la necesidad de realizar polinización asistida. Aparentemente, algunos híbridos atraen insectos colonizadores, pero eso no es suficiente. Los intentos que se han hecho para reducir la polinización han llevado a caídas significativas en rendimiento. Esto es un aspecto importante y hoy día se están adelantando investigaciones al respecto. El polen aplicado a los híbridos interespecíficos es de *E. guineensis* recolectado de sobrevivientes de parcelas cercanas o traído desde regiones que están libres de la enfermedad. También podría pensarse en usar palmas *E. guineensis* parcialmente resistentes. En teoría, para 100 hectáreas de híbridos interespecíficos se necesitaría casi una hectárea de palmas *E. guineensis*, produciendo únicamente inflorescencias masculinas; en la práctica, se necesitan muchas más. Por eso es que esto es un problema mayúsculo para los cultivadores. Por tanto, no es fácil para los pequeños productores adoptar este tipo de cultivo, a menos que se organicen en una cooperativa eficiente (Tomando en cuenta todo, los rendimientos pueden competir con los rendimientos de *E. guineensis*, dependiendo de la calidad del material de siembra de *E. guineensis*)
- La ausencia de frutos sueltos significa que el productor debe redefinir los criterios de cosecha y el color del fruto no es suficiente porque puede ser engañoso

- La mayoría de los híbridos cultivados tienen crecimiento vegetativo exuberante, lo que aumenta la competencia entre palmas maduras: las densidades de siembra iniciales deben ser reducidas sustancialmente, y ello convierte a este cultivo en productor ligeramente tardío, pero en nuestra experiencia logramos iniciar la cosecha de nuestras palmas Coari x La Me entre los 25 y los 27 meses con muy buena cantidad de frutos por hectárea y mucho mejor promedio de peso de racimo que la mayoría de las palmas *E. guineensis* que hemos sembrado
- Más aún, bajo dicha cubierta el suelo está prácticamente desnudo, lo que lleva a una erosión natural muy activa, aun en pendientes muy suaves. Es necesario usar cultivos de cobertura de leguminosas que sean más tolerantes a la sombra.
- Estas palmas no toleran bien el mal drenaje y además son muy susceptibles a ataques de *Sagilassa valida*.

Retrocruzamiento

Llevar a cabo retrocruzamientos es sin duda el programa más prometedor y ambicioso que se puede desarrollar. De hecho, en teoría es posible agrupar todas las ventajas de *E. guineensis* y de *E. oleifera* en el mismo genotipo. Infortunadamente, para los fitomejoradores es también el programa más difícil de implementar: Requiere numerosas generaciones, el número de características deseables para ser seleccionadas es demasiado grande y la producción de variedades no es tan simple como en el caso de *E. guineensis*.

Resistencia a la pudrición del cogollo

Aunque indudablemente este tipo de material se puede usar en todos los continentes, para América es esencial conservar la resistencia a la pudrición del cogollo. Se sabe que el híbrido ha logrado conservar algunas resistencias muy fuertes transmitidas por *E. o.* y que se segregan desde la primera generación de retrocruzamiento.

Si la resistencia transmitida por *E. o.* se deriva de una simple característica, se puede pensar que la mitad de las palmas provenientes de un cruce BC1 serán resistentes (Figura 1). Si la resistencia es más compleja, la

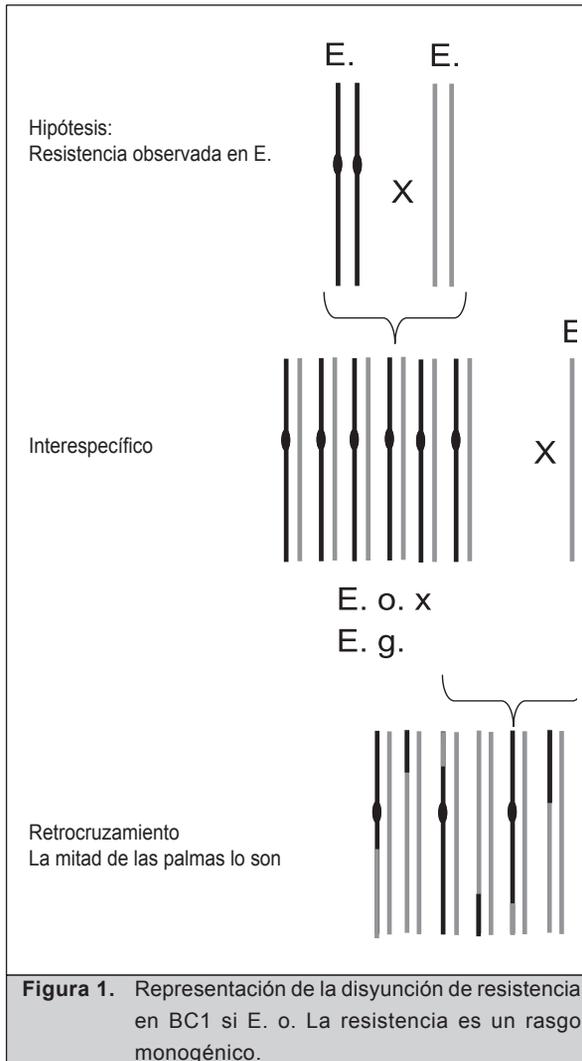


Figura 1. Representación de la disyunción de resistencia en BC1 si E. o. La resistencia es un rasgo monogénico.

continuidad de la resistencia se verá desde la primera generación de retrocruzamiento. Cualquiera que sea la situación, ¿una palma en una zona donde la PC esté presente y que sobrevive ha conservado necesariamente las características de resistencia? ¿Será necesario esperar a la próxima generación para descubrir que toda, o casi toda, su progenie está muerta?

El desarrollo de dos nuevas herramientas sería muy útil para hacerle seguimiento a la resistencia de una población a otra. Primero, una prueba temprana podría ser uno de los resultados del trabajo que viene ejecutando Cenipalma sobre *Phytophthora* (Martinez, 2008), y eso sería un gran avance. Luego, como un complemento, los ensayos implementados por Danec y Cirad/PalmElit mencionados, proporcionarán información sobre la naturaleza simple o compleja de la resistencia, lo que permitirá el marcado molecular de

la característica o características para cada palma en una generación de retrocruzamiento. Sin embargo, el uso de marcadores moleculares puede limitarse a la población donde se originó el retrocruzamiento en el ensayo.

Si la característica de resistencia resulta ser simple, la introgresión de *E. o.* a *E. g.* sería mucho más fácil que si la característica fuera compleja, aunque eso no necesariamente significa buenas noticias. De hecho, en teoría la resistencia sería mucho más durable si estuviera ligada a varios factores. En todos los casos, se tendrá que hacer uso de las pocas resistencias identificadas hasta el momento en *E. guineensis* y tendrán que ser incluidas en los programas de retrocruzamiento.

Productividad

Es difícil evaluar la productividad del material retrocruzado. En las primeras generaciones, el valor de la familia no tiene importancia real. Como resultado, es necesario poder evaluar la productividad de los individuos, y se sabe de la dificultad que ello representa (Soh, 2003). Se han evaluado unos pocos retrocruzamientos de generaciones 1 a 4 propagados por cultivo *in vitro*. En particular, ASD ha desarrollado una serie de clones “compactos,” algunos de los cuales son particularmente interesantes, pero cuya resistencia a PC no ha sido posible monitorear de una generación a otra. Esto tendrá que ser evaluado después del evento. Un clon de primera generación de retrocruzamiento (BC1) desarrollado por Cirad/PalmElit ha mostrado muy buena resistencia a la pudrición de flecha (SR) y también se ha sembrado en una zona con presencia de PC; se está a la espera de ver su comportamiento.

Otra dificultad para los fitomejoradores es explotar la heterosis que existe dentro del material *E. guineensis* entre, por ejemplo, los orígenes Deli y los orígenes africanos. Hace algunos años se le dio alguna consideración a este aspecto en nuestro grupo (Le Guen, 1991). Se llevaron a cabo retrocruzamientos para varias generaciones dentro del mismo grupo heterótico. Por ejemplo, procediendo con construcciones “abiertas” (((*E. o.* x África) x África) x África) o (((*E. o.* x Deli) x Deli) x Deli). Luego, estas construcciones se “cerraron” realizando cruces con el otro grupo heterótico: (((*E. o.* x África) x África) x África) x Deli o (((*E. o.* x Deli) x Deli) x Deli) x África. Esa estrategia fue principalmente dirigida a la producción de variedades clonales.

Para concebir la producción de variedades resistentes a PC a partir de semilla, será necesario crear un semillero de material homocigoto para los factores de resistencia. Esto requerirá palmas auto polinizadas (selfs), o inter cruzamientos de la construcción “abierta” en la base de Deli para fijar las características de resistencia. Como una ventaja adicional, los Intercruzamientos ($BC_n \times BC_n$) permitirán al mismo tiempo recombinación E. o. (Como por ejemplo Coari x Manicoré, o Coari x Taïcha, etc.). Se cree que este trabajo debe hacerse a partir de la segunda generación, y si es posible a partir de la primera generación:

BC1 x BC1 : (E. o. (origen 1) x Deli) x (E. o. (origen 2) x Deli)

BC2 x BC2 : ((E. o. (origen 1) x Deli) x Deli) x ((E. o. (origen 2) x Deli) x Deli)

BC1 x BC2 : (E. o. (origen 1) x Deli) x ((E. o. (origen 2) x Deli) x Deli)

Luego en el cruce de palmas auto polinizadas o en inter cruces, se identificaría el genotipo de las palmas en el vivero y únicamente aquellas palmas que lleven los marcadores indicando que son homocigotos para la resistencia o resistencias serían sembradas. Todavía hay mucho camino por recorrer, particularmente porque sería recomendable obtener otra generación de pruebas de pro genie. Existe una necesidad urgente de marcadores moleculares.

Otras características ligadas a la productividad tendrán que ser seleccionadas. Para comenzar, la polinización asistida ya no será necesaria. Se debe tener mucho cuidado con la calidad del polen y el comportamiento de los insectos polinizadores. Por último, se debe poner atención a otras características que con frecuencia son cuantitativas, que serán difíciles de conservar a través de retro cruzamientos simples sin insertar generaciones autofecundadas o de interretro cruzamiento: calidad de aceite, crecimiento vertical, volumen, etc.

Estas pocas líneas muestran las posibilidades de este tipo de material, y lo difícil que será utilizarlo.

Si asumimos que existe resistencia parcial a PC en *E. guineensis* y Deli, la única herramienta para hacer seguimiento a la resistencia parcial a la enfermedad

son los marcadores moleculares; de otra manera la resistencia parcial se ocultará detrás de la resistencia total de E. o.

Material de siembra: semillas y plántulas

Hasta donde se conoce, en el mercado no existe ningún material de siembra derivado de programas de retro cruzamiento, fuera del material “compacto” de la Compañía ASD, pero que aparentemente no ha sido seleccionado para resistencia a PC. Pasarán entre 10 y 20 años antes de que las semillas de esos programas estén disponibles.

En el corto plazo, y siendo más realistas, es más factible obtener clones de retro cruzamiento resistentes a PC. Los clones “compactos de ASD” tienen algunos genes de E. o.; sigue siendo posible, sujeto a una evaluación de campo, que uno de ellos sea resistente a la enfermedad.

También existe un clon BC1 producido por Cirad/PalmElit que ha demostrado tener buena resistencia a la pudrición de flecha (actualmente está siendo evaluado para otras formas de PC); ha sido reclonado y estará disponible en 2010/2011. Desde luego, los clones del diseño BC1 descritos anteriormente están siendo evaluados y se sabe que algunos de ellos han mostrado características interesantes en términos de producción y calidad de aceite.

Esto prueba que es posible aprovechar los retro cruzamientos desde BC1, aun si BC2 presenta mejores oportunidades.

Ventajas y desventajas

En teoría, los BC tienen muchas ventajas y pocas desventajas. La mayor desventaja radica en la dificultad de propagar buenas construcciones genéticas, que no sea por medio de clonación, para ponerlos a disposición de los cultivadores.

Ventajas

- Siempre y cuando se haga una selección apropiada, los retro cruzamientos serán resistentes a PC. Se espera, aunque hasta ahora no se ha demostrado, que esta resistencia sea tan fuerte como la de los híbridos interespecíficos. Por razones de durabilidad, se espera que la resistencia



de *E. o.* a PC no sea específica en el sentido de Keen (Keen & Yoshikawa, 1983) Una precaución necesaria será integrar resistencias conocidas de *E. guineensis* en las construcciones genéticas

- La fertilidad de los BC1, probablemente, y de los BC2s, definitivamente, será restaurada: la polinización asistida no será necesaria
- Los rendimientos serán similares a aquellos de *E. guineensis*
- Otras numerosas cualidades ligadas a *E. o.* se podrían conservar: resistencia a ciertas plagas, calidad del aceite, acidez del aceite, baja abscisión de frutos, etc.

Desventajas

- La mayor desventaja de este tipo de material es, sin duda, la dificultad para identificar genotipos resistentes. ¿Debe cada individuo ser clonado y luego el clon sembrado en una zona infestada? La inoculación temprana y los marcadores moleculares serían útiles, pero actualmente esas herramientas no están disponibles
- La producción de variedades en el corto plazo puede ser lograda solo mediante clonación. En el largo plazo, puede ser posible producir semillas.

E. guineensis

Elaeis guineensis es la oleaginosa más productiva por hectárea. Infortunadamente, no se puede sembrar en regiones afectadas por PC. Si *Phytophthora* es el agente causal de esta enfermedad, los tratamientos químicos pueden ser factibles, pero la situación ideal sería tener suficientes resistencias genéticas dentro de esta especie.

Resistencia a la pudrición del cogollo

Elaeis guineensis es generalmente muy susceptible a la pudrición del cogollo. En regiones donde la enfermedad es más agresiva, casi todas las palmas *E. g.* desaparecieron. Por lo general, las diferencias entre materiales se reflejan en unos pocos meses o años adicionales de respiro. Por ejemplo, en el ensayo SH GP 1 el material comercial C1501 parece ser susceptible, mientras que los materiales C1001 o C7001, que presentaron dos veces menos casos en el año 2000, han estado desapareciendo igualmente rápido (Figura 2). En algunos pocos casos, el material parece ser más resistente, como es el caso en este ensayo donde la categoría C6501 se ha estabilizado en cerca del 60%. Esta resistencia parece estar confirmada en algunas plantaciones nuevas (ensayos en curso).

Otro material que presenta cierto grado de resistencia a PC es la variedad C0741. Cuando el material fue sem-

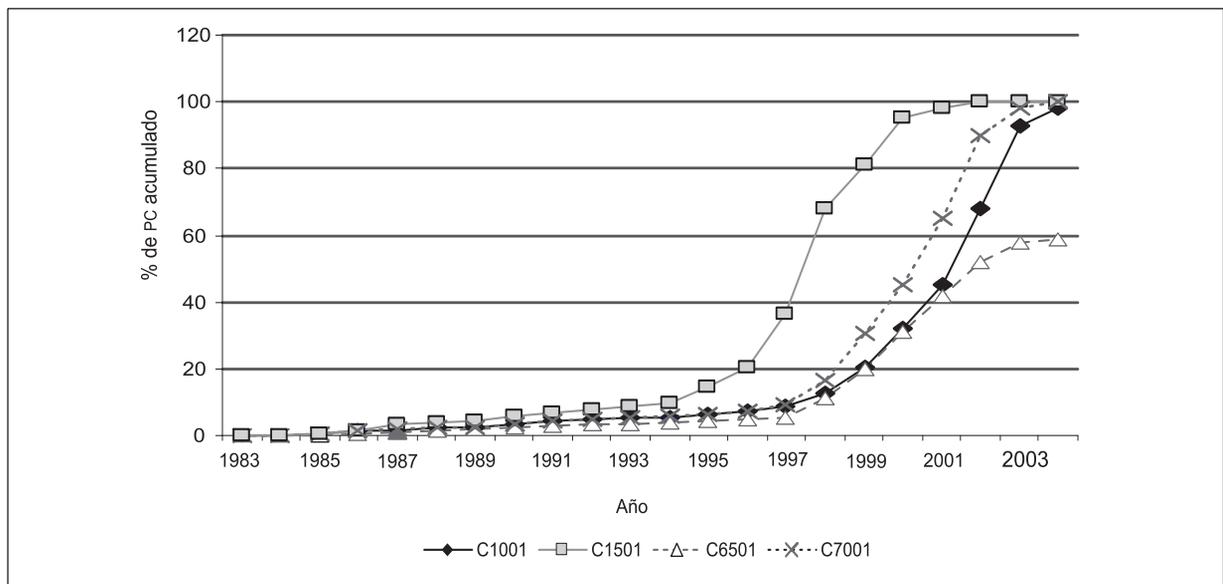


Figura 2. Tendencias de la pudrición del cogollo en el ensayo SH GP 1 (Shushufindi, Ecuador, Grupo Danec).

brado por primera vez, el porcentaje de la enfermedad se estabilizó aproximadamente en el 40%. Luego se sembraron diferentes variedades, identificando las familias que los conformaban. El comportamiento de los materiales se ha repetido idénticamente después de casi 20 años.

Se debe señalar que este hallazgo fue posible gracias a que el material de siembra de Cirad se despacha por categorías (subgrupo de primo) y porque algunos cultivadores han aceptado mantenerlos separados en el campo.

De los resultados que presentó Philippe Amblard en la conferencia mencionada, se deben recordar dos lecciones:

Existe variabilidad entre familias dentro de una variedad (Figura 3).

Las diferencias sugieren que, por lo menos en *E. guineensis*, existen varias resistencias parciales. Lo que indicaría que se pueden seleccionar resistencias durables.

Desde luego es posible aprovechar la variabilidad entre cruces seleccionando los padres que transmiten las resistencias más fuertes. En el largo plazo, el avance genético se garantizará recombinando las resistencias observadas en diferentes orígenes genéticos.

En la región de Tumaco (Colombia), recientemente se ha observado que en la mayoría de los materiales comerciales hay unas pocas palmas que sobreviven. Existe una controversia sobre si éstas se han “escapado” de la enfermedad o si realmente son resistentes a ella. Aquí existe la posibilidad de un tema interesante de investigación. Algunas de estas palmas deben ser clonadas para probar la resistencia de su progenie a la enfermedad; si son resistentes en Tumaco, serían una gran solución para esta enfermedad.

Por último, es probable que subsista la fuerte variabilidad entre palmas en el mismo cruce. En la actualidad es difícil ilustrar formalmente esa variabilidad, pero vale la pena mencionar el clon derivado de una variedad con baja resistencia (C1001) que se comporta muy bien (Figura 4). Nuestro grupo está seleccionando donantes de la familia C1 de la variedad C0741, que exhiben buena resistencia en las plantaciones. (Figura 3).

Para nosotros es claro que deben existir otras fuentes de resistencia fuera de Deli (C07**, C65**): Tendremos que identificarlas (ver discusión).

Productividad

Hasta donde se sabe, no se conocen otras fuentes de resistencia parcial significativa en *Elaeis guineensis* fuera de las ya mencionadas.

¿Sería un pleonasmo decir que la productividad de ese material va a ser similar a la productividad de *Elaeis guineensis*? Sin embargo, vale señalar que es difícil seleccionar también por productividad, dadas las pocas fuentes de resistencia identificadas en *E. guineensis*. Por fortuna, el material C07** es de muy buena calidad. Eso es definitivamente un “bono” adicional, aun si la prioridad hoy día es tener palmas productivas en las plantaciones.

Material de siembra: semillas y plántulas

En la actualidad solo unas pequeñas cantidades de semilla se pueden producir a partir del material descrito

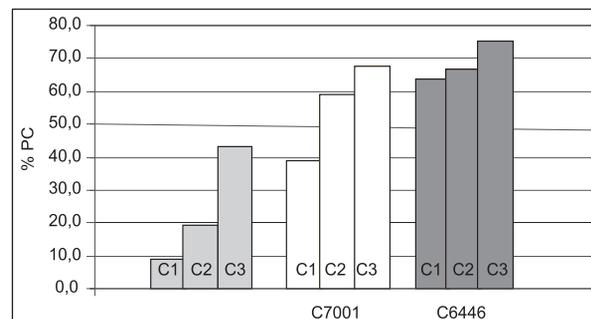


Figura 3. % PC en 9 años en tres familias de tres materiales diferentes.

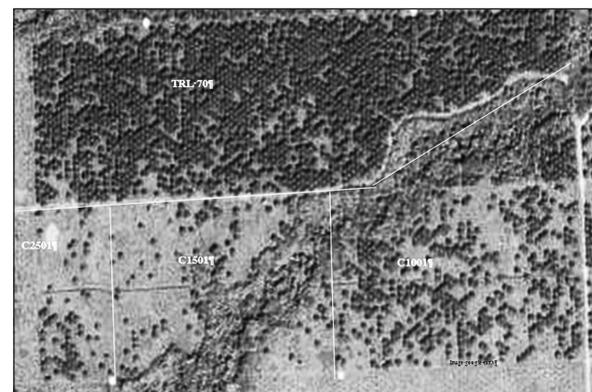


Figura 4. Comparación del comportamiento del clon TRL 70 y la variedad de donde se origina (C1001) en relación con PC. (Hacienda Shushufindi, Ecuador, Grupo Danec).



anteriormente, debido a que los semilleros para tal fin no se han sembrado todavía. Sin embargo, será posible producir más en los próximos años. Pasarán unos 10 años antes de que se puedan aprovechar los semilleros establecidos con los padres más resistentes.

Además, si se prueban las resistencias, se debe evaluar su nivel y durabilidad bajo todas las condiciones. Inicialmente, las plantaciones localizadas en zonas infestadas de PC tendrán que buscar un equilibrio entre híbridos interespecíficos y *E. guineensis* parcialmente resistente; esta última también proporciona polen para polinización asistida de híbridos interespecíficos.

Se van a producir clones a partir de palmas seleccionadas en los cruces más resistentes, pero no estarán disponibles antes de tres o cuatro años, y en cantidades muy limitadas. Tendrán que ser probados tanto para resistencia a PC como para productividad; y esas dos características serán, en promedio, aquellas de donde se derivó el cruce.

Ventajas y desventajas

El cultivo de este tipo de material es muy familiar, de tal manera que la siguiente no es una lista de ventajas y desventajas del cultivo mismo sino de la siembra de BC como una solución para el problema de PC y otras enfermedades.

Ventajas

- La producción potencial será la de la palma de aceite. Algunos de los materiales teóricamente resistentes ya se están produciendo a partir de una base genética de muy buen nivel
- Los métodos de cultivo ya se han desarrollado apropiadamente; fuera de PC, parece que es posible controlar las otras enfermedades
- Las resistencias identificadas son parciales pero, siendo complejas, deben dar lugar a resistencias durables.

Desventajas

- Las resistencias parciales identificadas pueden no ser suficientemente fuertes en todas las circunstancias. Están siendo probadas en regiones donde PC es más agresivo (San-Lorenzo/Tumaco)
- La base genética de las resistencias conocidas es todavía muy débil. Involucra solo unas pocas Deli.

La comunidad palmera puede hacer un esfuerzo grande y coordinado para investigar otras resistencias. Más adelante se vuelve a discutir este punto

- Las cantidades de materiales de siembra disponibles para los cultivadores, ya sean semillas o clones, son muy pocas. La situación puede mejorar en los próximos dos o tres años.

Discusión y perspectivas

El inventario de la situación que se ha tratado de establecer debe conducir a identificar soluciones para los cultivadores y a determinar los puntos principales sobre los que la comunidad científica tendrá que enfocar sus esfuerzos.

Soluciones para los cultivadores

Primero, se pueden elaborar tablas resumiendo las disponibilidades por tipo de material de siembra (Tabla 2) y cronogramas en el corto (inmediatamente), mediano (2012-2018) y largo plazo (2025-2030) (Tabla 3).

Estas tablas destacan varios puntos:

En el corto plazo, el material de siembra disponible es limitado: únicamente semillas de híbridos interespecíficos están disponibles en grandes cantidades, lo que los convierte en la única solución. Los clones son complementarios únicamente. Infortunadamente, es difícil para los pequeños productores cultivar híbridos, a menos que la polinización asistida se pueda organizar colectivamente a través de cooperativas. La solución a corto plazo: principalmente semillas de híbridos interespecíficos. Difícil para los pequeños productores.

En el mediano plazo es probable que con los clones se logre un avance, pero la disponibilidad será muy limitada. Los híbridos seguirán siendo la principal solución, sembrados junto con palmas *guineensis* parcialmente resistentes. El grado en que los clones puedan ser desarrollados dependerá, desde luego, de la producción de los laboratorios que dominan los procedimientos IVC en términos de calidad y cantidad, y de la calidad de la selección de material de siembra desde el comienzo y luego, de los ensayos de clones en campo. La solución a mediano plazo: principalmente semillas de híbridos interespecíficos sembrados junto con *E. guineensis* parcialmente resistentes. Posibilidad

Tabla 2. Material de siembra disponible para los cultivadores en las siguientes dos décadas

Tipo de material	Forma	Disponibilidad (desde)	Número de productores	Cantidades	Resistencia, calidad y seguridad	Productividad	Comentarios
Híbridos interespecíficos <i>E. oleifera</i> x <i>E. guineensis</i>	Semillas	2010	3 - 4	Varios millones	La mejor conocida	Por lo menos 20% menos que <i>guineensis</i> para los mejores híbridos	Importancia de construcción genética específica para producción
	Clones	2010-2011	1	Muy limitadas 50 a 100.000	La mejor conocida	Posible ganancia 15 a 20% comparado con semillas	(Limitada) riesgo de anomalías ligado a cultivo in vitro.
2015		2 - 3	500.000?				
Retrocruce BCn (E.o x E. g) x (E.g.)n	Semillas	2025-2030	1 - 2	Varios millones	La mejor conocida si bien seleccionada		¿Es la "semilla compacta" de ASD resistente?
		2010	1	10.000 (1 clon)	Probablemente muy buena	Mejor que los híbridos, no tan buena como las mejores guineensis.	Muchas incertidumbres ligadas a limitaciones en evaluación de resistencia al comienzo del programa. (Limitada) riesgo de anomalías ligado a cultivo in vitro
	Clones	2015-18	1 - 2	100.000?	¿Buena?	¿Como <i>guineensis</i> ?	
2025-2030		2 or 3	0.5 o X millones?	Muy buena	Por lo menos como <i>E. guineensis</i>		
<i>Elaeis guineensis</i>	Semillas	2010	1	< 200,000	Parcial	Buena	Actualmente en prueba en zonas donde PC es muy agresiva (respuesta antes de 2012)
		2012/13	1	> 2 millones	Parcial	<i>E. guineensis</i> Buena	
		2018/2020	1?	X millones	Parcial muy mejorada	<i>E. guineensis</i> mejorada	
	Clones	2013	1	100.000?	Parcial muy mejorada	Buena <i>E. guineensis</i> mejorada	(Limitada) riesgo de anomalías ligado a cultivo in vitro

de tener clones en cantidades pequeñas o medianas. Los problemas para los pequeños productores continuarán si no se organiza nada con ellos y para ellos.

En el largo plazo, es probable que los híbridos interespecíficos ya no se usen.

En el largo plazo, la explotación de retrocruzamientos es la forma más promisoría, ya sea con semillas o clones. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, para los fitomejoradores es la forma más difícil de implementar. Dependerá en gran parte del desarrollo de herramientas como marcadores moleculares y pruebas tempranas de selección. La solución a largo plazo: semillas provenientes de programas de retrocruzamiento. Los híbridos interespecíficos ya no serán la única solución. *E. guineensis*

suficientemente resistentes. Posibilidad de tener clones. Soluciones simples para pequeños productores.

Principal investigación requerida

Mejoramiento de *E. oleifera*

E. oleifera presenta una diversidad genética sustancialmente mayor (Barcelos, 2002) que *E. guineensis*. Esto se refleja en una excepcional diversidad de características (Meunier, 1975): Muy buenas características de aceite en algunas poblaciones (Colombia, Panamá...), alta variabilidad de volumen entre poblaciones extremadamente compactas de Guyana y Surinam y poblaciones colombianas más desarrolladas, etc. En promedio, las características del fruto no son muy


Tabla 3. Perspectivas para el desarrollo de material de siembra adaptado a zonas con presencia de PC, a corto, mediano y largo plazo

Disponibilidad	Tipo de material	Forma	Número de productores	Cantidad	Resistencia, calidad y seguridad	Productividad	Comentarios
Corto plazo (2010/12)	Híbridos interespecíficos <i>E. oleifera</i> x <i>E. guineensis</i>	Semillas	3 - 4	X millones	La mejor conocida	Por lo menos 20% menos que <i>guineensis</i> para los mejores híbridos	Importancia de construcción genética específica para producción
		Clones	1 - 2	Muy limitada 50 a 100.000	La mejor conocida	Posible ganancia de 15 a 20% comparado con semillas	(Limitada) riesgo de anomalías ligado a cultivo <i>in vitro</i> .
	Retrocruce BCn (<i>E.o</i> x <i>E. g</i>) x (<i>E.g.</i>)	Clones	1	10,000 (1 clon)	Probablemente muy buena	Mejor que los híbridos, menos que las mejores <i>guineensis</i> .	(Limitada) riesgo de anomalías ligado a cultivo <i>in vitro</i>
	<i>Elaeis guineensis</i>	Semillas	1	< 200.000	Parcial	Buena <i>E. guineensis</i>	Actualmente en prueba en zonas donde PC es muy agresiva (respuesta antes de 2012)
Soluciones complementarias a mediano plazo 2013-2018	Híbridos interespecíficos <i>E. oleifera</i> x <i>E. guineensis</i>	Clones	2 - 3	500.000?	La mejor conocida	Posible ganancia de 15 a 20% comparado con semillas	(Limitada) riesgo de anomalías ligado a cultivo <i>in vitro</i>
		Retrocruce BCn (<i>E.o</i> x <i>E. g</i>) x (<i>E.g.</i>)	Clones	1 - 2	100.000?	Buena?	¿Como <i>guineensis</i> ?
	<i>Elaeis guineensis</i>	Semillas	1	> 2 millones	Parcial	Buena <i>E. guineensis</i>	Actualmente bajo prueba en zonas donde PC es muy agresiva (respuesta antes de 2012)
		Clones	1	100.000?	Parcial, muy mejorada	Buena <i>E. guineensis</i> mejorada	
Soluciones complementarias a largo plazo 2020/2030	Retrocruce BCn (<i>E.o</i> x <i>E. g</i>) x (<i>E.g.</i>) ⁿ	Semillas	1 - 2	X millones	La mejor conocidas y seleccionada apropiadamente		¿Es el material "compacto" de ASD resistente?
		Clones	2 or 3	0.5 o X millones?	Muy buena	Por lo menos como <i>E. guineensis</i>	Muchas incertidumbres ligadas a limitaciones en evaluación de resistencia al comienzo del programa.
	<i>Elaeis guineensis</i>	Semillas	1	X millones	Parcial, muy mejorada	Buena <i>E. guineensis</i> mejorada	

atractivas pero se pueden mejorar significativamente. La longitud del pedúnculo del racimo de ciertas poblaciones es también atractiva (Perú, Taisha).

Ninguna población combina las mejores características. Mejorar el valor inherente de *E. oleifera* conduciría sin duda a una gran mejora en los híbridos interespecíficos. Esto involucra inter cruzamientos y

observaciones. Infortunadamente, debido a los bajos rendimientos de *E. oleifera* esta investigación es muy costosa. Vale la pena mencionar el trabajo realizado por United Plantations (Malasia) en este campo (Sharma, 2003). Esta fase de "pre-mejoramiento" puede ser llevada a cabo a gran escala por el sector público, que luego debe poner este material a disposición de los fitomejoradores.

Naturalmente, los fitomejoradores están trabajando para seleccionar la capacidad de producir híbridos de alto rendimiento, tanto dentro de *E. o* como de *E. g*. No hay necesidad de discutir esto de nuevo.

Mejoramiento de resistencia a PC en *E. guineensis*

El mejoramiento de *Elaeis guineensis* se está realizando a gran escala en programas dedicados a esa especie. Este trabajo ya ha sido de gran beneficio para los híbridos interespecíficos. Sin embargo, la búsqueda de resistencia a la pudrición del cogollo en *E. guineensis* es mucho más difícil.

Selección de resistencia

Hoy día, en ausencia de una prueba temprana, las palmas *guineensis* tienen que ser sembradas en zonas infestadas y la mayoría de ellas muere. Los cultivadores privados no pueden cubrir los costos de este tipo de estudios.

Parece que las resistencias observadas con la pudrición de flecha son las mismas observadas para PC: esto ciertamente haría posible una preselección, pero toma tiempo.

Sería buena idea mantener unas docenas de hectáreas en una zona donde la PC es particularmente agresiva (y mantenidas sembrando algunas nuevas palmas *E. guineensis*) para realizar ensayos de campo; se puede esperar una respuesta relativamente rápida dos o tres años después de la siembra, lo que haría posible aumentar sustancialmente la densidad de siembra.

Se debe implementar un diseño específico de apareamiento (como por ejemplo dialelos o uso de *testors*). Esto permitirá un mejor entendimiento del parámetro genético. Al mismo tiempo, el diseño de campo debe permitir la clara detección de marcadores moleculares.

Solo el sector público o asociaciones de cultivadores podrían ofrecer este tipo de investigación. Podría implementarse en la región de Tumaco en Colombia o en San Lorenzo, en Ecuador. Esta instalación tendría consecuencias benéficas para toda Latinoamérica, desde Perú hasta México, y sería lógico proponer que fuera el resultado de una iniciativa internacional con la que los productores podrían estar asociados para ampliar lo más posible la base genética del material probado.

En la siguiente sección se mirará el desarrollo de una prueba temprana. Para que una prueba temprana sea válida, debe garantizarse que, en un momento dado, existe buena correlación entre los resultados de campo y los resultados obtenidos con la prueba temprana. De todas maneras, la instalación propuesta aquí seguirá siendo esencial para el correcto funcionamiento de una prueba temprana.

Resistencias parciales para mejorar durabilidad

Desde luego, se debe tener cuidado de no replicar un experimento, aun si es exitoso. Sin embargo, los ejemplos de selección de resistencia a marchitez vascular y, más recientemente, resistencia a *Ganoderma*, han proporcionado buenas indicaciones.

Las resistencias parciales combinadas proporcionarían buena resistencia con durabilidad, pero no con seguridad del 100%. El desarrollo de marcadores moleculares podría ser de gran ayuda para piramidar la resistencia. Sería necesario realizar experimentos específicos para identificar resistencias no a nivel de cruce sino a nivel de poblaciones, siguiendo un enfoque global desde el comienzo.

Desarrollo de una prueba temprana

Entre el 20 y el 24 de abril de 2009 se llevó a cabo un seminario en Santa Marta (Colombia) sobre el papel de *Phytophthora* como el posible agente causal primario de la pudrición del cogollo. El grupo de expertos participante examinó el trabajo realizado por Gerardo Martínez y su equipo de Cenipalma. Se concluyó que la validación de esa hipótesis estaba muy cerca.

Esto representa una gran esperanza para los cultivadores. Primero, porque para numerosas plantas, incluyendo plantas perennes, existen métodos que pueden ser usados para el control integrado de esta enfermedad y, segundo, porque sin lugar a dudas será posible desarrollar una prueba temprana de selección de resistencia a la enfermedad, y ya existe un trabajo sobre *Phytophthora* que será muy útil para ese objetivo, usando plántulas, hojas y frutos. La selección de material de prueba debe en lo posible enfocarse en el material que es cultivado para tener en cuenta el máximo número de mecanismos de resistencia (parcial).

Cualquiera que sea el método usado, tendrá que tener buena correlación entre la expresión de resis-



tencia durante la prueba temprana y la resistencia observada en campo. Por tanto, es extremadamente importante proceder con el sistema propuesto en la sección anterior.

Desarrollo de marcadores moleculares

En esta presentación se ha discutido el problema de predecir la resistencia a la pudrición del cogollo. Esta sección por sí sola se prestaría para mucha discusión, de manera que escasamente se resumirán las necesidades:

Resistencia de *E. oleifera* a PC: ¿es la resistencia dada por un solo factor o es más compleja? El diseño experimental implementado por el grupo Danec y Cirad/PalmElit proporcionará respuestas a esa pregunta para uno de los orígenes *E. oleifera* (Panamá, Sona), aunque es probable que sean válidas para todas las *oleiferas*. Es cuestión de pensar qué factores de resistencia "secundarios" o parciales existen en *E. o.* y están enmascarados por el factor principal. Aunque en teoría es posible investigar los factores secundarios, sería muy complicado y no sería algo prioritario. Este trabajo debe posibilitar la identificación de marcadores moleculares válidos para el origen en el que se está trabajando; su validez tendrá que ser verificada para otros orígenes.

En *E. guineensis*, la búsqueda de marcadores moleculares por medio del considerable avance técnico logrado en este campo, no parece ser más fácil hoy día, pero definitivamente es más operacional. De hecho, ahora es más fácil trabajar con gran cantidad de muestras y técnicas de marcación de alto rendimiento. Esto hace posible superar gran parte de la estructura genética de las poblaciones estudiadas. Definitivamente este debe ser el enfoque preferido, pero requiere la implementación de diseños experimentales y observaciones de campo (determinación de fenotipos) y laboratorio (determinación de genotipos), para poder estudiar las correlaciones entre marcadores y características de resistencia. La precisión de los datos dependerá de la calidad de las observaciones, especialmente en el campo.

Sin duda este trabajo se beneficiará de la iniciativa OPGP lanzada por Cirad (N. Billotte), que reúne un consorcio de 16 participantes, incluyendo a la Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma),

para generar recursos moleculares enfocados en ciertas características. Esta iniciativa internacional podría ser seguida por otras más específicas con sociedades más estrechas para trabajar específicamente en la pudrición del cogollo.

Conclusiones

Es posible que la solución para la pudrición del cogollo dependa de la virulencia del patógeno y las condiciones climáticas de las diferentes áreas. Pero depender únicamente de ciertas condiciones climáticas para la supervivencia en un continente donde la enfermedad es endémica puede ser riesgoso, con el reciente ejemplo de la región del Magdalena Medio en Colombia, donde un año tan lluvioso como 2008, con una precipitación 50% por encima de lo normal y sin una época seca a lo largo del año, causó una explosión severa de la PC, que podría comprometer seriamente no solo la productividad en el área, sino también su supervivencia.

Es posible que la solución para la pudrición del cogollo dependa de la virulencia del patógeno y las condiciones climáticas de las diferentes áreas.

En otras áreas como en los Llanos de Colombia, donde el resultado de la enfermedad ya es conocido y la mayoría de las palmas se recupera completamente de la enfermedad, no es probable que los cultivadores elijan voluntariamente sembrar híbridos interespecíficos conociendo las desventajas del material, como por ejemplo la permanente necesidad de polinización artificial, a menos que se pueda probar una gran diferencia en productividad. Para un área como esta, materiales *E. guineensis* de alta resistencia puede ser todo lo que se necesite para minimizar las pérdidas causadas por la PC.

Las diferentes soluciones presentadas en este documento pueden ser útiles. En algunas áreas como

Tumaco y San Lorenzo, donde la enfermedad es muy agresiva, la siembra de híbridos interespecíficos puede ser la única solución. Los retrocruzamientos todavía necesitan ser probados.

En otras áreas donde la enfermedad no es tan agresiva, la siembra de híbridos retrocruzados resistentes, e inclusive *E. guineensis* altamente resistentes puede ser suficiente. Esto reduciría la necesidad de polinización artificial.

Se necesita un gran esfuerzo y trabajo conjunto entre los países más afectados en el área para ayudar a solucionar el problema. Esto debe incluir los países de donde *E. oleifera* es nativa, y donde el cultivo de la palma de aceite es importante o tiene un gran

potencial de desarrollo. El Fondo Latinoamericano para Innovación en Palma de Aceite (Flipa) podría ser una herramienta para coordinar los esfuerzos, de tal manera que se optimicen los recursos y los materiales nativos se puedan intercambiar fácilmente entre las diferentes instituciones involucradas.

El proyecto del genoma de *E. guineensis* y *E. oleifera*, actualmente en curso y liderado por Cirad, puede proporcionar conocimientos para entender las fuentes de resistencia.

El desarrollo de un bioensayo para seleccionar la tolerancia de los materiales a la enfermedad en diferentes áreas sería de gran ayuda en el proceso de selección de materiales y se le debe dar prioridad en este momento.



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
- Aya, HA.; Noreña, C.; Torres, GA.; Sarria, GA.; Varón, F.; Martínez, G. 2008. Comportamiento de cuatro materiales de palma de aceite frente a la pudrición del cogollo (PC) en Tumaco-Nariño. *Fitopatología Colombiana* 32(2): 51- 55
- Barcelos, E.; Amblard, P.; Berthaud, J.; Seguin, M. 2002. Genetic diversity and relationship in American and African oil palm as revealed by RFLP and AFLP molecular markers. *Pesquisa agropecuária brasileira* (Brasil) 37(8): 1105-1114
- Chinchilla, C. 2008. The Many Faces of Spear Rots in Oil Palm: the Need for an Integrated Management Approach. ASD Oil Palm Papers, N°32, 1-25.
- de Franqueville, H. 2003. Oil palm Bud Rot in Latin America. *Expl Agric.* 39: 225-240. Cambridge University press United Kingdom.
- Keen, N. T.; Yoshikawa, M. 1983. Physiology of Disease and the Nature of resistance to *Phytophthora*. In *Phytophthora*, D.C. Erwin, S. Bartnicki-Garcia and P. H. Tsao Editors. The American Phytopathological Society. ABS press. ISBN 0-89054-084-5.
- 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* (Francia) 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 Latinoamérica Latina. En: Conferencia Internacional sobre Palma de Aceite. Fedepalma, 19-21 de septiembre 2006, Cartagena, Colombia.
- Martínez, G.; Sarria, G. A.; Torres, G.A.; 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 des 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.
- Meunier, J.; Boutin D. 1975. L'Elaeis melanococca et l'hybride *Elaeis melanococca* x *Elaeis guineensis*. *Premières données Oléagineux* (Francia) 30(1): 5-8.
- Meunier, J. 1975. Le "palmier à huile" américain *Elaeis Melanococca* / the American "Oil Palm" *Elaeis melanococca*. *Oléagineux* (Francia) 30 (2): 51-61.
- Obasola, CO. 1973. Breeding for short stem oil palm in Nigeria. I Pollination, compatibility, varietal segregation, bunch quantity and yield of F1 hybrids *Corozo oleifera* x *Elaeis guineensis*. *Journal of the Nigerian Institute for Oil Palm Research* 5(18): 43-53.
- Sarria, GA.; Torres, GA.; Aya, HA.; Ariza, JG.; Rodríguez, J.; Vélez, G C.; Varón, F., Martínez G. 2008. *Phytophthora* sp. es el responsable de las lesiones iniciales de la pudrición des cogollo (PC) de la palma aceite en Colombia. *Palmas* (Colombia) 39(3 Edition especial): 31-44.
- Sharma, M. 2003. Exploiting OxG Hybrids and Backcrosses – Issues and Prospects. Paper Presented At The Seminar On The Progress Of Oil Palm Breeding And Selection on 6th to 9th October 2003 at Medan, Indonesia. Organized by ISOPB and IOPRI
- Soh, A.C.; Gan, H. H.; Wong, G.; Hor, TY.; Tan, CC. 2003. Estimates of within family genetic variability for clonal selection in oil palm. *Euphytica* 133: 147-163.
- Van de Lande, H. 1983. Studies on the epidemiology of spear rot in oil palm in Suriname. Ph. D. tesis. Wageningen Univ., Wageningen. van de Lande, H. 1986. Diseases of fatal character to the oil palm in Suriname and in North Brazil. *De Surin. Landb.* 34 (1, 2, 3): 1 12.