

■ Capítulo 1

Recursos genéticos de la palma de aceite en AGROSAVIA

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

Las especies de palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq. y *Elaeis oleifera* (Kunth) Cortés (Tropicos, 2019) tienen una variabilidad genética importante para la industria oleoquímica. Esta variabilidad permite mejorar atributos que son valiosos para los cultivos comerciales, entre ellos la tolerancia a factores bióticos y abióticos adversos, actuales o potenciales. Los genes de las dos especies mencionadas constituyen un recurso genético con potencial para desarrollar cultivares de palma cercanos al “genotipo ideal” descrito por la demanda del sector agroindustrial. Para almacenar tales recursos, la nación colombiana estableció el Sistema de Bancos de Germoplasma, cuyo objetivo final es contribuir al desarrollo de la agricultura del país y a su seguridad alimentaria.

Los recursos genéticos de la palma de aceite se conservan como colecciones de campo y presentan dos ventajas: 1) sus caracteres o atributos pueden aprovecharse de inmediato, por ejemplo, para generar híbridos intra- e interespecíficos con altos contenidos de ácidos grasos insaturados, y 2) obtener genotipos recombinantes en cada ciclo de floración, porque siguen un proceso de polinización cruzada natural, al azar, que favorece la evolución de las especies.

En 2021, el área sembrada de palma de aceite ascendió a 595.722 ha, de las cuales 499.364 estaban en producción, con 1'747.377 t de aceite crudo y 312.512 t de aceite de palmiste (Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite [Fedepalma], 2022). Los cultivos de palma de aceite se encuentran en 152 municipios de 21 departamentos del país; en la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (Fedepalma) se

encuentran registrados 6.856 productores, de los cuales 85 % son palmicultores de pequeña escala. Colombia aporta el 2 % de la producción de aceite mundial, y se ubica en el primer lugar de Latinoamérica y en el cuarto del planeta (Fedepalma, 2021). Lo anterior indica que el país tiene condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo de la agroindustria de la palma de aceite, las cuales se distribuyen en cuatro zonas palmeras, situadas en las regiones tropical seca y húmeda, cuyas características climáticas contrastan entre sí (tabla 1.1).

La industria de la palma de aceite ha utilizado cultivares de la especie *E. guineensis* derivados de programas de producción de semilla, establecidos en países africanos y asiáticos (Corley & Castro, 2004; Sambanthamurthi et al., 2009; Kushairi et al., 2000). Esta uniformidad propició la vulnerabilidad del cultivo, ya que todos los cultivares comerciales resultaron susceptibles al complejo denominado pudrición del cogollo (PC), sobre todo en las zonas palmeras occidental y central de Colombia. El sector palmicultor está renovando esas zonas con cultivares híbridos interespecíficos obtenidos del cruzamiento entre la palma africana de aceite¹ *E. guineensis* (susceptible a la PC) y la americana de aceite² *E. oleifera* (resistente a la PC). Este último recurso genético permaneció prácticamente relegado en los bancos de germoplasma y en las colecciones de trabajo, hasta que el incremento exponencial de la PC le dio importancia e hizo que se incluyera en los programas de mejoramiento de palma nacionales y extranjeros (Durand-Gasselin et al., 2010; Montúfar et al., 2018). A la fecha, la especie *E. oleifera* es el único recurso genético disponible contra la PC (Barcelos et al. 2015; Corley & Tinker, 2003).

1 De nombre científico *Elaeis guineensis*, sus sinónimos son palma africana de aceite y palma de aceite, y se abrevia en este documento con la letra G.

2 De nombre científico *Elaeis oleifera*, sus sinónimos son palma americana de aceite y palma de nolí, y se abrevia en este documento con la letra O.

Tabla 1.1. Condiciones climáticas asociadas a cada una de las cuatro zonas palmeras de Colombia (promedios departamentales y municipales)

Zona palmera	Divisiones territoriales	Temperatura media (máxima y mínima) (°C)	Precipitación media (máxima y mínima) (mm/año)	Humedad relativa (máxima y mínima) (%)	Brillo solar (horas/año)	Altitud (m s. n. m.)
Norte	9 departamentos	27,4	1.525,1	79	2.316,2	84
	64 municipios	(27,1 a 28,7)	(802,3 a 2.658,9)	(74 a 84)	(1.874,8 a 2.607,7)	(1 a 800)
Central	8 departamentos	27,5	2.545,0	77	1.977,5	215
	45 municipios	(27,4 a 28,8)	(1.454,4 a 3.922,6)	(71 a 82)	(1.731,1 a 2.249,9)	(19 a 970)
Suroccidental	3 departamentos	25,4	3.723,6	88	929,9	129
	3 municipios	(24,8 a 26,0)	(2.193,8 a 5.193)	(86 a 92)	(705 a 1.385,5)	(10 a 300)
Oriental	5 departamentos	25,8	3.806,3	78	1.535,6	313
	36 municipios	(25,1 a 26,6)	(2.489,8 a 4.695,7)	(73 a 83)	(1.345,4 a 1.677,9)	(117 a 870)

Fuente: Fedepalma (2017)

En el año 2018, según el Registro Nacional de Cultivares del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA, 2019), la oferta de cultivares híbridos interespecíficos ascendió a quince cultivares, producidos por cuatro empresas de semillas nacionales y cuatro internacionales. AGROSAVIA (Corpoica hasta 2017) ha desarrollado en el Centro de Investigación (C. I.) El Mira (ubicado en Tumaco, Nariño) cuatro cultivares comerciales de palma de aceite (un híbrido intraespecífico y tres interespecíficos). Bajo condiciones de campo, estos cultivares han demostrado resistencia a la PC, en especial los híbridos interespecíficos. Además, como continuidad del proceso de introgresión de genes entre las dos especies, también se generaron híbridos de segunda (RC2) y tercera (RC3) generación de retrocruzamiento como materiales genéticos experimentales.

Banco de Germoplasma

La colección de palma de aceite³ de AGROSAVIA se estableció con genotipos de las prospecciones hechas en el departamento de Córdoba, Colombia, donde crece en forma espontánea la especie *E. oleifera*, y con genotipos de *E. guineensis* originados en África y Asia (Valencia et al., 2010). Posteriormente, el Banco se fue enriqueciendo con nuevas accesiones generadas mediante cruzamientos con las introducidas. Las accesiones del Banco se describen, en su mayoría, a partir de características de los frutos y del racimo y, en algunos casos, mediante descriptores morfológicos vegetativos de la etapa juvenil de la palma en el campo. Esta caracterización de los materiales ha permitido identificar palmas promisorias, cuyas progenies conforman las colecciones de trabajo del programa de mejoramiento de la palma de aceite, conducido por AGROSAVIA.

El Gobierno colombiano facilitó la conformación del Sistema de Bancos de Germoplasma de la Nación para la Alimentación y la Agricultura (SBGNAA), a partir de las colecciones de trabajo creadas en las décadas del cuarenta y cincuenta del siglo pasado por el Departamento de Investigación Agrícola (DIA) y luego fortalecidas por el ICA. Entre 1994 y 1996, el Sistema se manejó mediante convenios anuales de cooperación técnica y científica, suscritos entre el ICA y la entonces Corpoica (en la actualidad AGROSAVIA). En los años

³ Palma de aceite, término genérico, incluye las especies *E. guineensis*, *E. oleifera* y los híbridos interespecíficos.

siguientes (1997 a 2004), se firmaron convenios tripartitos entre estas dos entidades y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), y a partir de 2005 se retornó al convenio entre el ICA y Corpoica.

La colección de germoplasma de palmas de aceite —integrante del Sistema de Bancos— tiene como objetivo principal garantizar la conservación del recurso natural constituido por las especies de palma de aceite *E. guineensis* y *E. oleifera*, y promover su utilización en los programas de mejoramiento. Su base de trabajo, constituida por palmas de interés económico, se inició cuando Corpoica recibió del ICA tres colecciones de palma de aceite con una población de 879 ejemplares registrados en 76 accesiones o entradas, que crecían dispersas en 117 ha del C. I. El Mira, Tumaco, Nariño. Lo anterior consta en el Acta de Entrega n.º. 004 de 1995 del ICA a Corpoica de la siguiente forma:

- **Colección de la especie *E. guineensis* (figura 1.1):** comprende 43 accesiones y está conformada por 443 palmas dispersas en más de cien hectáreas, sembradas en la llamada Estación Experimental El Mira entre 1970 y 1983.
- **Colección de la especie *E. oleifera*:** comprende 21 accesiones y está integrada por 252 palmas dispersas en quince hectáreas, sembradas en la Estación Experimental El Mira en 1977.
- **Colección de híbridos interespecíficos O × G:** conformada por doce accesiones derivadas de hibridación interespecífica entre las dos especies anteriores, con 184 plantas sembradas (1,3 ha) en la Estación Experimental El Mira en 1977.

La dispersión de las palmas de las tres colecciones en 117 hectáreas hizo difícil y costoso su mantenimiento y conservación. Al respecto, vale la pena aclarar que en un cultivo de palma de aceite corriente y en condiciones de terreno sin accidentes geográficos, las 879 plantas de las 76 accesiones ocuparían únicamente 6,1 ha.



Figura 1.1. Colecciones de trabajo de palma *E. guineensis* ubicadas en el C. I. El Mira.
a. Colección materiales tipo Dura; b. Colección materiales tipo Pisífera.

Fotos: Rafael Reyes Cuesta, Silvio Bastidas Pérez

Redimensionamiento y reubicación

Para evitar sobrecostos de mantenimiento y conservación, Corpoica emprendió, entre los años 2002 y 2006, dos acciones importantes: 1) redimensionar las colecciones del Banco de Germoplasma en cuanto a número de plantas por accesión, para lo cual fue necesario reproducir las accesiones mediante polinización controlada, y 2) reubicar las colecciones en un área específica para ellas. Los resultados se incluyen en la tabla 1.2.

Tabla 1.2. Inventario de las tres colecciones de palma de aceite conservadas en el Banco de Germoplasma, después de su redimensionamiento y reubicación

Colección y especie	Número de accesiones (uds.)	Número de palmas (uds.)	Área ocupada (ha)	Ubicación
Palma de aceite africana (<i>Elaeis guineensis</i>)	136	680	4,8	Centro de Investigación El Mira, Tumaco, Nariño
Palma nolí (<i>Elaeis oleifera</i>)	21	252	1,8	
Híbridos O × G*	18	141	1,0	
Total	175	1.073	7,5	

* Sinónimos: híbridos O × G, híbridos *oleifera* × *guineensis*, híbridos interespecíficos *E. oleifera* × *E. guineensis*.

Fuente: Elaboración propia

En el momento de redimensionar las colecciones, se acató la normatividad establecida en el *Manual de procedimientos técnicos, administrativos y presupuestales para el manejo de los bancos de germoplasma vegetal, animal y de microorganismos* del ICA (2011a). Para las colecciones de campo de especies perennes, el documento establece que deben conservarse, como mínimo, seis plantas por accesión, aunque su número puede variar según la supervivencia.

Primera regeneración e incremento

Se regeneraron las 43 accesiones iniciales de *E. guineensis* mediante cruzamientos endogámicos, con autofecundaciones y cruzamientos entre hermanos completos y hermanos medios. Además, se hicieron introducciones y recombinaciones con materiales de diferente origen. Con ello se incrementó la colección inicial de *E. guineensis* en 93 accesiones para un total de 136. La regeneración se hizo con dos fines, rejuvenecer las colecciones y dimensionarlas, tal como lo exige el *Manual de procedimientos* del ICA (2011a).

También se aumentó la colección de híbridos interespecíficos O×G con seis nuevas accesiones: Manicoré × La Mé (una), Cereté × Deli (cuatro) y Deli × Cereté (una), para un total de 18 (tabla 1.2). Las palmas Manicoré y Cereté son de la especie *E. oleifera* (Alvarado et al., 2013; Bastidas et al., 2013), pero de diferente origen genético, y las denominadas La Mé y Deli son del taxón *E. guineensis* (Richardson, 1995). Finalmente, en el C. I. El Mira, las 136 accesiones de palma de aceite, las 21 de nolí y las 18 de híbridos interespecíficos ocuparon 7,5 ha (figura 1.2). Cada colección se estableció en un lote diferente, lo cual condujo a una reducción en los costos de conservación.



Segunda regeneración

A partir de los años 2005-2006, la enfermedad de la PC adquirió características exponenciales en cuanto a nivel de incidencia en Tumaco, zona palmera occidental (Sarría et al., 2008). Esta situación puso en riesgo los recursos genéticos de la palma *E. guineensis* conservados en el C. I. El Mira y motivó una segunda regeneración de la colección de esta especie, para su traslado al C. I. Nataima, ubicado en El Espinal, Tolima. Este movimiento fue autorizado por el ICA conforme acta de reunión realizada en el Instituto, en Bogotá, el 16 de septiembre de 2008.

Para lo anterior, se inició un plan de regeneración de las 136 accesiones de *E. guineensis* en el C. I. El Mira, mediante cruzamientos endogámicos entre palmas hermanas, con lo cual se alcanzaron 130 cruzamientos exitosos (uno por accesión), con pérdida de seis accesiones tipo Pisífera de la colección, pertenecientes a las series La Mé de Costa de Marfil y Pobé de Benín, debido a la imposibilidad de reproducirlas mediante cruzamientos endogámicos, por presentar alta esterilidad femenina, fenómeno reportado por varios investigadores (Corley & Tinker, 2003; Setiawati et al., 2018; Forster et al., 2017).

La regeneración de las 130 accesiones tomó cuatro años hasta la obtención de semillas germinadas, con regeneración de algunas en un menor lapso y con un mínimo de dos años para estas últimas. La mayor duración de este plan se debió a la coincidencia de los ciclos de floración masculino o femenino, por lo cual fue necesario esperar al cambio de ciclo de floración de masculino a femenino, o viceversa.

La metodología de campo aplicada en el trabajo siguió las directrices establecidas en el documento *Procedimiento técnico para la producción de semilla de palma de aceite Elaeis guineensis Jacq., del cultivar mejorado, obtenido por Corpoica en el Centro de Investigación El Mira* (Peña et al., 2003), y comprendía las siguientes actividades básicas: aislamiento de inflorescencias femeninas y masculinas, procesamiento del polen, almacenamiento de este último, polinización controlada, cosecha de racimos de frutos, y obtención de las semillas para su germinación (Peña et al., 2003). El proceso finalizó cuando se enviaron, del C. I. El Mira al C. I. Nataima, 20 semillas germinadas de cada accesión recuperada, con lo cual se garantizó la siembra en campo de seis palmas por accesión.

De los 130 cruzamientos llevados a cabo, solo 114 pudieron regenerarse; los 16 restantes se perdieron durante el proceso. La tabla 1.3 presenta las accesiones de las dos especies mencionadas y de los híbridos interespecíficos, así como la ubicación de las colecciones del Banco de Germoplasma, después de su traslado al C. I. Nataima.

Esta segunda regeneración de las accesiones del Banco proporcionó germoplasma premejorado a diversos proyectos de investigación en fitomejoramiento y otras disciplinas, ejecutados entre 2006 y 2013 por investigadores de Corpoica.

Tabla 1.3. Número de accesiones de dos especies de palma de aceite y sus híbridos conservados en las colecciones del Banco de Germoplasma de AGROSAVIA

Colección regenerada	Accesiones o híbridos (n.º)	Palmas (n.º)	Área ocupada (ha)	Ubicación
Palma de aceite africana (<i>Elaeis guineensis</i>)	112	714	6	C. I. Nataima, Espinal, Tolima
Híbrido O×G	7	30		
Palma nolí (<i>Elaeis oleifera</i>)	30	267	3,4	C. I. El Mira, Tumaco, Nariño
Híbrido O×G	18	114		
Total	167	1.125	9,4	

Fuente: Elaboración propia

Cultivares

Como se mencionó antes, los recursos genéticos anteriores facilitaron el desarrollo de cuatro cultivares de palma de aceite:

- Híbrido intraespecífico Ténera Corpoica Elmira de palma de aceite de la especie *Elaeis guineensis* (Bastidas et al., 2006; Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2004).
- Híbrido interespecífico O×G Corpoica Elmira de primera generación (F1) de hibridación entre las especies *E. oleifera* y *E. guineensis* (ICA, 2011b).
- Híbrido interespecífico Pacífico RC1 de primera generación de retrocruzamiento hacia la especie *E. guineensis* tipo Pisífera Yangambi (ICA, 2014a).
- Híbrido interespecífico Tumaco RC1 de primera generación de retrocruzamiento hacia la especie *E. guineensis* tipo Dura Deli (ICA, 2014b).

El proceso de obtención de estos cultivares se describe en los capítulos 4, 5 y 9.

Variabilidad disponible en el Banco de Germoplasma

Una base genética estrecha soporta la palmicultura mundial, al menos en sus orígenes durante el siglo pasado. Las plantaciones comerciales mundiales de *E. guineensis* se originaron a partir de cuatro palmas ornamentales

cultivadas en el Jardín Botánico de Bogor, Indonesia, en 1848, las cuales dieron origen a la serie Deli de la palma de aceite tipo Dura (Cochard et al., 2009; Hartley, 1988; Soh, 2012; Setiawati et al., 2018; Rajanaidu, 2016), y alrededor del 90 % de la producción de semillas descende de la línea materna Dura Deli (Rajanaidu, 2000). Por su parte, las líneas masculinas tienen una base genética más amplia, al involucrar un mayor número de palmas de diferentes países africanos (Sterling & Alvarado, 2002).

Con respecto a la palma de aceite y a las especies relacionadas, se supone que en el país y en el exterior existe todavía variabilidad genética sin explotar, en las poblaciones naturales ubicadas en los centros de origen y dispersión, así como en las colecciones de trabajo de instituciones de investigación. Por ejemplo, la Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma) conformó una colección de *E. guineensis* derivada de una prospección realizada en Angola, África, en la cual se encontró alta variabilidad intrapoblacional (Rey et al., 2004). Por su parte, un estudio sobre diversidad genética y fenotípica de 34 accesiones de la especie *E. oleifera* de cuatro países de Suramérica (Brasil, Colombia, Ecuador y Perú) indicó diferencias en los componentes del racimo y en el rendimiento entre países, y la presencia de alelos específicos por cada país de origen (Arias et al., 2015).

El origen de la palma de aceite de las primeras plantaciones en Colombia y en el Banco de Germoplasma se describe a continuación.

La base genética del Banco de Germoplasma y de las colecciones de trabajo de la especie *E. guineensis* del programa de mejoramiento de palma de aceite de AGROSAVIA proviene de dos introducciones principales, una de origen africano y la otra de origen asiático. Estas introducciones propiciaron el inicio y desarrollo de la palmicultura nacional (Bastidas, Figueredo & Reyes, 1993; Bastidas, Peña & Reyes, 2003), tal como ocurrió en otros países palmeros (Rajanaidu, 2000; Sterling & Alvarado, 2002).

A su vez, la base genética de la especie *E. oleifera* conservada en el Banco de Germoplasma es reducida, pues se cuenta con material proveniente de una sola zona de colecta, el valle del río Sinú (municipio de Cereté, departamento de Córdoba, Colombia), área muy pequeña del subcentro de origen de la

especie, el cual se extiende desde el norte de Suramérica hasta el norte de Centroamérica (Barcelos, 1998; Ghesquière et al., 1987; Rey et al., 2004).

Hay otro subcentro de origen de la especie *E. oleifera* ubicado en la cuenca amazónica de Brasil, Colombia, Ecuador y Perú (Montúfar et al., 2018), del cual no se han incorporado accesiones al Banco de Germoplasma a cargo de AGROSAVIA. En este subcentro se conocen los ecotipos Manicoré y Coarí, originarios del estado Amazonas, Brasil (Barcelos et al., 2015); Taisha, originario de la provincia de Pastaza, Ecuador (Barba & Baquero, 2013), y Poloponta, de la Amazonía peruana (Mejía, 1995). Lo anterior señala, primero, la necesidad de explorar y coleccionar la variabilidad potencial de la palma americana de aceite *E. oleifera* en el país, y posteriormente, en consonancia con la Decisión 391 de la Comunidad Andina de Naciones (CAN), de estudiar la posibilidad de solicitar acceso al germoplasma de la cuenca amazónica. Con base en lo anterior, se puede afirmar que en el Banco de Germoplasma de la palma de aceite a cargo de AGROSAVIA existe potencial para las fuentes de variación descritas a continuación.

Fuentes de variación

Las siguientes variaciones son útiles para el mejoramiento genético de la palma de aceite:

- **Especie:** se conservan palmas de *Elaeis guineensis* y *Elaeis oleifera* y de los híbridos interespecíficos obtenidos entre ambas especies.
- **Origen primario:** el origen geográfico del germoplasma es una fuente de variación importante; por ejemplo, se ha encontrado más vigor híbrido en los cultivares de tipo Ténera cuando los padres, Dura y Pisífera, provienen de Asia y África, respectivamente.
 - **Palmas de origen africano:** las de la serie Yangambi (Zaire, en la actualidad República Democrática del Congo) ingresaron a Colombia en 1933 por Palmira, Valle del Cauca,⁴ y se establecieron en la Estación Agrícola Palmira. La primera generación del cruzamiento de estas introducciones se sembró en la Estación Experimental del Bajo Calima

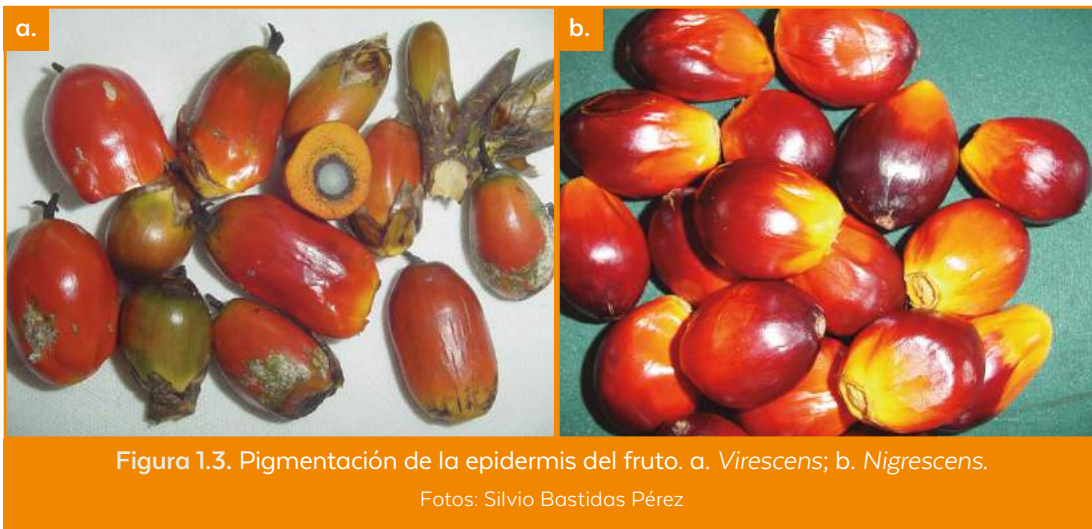
⁴ En todos los casos, el año hace referencia al de siembra de los materiales en el campo, no al año de introducción de las semillas.

en Buenaventura, Valle del Cauca, en 1947, y la segunda en Tumaco, Nariño, en 1970. Palmas de las series La Mé (Costa de Marfil) y Pobé (Benín) llegaron directamente a la estación Experimental El Mira, en 1977, como introducciones de proyectos de investigación. Otras accesiones originarias de Zaire y Camerún arribaron en 1985 al Centro Regional de Investigación (CRI) El Mira a partir de cultivos comerciales de palma del departamento del Meta (Bastidas et al., 2003).

- **Palmas de origen asiático:** las de la serie Deli (de Sumatra, Indonesia) llegaron en 1949 a Sevilla, Magdalena, provenientes de la Estación Experimental Lancetilla, Honduras; otra introducción importante fue las del tipo Deli, que ocurrió en 1953 con genotipos provenientes de Surinam, cuyo origen era Sumatra, las cuales fueron sembradas en la Estación Experimental La Pepilla de Aracataca, Magdalena. Posteriormente, la primera generación de cruzamientos intraespecíficos de estas dos introducciones se sembró en el Estación Experimental El Mira, en 1972. Complementario a esto, otras introducciones asiáticas provenientes de Malasia se sembraron en el CRI El Mira en 1983, como recombinantes de origen asiático (Bastidas et al., 2003).
- **Palmas de origen americano:** en 1971, un grupo de investigadores del Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux (IRHO),⁵ del ICA y de las empresas palmeras Coldesa e Indupalma, realizaron una prospección de palmas nolí, en áreas de influencia del municipio de Cereté, y como resultado se seleccionaron 54 palmas. Luego, entre 1973 y 1976, algunas se cruzaron entre sí, lo que generó 59 progenies F1 (Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux [IRHO], 1973), las cuales se sembraron en la Estación Experimental El Mira, en 1977, donde se les asignó la serie Cereté por su origen (Bastidas, Peña, Reyes & Tolosa, 2007; Bastidas, Peña & Reyes, 2013).
- **Pigmentación de la epidermis:** la epidermis del fruto de estas palmas adquiere colores diferentes por la presencia de antocianinas (figura 1.3).
 - En la especie *E. guineensis* se distinguen dos tipos (Corley & Tinker, 2003; Hartley, 1988; Singh et al., 2014):

⁵ En la actualidad, el Recherche Agronomique et de Coopération Internationale pour le Développement (CIRAD).

- **Nigrescens:** en el fruto inmaduro, la epidermis es de color negro violáceo; este es el tipo más común en las plantaciones.
- **Virescens:** en el fruto inmaduro, la epidermis es de color verde. La selección artificial ha reducido la frecuencia de esta característica del fruto en las plantaciones comerciales.⁶



- En la especie *E. oleifera* se definen también dos tipos (Moreno & Romero, 2015) (figura 1.4):
 - **Verde:** el fruto inmaduro presenta tonalidades verdes, que al madurar se tornan de color amarillo. Este tipo de fruto es poco frecuente en condiciones naturales, desde 1,4 a 10% en el norte de Colombia y 2% en las palmas amazónicas de Brasil (Barcelos, 1986; Hurtado & Ramos, 1970; Vallejo, 1976).
 - **Rojo:** el fruto es de color amarillo antes de la maduración y adquiere una tonalidad roja anaranjada en plena madurez. En las poblaciones de palma americana de la serie Cereté, su frecuencia varía de 90 a 98,6%, mientras que en las de la Amazonía brasileña es de 90% (Barcelos, 1986; Hurtado & Ramos, 1970; Vallejo, 1976)..

⁶ El color verde del fruto tipo *virescens* es de carácter monofactorial y dominante, por lo cual puede eliminarse fácil en los procesos de selección.



Figura 1.4. Coloración del fruto de *E. oleifera*. a. Color verde en estado inmaduro; b. Coloración amarillo mostaza en inmaduro; c. Coloración anaranjada en maduro.

Fotos: Leidy Paola Moreno

- **Envoltura carnosa:**

- En la especie *E. guineensis* se presenta un tipo de fruto conocido como *poissoni* o *mantled*, en el cual carpelos suplementarios carnosos cubren o rodean la parte principal (Hartley, 1988). Esta cualidad, catalogada como anormal, puede incrementar el porcentaje de mesocarpio y aceite; es una envoltura y da lugar a dos tipos de frutos (figura 1.5) (Corley & Tinker, 2003; Hartley, 1988):
 - **Poissoni:** con envoltura carnosa.
 - **Común:** sin envoltura carnosa.
- Hasta la fecha no se ha encontrado una palma *E. oleifera* con frutos tipo *poissoni*.

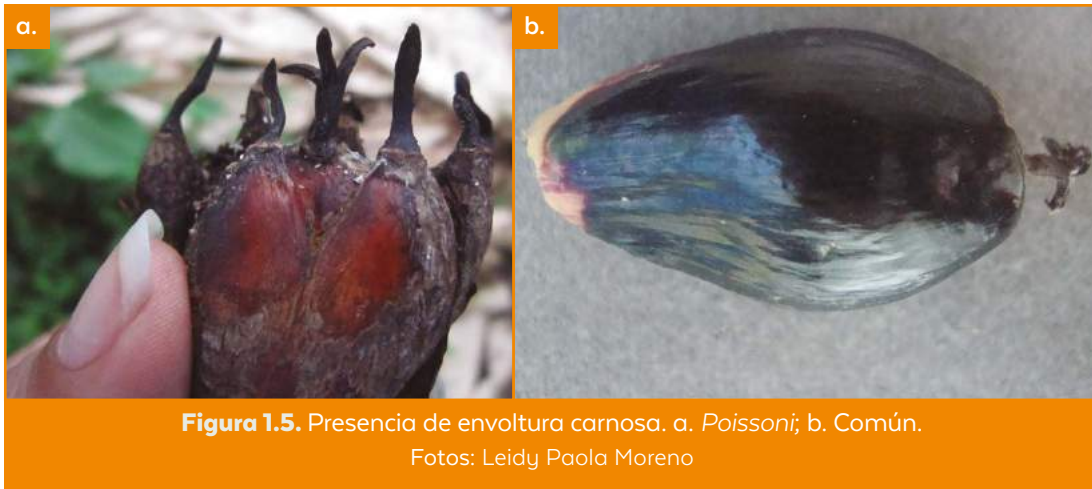


Figura 1.5. Presencia de envoltura carnosa. a. *Poissoni*; b. Común.

Fotos: Leidy Paola Moreno

- **Presencia de carotenos en la pulpa:** el color de la pulpa (mesocarpio) de los frutos varía del amarillo pálido al amarillo anaranjado; se debe a la acumulación de carotenos —promotores de la vitamina A— en diferentes proporciones. En relación con esta característica, se conocen dos tipos de frutos (Hartley, 1988):
 - **Común:** tiene carotenos y es el más frecuente en las plantaciones de palma de aceite. La concentración de carotenos es mucho mayor en la especie *E. oleifera* que en *E. guineensis*. En los frutos de las palmas *E. oleifera* de origen colombiano sembradas en Malasia⁷ se han encontrado desde 791,2 hasta 3.003,5 ppm de carotenos (Mohd et al., 2000).
 - **Albescens:** presenta baja proporción de carotenos; por ello, la pulpa es de color amarillo pálido (*albescens* significa “que se blanquea, blancuzco”).

Este atributo está ligado al color de la epidermis del fruto: la de color amarillo claro corresponde a la pulpa tipo *albescens* y la de color anaranjado rojizo, a la pulpa tipo común.

⁷ En Malasia encontraron que el noli de origen colombiano contiene 92,6 cg/g de índice de yodo (Sharma, 1999). Este índice es una propiedad química relacionada con la insaturación de los aceites (Corley & Tinker, 2003; Rey et al., 2004).

- **Fibras y grosor del endocarpio:** la presencia de fibras alrededor de la semilla y el espesor del endocarpio de la drupa, conocido localmente como “cuesco”, determinan tres tipos de palma, conocidas erróneamente como variedades:⁸
 - **Dura:** se caracteriza porque presenta drupas con fibras dispersas en la pulpa (mesocarpio) y un cuesco grueso, de 2 a 4 mm de espesor (Kushairi et al., 2000; Müller & Andrade, 2010).
 - **Pisífera:** por lo general, el cuesco está ausente y hay fibras agrupadas en el centro del fruto; en ocasiones hay una almendra del tamaño de una arveja en el centro de la drupa, rodeada por un anillo de fibras (Kushairi et al., 2000; Müller & Andrade, 2010).
 - **Ténera:** se caracteriza, en primer lugar, por un anillo de fibras alrededor del cuesco y, en segundo lugar, por un cuesco delgado, con menos de 2 mm de espesor; hay también drupas Ténera de cuesco grueso (Kushairi et al., 2000; Müller & Andrade, 2010), por lo cual el cuesco es un criterio importante de selección.
 - Existe un cuarto tipo, el Macrocarpa, que se caracteriza por un cuesco de espesor superior a 4 mm (Corley & Tinker, 2003; Hartley, 1988) (*macrocarpa* significa “de fruto grande”).

En la especie *E. oleifera* se presenta un solo tipo, que equivale al tipo Dura de *E. guineensis*, y cuyo espesor de cuesco varía entre 1 y 3 mm.

- **Prolificidad:** en la especie *E. oleifera* hay palmas mutantes capaces de producir dos o más inflorescencias en algunas hojas, y las femeninas implican un aumento significativo del número de racimos por palma al año. Este atributo morfológico solo se ha encontrado en palmas *E. oleifera* de origen colombiano de la serie Cereté y en sus híbridos con palmas *E. guineensis*. En 268 palmas nolí observadas en el C. I. El Mira, 52 fueron prolíficas (19,4 %). La prolificidad presenta algún grado de heredabilidad a los híbridos O×G; fueron identificadas seis palmas prolíficas (2,53 %) entre 237 híbridas analizadas (Bastidas & Hurtado, 1992, 1993).

⁸ La presencia en los frutos de cuesco (*shell* [sh]) y fibras determina tres tipos de palma: Dura (Sh+ Sh+), Pisífera (sh- sh-), y un híbrido entre los dos, el tipo Ténera (Sh+ sh-), el cual produce los tres tipos cuando se cruza con otro Ténera (Cunha et al., 2010; Forster et al., 2017; Ngando-Ebongue et al., 2011; Setiawati et al., 2018).

- **Palma idolátrica:** las de este tipo producen hojas con folíolos fusionados (Bastidas et al., 2013; Corley & Tinker, 2003; Hartley, 1988). Son descendientes de una palma considerada una quimera, es decir, una rareza dentro de la especie.

Las fuentes de variación reseñadas arriba son una muestra de la variabilidad presente en el Banco de Germoplasma de palma de aceite de AGROSAVIA. Es posible ampliar esa variabilidad con los recursos genéticos disponibles para hacer múltiples combinaciones de los atributos antes descritos, no solo con los relativos al origen de la especie y a su naturaleza integral, sino también con los que se asocian al color de la epidermis de la drupa, la concentración de carotenos, el hueso, las fibras y la prolificidad. La combinación de genotipos aumenta la variación, lo cual podría denominarse “variabilidad potencial” o “variabilidad oculta”. La premisa que justifica esta variabilidad oculta es la siguiente: aunque un mismo cruzamiento se repita muchas veces, los genotipos obtenidos serán siempre diferentes y los fenotipos respectivos se asemejarán entre sí, pero no serán iguales. Este resultado se debe a la naturaleza heterocigótica de las dos especies consideradas.

Fuentes de resistencia a la PC disponibles en el Banco de Germoplasma

La pudrición del cogollo (PC) es el principal problema sanitario de la palma de aceite en Colombia y América Latina (Martínez et al., 2010). En el Banco de Germoplasma de palma de aceite de AGROSAVIA hay materiales con factores de resistencia a la enfermedad, cuya evidencia se describe a continuación.

Factores de resistencia en *E. oleifera*

En 1964, las palmas nolí (*E. oleifera*) de crecimiento silvestre en la plantación Coidesa, de Turbo, Antioquia —emparentadas con ancestros de las palmas nolí conservadas en el Banco de Germoplasma— no fueron afectadas por la PC (Hardon, 1969; Vallejo, 1976), y las palmas vecinas de *E. guineensis* sí presentaron la enfermedad.

En la Estación Experimental El Mira, más de 2.000 palmas nolí (*E. oleifera*) sembradas en 1977, en un lote de 15 ha, resistieron la PC sin presentar

ningún caso hasta el año 2021; mientras que las 460 ha contiguas de *E. guineensis* tuvieron un alto porcentaje de palmas enfermas, lo que obligó a su erradicación total entre 2006 y 2010. En la actualidad, las 15 ha de palmas nolí han dado lugar a las progenitoras del híbrido O×G, denominado Corpoica Elmira.

Los híbridos O×G de la colección del Banco de Germoplasma —sembrados en 1977 en la Estación Experimental El Mira y en otras plantaciones de la región—, producidos con palmas nolí seleccionadas en fincas del valle del río Sinú, municipio de Cereté, Córdoba, sobrevivieron a la PC y permanecen sanos a la fecha.

Factores de resistencia en *E. guineensis*

En el periodo 2004–2010 ocurrió la mayor incidencia de PC en la zona palmera de Tumaco (Alegría et al., 2015). Se observaron diferencias de grado y rapidez por afectación de la enfermedad en palmas Ténera de *E. guineensis*, según el origen genético de los padres y la procedencia. Las diferencias se consideraron del siguiente modo: algunas palmas eran altamente susceptibles; otras soportaron la PC, pero enfermaron de forma tardía, y otro grupo de palmas permaneció sano, pero fue erradicado. Algunos investigadores consideran que estas últimas son escapes; otros creen que son resistentes y se preguntan si aún estarían vivas de no haberse erradicado.

Referencias

- Alegría, M., Vélez, D., Varón, F., Martínez, G., Torres, G., & Corredor, J. (2015). Comportamiento frente a la pudrición del cogollo (PC) de palmas derivadas de cruzamientos entre palmas *Elaeis guineensis* sobrevivientes a la epidemia en Tumaco, Nariño. *Palmas*, 36(2), 69-77. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/11078>
- Alvarado, A., Escobar, R., & Henry, J. (2013). El híbrido O×G Amazon: una alternativa para regiones afectadas por pudrición del cogollo en palma de aceite. *Palmas*, 34(n.º especial, tomo I), 305-314. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/10689>
- 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(122). <https://doi.org/10.1007/s11295-015-0946-y>

- Barba, J., & Baquero, Y. (2013). Híbridos O×G obtenidos a partir de oleíferas Taisha Palmar del Río (PDR), Ecuador: variedad-PDR (Taisha × Avros). *Palmas*, 34(n.º especial, tomo 1), 315-325.
- Barcelos, E. (1986). Características genético-ecológicas de populações naturais de caiaué (*Elaeis oleifera* [H.B.K.] Cortés) na Amazônia brasileira [Tesis de maestría, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Brasil].
- Barcelos, E. (1998). Etude de la diversité génétique du genre *Elaeis* (*E. oleifera* [Kunth] Cortés et *E. guineensis* Jacq.) par marqueurs moléculaires (RFLP et AFLP) [Tesis de maestría, Université Montpellier].
- Barcelos, E., Rios, S. A., Raimundo, N. V., Da Cunha, R. N. V., Lopes, R., Motoike, S. Y., Babiychuk, E., Skiryicz, A., & Kushnir, S. (2015). Oil palm natural diversity and the potential for yield improvement. *Frontiers in Plant Science*, 6(190). <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00190>
- Bastidas, S., & Hurtado, L. B. (1992). Palmas prolíficas en la especie *Elaeis oleifera*, una mutación afortunada. *Palmas* 13(3), 55-60. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/352>
- Bastidas, S., & Hurtado, L. B. (1993). Evaluación de palmas prolíficas en la especie *Elaeis oleifera* e híbridos interespecíficos *E. oleifera* × *E. guineensis*. *Palmas* 14(4), 55-60.
- Bastidas, S., Figueredo, P., & Reyes, R. (1993). Obtención de materiales de palma de aceite (*Elaeis guineensis*) adaptados al trópico latinoamericano. *Palmas*, 14(número especial), 49-56.
- 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., Reyes, R., Pérez, J., & Tolosa, W. (2007). Comportamiento agronómico del cultivar híbrido RC1 de palma de aceite (*Elaeis oleifera* × *Elaeis guineensis*) × *Elaeis guineensis*. *Revista Corpoica-Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 8(1), 5-11. https://doi.org/10.21930/rcta.vol8_num1_art:77
- Bastidas, P. S., Peña, R. E., & Reyes, C. R. (2013). Preguntas sobre palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq., palma nolí *Elaeis oleifera* (Kunth) Cortés y los híbridos interespecíficos nolí × palma de aceite (*E. oleifera* × *E. guineensis*). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/12614/66171_64853.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Bastidas, S., Reyes, R., & Peña, E. (2006). Palma de aceite Ténera Corpoica Elmira: alternativa nacional. *Revista Innovación y Cambio Tecnológico*, 4(2,3), 47-50.
- Cochard, B., Adon, B., Rekima, S., Billotte, N., Desmier, R., Koutou, A., Nouy, B., Omoré, A., Purba, A., Glazsmann, J., & Noyer, J. (2009). Geographic and genetic structure of African oil palm diversity suggests new approaches to breeding. *Tree Genetics & Genomes*, 5, 493-504. <https://doi.org/10.1007/s11295-009-0203-3>
- Corley, R. H. V., & Castro, F. (2004). Programa de mejoramiento de palma de aceite de Unipalma. *Palmas*, 25(n.º especial, tomo II), 311-325.
- Corley, R. H. V., & Tinker, P. B (eds.). (2003). *The oil palm* (4th edition). Blackwell Science Ltda. <https://doi.org/10.1002/9780470750971>
- Cunha, R. N. V., Lopes, R., Gomes Júnior, R. A., Lobato Rodrigues, M. R., Teixeira, P. C., Carvalho da Rocha, R. N., & Alves de Lima, W. A. (2010). Material genético utilizado para a produção sustentável da cultura da palma de óleo na Amazônia. In A. Ramalho Filho (ed.), *Zoneamento agroecológico, produção e manejo para a cultura da palma de óleo na amazônia* (part II, chapter 3). Embrapa Solos.
- Durand-Gasselin, T., Amblard, P., & Corredor, J. (2010). Visión futura del mejoramiento genético de la palma de aceite en Latinoamérica: varias resoluciones sobre cooperación en Colombia para mejoramiento del material de siembra. *Palmas*, 31(n.º especial, tomo I), 155-170.
- Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite [Fedepalma]. (2017). *Anuario estadístico 2017: la agroindustria de la palma de aceite en Colombia y en el mundo 2012-2016*. https://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Fedepalma/semanario-palmero/publicaciones/PORTADAS_ANUARIO_ESTADISTICO_2017.pdf
- Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite [Fedepalma]. (2021). *Anuario Estadístico 2021. Principales cifras de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia y en el mundo 2016-2020*. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/anuario/issue/view/1556>
- Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite [Fedepalma]. (2022). *Minianuario estadístico 2022. Principales cifras de la agroindustria de palma de aceite en Colombia*. Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite. <https://repositorio.fedepalma.org/handle/123456789/141253?show=full>

- 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
- 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. (1988). *The oil palm* (*Elaeis guineensis* Jacq.) (3ª ed.). Longman Scientific & Technical.
- Hurtado, M. J. R., & Ramos, N. G. (1970). Estudio de la palmera nolí (*Elaeis melanococca* Gaert.) y preliminares de su fitomejoramiento en Colombia. *Acta Agronómica*, 20(1, 2), 9-23.
- 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 Elmira, 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. "Por la cual se ordena el registro del híbrido interespecífico de palma de aceite O×G Corpoica Elmira en el Registro Nacional de Cultivares Comerciales del ICA para la subregión natural Pacífico Colombiano, con el número de registro PLA-11-04".
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2014a). Resolución 000977. "Por la cual se ordena el registro del híbrido de palma de aceite O×G Pacífico RC1 de la Corporación Colombiana de Investigación agropecuaria (Corpoica) en el Registro Nacional de Cultivares Comerciales del ICA para la subregión natural Pacífico Colombiano, con el número de registro PLA-14-27".

- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2014b). Resolución 000978. "Por la cual se ordena el registro del híbrido de palma de aceite O×G Tumaco RC1 de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) en el Registro Nacional de Cultivares Comerciales del ICA para la subregión natural Pacífico Colombiano, con el número de registro PLA-14-26".
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2019). Registro nacional de cultivares. <https://www.ica.gov.co/getattachment/Areas/Agricola/Servicios/Evaluacion-Agronomica-y-Control-en-Comercializacio/REGISTRO-NACIONAL-DE-CULTIVARES.xlsx.aspx?lang=es-CO>
- Kushairi, A., Rajanaidu, N., Jalani, B. S., Rafii, Y. M., & Mohd Din, A. (2000). Materiales de siembra de palma de aceite del Porim. *Palmas*, 21(3), 51-63. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/744>
- Martínez, G., Sarria, G. A., Torres, G. A., & Varón, F. (2010). *Phytophthora palmivora* es el agente causal de la pudrición del cogollo de la palma de aceite. *CID Palmero*, 31 (número especial, tomo 1), 334-344. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1538>
- Mejía, C. K. (1995). *Diagnóstico de recursos vegetales de la Amazonia peruana* [Documento técnico n.º 16]. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana [IIAP].
- Mohd, D., Rajanaidu, N., & Jalani, B. S. (2000). Performance of *Elaeis oleifera* from Panama, Costa Rica, Colombia and Honduras in Malaysia. *Journal of Oil Palm Research*, 12(1), 71-80. <http://jopr.mpob.gov.my/performance-of-elaeis-oleifera-from-panama-costarica-colombia-and-honduras-in-malaysia/>
- Montúfar, R., Louise, C., & Tranbarger, T. J. (2018). *Elaeis oleifera* (Kunth) Cortés: A neglected palm from the Ecuadorian Amazon. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*, 39(1), 11-18. <https://doi.org/10.26807/remcb.v39i1.584>
- Moreno, L. P., & Romero, H. M. (2015). Phenology of the reproductive development of *Elaeis oleifera* (Kunth) Cortés. *Agronomía Colombiana*, 33(1), 36-42. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v33n1.47199>
- Müller, A. A., & Andrade, B. A. D. (2010). Aspectos gerais sobre a fenologia da cultura da palma de óleo. Em *Zoneamento Agroecológico, produção e manejo para a cultura da palma de óleo na Amazônia* (pp. 83-92). Embrapa Solos.

- Ngando-Ebongue, G. F., Ajambang, W. N., Koon, P., Firman, B. L., & Arondel, V. (2011). Oil palm. In S. Gupta (ed.), *Technological innovations in major world oil crops* (Vol. 1, pp. 165-200). https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0356-2_7
- Peña, R. E., Bastidas, P. S., Reyes, C. R., & Rankin, C. J. (2003). *Procedimiento técnico para la producción de semilla de palma de aceite (Elaeis guineensis Jacq.) de material mejorado obtenido por Corpoica en el C. I. El Mira*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Rajanaidu, N. (2000). Materiales futuros de siembra para la industria de la palma de aceite. *Palmas*, 21(número especial, tomo 2), 291-299.
- Rajanaidu, N. (2016). Una mirada al mejoramiento genético de la palma de aceite en los últimos cincuenta años: una aventura personal. *Palmas*, 37(número especial, tomo 1), 190-202. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/11903>
- Rey, B. L., Gómez, C. P., Ayala, D. I., Delgado, A. W., & Rocha, S. 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 United 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 (eds.), *Breeding plantation tree crops: Tropical species* (pp. 377-421). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-71201-7_11
- 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, 31-41.
- 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>
- Singh, R., Low, E. T., Ooi, L. C., Ong-Abdullah, M., Nookiah, R., Ting, N. C., Marjuni, M., Chan P. L., Ithnin, M., Manaf, M. A. A., Nagappan, J., Chan, K. L., Rosli, R., Halim, M. A., Azizi, N., Budiman, M. A., Lakey, N., Bacher, B., Van Brunt, A. ... Sambanthamurthi,

- R. (2014). The oil palm *VIRESCENS* gene controls fruit colour and encodes a R2R3-MYB. *Nature Communications*, 5, Article 4106. <https://doi.org/10.1038/ncomms5106>
- 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* (pp. 18-29). Palm Oil Research Institute of Malaysia (Porim).
- 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 (Costa Rica)* (24), 17-23.
- Tropicos. (2019). *Elaeis oleifera*. <http://www.tropicos.org/NameSearch.aspx?exact=true&name=Elaeis+oleifera&commonname=>
- Valencia, R. A., Lobo Arias, M., & Ligarreto, G. A. (2010). Estado del arte de los recursos genéticos vegetales en Colombia: Sistema de Bancos de Germoplasma. *Revista Corpoica de Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 11(1), 85-94. https://doi.org/10.21930/rcta.vol11_num1_art:198
- 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).