

■ Capítulo 2

Germoplasma de palma de aceite usado en procesos de mejoramiento

Clara Inés Medina C., Mario Lobo A., Silvio Bastidas P., Leidy P. Moreno C.

Los sistemas de selección de plantas, aplicados en los procesos de mejoramiento genético, no son eficaces cuando carecen de variabilidad en las poblaciones en las cuales se hace la selección. Esto hace necesario considerar tanto la diversidad disponible como la posibilidad de generarla mediante el empleo de los recursos genéticos presentes en los bancos de germoplasma y en las colecciones de trabajo, ya que el éxito de un sistema de selección está en la base genética y en la variabilidad aprovechable (Lobo, 2008). Para ello también se debe tener en cuenta la posibilidad de introducir esta variabilidad en los bancos y en las colecciones de trabajo.

Los recursos genéticos conservados en los bancos representan la *variabilidad genética*, la cual se crea con procesos de selección natural y artificial. No es posible conservar todo el acervo genético de una especie en los bancos, pero sí mantener en ellos la variabilidad útil, es decir, la que requieren los proyectos de desarrollo de cultivares (Berretta & Rivas, 2001).

Antes de adoptar un *sistema de selección*, se deben revisar aspectos como tipo de cultivo, sistemas de reproducción natural y polinización, ciclo biológico, etc. Primero hay que revisar los recursos genéticos disponibles en el banco y en las colecciones, y luego el nivel de mejoramiento de estos recursos, ya que son la herramienta para afrontar con seguridad los efectos del medio ambiente, tanto bióticos como abióticos, ejercidos sobre la planta y el cultivo.

Las zonas palmeras norte, central, oriental y suroccidental de Colombia se han desarrollado con la siembra de cultivares mejorados. Sin embargo, desde su origen, las plantaciones comerciales a nivel mundial se desarrollaron a partir de una base genética estrecha (Setiawati et al., 2018; Soh, 2012) y son de amplia adaptación. Exigen, por tanto, un buen manejo agronómico para comportarse bien en ambientes menos favorables. La PC, causada por *Phytophthora palmivora* (Martínez et al., 2010; Sarria et al., 2008), afectó los cultivos de *E. guineensis* y favoreció el uso de cultivares híbridos, producto del cruzamiento entre palmas *E. oleifera* y *E. guineensis*, los cuales sustituyeron en los cultivos a las palmas de *E. guineensis* de tipo Ténera.¹

En este capítulo se hace una relación detallada de los recursos genéticos de las palmas *E. guineensis* y *E. oleifera* existentes en el programa de mejoramiento genético en los centros de investigación de AGROSAVIA.

Palma de aceite africana (*E. guineensis*)

En 1948, Víctor Manuel Patiño, un naturalista y explorador botánico notable, oriundo de Palmira, Valle del Cauca, escribió:

Hasta donde es posible saberlo, la especie *Elaeis guineensis* pasó al continente americano a raíz de la trata de esclavos, en el siglo XVI. Los centros de aclimatación de la especie en este continente fueron las Antillas, las Guayanas y Brasil. (Patiño, 1948)

En la isla de Martinica, entre 1763 y 1780, el botánico alemán Nicholas Joseph Jacquin clasificó la especie como *Elaeis guineensis* K. (Corley & Tinker, 2003; Hartley, 1988; Patiño, 1948).

¹ La resistencia de los híbridos ha sido reportada por varios investigadores, entre ellos los siguientes, según orden cronológico: Méndez (1974), Vallejo y Cassolett (1975), Meunier y Boutin (1975), Meunier et al. (1976), Turner (1981), Hartley (1988), Le Guen et al. (1991), Franqueville (2001), Corley y Tinker (2003), Bastidas et al. (2003), Amblard et al. (2004), Torres et al. (2004), Zambrano (2004), Chinchilla et al. (2007), Barba et al. (2010a, 2010b).

Introducción y dispersión en el continente americano

La palma de aceite ingresó a América Central como cultivo comercial por iniciativa de la multinacional bananera United Fruit Company, la cual creó en 1926 la Estación Experimental Lancetilla, en Tela, Honduras (Alvarado et al., 2010; Escobar et al., 1996; Sterling & Alvarado, 2002).

Esta empresa tenía como objetivo introducir nuevos cultivos tropicales —entre ellos la palma de aceite— en la citada estación experimental de Honduras y evaluarlos allí. ¿Qué motivó a la empresa bananera a sembrar palma de aceite? Sencillamente, la necesidad de sustituir, en plantaciones extensas, los cultivos de banano afectados por la marchitez causada por *Fusarium* sp. Desde 1926 hasta 1940, la colección de palma de aceite, producto de la introducción original, se manejó en la estación experimental del país centroamericano, desde donde se dispersó a otros países de América (Richardson, 1995).

En los artículos “La historia del mejoramiento genético de la palma aceitera en la United Fruit Company en América” (Richardson, 1995), y “Oil palm planting materials by ASD of Costa Rica” (Escobar et al., 1996), se describe en detalle el proceso de introducción de la especie y de su establecimiento como cultivo en América. De esos artículos se extrajo la siguiente información sobre el origen de los recursos genéticos del Banco de Germoplasma de AGROSAVIA, la cual se presenta según año de ocurrencia:

- **1927:** la Estación Experimental de Lancetilla, Tela, Honduras, recibe semillas de palma de aceite colectadas en el Lejano Oriente. En 1928, llegan más de estas semillas para incrementar el germoplasma, y se siembran.
- **1929:** semillas derivadas de polinización abierta de tres palmas de Nigeria, tres de Sierra Leona y una de Angola se siembran en la Estación Experimental Lancetilla. Ese mismo año también se importan semillas de Zaire (hoy República Democrática del Congo).
- **1929:** se hacen cuatro introducciones de palma de aceite de tipo Dura y dos de tipo Ténera en la Estación Experimental Lancetilla, con materiales procedentes del Jardín Botánico de Eala, en Zaire. El Departamento de Agricultura

de Estados Unidos (United States Department of Agriculture [USDA]) envía a la estación otras introducciones originarias de este país africano.

- **1951:** la Estación Experimental Lancetilla cuenta con germoplasma proveniente de Malasia, Java, Sumatra, Sierra Leona, Zaire, Nigeria, Angola y Camerún, y con el introducido e identificado inicialmente como del Lejano Oriente y de África occidental.

Desde la Estación Experimental Lancetilla se distribuyeron inicialmente, a otros países de América, semillas de palma de aceite tipo Dura de la serie Deli y de polinización abierta, originarias de Java y Sumatra (Hartley, 1969), debido a su mejor comportamiento en las pruebas de campo con respecto a las del mismo tipo de origen africano. El cronograma de distribución fue el siguiente:

- 1936: a la hacienda Birichichi, Honduras.
- 1937: a una compañía palmera de Guatemala.
- 1943: a una plantación en San Alejo, Honduras.
- 1943: a una plantación en Quepos, Costa Rica.
- 1944: a la Estación Experimental Tingo María, Perú.
- 1945: a la plantación La Esperanza, Nicaragua.
- 1946: a la Bananera, en la costa atlántica de Guatemala, y a Tiquisate, en la costa pacífica de ese país. En 1948 había ya 360 ha plantadas en Tiquisate.
- 1949: a la hacienda Patuca, en Sevilla, departamento de Magdalena, Colombia, donde se establecen palmas tipo Dura de la serie Deli de polinización abierta.
- 1949: a la plantación Scott, en Santo Domingo de los Colorados, Ecuador.
- 1950: a la plantación Tepachula, en Chiapas, México.

Por consiguiente, una parte de los ancestros del germoplasma de palma de aceite, involucrados en el programa de mejoramiento genético de la Corporación, son palmas tipo Dura Deli de origen asiático. Por ser semillas de polinización abierta, este germoplasma asiático pudo contaminarse en la Estación Experimental Lancetilla con polen de palmas *E. guineensis* de origen africano (Hartley, 1969).

Introducción de germoplasma de origen africano en Colombia

Las palmas de aceite (*E. guineensis*) de origen africano, a diferencia de las asiáticas, se distinguen por las siguientes características:

- Emiten un número considerable de racimos pequeños.
- El endocarpio o cuesco de sus frutos (drupas) tiene forma irregular.
- Las espigas de la inflorescencia, en las cuales se ordenan los frutos, terminan en una espina larga, delgada y aguda (Bastidas et al., 2013; Kushairi et al., 2000; Sambanthamurthi et al., 2009).

Primera introducción

El germoplasma de palma de aceite de origen africano ingresó al país de acuerdo con el cronograma indicado a continuación. El año de introducción de los recursos genéticos se indica al inicio de cada evento; después del ingreso a Colombia, se señala la fecha de siembra² en campo.

- 1923: Florent Claes, director del Jardín Botánico de Bruselas, Bélgica, sugirió al Gobierno colombiano introducir el cultivo de la palma de aceite en el país.
- 1931: Claes introdujo las primeras semillas de la especie *E. guineensis*. Las tomó del Jardín Botánico de Eala, Zaire, y las entregó al obispo Monconill en Bogotá, quien ordenó a sus misioneros de Florencia (Caquetá), y de Mocoa (figura 2.1) y Puerto Asís (Putumayo) distribuir las entre los pobladores de esos territorios.

² Algunas introducciones no fueron establecidas en campo por diferentes causas, como pérdida de viabilidad, ausencia de germinación, muertes en vivero, falta de interés, etc. Esto también aplica para el germoplasma de origen asiático.



Figura 2.1. Ejemplares de palma de aceite en el parque principal de Mocoa, Putumayo.

Foto: Leidy Paola Moreno Caicedo

- 1933: de esas semillas se obtuvieron 206 palmas, las cuales se sembraron como especie ornamental en la Estación Experimental de Palmira³. Algunas de ellas se cruzaron entre sí y su descendencia se plantó después en la Estación Agroforestal del Bajo Calima, cerca de Buenaventura, Valle del Cauca (Patiño, 1948).
- 1936: de una segunda introducción de semillas, originarias también de Eala, Zaire, se plantaron 40 palmas de tipo Ténera de polinización abierta en la Estación Experimental de Palmira.

El germoplasma de tipo Ténera plantado en Palmira estaba emparentado con descendientes de la palma Sungei Pantjur 540T (SP540T),⁴ porque los envases de las semillas introducidas en ese año (1936) traían el membrete de

³ Semillas de F. Claes, donadas al administrador de la Estación Experimental de Palmira.

⁴ SP540T significa “Sungei Pantjur” (SP), Sumatra, Indonesia; el 540 es el número de la palma, y T corresponde a “tipo Ténera”.

la variedad Djongo.⁵ Este membrete indicaba que las semillas descendían de la famosa palma Ténera Djongo de Eala, Zaire, la cual originó la línea SP540T en Sumatra, Indonesia, y un número grande de líneas de los tipos Ténera y Pisífera localizadas hoy en Asia, África y América.⁶ Por consiguiente, las semillas provenientes del Jardín Botánico de Eala, Zaire, introducidas a Colombia, tuvieron descendientes de tipo Ténera Yangambi⁷ en la Estación del Bajo Calima (Hartley, 1974, 1988).

- 1945: Víctor M. Patiño seleccionó, en la Estación Experimental de Palmira, palmas sobresalientes por dos criterios: espesor de la pulpa (mesocarpio) superior a 7 mm y peso del fruto por encima de 13 g.
- 1947: se establece una pequeña plantación en la Estación Agroforestal del Bajo Calima, con semillas obtenidas de cruzamientos controlados entre palmas de tipo Ténera seleccionadas en 1933 y 1936 en la Estación Experimental de Palmira (Arias et al., 1988; Vallejo, 1978).

El germoplasma plantado en la Estación Agroforestal del Bajo Calima se convirtió en la población parental de palma de aceite (*E. guineensis*) de origen africano. Esta población es la *primera base* del programa de mejoramiento genético de la palma de aceite a nivel nacional, y representa también la fuente de padres de tipo Pisífera, tal como en otros programas de mejoramiento genético de la palma de aceite (Kushairi et al., 2000; Sambanthamurthi et al., 2009). Los progenitores Pisífera se obtienen por segregación a partir de cruzamientos Ténera × Ténera y Ténera × Pisífera. La Estación Agroforestal del Bajo Calima fue el *centro de dispersión* de la especie *E. guineensis* de origen africano en Colombia.

⁵ En dialecto aborigen del antiguo Congo Belga (después Zaire y hoy República Democrática del Congo), *djongo* significa “la mejor”.

⁶ Semillas de polinización abierta de la palma Ténera Djongo fueron sembradas en Palmeraie de la Rive, en Yangambi, Zaire, en 1922. Más del 70 % de las palmas seleccionadas luego en esta plantación son descendientes de esa palma Djongo (Hartley, 1988).

⁷ El tipo Ténera Yangambi se caracteriza por producir un alto número de racimos de frutos grandes y ovoides, con nueces grandes de cuesco delgado localizadas hacia el centro de la parte basal del fruto (Corley & Tinker, 2003).

Segunda introducción

En la década del setenta se hizo una nueva introducción de germoplasma africano de palma de aceite (*E. guineensis*) en Colombia, y su origen fue el siguiente:

- 1977: con palmas de las series La Mé de Costa de Marfil y Pobé de Benín, el IRHO (Cirad en la actualidad) produjo doce cruzamientos, Ténera × Ténera y Ténera × Pisífera, y algunas autofecundaciones en palmas de tipo Ténera. Este germoplasma se plantó en la Estación Experimental El Mira, en Tumaco, departamento de Nariño. A partir de la siembra de este germoplasma en la Estación Experimental El Mira, estos recursos genéticos se incluyeron en el primer ciclo de selección recurrente del programa de mejoramiento antes mencionado. La figura 2.2 representa el árbol genealógico del germoplasma de *E. guineensis* de origen africano introducido en Colombia.

Introducción de germoplasma de origen asiático en Colombia

El germoplasma de palma de aceite de origen asiático (*E. guineensis*) exhibe las siguientes características:

- Produce menor cantidad de inflorescencias femeninas, en comparación con palmas de origen africano.
- Los racimos son pesados y de gran tamaño (si se comparan con los de palmas de origen africano).
- El endocarpio o cuesco de los frutos es regular; cuando se realiza un corte transversal a un fruto, se lo observa de forma circular, como una corona.
- La espiga del racimo en la cual se ordenan los frutos termina en una espina roma, gruesa y corta, mientras la espiga de las palmas de origen africano termina en una espina puntiaguda, delgada y larga (Bastidas et al., 2013; Kushairi et al., 2000; Sambanthamurthi et al., 2009).

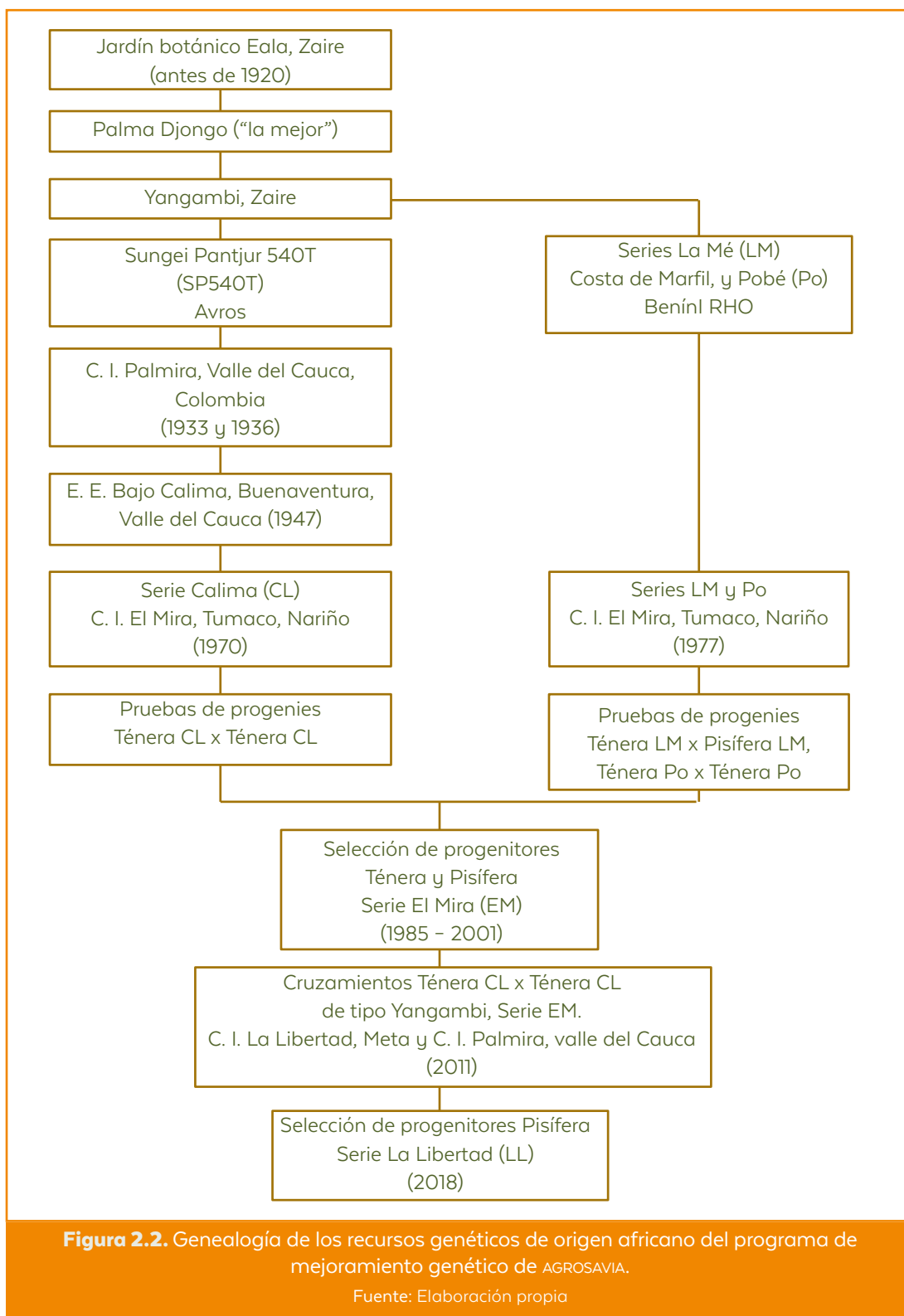


Figura 2.2. Genealogía de los recursos genéticos de origen africano del programa de mejoramiento genético de AGROSAVIA.

Fuente: Elaboración propia

Primera introducción

El germoplasma de palma de aceite de procedencia asiática se introdujo en el país de acuerdo con el cronograma indicado abajo. El año de cada una de las introducciones a Colombia se indica al principio del párrafo y corresponde a la fecha de siembra en campo.

- 1949: la United Fruit Company importó de la Estación Experimental Lancetilla, Honduras, semillas de libre polinización del tipo Dura Deli, originarias de Sumatra, Indonesia. Esta introducción fue importante para el programa de mejoramiento genético manejado por la Corporación, dado que corresponde al tipo Deli, usado como progenitor femenino por la mayoría de los programas de mejoramiento a nivel mundial (Kushairi et al., 2000; Sambanthamurthi et al., 2009). Con palmas provenientes de estas semillas se plantaron 172 ha en la hacienda Patuca, Sevilla,⁸ departamento de Magdalena (Corley & Tinker, 2003; Hartley, 1974).
- 1953: una segunda fuente de semillas del tipo Dura Deli, originadas en Sumatra, también de libre polinización, fue introducida al país a través de Surinam. Con estas semillas se estableció una pequeña plantación en la Estación Experimental La Pepilla, Aracataca, departamento de Magdalena (Arias et al., 1988).

El germoplasma plantado en las dos localidades anteriores —Patuca y La Pepilla— constituye la población parental de *E. guineensis* de origen asiático. Esta población es la *segunda base* del programa de mejoramiento genético, y representa la fuente de progenitores femeninos del tipo Dura Deli, como en otros programas similares (Kushairi et al., 2000; Sambanthamurthi et al., 2009). La hacienda Patuca y la Estación Experimental La Pepilla se convirtieron en el *centro de dispersión* de la especie *E. guineensis* de origen asiático en Colombia.

Segunda introducción

En la década del ochenta se hacen nuevas introducciones de germoplasma asiático de palma de aceite directamente en el Centro Regional de Investigación El Mira (figura 2.2). Algunas progenies ingresan al programa de

⁸ En la actualidad, Sevilla corresponde al municipio de Zona Bananera.

mejoramiento, como las accesiones originadas en la Estación Experimental La Pepilla, y otras son conservadas en el Banco de Germoplasma de la palma de aceite en custodia de AGROSAVIA:⁹

- 1981: se introducen trece progenies de tipo Ténera producidas por la Federal Land Development Authority (Felda) de Malasia.
- 1981: se importan de Surinam cinco descendencias tipo Dura de la serie Deli.
- 1983: se introducen semillas de diez cruzamientos Dura × Dura y de tres autofecundaciones de palmas Dura realizadas en la Estación Experimental La Pepilla de Aracataca.



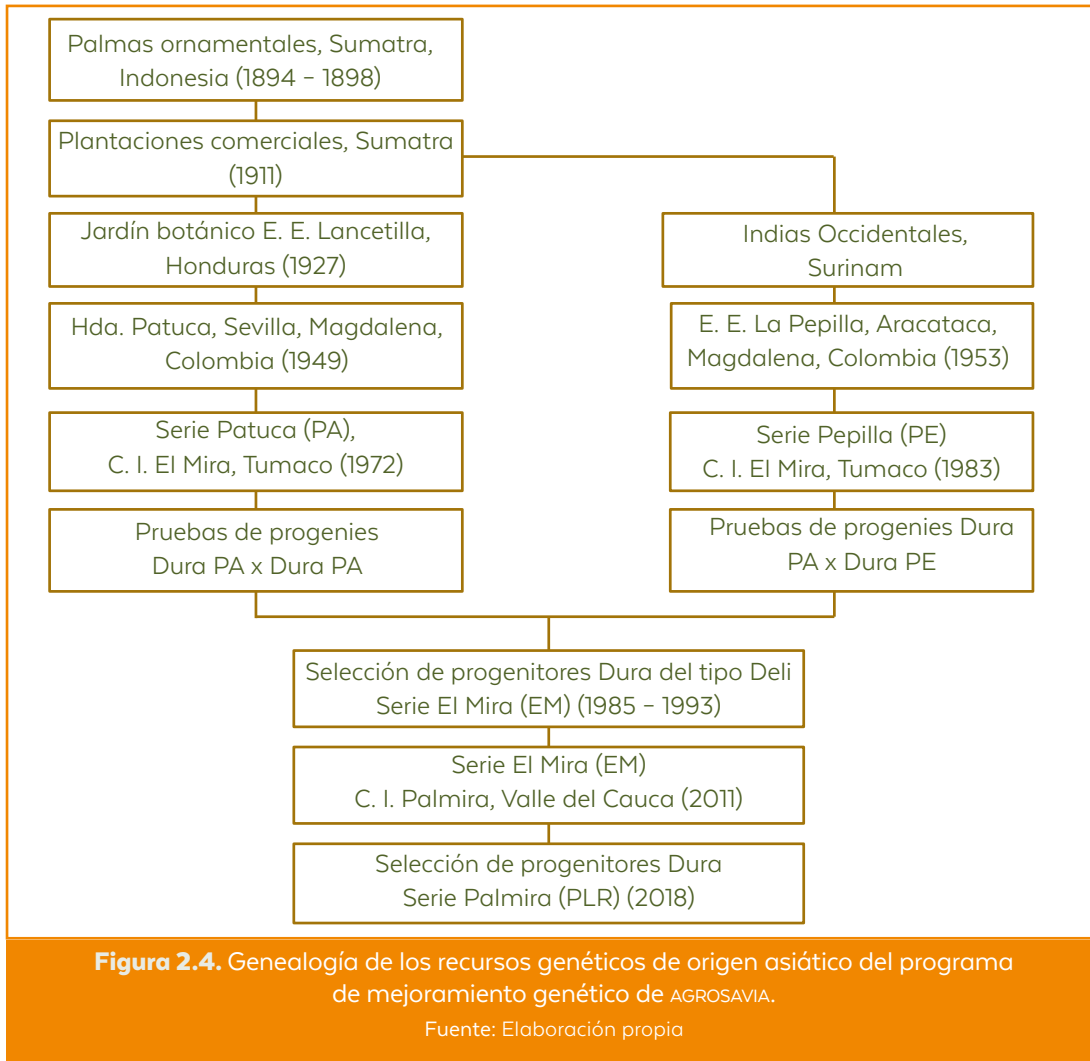
Figura 2.3. Colecciones de germoplasma en el C. I. El Mira.

a. Pruebas de progenies Dura PA × Dura PE; b. Pruebas de progenies Dura PA × Dura PA

Fotos: Rafael Reyes Cuesta y Silvio Bastidas Pérez

Después de la siembra del germoplasma de origen asiático en la Estación Experimental El Mira, en 1972 y 1983 (figura 2.3), estos recursos genéticos se incluyeron en el primer ciclo de selección recurrente del programa de mejoramiento de la palma de aceite de AGROSAVIA. La figura 2.4 presenta el árbol genealógico del germoplasma de *E. guineensis* de origen asiático introducido en Colombia.

⁹ En el programa de mejoramiento de la palma de aceite de AGROSAVIA se adoptó el sistema de selección recurrente modificado, con base en dos poblaciones contrastantes, asiática y africana, y la norma fue el uso de palmas de origen asiático como fuente de madres Dura, y palmas de origen africano como fuente de padres Pisífera (Vallejo, 1981).



Palma americana de aceite *Elaeis oleifera* (Kunth) Cortés

La palma americana de aceite fue descrita por primera vez en 1763 por Nicholas Joseph Jacquin, quien incorporó el género *Elaeis* y le dio el nombre genérico de “corozo”, y además indicó que esta palma crecía espontáneamente en el norte de Colombia (Barcelos, 1986; Vallejo, 1976). En 1897, Karl Sigismund Kunth la clasificó como *Alfonsia oleifera* Kunth, y más tarde la especie fue trasladada al género *Elaeis* por Cortés, quien la denominó *Elaeis oleifera* (Kunth) Cortés (Tropicos, s. f.).

Hasta mediados del siglo pasado, la palma americana de aceite permaneció en estado silvestre, y los grupos de crecimiento espontáneo eran explotados por los pobladores cercanos. Esta palma adquirió importancia agronómica al iniciar la segunda mitad del siglo pasado (1950-1970), porque demostró resistencia a las principales enfermedades de la palma africana de aceite (*E. guineensis*) (Hardon, 1969; Rao & Ahmad, 1983; Vallejo, 1975, 1976). Además de la resistencia, la especie *E. oleifera* posee las siguientes cualidades:

- Produce aceite con alta proporción de ácidos grasos insaturados, en especial oleico y linoleico (Moretzsohn et al., 2002).
- Tiene una baja tasa de crecimiento, de 10 a 15 cm/año, lo que equivale a un mayor periodo de explotación del cultivo (Bastidas et al., 2013; Rey et al., 2004).
- Produce aceite con alto índice de yodo, carotenos precursores de la vitamina A y tocoferoles (Forster et al., 2017; Le Guen et al., 1991; Sánchez Chia, 2012).

Origen y dispersión en el continente americano

Según la hipótesis del origen americano del género *Elaeis*, es probable que se formara en la era terciaria, antes de la separación de África y Suramérica. Luego de la separación, en África evolucionó la especie *E. guineensis* y en América, *E. oleifera* (Evans, 1991). El centro de origen americano de *E. oleifera* está plenamente aceptado por la comunidad científica, debido a las áreas de dispersión, usos y evidencias lingüísticas, por lo cual se le asignó el nombre de “palma americana de aceite” (Smith, 2015). En Colombia se la conoce por uno de sus nombres indígenas, “palma nolí” (Hurtado, 1969; Patiño, 1977). Varios autores sitúan su centro de origen en una amplia zona del continente americano, desde México y Centroamérica hasta el norte de Suramérica, incluida la cuenca del Amazonas (Barcelos, 1998; Ghesquière et al., 1987). Otros limitan aún más su centro de origen, al considerar que proviene de la costa del Pacífico en Costa Rica, desde donde se dispersó hacia el sur hasta llegar a la cuenca amazónica (Morcote-Ríos & Bernal, 2001).

En la actualidad, la especie se ha dispersado y crece de manera espontánea en valles, orillas de ríos y terrazas pantanosas de Brasil, Colombia, Costa

Rica, Guayana Francesa, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Surinam, Ecuador, Perú y Venezuela (Meunier, 1975; Vallejo, 1976).

El centro de origen de la especie *E. oleifera* presenta dos subcentros de dispersión geográficamente bien diferenciados, aislados uno del otro por la cordillera de los Andes. El primero (Sc1) se extiende desde México y Centroamérica (Honduras, Costa Rica, Panamá) hasta el norte de Suramérica (norte de Colombia y Venezuela, Guayana y Surinam), y el segundo (Sc2) corresponde a la cuenca amazónica, en amplias regiones de Brasil, Colombia, Perú y Ecuador (Barcelos, 1998; Ghesquière, 1987; Montúfar et al., 2018). El aislamiento geográfico ha impedido el flujo de genes entre palmas de los dos subcentros, por lo cual se puede afirmar que la variabilidad es menor al interior de cada uno. Un estudio sobre diversidad genética y fenotípica de 34 accesiones de la palma nolí de cuatro países de Suramérica (Brasil, Colombia, Ecuador y Perú) demostró diferencias estadísticas en los componentes del racimo y en el rendimiento, y la presencia de alelos específicos en cada país de origen. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre zonas geográficas (regiones) dentro de cada país (Arias et al., 2015). El Sc1 ha evidenciado mayor variación morfológica (Ooi et al., 1981), por lo cual puede ser el centro de origen de la especie *E. oleifera*, mientras que el Sc2 puede ser un centro de diversificación secundaria (Ghesquière, 1987; Meunier, 1975). Los dos subcentros de dispersión, en escala de tiempo geológico, pueden convertirse en centros de especiación, es decir, puntos donde la especie se separa en subespecies.

Dispersión en Colombia

Entre los países centro de origen de la especie, Colombia es el único con los dos subcentros de dispersión:

- El primero comprende la región noroccidental de Colombia, en las partes bajas y las llanuras del Golfo de Urabá; el valle del río Sinú; las riberas de los ríos San Jorge, Cauca (bajo Cauca), Magdalena (medio y bajo), y las áreas cercanas al río Cesar (Meunier, 1975; Vallejo, 1976).

- El segundo comprende la Amazonía colombiana y el suroriente del país. Este subcentro forma parte de una amplia zona de dispersión compartida por Colombia, Ecuador, Perú y Brasil, y se caracteriza por bosques de galería y áreas boscosas poco densas sujetas a inundaciones periódicas (Meunier, 1975; Vallejo, 1976).

Prospecciones y selección

Los recursos genéticos de *E. oleifera* fueron incluidos en el programa de mejoramiento de la palma de aceite de AGROSAVIA, en el orden cronológico que se describe a continuación:

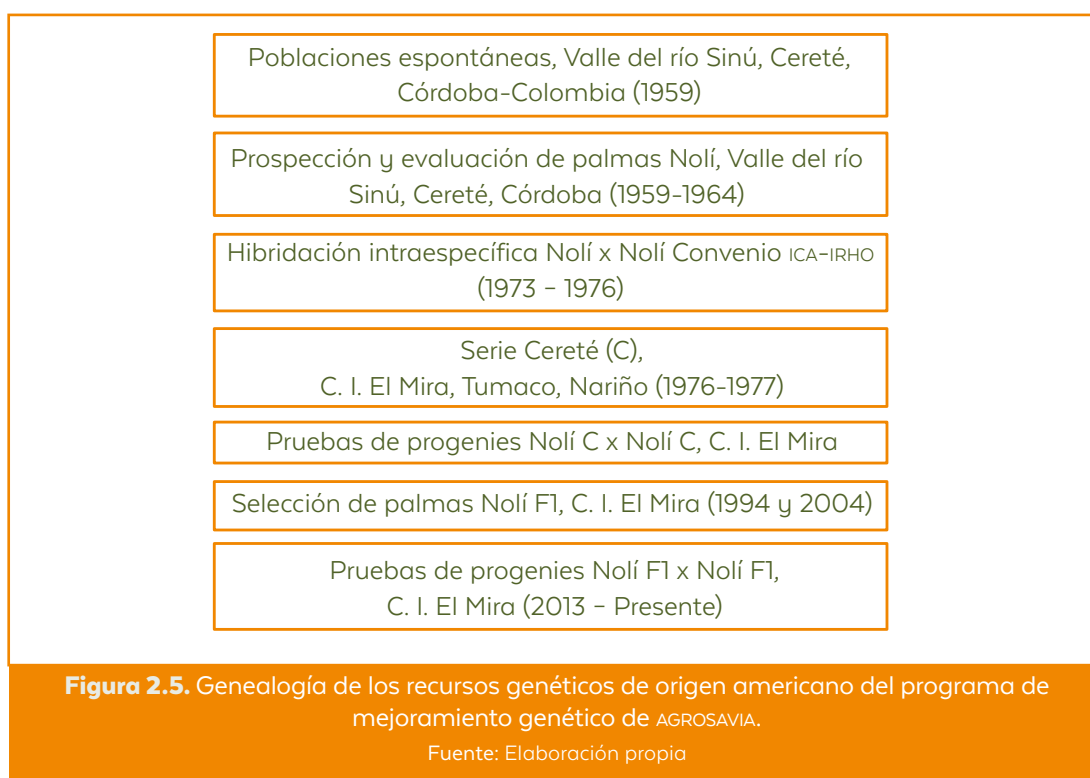
- 1959: Maurice Ferrand, experto de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), suscitó el interés institucional y gubernamental de Colombia por las especies oleaginosas *E. guineensis* y *E. oleifera* en la consultoría prestada bajo el título *Posibilidades de las oleaginosas en Colombia* (Ferrand, 1960). La “misión Ferrand 1959”, como se llamó a este trabajo, se llevó a cabo desde julio de 1958 hasta junio de 1959, y fue acompañada por funcionarios del IFA desde la sede de este instituto en Cereté (Ferrand, 1960).
- 1959: el IFA hizo una de las primeras prospecciones de la palma nolí en cercanías de Cereté y realizó la evaluación en campo de ejemplares de esta palma en fincas del valle del río Sinú, desde 1959 hasta 1964. El trabajo fue el primer intento gubernamental de investigar esta especie oleaginosa.
- 1965: en la plantación La Arenosa de *E. guineensis*, ubicada en Turbo, departamento de Antioquia, se mantuvieron en observación algunas palmas nolí (*E. oleifera*) que habían crecido de forma espontánea dentro del cultivo, el cual había sido afectada por la pudrición del cogollo (PC) en 1964. Las palmas nolí permanecieron inmunes a esa enfermedad (Hardon, 1969; Vallejo, 1976).
- 1965: la empresa palmera Indupalma de Colombia estudió el comportamiento de algunas palmas nolí en una hacienda cercana a San Alberto, departamento de Cesar.

- 1971: un grupo de investigadores del IRHO (Cirad), del ICA, y agrónomos de las empresas palmeras Coldesa¹⁰ e Induplma¹¹, realizaron otra prospección de palmas nolí en áreas de influencia del municipio de Cereté, y como resultado quedaron 54 ejemplares seleccionados.
- 1973 a 1976: el IRHO y el ICA desarrollan un programa de hibridación interespecífica con el objetivo de solucionar el problema de la PC (IRHO, 1973). Emplean como madres palmas seleccionadas en el valle del río Sinú, Cereté, y como donantes de polen, palmas *E. guineensis* de la serie La Mé provenientes de Costa de Marfil. A pesar de estos esfuerzos, la plantación La Arenosa Coldesa pierde cerca de 2.500 ha por la PC (Sanz, 2016), y la región de Turbo, Antioquia, deja de ser zona palmera hasta principios del presente siglo. Sin embargo, las palmas nolí (*E. oleifera*) resisten el impacto de la PC.
- 1977: en la Estación Experimental El Mira, se someten a pruebas de habilidad combinatoria general (HCG) y específica (HCE) las progenies de 100 cruzamientos interespecíficos entre palmas nolí y palmas africanas del programa de hibridación antes mencionado, 36 progenies de HCG y 64 de HCE.
- 1977: en la Estación Experimental El Mira se establecen 59 progenies de palma nolí obtenidas tanto por cruzamiento —hibridación intraespecífica— entre palmas seleccionadas en el valle del río Sinú, como por autofecundación de algunas de las 54 palmas seleccionadas.

El germoplasma antes descrito conforma la población parental de palma de aceite de origen americano (*E. oleifera*) y es la *tercera base* del programa de mejoramiento genético de la palma de aceite de AGROSAVIA. Este germoplasma es la fuente de resistencia a varias enfermedades, entre ellas la PC (Amblard et al., 2004; Chinchilla, 2007; Rajanaidu, 1994) y amarillamiento fatal y fusariosis. El árbol genealógico del germoplasma de la palma de aceite de origen americano introducido al programa de mejoramiento genético en Colombia se expone en la figura 2.5.

¹⁰ Coldesa: plantación comercial de palma africana de aceite, ubicada en Turbo, Antioquia.

¹¹ Indupalma: plantación comercial de palma africana de aceite, ubicada en San Alberto, Cesar.



Colecciones de trabajo

La explotación comercial a nivel mundial de la palma *E. guineensis* se basa en cultivares cuya base genética es reducida. La producción de cultivares en 1848 se hizo con cuatro palmas ornamentales del Jardín Botánico de Buitenzorg, en Bogor, Java (Setiawati et al., 2018; Soh, 2012), sometidas a procesos básicos de multiplicación y selección, y su descendencia fue utilizada para establecer grandes plantaciones en Sumatra, Indonesia, entre 1910 y 1920. Otra fuente de cultivares son los descendientes de la palma Djongo del Jardín Botánico de Eala, Zaire; con ellos se establecieron cultivos comerciales en Zaire y en toda África ecuatorial (Corley & Tinker, 2003; Hartley, 1988). Estas dos fuentes de germoplasma fueron utilizadas rápidamente para dispersar la especie *E. guineensis* en Centro y Suramérica (Colombia incluida). Se puede afirmar, por tanto, que la palmicultura mundial es el resultado de la combinación y recombinación de un germoplasma con estrecha base genética (Sterling & Alvarado, 2002).

Los recursos genéticos conservados en los bancos de germoplasma son valiosos para el mejoramiento de las especies. Ahora bien, hay un factor técnico que debe tomarse en cuenta: los programas de mejoramiento dependen más de los recursos genéticos disponibles en las colecciones de trabajo, que de los conservados en los bancos, porque los primeros pasaron por ciclos de selección y mejoramiento, mientras que los segundos, en la mayoría de los casos, no pasaron por procesos de selección.

¿Cómo pueden definirse un banco de germoplasma y una colección de trabajo? Un *banco de germoplasma* es una colección de la diversidad y la variabilidad de una especie (o de varias especies), se maneja de acuerdo con un conjunto de normas y procedimientos técnicos ya estandarizados con el fin de conservarla, y se usa como fuente de recursos genéticos en los procesos de mejoramiento (International Board for Plant Genetic Resources [IBPGR], 1991; ICA, 2011a). La diversidad genética es el número total de características en el acervo genético de una especie, mientras que la variabilidad es la tendencia de las características genéticas a variar entre plantas de una especie (Bakoumé, 2016).

Una *colección de trabajo* es un grupo de accesiones de una especie, obtenidas de un banco de germoplasma o de otra fuente (cultivos, fincas, etc.) mediante procesos de selección. Se utiliza para mejorar un cultivo con tres procedimientos: selección por caracteres, cruzamiento e hibridación. En otras palabras, una colección de trabajo es una muestra de accesiones premejoradas y mejoradas, y su objetivo primordial es ser usada en el mejoramiento genético, no en la conservación de los recursos (IBPGR, 1991; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2014).

De acuerdo con estas definiciones, las colecciones de trabajo conforman un acervo de genotipos, columna vertebral y fuente del potencial productivo (evaluado) de la especie para el programa de mejoramiento (por ejemplo, genotipos de alto rendimiento o con adaptación específica), mientras que el banco de germoplasma es fuente de cualidades complementarias (acervo de genes), absolutamente necesarias para el mejoramiento genético, por ejemplo, genes para resistencia a una enfermedad.

Las colecciones de trabajo del programa de mejoramiento genético de AGROSAVIA están constituidas por tres fuentes de germoplasma, diferentes por su origen primario. La colección de la especie *E. guineensis* tiene germoplasma originario de África (primera fuente) y de Asia (segunda fuente), mientras que la de *E. oleifera* tiene recursos genéticos originarios de Colombia (tercera fuente). Esa misma conformación se encuentra en el Banco de Germoplasma.

Las colecciones de trabajo de la especie *E. guineensis* están constituidas por cruzamientos recombinantes de las mejores palmas de cada tipo (Dura, Ténera, Pisífera, ver capítulo 1) de la siguiente manera:

La colección de palmas Dura F2, establecida en el C. I. La Libertad en 2010 y en el C. I. Palmira en 2011, se formó con cruzamientos de palmas Dura F1, cuya producción fue superior a 27,4 t de racimos de fruta fresca (RFF) por ha/año, con potencial de producción de aceite superior a 7,2 t/ha/año (tabla 2.1).

De igual manera, la colección de trabajo origen de las palmas Pisífera¹² se hizo mediante cruzamiento de palmas Ténera F2, provenientes de familias Ténera × Ténera cuya producción promedio fue de 25,9 t de RFF/ha/año, con un potencial de producción de aceite de 7,7 t/ha/año (tabla 2.2). La siembra de esta colección también se realizó en 2010 y 2011 en los C. I. La Libertad y Palmira, respectivamente.

El establecimiento de estas colecciones en el C. I. Palmira (figuras 2.6, 2.7), aisladas geográficamente de cultivos comerciales de palma de aceite, obedeció más a la decisión de establecer una copia de seguridad que una colección de trabajo. Dado que la especie *E. guineensis* es susceptible a PC, se espera que en el C. I. Palmira las palmas permanezcan libres de la enfermedad. Además, estas colecciones son estratégicas porque brindan apoyo al C. I. El Mira en la producción de semillas de los híbridos interespecíficos obtenidos al cruzar palmas de *E. oleifera* con polen de *E. guineensis* producido en el C. I. Palmira.

¹² Las palmas de tipo Pisífera presentan esterilidad femenina; por tanto, las progenies Pisífera F3 se obtienen de cruzamientos segregantes Ténera × Ténera y Ténera × Pisífera.



No se puede garantizar esa misma sanidad a las palmas de las colecciones ubicadas en el C. I. La Libertad, donde la PC y otras enfermedades, como marchitez letal y marchitez sorpresiva, afectan los cultivos comerciales de la palma de aceite.



La colección de trabajo de la palma americana de aceite (*E. oleifera*) contiene palmas de primera generación de cruzamientos (F1) y de primera autofecundación (S1), con un ciclo completo de adaptación a las condiciones agroclimáticas de Tumaco. Está conformada por 59 progenies de la serie Cereté¹³ obtenidas como se indica a continuación:

- Por cruzamiento controlado, 38 progenies (relación de hermanos completos).
- Por polinización abierta, diez progenies (relación de hermanos medios).
- Por autofecundación, once progenies (relación de autohermanos).

La colección de palmas *E. oleifera* fue sembrada en 1977 en la Estación Experimental El Mira, y permanece aún en el centro, porque ha sido resistente a la PC.

La especie *E. oleifera* es fuente de resistencia a enfermedades (Amblard et al., 2004; Chinchilla et al., 2007; Rajanaidu, 1994), pero adolece de baja tasa de extracción de aceite. La palma nolí tipo Cereté presenta desde menos de 5% hasta cerca de 12% de aceite por racimo (Bastidas et al., 2013). En la tabla 2.3, se presentan diez individuos que presentaron porcentajes de extracción de aceite superiores a 10,4%.

¹³ Se asignó el nombre Cereté a la serie de palmas nolí seleccionadas en el valle del río Sinú, municipio Cereté, departamento Córdoba (código C), para recordar el origen del germoplasma parental de las accesiones de la colección de trabajo.

Tabla 2.1. Características de diez palmas Dura F1 empleadas en la obtención de las progenies Dura F2 de las colecciones de trabajo de *E. guineensis* situadas en el C. I. La Libertad, Villavicencio, departamento del Meta, y en el C. I. Palmira, departamento del Valle del Cauca (promedios de cinco años de producción)

Identificación de la familia de la siembra (año siembra)	Identificación de la palma F1 seleccionada	Número de racimos (ud./palma)	Peso promedio por racimo (kg)	Producción de RFF (t/ha/año)	Pulpa en fruto (%)	Cusco en fruto (%)	Almendra en fruto (%)	Aceite en racimo (%)	Producción de aceite (t/ha/año)
PA221D × PA179D (1972)	EM542D	12	17,2	30,3	58,7	30,6	10,7	25,2	7,6
PA221D × PA179D (1972)	EM581D	13	16,8	32,0	63,1	27,1	9,8	24,4	7,8
PA179D × PA542D (1972)	EM779D	15	17,0	35,4	66,4	26,5	7,1	25,2	8,9
PA350D × PA179D (1972)	EM1321D	21	12,6	37,1	57,2	35,2	7,6	24,4	9,1
PA221D × PA179D (1972)	EM1722D	19	13,6	36,2	61,2	31,5	7,3	25,9	9,4
PA208D × PA542D (1972)	EM1968D	15	15,5	33,8	64,1	27,8	8,1	27,1	9,2
PA241D × PA241D (1983)	EM0311D	9	22,9	30,0	54,5	35,2	10,3	23,9	7,2
PE586D × PE687D (1983)	EM420D	13	18,5	34,5	59,8	32,2	8,0	21,2	7,3
PE687D × PA241D (1983)	EM2404D	13	18,4	34,2	54,8	37,8	7,4	25,6	8,8
PA315D × PA464D (1983)	EM4609D	9	21,3	27,4	63,4	30,8	5,8	33,0	9,0
Promedio		16	15,4	34,1	61,8	61,8	8,4	25,4	8,7

EM: serie El Mira, C. I. El Mira, Tumaco, Nariño; D: Dura; ×: símbolo de cruzamiento.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.2. Características de las familias Ténera × Ténera*, de las cuales se originaron las progenies Ténera/Pisífera F3 de las colecciones de trabajo de *E. guineensis* situadas en el C. I. La Libertad, Villavicencio, departamento del Meta, y en el C. I. Palmira, departamento del Valle del Cauca (promedios de cinco años de producción)

Identificación de la familia Ténera F1 × Ténera F1	Número racimos (ud./palma)	Peso promedio por racimo (kg)	Producción de RFF (t/ha/año)	Pulpa en fruto (%)	Cusco en fruto (%)	Almendra en fruto (%)	Aceite en racimo (%)	Producción de aceite (t/ha/año)
CL1170T×CL798T	19	8,9	24,2	82,8	8,9	8,3	26,1	6,3
CL821T×CL1089T	23	9,1	26,7	85,2	7,9	6,9	32,7	8,7
CL798T×CL1089T	18	11,2	29,1	85,3	7,3	7,4	30,8	8,9

(Continúa)

(Continuación tabla 2.2.)

Identificación de la familia Ténera F1 x Ténera F1	Número racimos (ud./palma)	Peso promedio por racimo (kg)	Producción de RFF (t/ha/año)	Pulpa en fruto (%)	Cuesco en fruto (%)	Almendra en fruto (%)	Aceite en racimo (%)	Producción de aceite (t/ha/año)
CL821T×CL1170T	23	9,3	28,8	81,6	8,5	6,9	29,4	8,5
CL743T×CL798T	17	8,4	20,6	81,1	10,7	8,2	29,4	6,1
Promedio	20	9,4	25,9	83,8	8,7	7,5	29,7	7,7

CL: serie Calima, C. I. El Mira, Tumaco, Nariño; T: Ténera; x: símbolo de cruzamiento; RFF: racimos de fruta fresca.

* Con base en el promedio de las características de las palmas Ténera segregantes en su respectiva familia.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.3. Características de racimos y frutos de las diez palmas superiores en cuanto a contenido de aceite en los racimos de la palma americana de aceite (*E. oleifera*), de la colección de trabajo ubicada en el C. I. El Mira, Tumaco

Familia (accesión)	Palma nolí F1	Peso racimo (kg)	Frutos fértiles (%)	Frutos partenocápicos (%)	Frutos en racimo (%)	Pulpa en fruto (%)	Cuesco en fruto (%)	Almendra en fruto (%)	Aceite en racimo (%)
C429N × C462N	EM5933N	13,50	50,50	14,20	82,96	45,43	41,38	13,18	11,85
C47N × C11N	EM3533N	17,80	53,28	8,03	82,02	47,54	39,61	12,84	11,79
C423N × C428N	EM5901N	11,00	53,07	8,15	80,90	37,84	45,95	16,20	11,64
C17N × C09N	EM3514N	10,00	33,75	21,59	78,00	41,09	47,22	11,68	11,45
C43N × C405N	EM5117N	12,90	42,43	13,05	78,29	45,15	42,66	12,18	10,88
C41N × C412N	EM4310N	16,50	57,48	8,88	86,06	42,83	43,60	13,56	10,84
C492N × C306N	EM5510N	24,20	55,01	16,06	89,66	44,66	41,81	13,58	10,81
C02N × LP	EM313N	11,10	31,11	13,04	77,47	40,78	47,18	12,03	10,74
C17N × C05N	EM3107N	10,70	36,55	23,81	81,30	41,01	43,13	15,84	10,48
C47N × C11N	EM3430N	9,50	27,72	21,14	76,84	43,36	42,76	13,86	10,44

 C: serie Cereté; EM: serie El Mira; N: palma nolí (*E. oleifera*); LP: polinización abierta; X: símbolo de cruzamiento.

Fuente: Elaboración propia

El aceite de la palma nolí tipo Cereté sobresale por su alto contenido de ácidos grasos insaturados oleico y linoleico; alto índice de yodo, alto contenido de beta-carotenos, y por su bajo punto de fusión (tabla 2.4).

Tabla 2.4. Características del aceite de 30 progenies F1 de la palma nolí (*Elaeis oleifera* [Kunth] Cortés) de la colección de trabajo, conservadas en el C. I. El Mira, Tumaco

Descriptor	Promedio general	Valor máximo	Valor mínimo
Índice de refracción a 50°C (ud.)	1,4616	1,4650	1,4595
Punto de fusión (°C)	10,10	12,80	8,40
Índice de yodo (cg I ₂ /g)	85,09	92,60	81,70
Caproico (%)	0,00	0,00	0,00
Caprílico (%)	0,00	0,02	0,00
Cáprico (%)	0,03	0,47	0,00
Láurico (%)	0,19	0,92	0,01
Mirístico (%)	0,30	1,11	0,09
Pentadecanoico (%)	0,14	0,90	0,00
Palmitico (%)	18,01	21,25	11,86
Palmitoleico (%)	1,47	2,22	0,84
Heptadecanoico (%)	0,06	0,51	0,00
Heptadecenoico (%)	0,10	0,18	0,05
Estearico (%)	1,00	1,23	0,84
Oleico (%)	60,59	70,19	55,79
Linoleico (%)	16,77	20,52	9,67
Linolénico (%)	0,89	1,30	0,08
Araquídico (%)	0,11	0,18	0,07
Gandoleico (%)	0,11	0,22	0,08
Behenico (%)	0,14	0,88	0,01
Lignocérico (%)	0,11	1,09	0,00
Grasa insaturada (%)	79,98	86,32	77,28
Grasa saturada (%)	20,02	22,72	13,68
Beta-caroteno (mg/100 g)	867,95	1.676,00	403,00
Delta-tocoferol	0,66	3,20	0,00
Gama-tocoferol	1,62	8,40	0,04
Alfa-tocoferol	6,12	24,80	0,01

Ácido graso oleico: omega 9; ácido graso linoleico: omega 6; ácido graso linolénico: omega 3 (Cantor, 2009).

Fuente: Elaboración propia

Los ácidos grasos monoinsaturados (oleico) y poliinsaturados (linoleico y linolénico) tienen un punto de fusión más bajo que los ácidos grasos saturados (palmítico y esteárico), y esta es la razón por la cual el aceite de la palma nolí es líquido a temperatura ambiente (Tan et al., 2000, citados por Cantor, 2009).

En Malasia, el nolí de origen colombiano produce aceite con 92,6 cg/g de índice de yodo (Sharma, 1999). En las palmas nolí amazónicas y de otros orígenes, el índice de yodo oscila entre 76,4 y 84,5 cg/g, mientras que en palmas Ténera de la especie *E. guineensis* entre 53,3 y 58,4 cg/g (FAO, 2013).

Son varias las referencias sobre las propiedades medicinales de los beta-carotenos. Entre otras, reducen las probabilidades de ataques cardíacos, son antioxidantes y liposolubles, y refuerzan el sistema inmune (Dadán, 2005; Selvaduray et al., 2005; Sundram & Gapor, 1994).

La colección de trabajo de la palma nolí se incrementó, entre 2013 y 2017, en 61 accesiones, obtenidas mediante cruzamientos recombinantes de palmas nolí F1; en la actualidad, la colección cuenta con 120 progenies, de las cuales 59 son de primera generación de cruzamiento, y las 61 restantes, de la segunda generación de cruzamiento.

El propósito de las 61 progenies nolí F1 × nolí F1 es lograr la introgresión de cuatro características distintivas del nolí tipo Cereté, y generar nuevos genotipos y variabilidad. Las cuatro características son las siguientes:

- 1.** Epidermis de los frutos de color verde-amarillo, en estado inmaduro y maduro, respectivamente.
- 2.** Epidermis de los frutos de color amarillo-rojo naranja, en estado inmaduro y maduro, respectivamente.
- 3.** Prolificidad, entendida como la emisión de dos o más inflorescencias (racimos) en algunas hojas de la palma.
- 4.** Palmas con emisión de inflorescencias expuestas en más de 50 % de su longitud, lo que significa que no tienen fibras de cobertura de las inflorescencias.

Los cruzamientos se llevaron a cabo por pares de características; también se cruzaron palmas con la misma cualidad para tratar de fijarla.

Según lo anterior, la base genética de la especie *E. oleifera* del programa de mejoramiento de la palma de aceite de AGROSAVIA es reducida, ya que los ancestros de estas palmas, conservados en el Banco de Germoplasma y las colecciones de trabajo, fueron recolectados en el valle del río Sinú, Cereté, dentro de una pequeña área del centro de origen Sc1 de la especie.

Cultivares obtenidos

En las colecciones antes descritas, los recursos genéticos conservados se usaron de forma adecuada y eficiente. Mediante la aplicación de un sistema de selección apropiado (capítulos 4, 5 y 6), fue posible obtener cuatro cultivares de palma de aceite (un híbrido intraespecífico y tres interespecíficos), todos inscritos en el registro nacional de cultivares comerciales del ICA:

- Cultivar Ténera Corpoica El Mira de palma de aceite: híbrido intraespecífico entre los tipos Dura y Pisífera de la especie *E. guineensis*, con Registro ICA n.º PLA-04-3 de abril de 2004 (Bastidas et al., 2004; ICA, 2004).
- Híbrido O×G Corpoica Elmira de palma de aceite: híbrido interespecífico obtenido mediante cruzamiento controlado entre palmas de la especie *E. oleifera* con polen de la especie *E. guineensis* (Bastidas et al., 2013), Registro ICA n.º PLA-11-04 de marzo de 2011 (ICA, 2011b).
- Híbrido Pacífico RC1 de palma de aceite: híbrido interespecífico obtenido mediante cruzamientos regresivos de los híbridos O×G hacia la especie *E. guineensis* tipo Pisífera (Bastidas et al., 2005), con Registro ICA n.º PLA-14-27 de marzo de 2014 (ICA, 2014a).
- Híbrido Tumaco RC1 de palma de aceite: híbrido interespecífico obtenido mediante cruzamientos regresivos de los híbridos O×G hacia la especie *E. guineensis* tipo Dura (Bastidas et al., 2005), con Registro ICA n.º PLA-14-26 de marzo de 2014 (ICA, 2014b).

Referencias

- Alvarado, A., Escobar, R., & Peralta, F. (2010). El programa de mejoramiento genético de la palma de aceite de ASD Costa Rica y su contribución a la industria. *ASD Oil Palm Papers*, 34, 17-32.
- Amblard, P., Billotte, N., Cochard, B., Durand, T., Jacquemard, C. J., Louise, C., Novy, B., & Potier, F. (2004). El mejoramiento de la palma de aceite *E. guineensis* y *E. oleifera* por el CIRAD-CP. *Palmas*, 25(n.º especial, tomo II), 306-310.
- Arias, F. J., Figueredo, V. P., Mena, E., Owen, E., & Jiménez, O. (1988). *Origen de los progenitores Dura y Pisífera para producción de semilla de palma africana del ICA*. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).
- Arias, D., González, M., Prada, F., Ayala-Díaz, I., Montoya, C., Daza, E., & Romero, H. M. (2015). Genetic and phenotypic diversity of natural American oil palm (*Elaeis oleifera* [H.B.K.] Cortés) accessions. *Tree Genetics & Genomes*, 11, Article 122. <https://doi.org/10.1007/s11295-015-0946-y>
- Bakoumé, C. (2016). Genetic diversity, erosion, and conservation in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). In M. Ahuja & S. Jain (eds.), *Genetic diversity and erosion in plants* (Vol. 8, pp. 1-33). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-25954-3_1
- Barba, J., Orellana, F., Vallejo, G., & Manzano, R. (2010a). Evaluación agronómica de híbridos interespecíficos de palma de aceite O×G (*Elaeis oleifera* × *Elaeis guineensis*) provenientes de diversos orígenes americanos y su tolerancia a la pudrición del cogollo. *Palma* (Ecuador), 11-15.
- Barba, J., Orellana, F., Vallejo, G., & Manzano, R. (2010b). Evaluación agronómica de híbridos interespecíficos de palma de aceite O×G (*Elaeis oleifera* × *Elaeis guineensis*) provenientes de diversos orígenes americanos y su tolerancia a la pudrición del cogollo: segunda parte. *Palma* (Ecuador) (4), 2-5.
- Barcelos, E. (1986). *Características genético-ecológicas de populações naturais de caiaué (Elaeis oleifera [H.B.K.] Cortés) na Amazônia brasileira* [Dissertação mestrado em Ecologia]. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Brasil.

- Barcelos, E. (1998). *Etude de la diversité géaétique du genere Elaeis (E. oleifera [Kunth] Cortés et E. guineensis Jacq.) par marqueurs moléculaires (RFLP et AFLP)* [Doctoral dissertation thesis]. Université Montpellier.
- Bastidas, S., Peña, E., & Reyes, R. (2003). Genealogía del germoplasma de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) del proyecto de mejoramiento genético de Corpoica. *Palmas* 24(1), 21-29.
- Bastidas, S., Peña, E. A., & Reyes, R. (2005). Metodología de selección para el mejoramiento genético acelerado de la palma de aceite (*Elaeis guineensis*): prueba de campo. *Revista Fitotecnia Colombiana* 5(1), 46-52.
- Bastidas, S., Peña, E., & Reyes, R. (2013). *Preguntas sobre palma de aceite Elaeis guineensis Jacq., palma noli Elaeis oleifera (Kunth) Cortés y los híbridos interespecíficos noli × palma de aceite (E. oleifera × E. guineensis)*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). <https://doi.org/10.21930/978-958-740-161-5>
- Bastidas, S., Reyes, R., & Peña, E. A. (2004). *Ténera Corpoica El Mira: material de palma de aceite colombiano* [Boletín técnico]. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/20560>
- Berretta, A., & Rivas, M. (2001). *Estrategias en recursos fitogenéticos para los países del cono sur*. Procisur. <https://www.procisur.org.uy/adjuntos/plataforma-regional/21.pdf>
- Cantor, V. J. M. (2009). *Análisis de perfil de ácidos grasos, vitamina E y situación actual de rotulado nutricional en aceites vegetales de mayor comercialización en "pequeñas superficies" de Bogotá, Medellín y Barranquilla* [Trabajo de grado]. Pontificia Universidad Javeriana.
- Chinchilla, C., Alvarado, A., Albertazzi, H., & Torres, R. (2007). Tolerancia y resistencia a las pudriciones de cogollo en fuentes de diferente origen de *Elaeis guinnensis*. *Palmas*, 28 (número especial), 273-284.
- Corley, R. H. V., & Tinker, P. B. (eds.). (2003). *The oil palm*. Oxford Blackwell Science Ltda. <https://doi.org/10.1002/9780470750971>
- Dadán, S. (2005). El aceite de palma: una oportunidad para mejorar la nutrición del pueblo colombiano. *Palmas*, 26(número especial), 29-38.
- Escobar, R., Sterling, F., & Peralta, F. (1996). Oil palm planting materials by ASD de Costa Rica. *ASD Oil Palm Papers*, (14), 1-12. <https://asd-ec.com/wp-content/uploads/2021/10/ASD-OPP-No.14-1996-min.pdf>

- Evans Schultes, R. E. (1991). Notas taxonómicas, etnobotánicas y de nomenclatura sobre la *Elaeis*. *Palmas* 12(3), 17-21. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/290>
- Ferrand, M. (1960). Le nolí (*Elaeis melanococca* ou *Corozo oleifera*) en Colombie. *Oléagineux*, 15(12), 823-827.
- Forster, B. P., Sitepu, B., Setiawati, U., Kelanaputra, E. S., Nur, F., Rusfiandi, H., Rahmah, S., Ciomas, J., Anwar, Y., Bahri, S., & Caligari, P. D. (2017). Oil palm (*Elaeis guineensis*). In *Genetic improvement of tropical crops* (pp. 241-290). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-59819-2_8
- Franqueville, H. D. (2001). *La pudrición del cogollo de la palma aceitera en América Latina: revisión preliminar de los hechos y logros alcanzados (n.º D-1372)*. CIRAD, Departamento de Cultivos Perennes. <http://www.buecke.com.br/public/upload/arquivo/buecke/La%20pudricion%20del%20cogollo%20de%20la%20palma%20aceitera%20en%20America%20Latina-02c2d.pdf>
- Ghesquière, M., Barcelos, E., Santos, M. M., & Amblard, P. (1987). Polymorphisme enzymatique chez *Elaeis oleifera* H.B.K. (*Elaeis melanococca*): analyse des populations du Bassin amazonien. *Oléagineux*, 42(4), 143-153.
- Hardon, J. J. (1969). Interspecific hybrids in the genus *Elaeis* II. vegetative growth and yield of the F1 hybrids of *Elaeis guineensis* × *Elaeis oleifera*. *Euphytica*, 18, 380-388. <https://doi.org/10.1007/BF00397785>
- Hartley, C. W. S. (1969). Oil palm research in Colombia with special reference to selection, breeding seed production and supply [Informe de la visita realizada a las plantaciones de palma de Colombia entre 23 de mayo y 11 de junio de 1969]. En *Informes técnicos de 1969: programa Oleaginosas Perennes, Regional 5* (Tomo 1). Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).
- Hartley, C. W. S. (1974). Oil palm research and development in Colombia [Informe presentado al Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)].
- Hartley, C. W. S. (1988). *The oil palm, Elaeis guineensis Jacq.* (3.º ed.). Longman Group U. K.
- Hurtado, M. J. R. (1969). *Estudio de la palmera nolí (Elaeis melanococca Gaert) y preliminares de su fitomejoramiento en Colombia* [Tesis de grado]. Universidad Nacional, Palmira, Colombia.

- Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux [IRHO]. (1973). *Híbrido interespecífico Elaeis melanococca × Elaeis guineensis, intercambio internacional*.
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2004). Resolución 00961. "Por la cual se ordena el registro en el Registro Nacional de cultivares Comerciales del ICA, del híbrido de palma de aceite Ténera Corpoica El Mira, para las subregiones naturales Pacífico colombiano y Orinoquía colombiana, con el número de registro PLA-04-3".
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2011a). *Manual de procedimientos técnicos, administrativos y presupuestales para el manejo de los bancos de germoplasma vegetal, animal y de microorganismos* [Documento de trabajo].
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2011b). Resolución 001446. "Registro de cultivar comercial para producción y comercialización de semillas en Colombia: híbrido O×G Corpoica Elmira".
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2014a). Resolución 000977. "Registro de cultivar comercial para producción y comercialización de semillas en Colombia: híbrido Pacífico RCT".
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2014b). Resolución 000978. "Registro de cultivar comercial para producción y comercialización de semillas en Colombia: híbrido Tumaco RCT".
- International Board for Plant Genetic Resources [IBPGR]. (1991). *Dictionary of plant genetic resources*. Elsevier Science Publishers.
- Kushairi, A., Rajanaidu, N., Jalam, B., Mohd Rafii, Y., & Mohd Din, A. (2000). Materiales de siembra de palma de aceite del Porim. *Palmas*, 21(3), 51-63.
- Le Guen, V., Amblard, P., Omere, A., Koutou, A., & Meunier, J. (1991). Le programme hybride interspécifique *Elaeis oleifera × Elaeis guineensis* de L'IRHO. *Oléagineux*, 46(12), 479-487.
- Lobo, M. (2008). Importancia de los recursos genéticos de la agrobiodiversidad en el desarrollo de sistemas de producción sostenibles. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 9(2), 19-30. https://doi.org/10.21930/rcta.vol9_num2_art:114
- Martínez, G., Sarria, G. A., & Varón, F. (2010). *Phytophthora palmivora* es el agente causal de la pudrición del cogollo de la palma de aceite. *Palmas*, 31(número especial, tomo I), 334-344. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1538>

- Méndez, T. (1974). *Report on plant breeding aspects of the oil palm programme of the Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)*.
- Meunier, J. (1975). Le "palmier à huile" américain *Elaeis melanococca*. *Oléagineux*, 30(2), 51-61.
- Meunier, J., & Boutin, D. (1975). L' *Elaeis melanococca* et l' hybrid *Elaeis melanococca* × *Elaeis guineensis*: premières données. *Oléagineux*, 30(1), 5-8.
- Meunier, J., Vallejo, G., & Boutin, D. (1976). *E. melanococca* × *E. guineensis* hybrid and its improvement. *Oléagineux*, 31(2), 519-528.
- Montúfar, R., Louise, C., & Tranbarger, T. J. (2018). *Eleais oleifera* (Kunth) Cortés: una palma abandonada de la Amazonía ecuatoriana. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*, 39(1), 11-18. <https://doi.org/10.26807/remcb.v39i1.584>
- Morcote-Ríos, G., & Bernal, R. (2001). Remains of palms (Palmae) at archaeological sites in the New World: A review. *The Botanical Review*, 67(3), 309-350. <https://doi.org/10.1007/BF02858098>
- Moretzsohn, M. C., Ferreira, M. A., Amaral, Z. P. S., Coelho, P. J. A., Grattapaglia, D., & Ferreira, M. E. (2002). Genetic diversity of Brazilian oil palm (*Elaeis oleifera* H.B.K.) germplasm collected in the Amazon Forest. *Euphytica*, 124, 35-45. <https://doi.org/10.1023/A:1015606304653>
- Ooi, S. C., Barcelos, E. S., Muller, A. A., & Nascimento, J. C. (1981). Oil palm genetic resources - native *E. oleifera* populations in Brazil offer promising sources. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 16(3), 385-395.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2013). *Codex Alimentarius: documento de debate sobre la enmienda a la norma para aceites vegetales especificados para la adición del aceite de palma con contenido elevado de ácido oleico (O×G)*.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2014). *Normas para bancos de germoplasma de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura*. <https://www.fao.org/3/i3704s/i3704s.pdf>
- Patiño, V. M. (1948). Información preliminar sobre la palma de aceite africana (*Elaeis guineensis*) en Colombia: Estación Agroforestal del Pacífico, Calima, Buenaventura. *Serie Botánica Aplicada*, 1(2), 1-77.

- Patiño, V. M. (1977). El corozo o nolí [*Elaeis oleifera* (HBK) Cortés Ex Wessels Boer] recurso natural oleaginoso de Colombia. *Cespedesia*, 6(21-22), 6-121.
- Rajanaidu, N. (1994). *Porim oil palm genebank: Collection, evaluation, utilization and conservation of oil palm genetic resources*. Palm Oil Research Institute of Malaysia.
- Rao, V., & Ahmad, N. (1983). Pattern of variation of fruit set and fruit components in *Elaeis oleifera* (HBK) Cortés bunches. *Porim Bulletin* (7), 1-8.
- Rey, L., Gómez, P. L., Ayala, I., Delgado, W., & Rocha, P. (2004). Colecciones genéticas de palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq., y *Elaeis oleifera* (H.B.K.) de Cenipalma: características de importancia para el sector palmicultor. *Palmas*, 25(número especial 2), 39-48.
- Richardson, D. L. (1995). La historia del mejoramiento genético de la palma aceitera en la compañía Unit Fruit en América. *ASD Oil Palm Papers*, (11), 1-22. <https://asd-ec.com/wp-content/uploads/2021/10/ASD-OPP-No.11-1995-min.pdf>
- Sambanthamurthi, R., Singh, R., Kadir, A. P. G., Abdullah, M. O., & Kushairi, A. (2009). Opportunities for the oil palm via breeding and biotechnology. In S. M. Jain & P. M. Priyadarshan, *Breeding plantation tree crops: Tropical species* (pp. 377-421). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-71201-7_11
- Sánchez Chia, G. (2012). *Caracterização morfofisiológica e anatômica de folhas de dendezeiro (Elaeis guineensis Jacq.), de caiaué (E. oleifera (Kunth) Cortés) e híbrido interespecífico (E. guineensis × E. oleifera) nas condições da Amazônia Central [Tese doutorado, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Brasil]*. <https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/4676/2/Tese%20-%20Gilson%20S%C3%A1nchez%20Chia.pdf>
- Sanz, J. (2016). Pudrición del cogollo: enfrentamiento integral contra un enemigo letal, *P. palmivora*. *Palmas*, 37(especial, tomo 1), 109-114.
- Sarria, G. A., Torres, G. A., Aya, H. A., Ariza, J. G., Rodríguez, J., Vélez, D. C., Varón, F., & Martínez, G. (2008). *Phytophthora* sp. es el responsable de las lesiones iniciales de la pudrición del cogollo (PC) de la palma de aceite en Colombia. *Palmas*, 29(edición especial), 31-41.
- Selvaduray, K. R., Teoh Koon, H., & Nesaretnam, K. (2005). Antioxidantes y cáncer de próstata. *Palmas*, 25(2), 73-83. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1133>

- Setiawati, U., Sitepu, B., Nur, F., Forster, B. P., & Dery, S. (2018). *Crossing in oil palm: A manual* (Vol. 6). CABI. <https://doi.org/10.1079/9781786395917.0000>
- Sharma, M. (1999). Utilization of nigerian PS1 y PS2 selection in oil palm breeding programmes at UP Bhd. In *Proceedings of the seminar on PS1 and PS2 oil palm planting materials*. Palm Oil Research Institute of Malaysia (Porim).
- Smith, N. (2015). *Elaeis oleifera*. In *Palms and people in the Amazon* (pp. 225-234). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-05509-1_32
- Soh, A. C. (2012). Breeding and genetics of the oil palm. In *Palm oil* (pp. 31-58). AOCs Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-9818936-9-3.50005-8>
- Sterling, F., & Alvarado, A. (2002). Historia de las colecciones de germoplasma de palma aceitera de ASD de Costa Rica. *ASD Oil Palm Papers*, (24), 17-23. <https://asd-ec.com/wp-content/uploads/2021/10/ASD-OPP-No.24-2002-min.pdf>
- Sundram, K., & Gapor, A. (1994). La vitamina E del aceite de palma: su extracción y propiedades nutricionales. *Palmas*, 15(1), 77-82. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/427>
- Tan, Y. A., Ainic, K., Siew, W. L., Mohtar, Y., & Chong, C. L. (2000). Estudio del Porim sobre el aceite de palma crudo 97-98: características de calidad e identidad. *Palmas*, 21(4), 39-56. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/751>
- Torres, M., Rey, L., Gelves, F., & Santacruz, L. (2004). Evaluación del comportamiento de los híbridos interespecíficos *E. oleifera* × *E. guineensis*, en la plantación Guaicaramo S. A. *Palmas*, 25(número especial, tomo II), 350-357.
- Tropicos. (s. f.). *Elaeis oleifera*. <http://www.tropicos.org/NameSearch.aspx?exact=true&name=Elaeis+oleifera&commonname=>
- Turner, P. D. (1981). *Oil palm diseases and disorders*. Oxford University Press.
- Vallejo, R. G. (1976). *Estudio de poblaciones espontáneas de nolí (Elaeis oleifera H.B.K. Cortés) en Colombia* [Tesis de maestría]. Universidad Nacional; Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

- Vallejo, R. G. (1978). Mejoramiento genético de la palma africana. En *Palma africana de aceite: manual de asistencia técnica n.º 22* (pp. 97-144).
- Vallejo, R. G. (1981). Mejoramiento genético en la palma africana de aceite. *Temas de Orientación Agropecuaria*, (149), 49-70.
- Vallejo, R. G., & Cassalet, D. C. (1975). Perspectivas del cultivo de los híbridos interespecíficos de nolí (*Elaeis oleifera*) × palma africana de aceite (*Elaeis guineensis*) en Colombia. *Revista ICA*, 10(1), 19-35.
- Zambrano, J. E. (2004). Los híbridos interespecíficos *Elaeis oleifera* H.B.K. × *Elaeis guineensis* Jacq.: una alternativa de renovación para la zona oriental de Colombia. *Palmas*, 25(número especial, tomo 11), 339-349. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1098>