

INFLUENCIA DEL PARENTAL MASCULINO SOBRE EL PODER GERMINATIVO DE SEMILLAS DE PALMA ACEITERA

INFLUENCE OF MALE PARENTAL ON GERMINATIVE POWER OF OIL PALM SEEDS

Silvia Madelein Zambrano Marcillo, Mercedes Elizabeth Navarrete Párraga, Martha Alicia Romero Pizarro, Ernesto Paredes Puga, Mayra Lourdes Arguello Villacrés, Silvana Rosario Defaz Fierro, Dígner Santiago Ortega Cedillo

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Santo Domingo, Km 38 vía Santo Domingo – Quinindé

Email: silvia.zambrano@iniap.gob.ec

Información del artículo

Tipo de artículo:
Artículo original

Recibido:
01/04/2024

Aceptado:
13/08/2024

Licencia:
CC BY-NC-SA 4.0

Revista
ESPAMCIENCIA
15(2):1-6

DOI:
https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v15i2.384

Resumen

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), utiliza parentales femeninos (Dura - Deli) y masculinos (Pisífera) de diferentes procedencias para obtener el híbrido INIAP - Tenera, de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq). Con el objetivo de evaluar la influencia del parental masculino sobre la germinación de las semillas de palma aceitera africana, se llevaron al proceso de germinación semillas de 20 racimos procedentes del cruzamiento de 10 plantas Duras con polen de dos plantas Pisíferas. En el proceso de germinación, las semillas fueron sometidas ocho días en imbibición 1; 80 días en calentamiento; 24 horas en secamiento; cuatro días en imbibición 2 y seis horas en secamiento. Se evaluaron 100 semillas por tratamiento y por repetición, usando el diseño completamente aleatorizado, asistido por la prueba de Tukey al 5%. Los resultados mostraron que las semillas provenientes de las plantas duras D1, D8 y D9 cruzadas con el parental masculino P1 alcanzaron mayor porcentaje de germinación óptima y diferencias estadísticas con respecto a las semillas provenientes de las mismas plantas Duras cruzadas con la Pisífera P2; de las 10 progenitoras Duras estudiadas, siete de ellas (D1, D3, D4, D5, D8, D9, D10) al cruzarse con la Pisífera P1 obtuvo germinación óptima promedio superior al 50 %; en cambio solo dos de las duras (D3 y D5) evaluadas y cruzadas con la Pisífera P2 lograron germinación óptima igual o superior al 50 %. Demostrándose que la germinación de semillas Tenera (Dura x Pisífera) de palma aceitera Africana guarda alta relación con el progenitor masculino utilizado.

Palabras clave: Constitución genética, viabilidad, parental masculino, poder germinativo, híbrido

Abstract

The National Institute of Agricultural Research (INIAP) uses female parentals (Dura - Deli) and male parentals (Pisifera) from different origins to obtain the hybrid INIAP - Tenera of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq). The objective was to evaluate the influence of the male parental on the germination of African oil palm seeds. Seeds from 20 bunches, resulting from the crossing of 10 Dura plants with pollen from two Pisifera plants, were subjected to the germination process. The process involved eight days of imbibition 1, 80 days of heating, 24 hours of drying, four days of imbibition 2, and six hours of drying. One hundred seeds per treatment and per repetition were evaluated using a completely randomized design, assisted by Tukey's test at 5%. The results showed that seeds from Dura plants D1, D8, and D9 crossed with the male parental P1 achieved a higher percentage of optimal germination and statistical differences compared to seeds from the same Dura plants crossed with Pisifera P2. Of the 10 Dura progenitors studied, seven (D1, D3, D4, D5, D8, D9, D10) crossed with Pisifera P1 achieved an average optimal germination rate above 50%, while only two of the Dura plants (D3 and D5) evaluated and crossed with Pisifera P2 achieved an optimal germination rate equal to or above 50%. This demonstrated that the germination of Tenera seeds (Dura x Pisifera) of African oil palm is highly related to the male parental use.

Keywords: Genetic constitution, viability, male parental, germinative power, hybrid.

INTRODUCCIÓN

El principal material de siembra comercial de palma aceitera –*Elaeis guineensis* Jacq.– a nivel mundial, es el híbrido tenera proveniente del cruce, entre materiales de tipo Dura x tipo Pisífera (Rajanaidu, 2017); generalmente las madres utilizadas en esta especie para el mejoramiento genético provienen de palmas Deli Dura, derivadas de cuatro plantas sembradas en Bogor en 1848, en Java, Indonesia; siendo que el material masculino en esta especie se limita a unas pocas plantas y los productores de semillas utilizan principalmente polen de Avros, Lamé, Yangambi y Camerún (Rajanaidu et al., 1998).

La palma aceitera se reproduce sexualmente por semillas y para la producción comercial de semillas de palma africana Tenera se realizan cruzamientos dirigidos para evitar variabilidad en la progenie (Vegas et al., 2019). El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias –INIAP–, desde el año 1967 comercializa semillas Tenera, predominando las características de Dura Deli en las madres utilizadas, para la producción del híbrido INIAP–Tenera. El INIAP dispone de un banco de germoplasma de palma africana de donde se seleccionan los parentales de acuerdo a la evaluación por más de 15 años de caracteres cuantitativos y cualitativos deseables (Maldonado, 2003).

La semilla de palma aceitera está conformada por endocarpio, endospermo y embrión y posee un ovario tricarpelar con tres poros germinales, pero generalmente abortan dos de los tres óvulos que tiene; sin embargo, cuando no lo hace se da origen a plantas dobles o triples (Corley y Tinker, 2016); Ellis et al. (1991) clasificaron a la semilla de palma aceitera como categoría intermedia entre ortodoxa y recalcitrante debido a que cuando estas se almacenan a temperaturas entre 0 y -20°C disminuyen su viabilidad; aunque, con bajo contenido de humedad conservan la viabilidad.

La semilla de palma aceitera cuando se cosecha se encuentra en latencia, presentando a nivel comercial dificultades para su germinación (Herrera et al., 1998), y para el proceso de germinación comercial ocurra, se utiliza el método de calor seco, esto es, sometiendo las semillas a dos inmersiones o remojos y a 80 días de calentamiento a temperaturas entre 38 y 40°C, teniendo este método como ventaja que la humedad no es un factor crítico para la germinación (Corley & Tinker, 2016). Fondom et al. (2010) demostraron que las semillas de palma con un calentamiento de 60 días a temperaturas entre 37 y 39°C pueden llegar al máximo de germinación, concordando con Hussey (1958) que indica que con tratamiento térmico continuo entre 38 y 40°C se puede lograr una germinación del 50% en pocos meses.

El calentamiento en el proceso de germinación de semillas de palma aceitera es usado para debilitar el

opérculo y así dar inicio a la germinación; sin embargo, la inmersión, el secado, la pulverización periódica de las semillas con agua destilada, temperaturas y aireación adecuada son otros factores que influyen en la germinación (Kelanaputra et al., 2018).

El haustorio cumple un papel importante en la germinación de la semilla de Aracaceae ya que se interconecta con el endospermo e induce actividades enzimáticas en él; además sintetiza, enzimas, transfiere metabolitos e involucra rutas metabólicas específicas (Mazzottini et al., 2017). Cui et al. (2020) indican que los avances en el metabolismo de la germinación de las semillas de palma aceitera han sido muy limitados desde la década de los 80, en donde se mostró el papel del haustorio en la germinación y que los estudios futuros deberían centrarse en la genómica funcional de la germinación; mientras que, la metabólica deberá ser usada para resolver el perfil espacial y temporal de metabolitos en los diferentes tejidos de la semilla durante la germinación.

Considerando que el INIAP es el principal productor de semillas germinadas de palma africana en el Ecuador y que cuenta con un número variado de parentales femeninos y masculinos se hace indispensable conocer el efecto combinatorio que tienen estos parentales, siendo el propósito de este estudio determinar la influencia que tiene el parental masculino en la germinación de las semillas de palma africana.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias –INIAP–, Estación Experimental Santo Domingo, en condiciones controladas de temperatura y humedad, los cuartos de calentamiento estuvieron calibrados a temperatura entre 38 a 40°C y humedad entre 35 a 45°C y los cuartos de germinación a temperatura entre 26 a 28°C y con humedad entre 45 a 65%.

Para esta investigación se utilizaron 6000 semillas de palma aceitera –*E. guineensis*– seleccionando al azar 100 semillas de palma por tratamiento y por repetición, en condiciones homogéneas de acuerdo a ISTA (2024), provenientes de 20 progenies –Dura x Pisífera–; estas semillas fueron obtenidas por polinización asistida, cruzando 10 progenitoras femeninas –Dura Deli– con 2 padres –Pisífera– (Cuadro 1), luego de 150 a 180 días de la polinización se cosecharon los racimos los mismos que fueron desgranados –Separación del fruto del raquis–, fermentados en agua por 15 días, y despulpados con la finalidad de obtener la semilla propiamente dicha; las semillas fueron secadas a temperatura ambiente y almacenadas en cuartos fríos con temperaturas entre 18 a 22°C.

Para dar inicio al proceso de germinación todas las semillas fueron sacadas de almacenamiento y llevadas a una

primera imbibición en agua por ocho días, luego secadas a temperatura ambiente por 24 h, para después ser llevadas a calentamiento por 80 días, una vez que salieron del tratamiento térmico fueron colocadas en una segunda imbibición en agua por cuatro días, y secadas a temperatura ambiente por 6 horas para posteriormente ser llevadas a los cuartos de germinación; después de 30 días de permanecer las semillas en cuartos de germinación se empezó la selección de semillas germinadas y las consecuentes evaluaciones lo mismo que se realizó por cinco semanas consecutivas. El ensayo se instaló en el diseño experimental completamente aleatorizado, donde los tratamientos provienen del arreglo factorial A x B, con tres repeticiones y para efectos de comparación de los valores promedios se utilizó la prueba de Tukey al 5%.

Cuadro 1. Descripción de la genealogía de los parentales y descripción de las progenies Dura x Pisífera

| Progenitor femenino (Dura) | Progenitor Masculino (Pisífera) | |
|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | P1 | P2 |
| | 16A.386TNigeria x 13A.183T Angola | 1.2228T Angola. X 1.2224T. Angola |
| D1 | 2.263D x 13A.48T | D1 x P1 |
| D 2 | 3.11.8D x 17A.25T | D2 x P1 |
| | 14.131D x | D3 x P1 |
| D 3 | 16A.323D | |
| D 4 | 14.269D | D4 x P1 |
| | 14.269D x | D5 x P1 |
| D 5 | 16B.206D | |
| D 6 | 14.269D x 2.263D | D6 x P1 |
| D 7 | 14.8D x 13A.273T | D7 x P1 |
| D 8 | 14.8D x 14.537D | D8 x P1 |
| D 9 | 15.64D x 3.11.8D | D9 x P1 |
| | 16B.312D x | D10 x P1 |
| D 10 | 14.131D | |

T= Tenera; D= Dura; P= Pisífera

En cada etapa del proceso de germinación se realizó prueba del contenido de humedad utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{Humedad} = \frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

Variables determinadas:

Germinación total. Cada semana se determinó el número total de semillas germinadas por cada uno de los tratamientos y repetición; al final del ensayo se calculó esta variable utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Germinación total (\%)} = \frac{\text{Total de semillas germinadas}}{\text{Semillas ingresadas al proceso}} \times 100$$

Germinación con estándar óptimo. Para determinar esta variable se consideró a todas aquellas semillas bien conformadas que alcanzaron una longitud mínima de radícula de 1 cm y de plúmula de 0,5 cm a 1 cm. Para esta variable se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Germinación estándar óptimo (\%)} = \frac{\text{Semillas germinadas óptimas}}{\text{Semillas ingresadas al proceso}} \times 100$$

Germinación atípica. La germinación atípica se determinó al momento que se realizó la selección de semillas germinadas óptimas para la siembra; toda semilla germinada que presentaba radícula o plúmula con características no deseables fue considerada atípica. Para calcular esta variable se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Germinación atípica (\%)} = \frac{\text{Semillas germinadas atípicas}}{\text{Total de semillas germinadas}} \times 100$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Germinación total

El análisis de varianza (ADEVA) para la variable germinación total determinó diferencias altamente significativas para los progenitores Duras, Pisíferas y para las combinaciones entre ellas, con coeficiente de variación (CV) de 20,88% (Cuadro 2). En la combinación D x P se evidenció que existe diferencia altamente significativa, para los tratamientos y para el cruce de una misma dura con diferentes Pisíferas, es así que en la figura 1, se observa que cinco de las progenitoras Dura (D2, D4, D8, D9 y D10) cruzados con la Pisífera P1, fueron estadísticamente diferentes al cruzarlas con P2. Además, el 90% de las Duras evaluadas cruzadas con P1 presentaron mayor porcentaje de germinación con relación a cuando se cruzaron con P2. En este mismo contexto Fondom *et al.* (2010) evaluaron semillas de 10 progenies (D x P) de palma africana, con diferentes periodos de calentamiento resultando que solo cuatro de ellas obtuvieron promedios de germinación superiores al 50%.

Cuadro 2. Análisis de varianza para total de semillas germinadas

| FV | GI | SC | CM | F |
|-----------------|-------|-----------|----------|--------|
| Dura | 9 | 16.484,58 | 1831,62 | 13,77 |
| Pisífera | 1 | 11.164,65 | 11164,65 | 83,93 |
| Dura x Pisífera | 9 | 7.293,73 | 810,41 | 6,09** |
| Error | 40 | 5.320,71 | 133,02 | |
| CV (%) | 20,88 | | | |

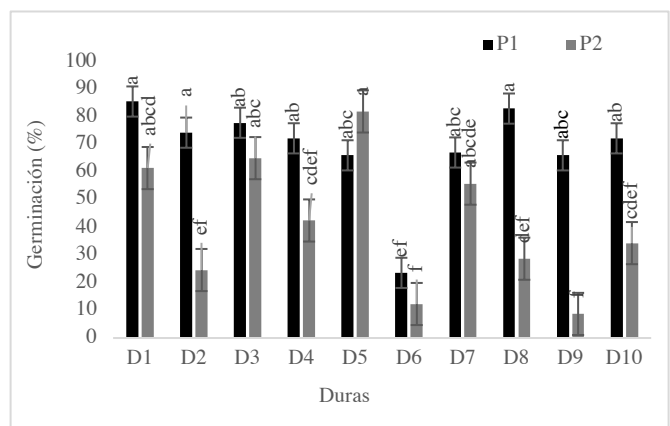


Figura 1. Germinación total de 20 progenies (Dura x Pisífera) y comparación de cada dura cruzada con P1 y P2.

En la figura 2, se muestra que las Duras D5, D1 y D3 lograron el mayor porcentaje de germinación total con valores superiores al 70% y que D5 y D1 son diferentes estadísticamente a D2, D9 y D6. Cuando se compararon los porcentajes de germinación para los padres, resultó que la Pisífera P1 tuvo un promedio de germinación de 68,87% y la Pisífera P2 54%, con diferencia estadística altamente significativa entre ellas (Figura 3).

Germinación con estándar óptimo

El análisis de varianza (ADEVA) para la variable germinación de semillas con estándar óptimo, mostró resultados altamente significativos para la combinación Dura x Pisífera, con un coeficiente de variación de 25,68% (Cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis de varianza para germinación de semillas óptima

| FV | GL | SC | CM | F |
|-----------------|----|-----------|---------|--------|
| Dura | 9 | 15.506,06 | 1722,89 | 14,12 |
| Pisífera | 1 | 8.529,00 | 8456,37 | 69,92 |
| Dura x Pisífera | 9 | 6.157,86 | 684,21 | 5,61** |
| Error | 40 | 4.879,02 | 121,98 | |
| CV(%) | | 25,68 | | |

** Significativos a 1 % de probabilidad por la prueba de F.

La comparación de medias para el factor Dura, mostró cinco rangos de diferencias estadística, alcanzando los códigos D1, D3 y D5 porcentajes de germinación superior al 50% y resultando estadísticamente iguales entre ellos; sin embargo, la Dura D3 con un promedio de germinación óptima de 63,85% fue diferente estadísticamente a las progenies D2, D6, D7 y D9 que tuvieron germinación óptima inferior al 43% (Figura 2) entre los padres también hubo diferencias estadísticas, es así que en la figura 3, se observa que para esta variable el progenitor masculino P1 tuvo un mayor promedio de germinación (41,59%) con relación al progenitor masculino P2 (30,26%).

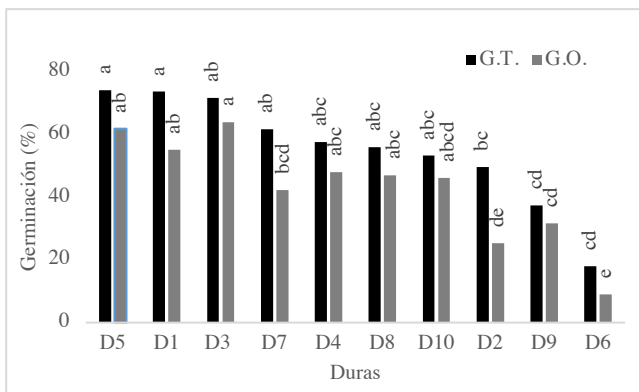


Figura 2. Comparación de medias para germinación total (G.T.) y para germinación óptima (G.O.) de 10 materiales Dura.

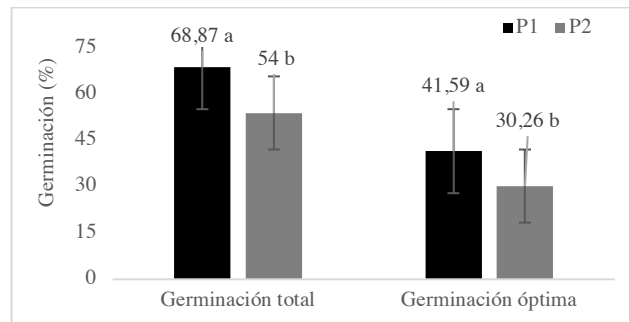


Figura 3. Comparación de medias para germinación total (G.T.) y para germinación óptima (G.O.) de dos materiales Pisífera.

Cuando se realizó la comparación de medias utilizando Tukey al 5% para las progenies D x P, se obtuvo que existían diferencias significativas entre ellos y que los cruzamientos D1 x P1 y D8 x P1 mostraron los mayores porcentajes de semillas germinadas óptimas con 74,36% y 73,33% respectivamente. Al hacer la comparación de cada una de las Duras evaluadas cruzadas con las Pisífera P1 y P2, los resultados mostraron diferencias estadísticas para D1, D8 y D9 al combinarse con las Pisíferas evaluadas, siendo el porcentaje medio de germinación óptima entre D1 x P1 de 74,36% mientras que de D1 x P2 fue de 34,36%; así mismo el porcentaje medio de germinación óptima entre D8 X P1 fue de 73,33% y de esta misma progenitora D8 con P2 fue de 14,87% y la germinación de D9 x P1 fue de 56,41 % mientras que D9 x P2 alcanzó 5,13% de germinación óptima (Cuadro 4). Thawaro y Techato (2010) al estudiar diferentes medios de cultivos y genotipos en palma aceitera concluyeron que la germinación de las semillas en esta especie se ve afectada por los genotipos o combinaciones cruzadas y por el medio de cultivo. Los genotipos influyen en el largo del embrión y la germinación puede atribuirse al creciente potencial del embrión, embriones subdesarrollados presentan dificultad en la germinación (Norsazwan et al., 2016). El crecimiento del embrión en las palmas promueve el desplazamiento del opérculo durante la germinación (Mazzottini et al., 2018).

Además, se observó que 7 (D1, D3, D4, D5, D8, D9, D10) de las 10 Duras evaluadas al cruzarse con la Pisífera P1, tuvieron una germinación óptima superior al 50% y que solo 2 progenitoras femeninas duras (D3 y D5) lograron germinaciones superiores al 50% al cruzarse con P2; el contenido de humedad de las progenies antes del ingreso a cuarto caliente osciló entre 14 y 18% , no encontrándose diferencias estadísticas entre progenies con igual progenitor femenino, pero sí entre las progenies D1 x P1 y D9 x P2 con respecto a D7 x P2 (Cuadro 4). Los resultados de germinación óptima al compararse con la humedad de las semillas corroboran lo expresado por Corley y Tinker (2016) que utilizando el método de calor seco con semilla entre 14 y 21% de humedad se puede lograr germinaciones satisfactorias. Los diferentes genotipos de palma aceitera también influyen en la producción de callos, al realizar cultivo *in vitro* de embriones inmaduros (Sanputawong &

Te-chato, 2008). La diferencia entre las progenies podría atribuirse a su constitución genética (Fondom, 2010). Cervantes et al. (2016) indican que en cruzamientos dialélicos con 5 líneas de maíz, se encontraron diferencias significativas para la germinación entre los genotipos.

Cuadro 4. Comparación de germinación óptima entre 20 progenies (D x P) de palma aceitera

| Duras | Pisíferas | | | |
|-------|-----------------|---|-----------------|---|
| | P1 | | P2 | |
| | Germinación (%) | Humedad de la semilla al ingresar a calentamiento (%) | Germinación (%) | Humedad de la semilla al ingresar a calentamiento (%) |
| D1 | 74,36 a | 18 a | 34,36 bcde | 17 ab |
| D2 | 37,95 bcde | 16 ab | 11,28 e | 16 ab |
| D3 | 67,18 ab | 17 ab | 58,46 abc | 16 ab |
| D4 | 56,92 abc | 16 ab | 36,41 bcde | 17 ab |
| D5 | 54,36 abc | 17 ab | 67,18 ab | 17 ab |
| D6 | 11,79 e | 17 ab | 5,64 e | 15 ab |
| D7 | 47,18 abcd | 15 ab | 37,44 bcde | 14 b |
| D8 | 73,33 a | 17 ab | 14,87 de | 15 ab |
| D9 | 56,41 abc | 17 ab | 5,13 e | 18 a |
| D10 | 60,51 abc | 17 ab | 31,79 cde | 17 ab |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Germinación atípica

Se consideró como germinación atípica, aquellas semillas que no presentaron plúmula o radícula bien desarrollada como semillas con dos raíces, con plúmula hueca entre otras (Kelanaputra et al., 2018). El análisis de varianza (ADEVA), no mostró diferencias significativas para la interacción Dura x Pisífera, sin embargo, se evidenció diferencias altamente significativas entre los materiales Dura y entre los materiales Pisífera (Cuadro 5).

Cuadro 5. Análisis de varianza para germinación de semilla atípica

| FV | GL | SC | CM | F |
|-----------------|----|-----------|---------|--------|
| Dura | 9 | 8.781,72 | 975,75 | 3,51** |
| Pisífera | 1 | 1.867,17 | 1867,17 | 6,72** |
| Dura x Pisífera | 9 | 5.185,42 | 576,16 | 2,07 |
| Error | 40 | 11.122,14 | 278,05 | |

En la figura 4 se observa, que del total de semillas germinadas las progenitoras duras D2 y D6 tuvieron germinaciones atípicas de 47 y 45% respectivamente, siendo estadísticamente diferentes a los progenitores D10 y D3 que tuvieron una germinación atípica no mayor al 12%. Las Pisíferas también mostraron diferencias significativas, es así que P2 tuvo un promedio de 33% de semillas germinadas atípicas a diferencia de P1 que solo alcanzó el 22% promedio en esta categoría (Figura 5). Por otro lado, la combinación D x P no mostró diferencias estadísticas. La siembra de semillas atípicas,

reducen la emergencia de las plántulas e incrementa la cantidad de plantas anormales en el vivero (Mora et al., 2007).

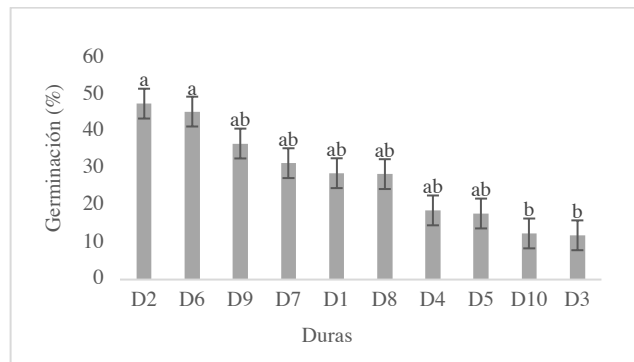


Figura 4. Comparación de medias de 10 progenitoras Dura de palma aceitera para germinación atípica de semillas.

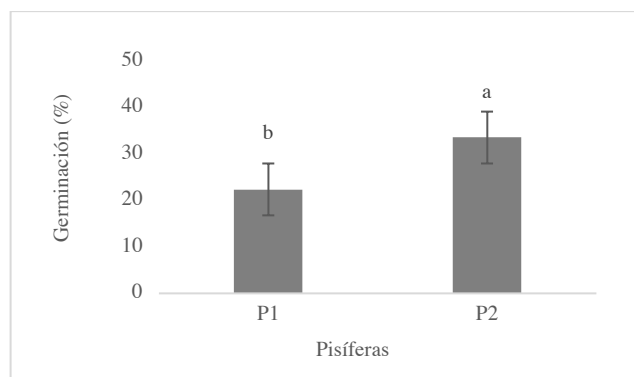


Figura 5. Comparación de medias de dos progenitores Pisíferas de palma aceitera para germinación atípica de semillas.

CONCLUSIONES

El 90% de los híbridos Teneras (Dura x Pisífera) evaluados y cruzados con la Pisífera P1 alcanzaron el 50% de germinación total, así mismo el 70% de ellos superaron el 50% de germinación óptima. A diferencia de cuando se utilizó la Pisífera P2 como progenitor masculino, en donde solo el 20% de los cruzamientos evaluados superaron el 50% de germinación total y de germinación óptima. Se concluye que el porcentaje de germinación de semillas Tenera (Dura x Pisífera) de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) guarda una alta relación con el progenitor masculino utilizado.

LITERATURA CITADA

Cervantes-Ortiz, F., Hernández-Esparza, J., Rangel-Lucio, J. A., Andrio-Enríquez, E., Mendoza-Elos, M., Rodríguez-Pérez, G. y Guevara-Acevedo, L. P. 2016. Aptitud combinatoria general y específica en la calidad de semilla de líneas S3 de maíz. Revista Fitotecnia Mexicana, 39(3):259-268. <https://bit.ly/36WQLtE>

- Corley, R., & Tinker, P. 2016. The oil palm. Fifth edition. Oxford. USA. Wiley Blackwel. 692 p
- Cui, J., Lamade, E., & Tcherkez, G. 2020. Seed germination in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.): a review of metabolic pathways and control mechanisms. *International journal of molecular sciences*, 21(12):4227. [10.3390/ijms21124227](https://doi.org/10.3390/ijms21124227)
- Ellis, R.H., Hong, T.D., Roberts, E.H., y Soetisna, U. 1991. "Seed storage behaviour in *Elaeis guineensis*". *Seed Science Research*, 1(2):99-104. <https://doi.org/10.1017/S0960258500000726>
- Fondom, N. Y., Etta, C. E., & Mih, A. M. 2010. Breaking seed dormancy: revisiting heat-treatment duration on germination and subsequent seedling growth of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) progenies. *Journal of Agricultural Science*, 2(2):101. <https://bit.ly/36U8NwV>
- Herrera, J., Alizaga, R. y Guevara, E. 1998. Inducción de la germinación en semillas de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) utilizando tratamientos químicos. *ASD Oil Palm Paper*, 18(18):1-16. <https://bit.ly/3cRI09I>
- Hussey, G. 1958. An analysis of the factors controlling the germination of the seed of the oil palm, *Elaeis guineensis* (Jacq.). *Annals of Botany*, 22(2):259-284. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a083610>
- ISTA (International Seed Testing Association). 2024. International rules for seed testing. <https://bitly.cx/u7wcW>
- Kelanaputra, E. S., Nelson, S. P., Setiawati, U., Sitepu, B., Nur, F., Forster, B. P., & Purba, A. R. 2018. *Seed Production in Oil Palm: A Manual*. CABI.
- Maldonado, E. 2003. Reseña Histórica de la Estación Experimental Santo Domingo. *Revista Técnica Informativa INIAP*. Santo Domingo de los Colorados, Ecuador. p 5-12. <https://bit.ly/3p0gYOI>
- Mazzottini-dos-Santos, H. C., Ribeiro, L. M., & Oliveira, D. M. T. 2017. Roles of the haustorium and endosperm during the development of seedlings of *Acrocomia aculeata* (Arecaceae): dynamics of reserve mobilization and accumulation. *Protoplasma*, 254(4):1563-1578.
- Mazzottini-dos-Santos, H. C., Ribeiro, L. M., & Oliveira, D. M. T. 2018. Structural changes in the micropylar region and overcoming dormancy in Cerrado palms seeds. *Trees*, 32(5):1415-1428. <https://doi.org/10.1007/s00468-018-1723>
- Mora, S., Chinchilla, C., Sánchez, A. y Escobar, R. 2007. Innovación en los procesos para mejorar la calidad de las semillas germinadas y de las plántulas de palma aceitera. *Revista Palmas*, 28(E):265-272. <https://bit.ly/3Ljvqx7>
- Norsazwan, M. G., Puteh, A. B., & Rafii, M. Y. 2016. Oil palm (*Elaeis guineensis*) seed dormancy type and germination pattern. *Seed Science and Technology*, 44(1):15-26. <https://doi.org/10.15258/sst.2016.44.1.14>
- Rajanaidu, N., Jalani, B. S., & Kushairi, A. 1998. Avances recientes en el mejoramiento de la palma de aceite y su incidencia en la productividad. *Palmas*, 19:169-179. <https://bit.ly/2YYtFPa>
- Rajanaidu, N. 2017. Una mirada al mejoramiento genético de la palma de aceite en los últimos cincuenta años: una aventura personal. *Revista Palmas*, 37:190-202. <https://bit.ly/3aLkjf1>
- Sanputawong, S., & Te-chato, S. 2008. Effect of genotypes of oil palm as indicator for speed of callus and embryogenic callus formation. *Journal of Agricultural Technology*, 4:147-56. <https://bit.ly/3jBUbqX>
- Thawaro, S., & Te-chato, S. 2010. Effect of culture medium and genotype on germination of hybrid oil palm zygotic embryos. *Science Asia*, 36(1):26-32. <https://bit.ly/3cUub8W>
- Vegas, A., Martínez, P., Ortega, D., Paredes, E., Gualoto, W., Quintero, L., & Baque, W. 2019. Efecto del sorbitol, manitol y la sacarosa en la germinación *in vitro* de embriones de palma africana. *Revista de la Facultad de Agronomía de La Universidad del Zulia*, 36(3):247-264.