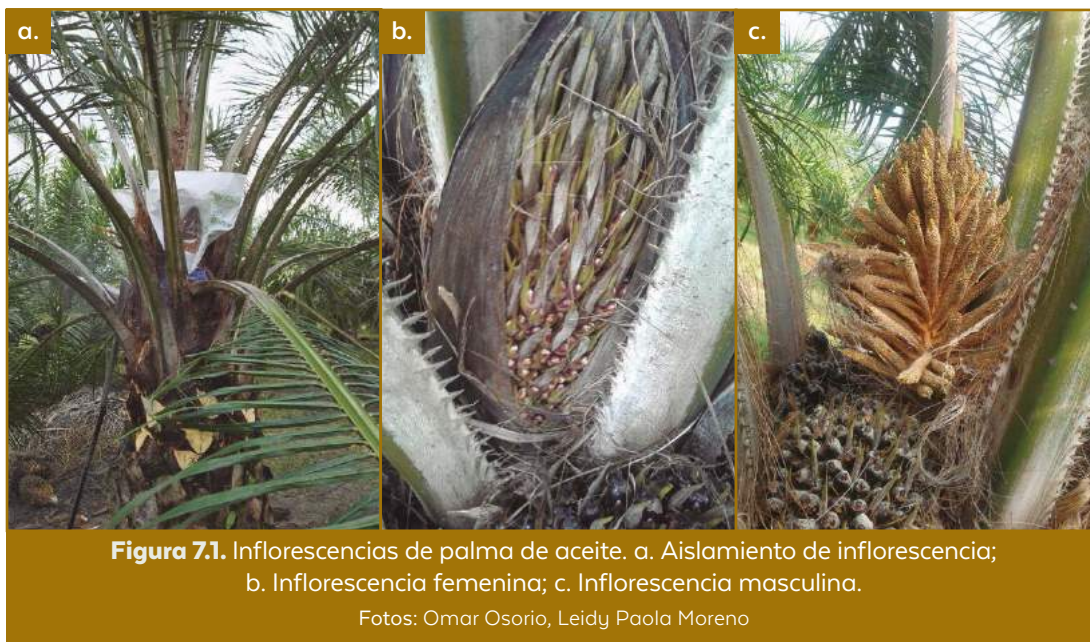


■ Capítulo 7

Palinología de las palmas de aceite africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) y americana (*Elaeis oleifera* [Kunth] Cortés)

Vanessa Rendón C., Clara Inés Medina C., Mario Lobo A.,
Silvio Bastidas P., Ramiro Fonnegra G.

La palma de aceite es un cultivo de polinización cruzada. Es una especie monoica, con flores masculinas y femeninas que se producen alternativamente en la misma planta (figura 7.1) (Corley & Tinker, 2003; Fedepalma, 2006; Ho et al., 2016; Sambanthamurthi et al., 2009). La polinización de las palmas en la mayoría de los casos es entomófila (Labarca & Narváez, 2009). Son polinizadas por insectos, pero el viento adquiere un papel preponderante cuando las plantas crecen (Syed, 1979, citado por Bulgarellil et al., 2002; Setiawati et al., 2018; Teo, 2015). La anterior afirmación se basa en características como los colores de las superficies internas de las brácteas y las flores de olor anisado. Algunos investigadores consideran que el polen de *Elaeis oleifera* es de mal olor (Ngando-Ebongue et al., 2012), mientras que otros reportan que varias especies de palma emiten flores fuertemente perfumadas, que son polinizadas por escarabajos (Ervik et al., 1999).



Una buena producción de los cultivos requiere una polinización efectiva para la formación de frutos y sus semillas. En un racimo normal, se espera que alrededor de 60 % de los frutos sean fértiles (flores que fueron polinizadas); el resto son partenocárpico (frutos atrofiados, sin desarrollo) (Bulgarellil et al., 2002). En la palma americana y en los híbridos interespecíficos $O \times G$ se presentan porcentajes de partenocarpia superiores a 60 % (Corley & Tinker, 2003; Hormaza & Romero, 2012; Moura et al., 2008; Pinto et al., 2019).

La polinización asistida se utiliza para incrementar los rendimientos en plantas jóvenes (Hartley, 1988) y para desarrollar los frutos en los híbridos $O \times G$, los cuales tienen alto grado de esterilidad femenina y masculina (Bastidas et al., 2007; Baudouin al., 1984; Forster et al., 2017; Rosero et al., 2017; Ruiz et al., 2015). Esta rutina consiste en la aspersion de polen sobre las inflorescencias femeninas receptoras (antes del estadio 607, escala fenológica BBCH) (Hormaza & Romero, 2012), con lo cual se obtiene una óptima fecundación y se incrementa la productividad en los primeros años de cosecha (Jácome, 2015). Lo anterior indica que toda la información que se desarrolle sobre el grano de polen (viabilidad, crecimiento del tubo polínico, forma de almacenarlo, entre otros datos) es indispensable para el procedimiento de fecundación de los óvulos (Abdelgadir et al., 2012). Al respecto, cabe anotar

que la polinización no solo se ha llevado a cabo a nivel intraespecífico en la palma africana (*E. guineensis*), sino también en el nivel interespecífico, en los híbridos *Elaeis oleifera* × *E. guineensis*.

Determinar la morfología polínica de las especies *Elaeis guineensis* y *Elaeis oleifera*

Para describir la forma de los granos de polen de ambas especies, se aplicó la técnica de acetólisis de Erdtman (Fonnegra, 1989). Consiste en una hidrólisis ácida del material polínico, con la cual se degrada la intina y el protoplasma del grano de polen y solo permanece la pared externa de esporopolenina. Con la técnica, la pared se vuelve transparente y permite el paso de la luz, lo que facilita la observación de los detalles de estructura y morfología para posterior descripción (Fonnegra, 1989).

Las mediciones se llevaron a cabo a los dos días de ejecutada la técnica, en un microscopio con aumento de 100x, con aceite de inmersión. Para medir los caracteres morfológicos al azar se tomaron al menos 25 granos de polen, en tres placas, a fin de lograr uniformidad en la muestra. La especie *Elaeis guineensis* (Dura) (figura 7.2) presentó las siguientes características:

- *Unidad polínica*: mónada.
- *Tamaño*: mediano (37,8-45,9), $\bar{x} = 41,9 \mu\text{m}$.
- *Simetría*: radial.
- *Forma*: triangular, cóncava.
- *Aberturas*: tricótomos, sulcados; sulcos con $\bar{x} = 56,4 \mu\text{m}$ de longitud × $7,2 \mu\text{m}$ de ancho.
- *Exina*: microrreticulada, retículos nítidos solo con objetivo de inmersión; exina total: $\bar{x} = 5,6 \mu\text{m}$; nexina: $\bar{x} = 1,5 \mu\text{m}$; sexina: $\bar{x} = 4,3 \mu\text{m}$ incluido el tectum; tectum: $\bar{x} = 1,4 \mu\text{m}$ de grosor; sexima: semitectada; más nexina que tectum.



Figura 7.2. Forma de los granos de polen *Elaeis guineensis* (Dura).

Foto: Karen Lorena Ballestas

Los granos de polen evaluados de la especie *E. oleifera* (nolí) presentan dos tipos de formas en proporciones relativamente iguales. La primera de ellas tiene las siguientes características (figura 7.3a):

- *Unidad polínica:* mónada.
- *Forma:* dimórfica, con aproximadamente la mitad de los granos rectangulares, prolatos, $P/E = 1,47$.

- *Tamaño*: mediano, $\bar{x} = 47,6$ (44,2-50,8) μm de eje polar \times 32,3 (27,3-35,6) μm de diámetro ecuatorial.
- *Polaridad*: isopolar, polos obtusos.
- *Aberturas*: trisulcadas, sin margen, sonoaperturadas, $\bar{x} = 97,7$ μm de longitud \times 17,2 μm de ancho.
- *Exina*: $\bar{x} = 6,1$ μm de grosor; *téctum*: $\bar{x} = 1,8$ μm ; *sexina*: $\bar{x} = 4,6$ μm ; *nexina*: $\bar{x} = 1,6$ μm .

Las características de aproximadamente la otra mitad de granos de polen de la especie *E. oleifera* evidenciaron las siguientes características (figura 7.3b):

- *Forma*: triangulares, prolatos, $P/E = 1,62$.
- *Tamaño*: mediano (42,5), $\bar{x} = 47,6$ (42,5-54,3) μm de polo a polo.
- *Polaridad*: heteropolar, un polo es más ancho, $\bar{x} = 37,7$ μm , y el otro polo es más estrecho, $\bar{x} = 24,4$ μm .
- *Diámetro ecuatorial*: $\bar{x} = 29,3$ μm .
- *Aberturas*: disulcadas, $\bar{x} = 98,8$ μm de longitud \times 18,1 μm de ancho.
- *Exina*: $\bar{x} = 5,9$ μm de grosor, microrreticulada en ambas formas, con retículos visibles solo con objetivo de inmersión, aunque no son muy nítidos; *téctum*: $\bar{x} = 1,3$ μm ; *sexina*: $\bar{x} = 4,47$ μm ; *nexina*: $\bar{x} = 1,5$ μm .
- *Simetría*: bilateral.



Figura 7.3. Granos de polen de palma nolí (*Elaeis oleifera*). a. Isopolar; b. Heteropolar.

Foto: Karen Lorena Ballestas

Medios para evaluar la viabilidad del polen de la palma de aceite

Existen diferentes técnicas o métodos para valorar la viabilidad y fertilidad del polen; son *in vitro* e *in vivo*. Entre los más utilizados están la tinción con colorantes y la germinación en medios artificiales.

Germinación de polen de *Elaeis guineensis* y *Elaeis oleifera*

La viabilidad y germinabilidad del grano de polen determinan el porcentaje de cuajado de frutos. Un grano de polen puede ser viable, pero también puede no tener la capacidad de germinar por diferentes factores (genéticos, fisiológicos, ambientales). Estas dos características reflejan el rendimiento del cultivo. La capacidad del polen de germinar y crecer a menudo se denomina “viabilidad”, y una alta viabilidad se refleja en un mayor porcentaje de cuajado de frutos y, en última instancia, en un alto rendimiento (Myint et al., 2012). La germinación del grano de polen es un método utilizado para medir la viabilidad del polen fresco o almacenado. Además, la capacidad de fertilización de los granos depende tanto de la germinación como del crecimiento del tubo polínico (Gwata et al., 2003).

Se evaluó la viabilidad del polen mediante germinación en un medio artificial compuesto por 1 % de agar y suplementado con diferentes concentraciones de sacarosa, nitrato de calcio ($\text{Ca} [\text{NO}_3]_2$) y ácido bórico (H_3BO_3) (Tuinstra & Wedel, 2000; Zeng-Yu et al., 2004). La evaluación se llevó a cabo después de la siembra en cajas de Petri e incubación a 35 °C durante dos horas. La germinación fue cuantificada en porcentaje, con la ayuda de un estereoscopio. El polen germinado (figura 7.4) se midió mediante conteo del número total de granos y del número de germinados, en tres campos del estereoscopio, obtenidos al azar en cada caja de Petri. El polen se consideró germinado cuando el largo del tubo polínico fue mayor que el diámetro del grano, de acuerdo con el criterio propuesto por Kakani (2002).

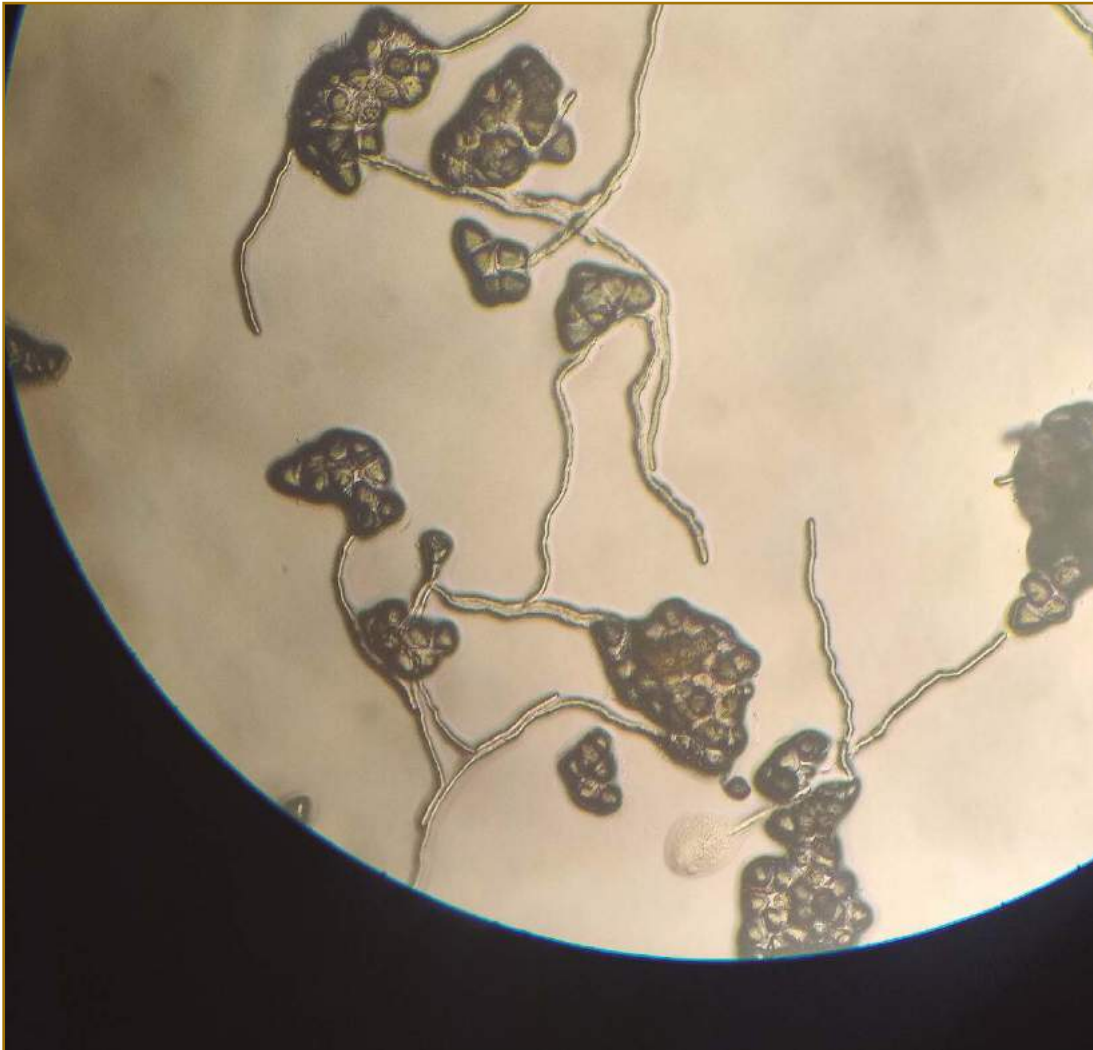


Figura 7.4. Granos de polen germinados en un medio con agar al 1 % y diferentes concentraciones de sacarosa, nitrato de calcio ($\text{Ca}[\text{NO}_3]_2$) y ácido bórico (H_3BO_3).

Foto: Leidy Paola Moreno Caicedo

Como ocurre con otras especies, el polen de las dos palmas no es fotosensible (Tuinstra & Wedel, 2000; Zeng-Yu et al., 2004). En los seis medios evaluados (tabla 7.1), se encontró que el polen de *E. oleifera* es sensible a concentraciones de ácido bórico superiores a $0,64 \mu\text{mol/L}$, y que el de *E. guineensis* no germina con la dosis más alta de nitrato de calcio ($1,27 \mu\text{mol/L}$) y con la más baja de ácido bórico ($0,64 \mu\text{mol/L}$). En cambio, con estas dosis se logró la segunda germinación total de *E. oleifera* (tabla 7.1).

Además, la germinación se redujo con altas concentraciones de sacarosa (datos no presentados), y este patrón fue consistente con los resultados obtenidos con el polen de otras especies (Tuinstra & Wedel, 2000; Zeng-Yu et al., 2004).

Tabla 7.1. Porcentaje de germinación del polen de *E. guineensis* y *E. oleifera* en seis medios de crecimiento, con variación de dos de sus componentes y porcentajes de germinación para las especies

Medio	Concentraciones			Germinación <i>E. guineensis</i> (%)	Germinación <i>E. oleifera</i> (%)
	Ca(NO ₃) ₂ (nitrato de calcio)	H ₃ BO ₃ (ácido bórico)	Sacarosa		
1	0,63 µmol/L	0,64 µmol/L	0,7 mol/L	79,30a	75,73a
2	0,63 µmol/L	1,28 µmol/L	0,7 mol/L	80,56a	57,11c
3	0,63 µmol/L	2,56 µmol/L	0,7 mol/L	80,06a	58,61c
4	0,63 µmol/L	5,12 µmol/L	0,7 mol/L	84,20a	—
5	1,27 µmol/L	0,64 µmol/L	0,7 mol/L	—	66,33b
6	1,27 µmol/L	1,28 µmol/L	0,7 mol/L	77,28a	56,88c

Nota: Entre promedios marcados con la misma letra no hay diferencias estadísticas significativas en cada variable (prueba de comparación de medias de Duncan).

Fuente: Elaboración propia

Para evaluar la interacción del genotipo con el medio de germinación se seleccionaron cuatro materiales de *E. guineensis* (uno Ténera y tres Dura) y uno de *E. oleifera*. En los genotipos Dura y Ténera no se detectaron diferencias entre tratamientos. La germinación del polen de dos genotipos tipo Dura fue de 60,2 y 79,8%, mientras que la del tercer genotipo Dura varió entre 38,71 y 63,78%. Por su parte, el genotipo Ténera exhibió una germinación de 13,1 a 26,5%, considerada baja para este tipo de material.

El polen evaluado de la palma nolí (*E. oleifera*) exhibió germinaciones entre 38,21 y 51,39% en los tratamientos uno a seis, mientras que en el testigo, con agua y agar, fue de 27,01%. Estos porcentajes de germinación son inferiores al 94% del tipo Taisha de la especie *E. oleifera* reportado en la plantación Palmar del Río, Ecuador (Mantilla, 2015).

Medición de la viabilidad del polen, evaluada con sal de tetrazolium y sacarosa

Para la preparación de la solución de tetrazolium se siguieron los procedimientos recomendados por Ista (1999). Cada genotipo se evaluó en una concentración de tetrazolium al 1 y 2% y con sacarosa al 5% (Kubilay & Sinan, 1999; Vara Prasad et al., 2006; Zeng-Yu et al., 2004). En un vial se dispusieron 0,25 mL de la solución de tetrazolium y 0,25 mL de la solución de sacarosa al 5%; posteriormente, se depositó el polen, el cual se mantuvo a una temperatura de 35 °C durante dos horas. Se consideró viable cuando el grano se teñía de rojo-púrpura (Zeng-Yu et al., 2004). El porcentaje de viabilidad del polen teñido fue estimado como porcentaje del polen total (Prasad et al., 2006).

De los tratamientos aplicados, el único en el que se lograron respuestas de tinción fue el de la solución de tetrazolium al 2% y sacarosa al 5%, lo cual fue reportado previamente por Zeng-Yu et al. (2004). Al aplicar este tratamiento a genotipos evaluados, se detectaron porcentajes de viabilidad de 34,27, 25,79 y 17,22% en el polen de los tres tipos Dura, y de 19,30% en el tipo Ténera. En los granos de polen de la palma nolí, el porcentaje de viabilidad se consideró extremadamente bajo, de 3,43%, en especial si se compara con la viabilidad obtenida en Costa Rica en palmas de las especies *E. guineensis* y *E. oleifera*, con 61,8% y 66,9% respectivamente (Alvarado et al., 1998).

Referencias

- Abdelgadir, H. A., Johnson, S. D., & Van Staden, J. (2012). Pollen viability, pollen germination and pollen tube growth in the biofuel seed crop *Jatropha curcas* (Euphorbiaceae). *South African Journal of Botany*, 79, 132-139. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2011.10.005>
- Alvarado, A., Bulgarelli, J., & Moya, B. (1998). Germinación del polen en poblaciones derivadas de un híbrido entre *Elaeis guineensis* Jacq. y *E. oleifera* H. B. K., Cortés. *ASD Oil Palm Papers*, 20, 35-36.
- 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

- Baudouin, L., Schwendiman, J., De Reffye, P., & Pallares, P. (1984). Principes de l'analyse de la fertilité femelle chez l'hybride F1 de palmier à huile *Elaeis melanococca* × *Elaeis guineensis* et chez les espèces parentales: modèle probabiliste et interprétation biologique. *Agronomie*, 4(9), 861-869. <https://doi.org/10.1051/agro:19840908>
- Bulgarellil, J., Chinchilla, C., & Rodríguez, R. (2002). Inflorescencias masculinas, población de *Elaeidobious kamerunicus* (Curculionidae) y calidad de la polinización en una plantación comercial joven de palma aceitera en Costa Rica. *ASD Oil Palm Papers*, 24, 38-41.
- Corley, R. H. V., & Tinker, P. B. (2003). *The oil palm*. Blackwell Science. <https://doi.org/10.1002/9780470750971>
- Ervik, F., Tollsten, L., & Knudsen, J. T. (1999). Floral scent chemistry and pollination ecology in phytelephantoid palms (Arecaceae). *Plant Systematics and Evolution*, 217, 279-297. <https://doi.org/10.1007/BF00984371>
- Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite [Fedepalma]. (2006). *La agroindustria de la palma de aceite en Colombia* (2.ª Ed.).
- Fonnegra, R. (1989). *Introducción a la palinología*. Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
- 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. S. (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
- Gwata, E. T., Wofford, D. S., Pfahler, P.L., & Boote, K. J. (2003). Pollen morphology and *in vitro* germination characteristics of nodulating and nonnodulating soybean (*Glycine max*L.) genotype. *Theoretical Applied Genetics*, 106, 837-839. <https://doi.org/10.1007/s00122-002-1097-8>
- Hartley, C. (1988). *The oil palm*. Editorial Longman.
- Ho, H., Low, J. Z., Gudimella, R., Tammi, M. T., & Harikrishna, J. A. (2016). Expression patterns of inflorescence- and sex-specific transcripts in male and female inflorescences of African oil palm (*Elaeis guineensis*). *Annals of Applied Biology*, 168(2), 274-289. <https://doi.org/10.1111/aab.12263>

- Hormaza, M. P. A., & Romero, A. H. M. (2012). Escala BBCH para la descripción del desarrollo reproductivo del híbrido O × G. En H. M. Romero Angulo (ed.), *Generalidades sobre la morfología y fenología de la palma de aceite* (pp. 105-120). Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma). <https://repositorio.fedepalma.org/bitstream/handle/123456789/107644/Generalidades%20sobre%20la%20morfolog%C3%ADa%20y%20fenolog%C3%ADa%20de%20la%20palma%20de%20aceite.pdf?sequence=1>
- Ista. (1999). *Reglas internacionales para ensayos de semillas: ensayo topográfico al tetrazolio*. Secretaría de Estado de Agricultura y Ganadería de España.
- Jácome, M. (2015). *Cuantificar la polinización asistida en el híbrido interespecífico O × G (Elaeis oleifera × Elaeis guineensis) palma de aceite, en la plantación Salamanca Oleaginosas S. A., Tumaco, departamento de Nariño* [Tesis de grado, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño]. <http://sired.udenar.edu.co/id/eprint/434>
- Kakani, V. G., Prasad, P. V. V., Craufurd, P. Q., & Wheeler, T. R. (2002). Response of *in vitro* pollen germination and pollen tube growth of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) genotypes to temperature. *Plant, Cell and Environment*, 25(12), 1651-1661. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2002.00943.x>
- Kubílaj, D., & Sinan, E. (1999). Determination of pollen quality, quantity and effect of cross pollination on the fruit set and quality in the pomegranate. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 25, 169-173. <https://journals.tubitak.gov.tr/cgi/viewcontent.cgi?article=2333&context=agriculture>
- Labarca, M., & Narváez, Z. (2009). Identificación y fluctuación poblacional de insectos polinizadores en palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) en el sur del lago de Maracaibo, estado Zulia, Venezuela. *Revista Facultad de Agronomía*, 26(3), 305-324. http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0378-78182009000300001&script=sci_abstract
- Mantilla, E. P. (2015). *Evaluación de viabilidad y compatibilidad de polen de distintos materiales híbridos de palma aceitera (Elaeis oleifera × Elaeis guineensis)* [Trabajo de grado, Universidad de las Américas, Quito]. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/4548>
- Moura, J. I. L., Cividanes, F. J., Santos Filho, L. P., & Valle, R. R. (2008). Polinização do dendezeiro por besouros no sul da Bahia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43(3), 289-294. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000300001>

- Myint, K. A., Rafii, M. Y., Sheikh-Abdullah, S. A., Lwin, M., Mohd Din, A., & Latif, M. A. (2012). Determination of the optimum pollen germination medium for different fruit form of oil palm (*Elaeis guineensis*). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 14(1), 1855-1865.
- Ngando-Ebongue, G. F., Ajambang, W. N., Koona, P., Lalu Firman, B., & Arondel, V. (2012). 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
- Pinto, S. S., Lopes, R., Da Cunha, R. N. V., Santos Filho, L. P., & Moura, J. I. L. (2019). Produção e composição de cachos e incidência do anel vermelho em híbridos interespecíficos de caiaué com dendezeiro no sul da Bahia. *Agrotópica*, 31(1), 5-16. <http://www.abrapalma.org/pt/producao-e-composicao-de-cachos-e-incidencia-do-anel-vermelho-em-hibridos-interespecificos-de-caiaue/>
- Rosero, G., Santacruz, L., Ríos, A., & Carvajal, S. (2017). Influencia del destape de la inflorescencia en la polinización asistida del híbrido O×G. *Revista Palmas*, 38(1), 49-62. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/12044>
- Ruiz, E., Fontanilla, C. A., Mesa, E., Mosquera, M., Molina, D. L., & Rincón, A. (2015). Prácticas de manejo y costos de producción de la palma de aceite híbrido O×G en plantaciones de la zona oriental y suroccidental de Colombia. *Revista Palmas*, 36(4), 11-29. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/11642>
- 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 (ed.), *Breeding plantation tree crops: Tropical species* (pp. 377-421). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-71201-7_11
- Setiawati, U., Sitepu, B., Nur, F., Forster, B. P., & Dery, S. (2018). *Crossing in oil palm: A manual* (Vol. 6). Centre for Agricultural Bioscience International (CABI). <https://doi.org/10.1079/9781786395917.0000>
- Teo, T. M. (2015). Effectiveness of the oil palm pollinating weevil, *Elaeiodobius kamerunicus*, in Malaysia. *Utar Agriculture Science Journal*, 1(4), 41-42. http://eprints.utar.edu.my/1987/1/Effectiveness_of_the_oil_palm_pollinating_weevil%2C_Elaeiodobius_kamerunicus%2C_in_Malaysia_-_T.M._Teo.pdf

- Tuinstra, M. R., & Wedel, J. (2000). Estimation of pollen viability in grain sorghum. *Crop Science*, 40(4), 968-970. <https://doi.org/10.2135/cropsci2000.404968x>
- Vara Prasad, P. V., Boote, K. J., & Hatwell Allen, L. (2006). Adverse high temperature effects on pollen viability, seed-set, seed yield and harvest index of grain-sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) are more severe at elevated carbon dioxide due to higher tissue temperatures. *Agricultural and Forest Meteorology*, 139(3-4), 237-251. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2006.07.003>
- Zeng-Yu, W., Ge, Y., Scott, M., & Spangenberg, G. (2004). Viability and longevity of pollen from transgenic and nontransgenic tall fescue (*Festuca arundinacea*) (Poaceae) plants. *American Journal of Botany*, 91(4), 523-530. <https://doi.org/10.3732/ajb.91.4.523>