

Cómo alcanzar 10 toneladas de aceite por hectárea: tecnologías de manejo de los híbridos interespecíficos OxG hacia una producción altamente eficiente

How to Get 10 Tons of Oil per Hectare: Management Technologies of the Interspecific OxG Hybrids towards a Highly Efficient Production

CITACIÓN: Romero, H. M. & Ayala, I. M. (2021). Cómo alcanzar 10 toneladas de aceite por hectárea: tecnologías de manejo de los híbridos interespecíficos OxG hacia una producción altamente eficiente. *Palmas*, 42(1), 55-64.

ROMERO HERNÁN M.

Programa de Biología y Mejoramiento de la Palma, Cenipalma.
Departamento de Biología,
Universidad Nacional de Colombia
hromero@cenipalma.org

AYALA IVÁN M.

Programa de Biología y Mejoramiento de la Palma, Cenipalma

Introducción

La palma de aceite es la oleaginosa más productiva, superando a los demás cultivos como la soya, canola, maíz y otros (Corley y Tinker, 2016). Tiene un potencial teórico productivo de 18,5 toneladas de aceite por hectárea por año (Woittiez *et al.*, 2017). Sin embargo, la productividad real de los diferentes países que la cultivan está muy por debajo de ese potencial, con un máximo de 5 t ha⁻¹ año⁻¹ como promedio país para Guatemala (Fedepalma, 2020) y reportes de plantaciones pequeñas que han alcanzado hasta 12 t ha⁻¹ año⁻¹ (Woittiez *et al.*, 2017).

Las plagas y enfermedades son quizás las máximas responsables de la baja productividad de las plantaciones de palma de aceite respecto al potencial teórico. Esto es especialmente cierto en América del Sur, en donde su cultivo es fuertemente afectado por plagas y enfermedades, en mayor medida frente a lo que ocurre en el Sudeste Asiático (Sundram y Intan-Nur, 2017), siendo la Pudrición del cogollo (PC), causada por el oomicete *Phytophthora palmivora* (Torres *et al.*, 2016), la enfermedad más devastadora para el cultivo en América (Ávila-Méndez *et al.*, 2019). En efecto, a lo largo de la historia de la palmicultura en el continente, numerosas plantaciones sembradas con

palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) han sido completamente destruidas por la PC (Benítez y García, 2015). Así, se estima que para Colombia las pérdidas causadas por la enfermedad en la última década estarían por encima de USD 2.600 millones.

En algunas plantaciones en las que se presentó la PC había palmas de híbridos interespecíficos OxG que se sembraron por curiosidad, para determinar la compatibilidad entre la palma americana (*E. oleifera*) y la palma africana (*E. guineensis*), en busca de aprovechar la baja tasa de crecimiento de la primera en comparación con la segunda (Figura 1).

En estas plantaciones, mientras la palma africana fue arrasada por la PC, los híbridos en su mayoría no fueron afectados, lo cual llevó a postular la hipótesis de que los híbridos interespecíficos OxG eran resistentes a dicha enfermedad. Así, cuando la PC destruyó cerca de 35.000 ha de palma africana en Tumaco-Nariño, varios industriales de la zona decidieron apostarle a resembrar con este híbrido para aprovechar las posibles ventajas de los cultivares (Tabla 1) y como única alternativa para mantenerse en el negocio, en una zona con un potencial de inóculo de *P. palmivora* muy alto que hacía inviable las resiembras con palma africana.

Figura 1. Comparativo del crecimiento de la palma africana (*E. guineensis*) y palma americana (*E. oleifera*). Estas, fueron sembradas en el mismo año en el Campo Experimental Palmar de la Vizcaína, en Barrancabermeja, Santander, Colombia. Observar la menor altura de las palmas americanas, en comparación con las palmas africanas



Tabla 1. Ventajas y desventajas de los híbridos interespecíficos OxG en comparación con los cultivares de palma africana, al inicio de la producción comercial de híbridos interespecíficos OxG para las resiembras del municipio de Tumaco-Nariño, Colombia

Aspectos positivos	Aspectos negativos
<ul style="list-style-type: none"> Baja tasa de crecimiento del estípite (< 35 cm por año) Vida comercial útil más larga Resistencia a la PC Alta producción de RFF (> 33 t ha⁻¹ año⁻¹) Alta calidad de aceite (contenido de ácido oleico más alto y menor proporción de grasas saturadas) Altos contenidos de carotenoides y vitamina E Menor porcentaje de acidez del aceite (< 2 %) 	<ul style="list-style-type: none"> Polinización natural obstaculizada dada por baja viabilidad y germinabilidad del polen y características de la inflorescencia Requiere polinización asistida Formación pobre de los racimos (bajo condiciones de polinización natural) Baja tasa de extracción Desconocimiento sobre plagas y enfermedades Desconocimiento del manejo agronómico que es diferente al de la palma africana Desconocimiento del punto óptimo de cosecha

Los híbridos interespecíficos OxG

Derivados del cruzamiento entre la palma americana y la palma africana (Figura 2), fueron inicialmente desarrollados al final de la década de los 50 y en la de los 60 del siglo XX (Hardon, 1969; Hurtado y Ramos, 1970). Las palmas *E. oleifera* procedían de Colombia, de la hoya del río Sinú, y fueron usadas para hacer cruzamientos inicialmente con Deli duras y luego con polen de origen La Mé. Así se originaron los primeros híbridos bautizados Sinú x La Mé. Hacia el año 1977, Investigación Agrícola para el Desarrollo (CIRAD por

sus siglas en francés) realizó una colecta de palmas americanas en la zona brasilera de Coari, con lo cual se inició el desarrollo de los híbridos Coari x La Mé. Con la necesidad de producir semillas para suplir las demandas derivadas de las resiembras que empezaban en Tumaco, se producirían muchos híbridos diferentes, en los cuales se utilizaron madres *E. oleifera* procedentes de varias localidades que fueron cruzadas con las principales fuentes de polen de diferentes casas comerciales. Así, se llegaría a una composición diversa de híbridos interespecíficos OxG en la cual se ha visto la dominancia de los Coari x La Mé (Figura 3).

Figura 2. Generación de híbridos interespecíficos OxG. Estos son el resultado del cruce de palmas americanas (*E. oleifera*) con palmas africanas (*E. guineensis*)

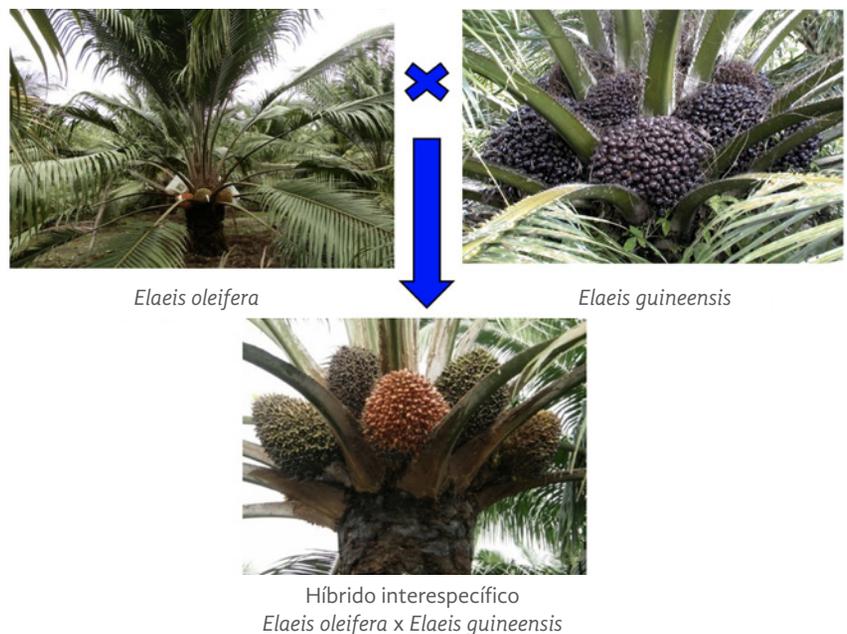
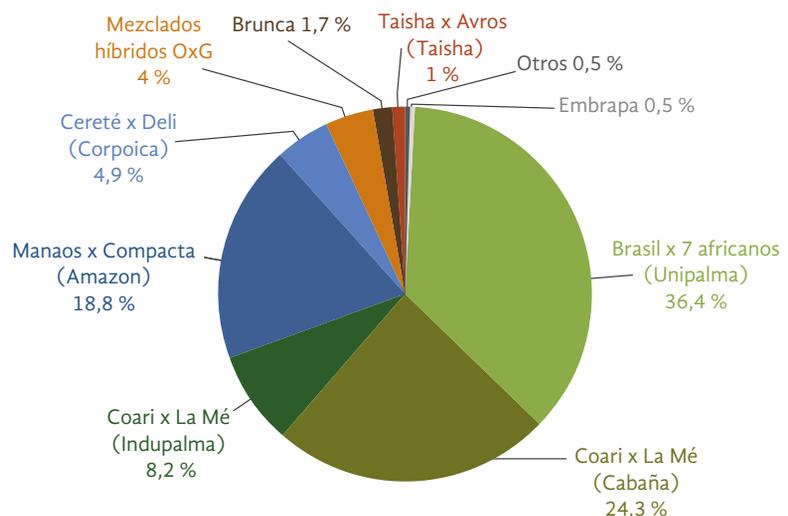


Figura 3. Principales híbridos interespecíficos sembrados en Tumaco-Nariño, Colombia, en 2019 y su participación en la superficie plantada. Para ese año se estimaba que había en Tumaco 22.243 ha sembradas con híbridos interespecíficos OxG, de las cuales 17.984 ha estaban en producción y 4.259 ha en desarrollo (Fedepalma, 2020)



Aspectos sanitarios

Los híbridos interespecíficos OxG son atacados por numerosas plagas entre las que se encuentran barrenadores, como *Sagalassa valida* y *Strategus aloeus*; defoliadores, como *Opsiphanes cassina*, *Stenoma cecropia*, *Loxotoma elegans* y *Leucothyreus femoratus*; chupadores, como *Leptopharsa gibbicarina* y *Haplaxius crudus*; así como, raspadores de flecha (*Cephaloleia vagelineata*) y de fruto (*Demotispa neivai*).

Se ha visto que los híbridos pueden presentar enfermedades sistémicas como Marchitez sorpresiva causada por *Phytoplasma* sp., Marchitez letal (ML), cuyo agente causal aún no se ha determinado, y Anillo rojo. También se ha observado la presencia de enfermedades de la hoja (manchas foliares) causadas por *Uwemyces elaeidis*, o por especies del género *pestalotiopsis*. Así mismo es posible observar la presencia de diferentes pudriciones de estípites, cuyos agentes causales son motivo de estudio.

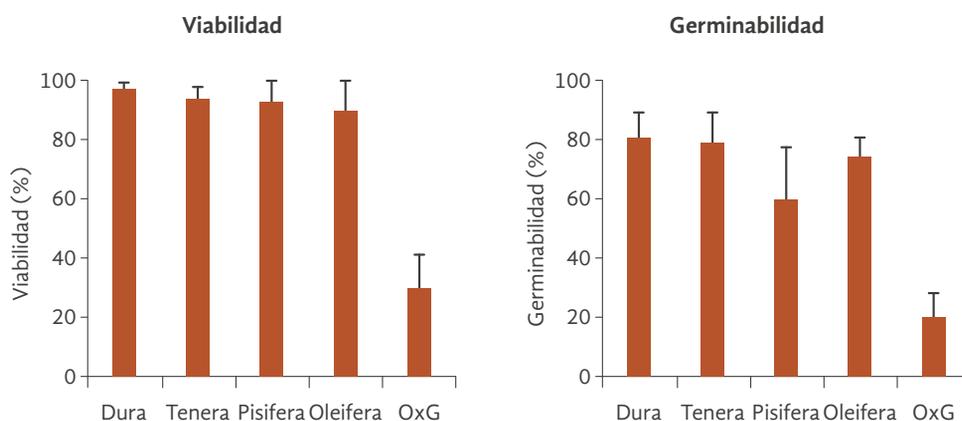
En cuanto a la Pudrición del cogollo (PC), los híbridos interespecíficos OxG no son inmunes a la enfermedad, aunque en su mayoría presentan una alta resistencia. Sin embargo, se ha visto que esta es muy variable, llegando a encontrarse diferencias muy marcadas en el grado de resistencia entre híbridos derivados de madres del mismo origen geográfico (Avila-Diazgranados *et al.*, 2016).

Polinización

La hibridación entre especies diferentes normalmente resulta en individuos con problemas de fertilidad. El caso de los híbridos interespecíficos OxG no es la excepción, lo cual se ve reflejado en porcentajes muy bajos de viabilidad y germinabilidad del polen (Figura 6), que aunado a limitaciones morfológicas de las inflorescencias femeninas (Meléndez y Ponce, 2016) y de atracción de insectos polinizadores, hace obligatoria la polinización asistida de las flores femeninas mediante la aplicación manual de polen derivado de plantas de *E. guineensis*, para que se formen frutos normales. Sin esta, los racimos son pobremente conformados, lo que resulta en bajas producciones de fruto y tasas de extracción. Sin embargo, la polinización asistida es un procedimiento muy intensivo en mano de obra y relativamente costoso (Mosquera-Montoya *et al.*, 2020) que debe ser realizado cuando las flores están abiertas y receptivas (anthesis o estadio fenológico 607) en una ventana de tiempo muy corta (Hormaza *et al.*, 2012). Si la polinización asistida se realiza antes o después de que ha pasado ese estadio, las flores difícilmente desarrollarán frutos, con lo cual el porcentaje de aceite en el racimo se verá drásticamente reducido (Forero *et al.*, 2012).

Los racimos de los híbridos interespecíficos OxG, formados con la ayuda de la polinización asistida,

Figura 6. Viabilidad y germinabilidad de polen de palma africana *Elaeis guineensis* (dura, tenera, pisífera), de palma americana *Elaeis oleifera* (oleífera) y del híbrido interespecífico entre las dos especies (OxG). La viabilidad fue medida por la metodología del acetocarmín y la germinabilidad, mediante germinación y siembra en agar suplementado con 8 % de sacarosa, según Guataquira *et al.* (2019)



contienen frutos partenocárpicos (sin semilla) que se desarrollan sin que haya fertilización de la ovocélula por parte de los granos de polen. A diferencia de los frutos partenocárpicos, que naturalmente se forman en la palma africana, los de los híbridos OxG contienen aceite que contribuye, en buena medida, al aceite total que se produce en estos racimos (Rincón *et al.*, 2013). En muchas especies se ha visto que la formación de frutos partenocárpicos se encuentra regulada hormonalmente, con lo cual inducir su formación mediante la aplicación de hormonas es una alternativa interesante a las limitaciones en tiempo (ventana corta de receptividad del polen por parte de las flores femeninas) y en logística (dada por la vida útil del polen que es corta, y por las limitaciones de hacer la labor de la polinización en fines de semana o en otros momentos, que trae consigo una mala conformación de los racimos).

Los estudios de Daza *et al.* (2020) mostraron que entre diferentes hormonas, las auxinas son altamente eficientes en inducir la formación de los frutos partenocárpicos, lográndose producir racimos de buena conformación, sin la aplicación de polen (práctica a la que se le ha dado el nombre de polinización artificial) (Figura 7). Más aún, en estudios posteriores

se logró establecer que el ácido naftalenacético, aplicado tres veces a intervalos de siete días, inducía la producción de racimos bien conformados, con *fruit set* por encima del 93 % y frutos partenocárpicos de tamaño superior a los obtenidos en la polinización asistida (Romero *et al.*, 2021). Adicionalmente, se logró obtener un mayor número de racimos por hectárea, con contenidos de aceite a racimo 36 % más altos, que en los obtenidos cuando se usó polen (Figura 8).

Cosecha

La cosecha constituye una de las labores más importantes para asegurar la productividad y el rendimiento de aceite en el cultivo de la palma de aceite. En los híbridos interespecíficos OxG, el 33 % de los costos de producción están asociados a esta labor (Mosquera-Montoya *et al.*, 2019), que debe ser realizada cuando los frutos en los racimos tienen el nivel más alto de aceite acumulado. Este punto, en el cual se alcanzan los mayores contenidos, se ha denominado el punto óptimo de cosecha (Rincón *et al.*, 2013) y es diferente en los híbridos interespecíficos OxG de los cultivares de palma africana.

Figura 7. Efecto de la aplicación de diferentes hormonas y de polen en la formación de frutos y racimos en híbridos interespecíficos OxG. Se aplicaron soluciones hormonales de forma líquida a inflorescencias en estadio fenológico PS 607. AIA: ácido indol acético; 2,4-D: ácido 2,4-diclorofenoxiacético; ANA: ácido naftalenacético (Daza *et al.*, 2020)



Normalmente, los palmicultores cosechaban los racimos de híbridos utilizando los criterios de *E. guineensis*, sin embargo, cuando se ajusta el punto óptimo de cosecha en los híbridos OxG, se pueden lograr incrementos substanciales en el potencial de aceite a racimo y en la tasa de extracción de aceite, que va de 4 a 11 puntos porcentuales de aceite a racimo, de-

pendiendo del cultivar híbrido OxG (Figura 9). Así, la cosecha debe hacerse en el estadio fenológico 807, que ha sido definido para cada uno de los híbridos. Para ello Cenipalma ha publicado los criterios para identificar los racimos en punto óptimo cosecha de los principales híbridos interespecíficos OxG que se cultivan en el país (Caicedo-Zambrano *et al.*, 2020).

Figura 8. Efecto de la aplicación de 600 ppm (A, B, C) o 1.200 ppm (D, E, F) de ANA en la formación de racimos de frutos partenocárpicos en híbridos interespecíficos OxG. Estas aplicaciones se hicieron una vez (A, D), dos veces (B, E) o tres veces (C, F), a intervalos de siete días entre aplicaciones, en inflorescencias del híbrido interespecífico OxG, Coari x La Mé (Romero *et al.*, 2021)

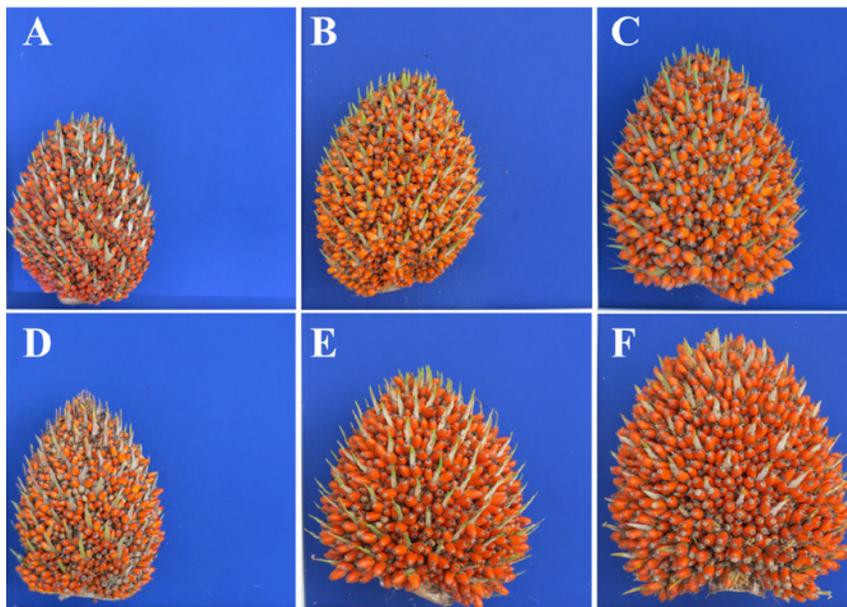
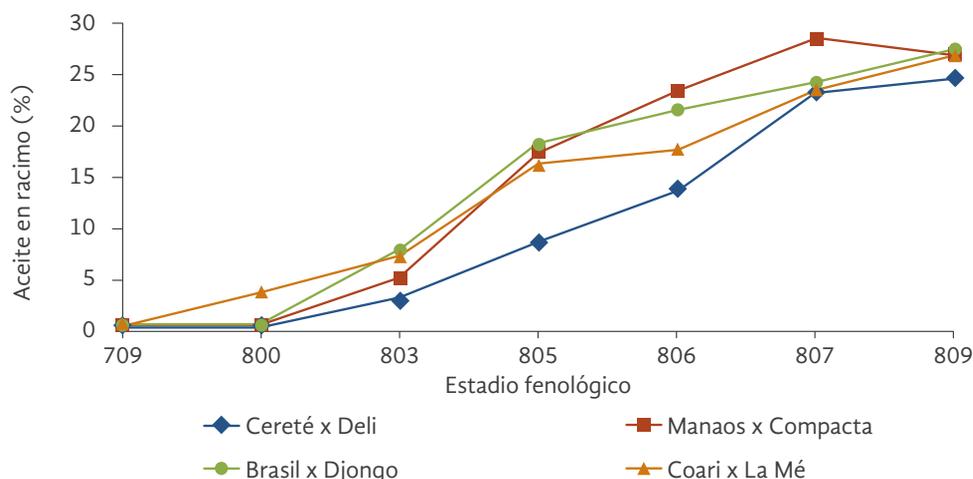


Figura 9. Acumulación de aceite en el racimo en diferentes estadios fenológicos de maduración de los híbridos interespecíficos OxG. Las inflorescencias en estadio fenológico 607 fueron polinizadas con una mezcla de polen:talco, y los racimos fueron cosechados en cada estadio fenológico, según la escala desarrollada por Cenipalma (Caicedo-Zambrano *et al.*, 2020; Hormaza *et al.*, 2012)



¿Cuál es la realidad hoy?

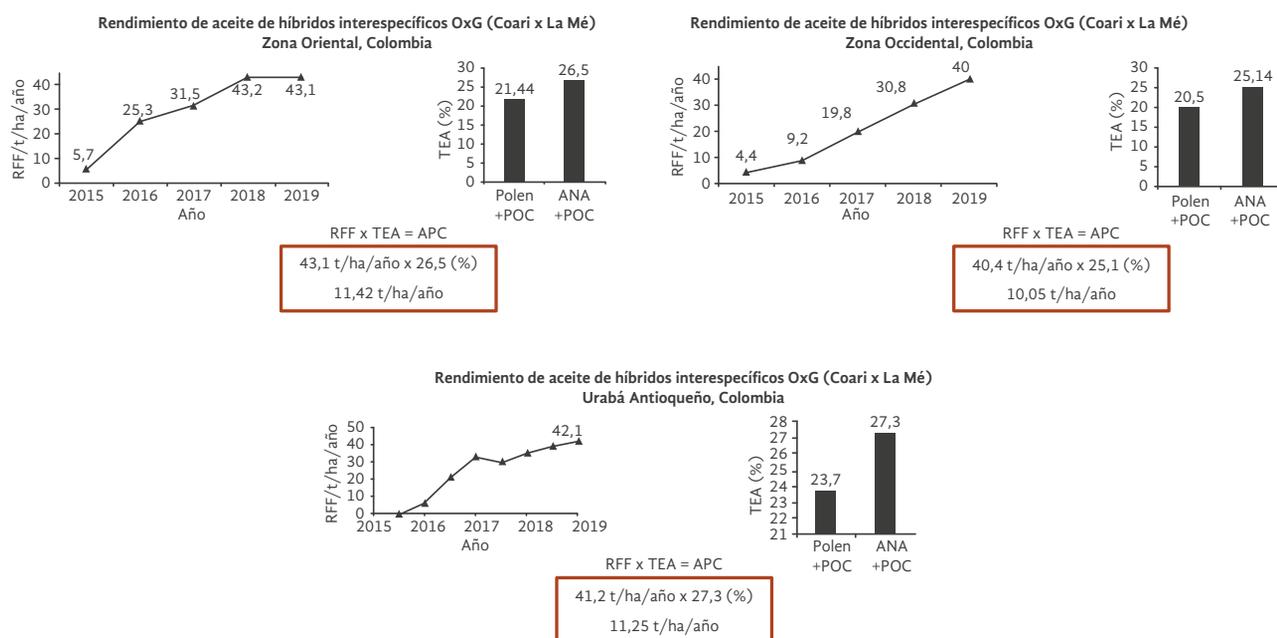
Cenipalma ha desarrollado numerosas investigaciones que, junto con los avances logrados por plantaciones, han mejorado la competitividad de los híbridos interespecíficos OxG. Los desarrollos en el control de plagas y enfermedades, así como en el manejo del agua y la nutrición han disminuido las limitantes más importantes para alcanzar buenos rendimientos de frutos. Así mismo, la identificación del punto óptimo de cosecha para cada uno de los híbridos y la implementación de la tecnología ANA (polinización artificial) han posibilitado rendimientos de aceite no vistos antes. De esta manera, en las diferentes zonas en las que se siembran los híbridos interespecíficos OxG se están logrando producciones de 40 y más toneladas de fruto, que junto con tasas de extracción (en planta, comerciales) de más del 25 % han llevado a cultivos que hoy producen más de 10 toneladas de aceite por

hectárea por año (Figura 10). Por ello, sin incrementar la zona plantada en el mundo con palma de aceite, el uso de los híbridos interespecíficos OxG, junto con las buenas prácticas agronómicas, la implementación del punto óptimo de cosecha y las aplicaciones de ANA, puede suplir las demandas de aceites y grasas del planeta.

Agradecimientos

A los investigadores y tecnólogos de los programas de Biología y Mejoramiento, Plagas y Enfermedades, Procesamiento, Agronomía, Validación y Extensión de Cenipalma. A la Coordinación Fitosanitaria de Cenipalma. A los comités y subcomités agronómicos y de plantas de beneficio. A las empresas palmicultoras y a los pequeños y medianos cultivadores. La investigación de Cenipalma es financiada por el Fondo de Fomento Palmero, administrado por Fedepalma.

Figura 10. Producción de aceite de híbridos interespecíficos OxG en plantaciones de las diferentes zonas palmeras de Colombia. Para lograr las altas producciones de aceite se implementaron las mejores prácticas agronómicas, la cosecha bajo criterios del punto óptimo de cosecha y la aplicación de ANA



Referencias

- 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* (HBK) Cortés) accessions. *Tree Genetics & Genomes*, 11(6), 122.
- Ávila-Diazgranados, R. A., Daza, E. S., Navia, E. & Romero, H. M. (2016). Response of Various Oil Palm Materials (*Elaeis guineensis* and *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* interspecific hybrids) to Bud Rot Disease in the Southwestern Oil Palm-growing Area of Colombia. *Agronomía Colombiana*, 34(1), 74-81. Recuperado de <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v34n1.53760>
- Ávila-Méndez, K., Ávila-Diazgranados, R., Pardo, A., Herrera, M., Sarria, G. & Romero, H. M. (2019). Response of *in vitro* Obtained Oil Palm and Interspecific OxG Hybrids to Inoculation with *Phytophthora palmivora*. *Forest Pathology*, 49(2), e12486.
- Benítez, E. & García, C. (2015). The History of Research on Oil Palm Bud Rot (*Elaeis guineensis* Jacq.) in Colombia. *Agronomía Colombiana*, 32(3), 390-398. Recuperado de <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v32n3.46240>
- Caicedo-Zambrano, A., Millan-Orozco, E., Ruiz-Romero, R. & Romero, H. M. (2020). *Criterios de cosecha en cultivares híbrido: características que evalúan el punto óptimo de cosecha en palma de aceite* (Segunda Edición).
- Corley, R. H. V. & Tinker, P. B. (2016). *The Oil Palm* (Quinta Edición). Wiley Blackwell.
- Daza, E., Ayala-Díaz, I., Ruiz-Romero, R. & Romero, H. M. (2020). Effect of the Application of Plant Hormones on the Formation of Parthenocarpic Fruits and Oil Production in Oil Palm Interspecific Hybrids (*Elaeis oleifera* Cortés x *Elaeis guineensis* Jacq.). *Plant Production Science*, 1-9. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/1343943X.2020.1862681>
- Fedepalma. (2020). *Statistical Yearbook 2019*. Federación Colombiana de Cultivadores de Palma de Aceite.
- Forero, D. C., Hormaza, P. A., Moreno, L. P. & Ruíz, R. (2012). *Generalidades sobre la morfología y fenología de la palma de aceite*.
- Guataquira, S., Mesa-Fuquen, E., Ruíz-Romero, R. & Romero-Angulo, H. M. (2019). Evaluación de la viabilidad y germinabilidad del polen durante la labor de polinización asistida en campo. *Revista Palmas*, 40(1), 13-20.
- Hardon, J. J. (1969). Interspecific Hybrids in the Genus *Elaeis* II. Vegetative Growth and Yield of F1 Hybrids *E. guineensis* x *E. oleifera*. *Euphytica*, 18, 380-388. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/BF00397785>

- Hormaza, P., Fuquen, E. M. & Romero, H. M. (2012). Phenology of the Oil Palm Interspecific Hybrid *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*. *Scientia Agricola*, 69(4), 275-280. Recuperado de <https://doi.org/10.1590/S0103-90162012000400007>
- Hurtado, J. & Ramos, G. (1970). Estudio de la palmera Nolí (*Elaeis melanococca* Gaert.) y preliminares de su fitomejoramiento en Colombia. *Acta Agronómica*, 20(1, 2), 9-23.
- Meléndez, M. R. & Ponce, W. P. (2016). Pollination in the Oil Palms *Elaeis guineensis*, *E. oleifera* and their Hybrids (OxG), in Tropical America. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 46(1), 102-110. Recuperado de <https://doi.org/10.1590/1983-40632016v4638196>
- Mosquera-Montoya, M., López-Alfonso, D., Ruiz-Álvarez, E., Valderrama-Villanobona, M. & Luis, E. (2019). Mano de obra en cultivos de palma aceitera de Colombia: participación en el costo de producción y demanda. *Revista Palmas*, 40(1), 46-53.
- Mosquera-Montoya, M., Ruiz, E., Munévar-Martínez, D. E., Castro, L., Moreno, L. P. & López-Alfonso, D. F. (2020). Oil Palm Agroindustry 2019 Production Costs: a Benchmarking Study among Companies that Have Adopted Good Practices *Revista Palmas*, 41(4), 4-14.
- Rincon, S. M., Hormaza, P. A., Moreno, L. P., Prada, F., Portillo, D. J., García, J. A. & Romero, H. M. (2013). Use of Phenological Stages of the Fruits and Physicochemical Characteristics of the Oil to Determine the Optimal Harvest Time of Oil Palm Interspecific OxG Hybrid Fruits. *Industrial Crops and Products*, 49, 204-210.
- Romero, H. M., Daza, E., Ayala-Díaz, I. & Ruiz-Romero, R. (2021). High-Oleic Palm Oil (HOPO) Production from Parthenocarpic Fruits in Oil Palm Interspecific Hybrids Using Naphthalene Acetic Acid. *Agronomy*, 11(2), 290. Recuperado de <https://doi.org/10.3390/agronomy11020290>
- Sundram, S. & Intan-Nur, A. M. A. (2017). South American Bud Rot: A Biosecurity Threat to South East Asian Oil Palm. *Crop Protection*, 101, 58-67. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.07.010>
- Torres, G., Sarria, G., Martínez, G., Varón, F., Drenth, A. & Guest, D. (2016). Bud Rot Caused by *Phytophthora palmivora*: A Destructive Emerging Disease of Oil Palm. *Phytopathology*, 106(4), 320-329. Recuperado de <https://doi.org/10.1094/PHYTO-09-15-0243-RVW>
- Woittiez, L. S., van Wijk, M. T., Slingerland, M., van Noordwijk, M. & Giller, K. E. (2017). Yield Gaps in Oil Palm: A Quantitative Review of Contributing Factors. *European Journal of Agronomy*, 83, 57-77.