

**GERMINABILIDAD Y VIABILIDAD DEL POLEN DE CUATRO CULTIVARES
MEJORADOS DE PALMA ACEITERA BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO**

JOHN JAIRO DOMÍNGUEZ

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIA AGRÍCOLAS
INGENIERÍA AGRONÓMICA
SAN JUAN DE PASTO**

2014

**GERMINABILIDAD Y VIABILIDAD DEL POLEN DE CUATRO CULTIVARES
MEJORADOS DE PALMA ACEITERA BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO**

JOHN JAIRO DOMÍNGUEZ

Presentado como requisito parcial para optar al título Ingeniero Agrónomo

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIA AGRÍCOLAS
INGENIERÍA AGRONÓMICA
SAN JUAN DE PASTO**

2014

NOTA DE RESPONSABILIDAD

Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo son responsabilidad exclusiva del autor.

Artículo 1^{ro} del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

Firma del Presidente de tesis

Firma del jurado

Firma del jurado

San Juan de Pasto, Mayo de 2014

CONTENIDO

Pág.

RESUMEN	6
ABSTRACT.....	7
INTRODUCCION	7
Materiales y Métodos.....	8
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	10
CONCLUSIONES	21
BIBLIOGRAFÍA	21

GERMINABILIDAD Y VIABILIDAD DEL POLEN DE CUATRO CULTIVARES MEJORADOS DE PALMA ACEITERA BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO

GERMINABILITY AND POLLEN VIABILITY OF FOUR IMPROVED CULTIVARS OF PALM OIL UNDER LABORATORY CONDITIONS

John Jairo Domínguez ¹, Hernando Criollo Escobar²

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en los Laboratorios de sanidad vegetal de Salamanca Oleaginosas S.A., en Tumaco - Nariño, con el objeto de determinar viabilidad, germinación y crecimiento del tubo polínico de granos de polen de palma aceitera de los genotipos Guineensis, Amazon, Coari x Lame y Unipalma, almacenados durante cero, cinco, 15 y 30 días a temperatura ambiente y a -13°C. Se empleó un diseño DIA con arreglo factorial con 32 tratamientos y cuatro repeticiones, se analizaron las variables porcentaje de viabilidad, porcentaje de germinación y dinámica de crecimiento del tubo polínico. El polen del genotipo Guineensis presentó los mayores valores de viabilidad y germinación, con valores que aseguran una buena eficiencia en la polinización, mientras que los demás cultivares presentaron valores por debajo de los recomendados (menores al 75%), aunque el crecimiento del tubo polínico de los pocos granos que germinaron fue similar al de genotipo Guineensis.

Palabras clave: polinización, tasa de crecimiento, tubo polínico, híbridos OxG.

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo. 2014

¹ Estudiante de Ingeniería Agronómica. jjdominguez87@hotmail.com

² Ph.D. Profesor asociado, Facultad de Ciencia Agrícolas, Universidad de Nariño, Presidente de tesis.

ABSTRACT

This work was carried out in laboratories of Salamanca Oleaginosas SA, in order to determine the viability, germination and pollen tube growth of pollen grains of Guineensis, Amazon, Coari x Lame and Unipalma genotypes, stored during zero, five, 15 and 30 days at room temperature and -13 ° C. Using an unrestrictedly randomized design with a factorial arrangement and four replications, were analyzed the variables percentage of viability, germination percentage and pollen tube length. Guineensis pollen had the highest germination and viability values; this value ensure a good pollination efficiency, while the other cultivars had values below the recommended, although pollen tube growth of the few grains that germinated was similar to Guineensis.

Keywords: pollination, growth rate, pollen tube, hybrid O x G.

INTRODUCCION

La palma africana es la especie más productiva entre las plantas oleaginosas. Su principal aporte es el aceite y subproductos que permiten agregar valor a toda una cadena de explotación agroindustrial. Cabe destacar que el 56% del total de las grasas y aceites que se consumen en Colombia como alimento humano proviene de derivados de la palma. (Cenipalma, 2009)

Uno de los problemas más graves de la palmicultura colombiana es la pudrición de cogollo, la principal enfermedad que enfrentan los palmeros, especialmente los de la zona occidental del país. En el año 2007 su presencia devastadora se estimó en el 95% de las fincas palmeras de Tumaco- Nariño (Hurtado y Mercado, 2007).

La solución genética hasta el momento es prometedora al incorporar la resistencia de la palma americana de aceite (*Elaeis oleífera*) a la palma africana de aceite (*Elaeis guineensis*), generando el híbrido interespecífico OxG reportado como tolerante a enfermedades, entre ellas al PC (Hartley, 1988; Gómez *et al.*, 1995; Alvarado *et al.*, 1998; Sharman, 1999; Torres *et al.*, 2004; Bastidas *et al.*, 2010).

La polinización es de gran importancia para el rendimiento de éste cultivo, ya que cuando es deficiente puede ocurrir mala formación de racimos, abortos y pudrición, pérdida en la biomasa promedio, baja producción y baja extracción de aceite (Labarca *et al.*, 2009). En el híbrido interespecíficos, la tasa de extracción de aceite, bajo condiciones de polinización natural, es muy inferior a la de *E. guineensis* y ello se debe a la baja eficiencia de la polinización natural que se presenta en este cultivar. Las causas de la baja eficiencia de polinización natural que se presenta en el híbrido interespecífico, se deben a la baja viabilidad en el polen, inflorescencias poco atractivas a insectos polinizadores, estructuras morfológicas presentes en las inflorescencias que impiden la polinización natural (brácteas persistente durante el todo el ciclo floral), asincronía floral y posibles condiciones agroclimáticas (Sánchez *et al.*, 2011). Además de la polinización natural de los híbridos OxG tradicionales está limitada en parte por la persistencia de las espatas que cubren la inflorescencia femenina durante la antesis. (Alvarado *et al.*, 2013)

Para contrarrestar este problema, se han diseñado programas de polinización asistida o artificial, con polen proveniente de plantas de *Elaeis guineensis*, con lo que se logra aumentar la tasa de extracción al generar racimos con una mayor proporción de frutos normales con mayor contenido de aceite. (Sánchez

et al., 2011) en la zona palmera occidental de Colombia. Debido a la alta demanda de polen del genotipo *guineensis*, se hace difícil la consecución del mismo. Sumado a lo anterior, en la zona no hay plantaciones a nivel comercial que puedan suplir esta necesidad, que conlleva a que el polen sea transportado desde otras zonas palmeras como la zona Norte (San Alberto- Cesar) y la zona Oriental (Villavicencio-Meta), incrementándose los riesgos de pérdida de su calidad.

Turner y Gillbanks (1974) indican que el polen utilizado en sistemas de polinización artificial debe ser de buena viabilidad, es decir, no menor al 75 % al momento de su observación en el laboratorio; de ahí, la importancia de conocer la metodología adecuada para su recolección, secado y manipulación, para que de esta manera, el manejo técnico del mismo no se convierta en un factor que disminuya su calidad.

De acuerdo con García (2005) cuando el porcentaje de germinación es mayor al 70%, el polen es bueno para sistemas de polinización asistida. Si el porcentaje de germinación es de 40% a 70%, habrá que utilizarlo inmediatamente, compensando la calidad por la cantidad. Pero si el porcentaje de germinación es menor al 40%, es mejor eliminarlo. Los bajos porcentajes de germinación pueden ser originados a inflorescencias recolectadas después de la anthesis, temperatura del secamiento del polen mayor a 40 °C, humedad del polen mayor al 10%, conservación demasiado larga a temperaturas mayores a los 15 °C bajo cero.

En este sentido, se hace necesario identificar el potencial de fecundación de diferentes cultivares mejorados de palma aceitera en el municipio de Tumaco, razón por la cual este trabajo se propuso evaluar la germinabilidad y viabilidad de polen de los diferentes cultivares de palma aceitera bajo condiciones de laboratorio, en el municipio de Tumaco, departamento de Nariño.

Materiales y Métodos

Localización

El presente trabajo se realizó en la plantación Salamanca Oleaginosas S.A ubicada en el corregimiento de Olaya, vereda Candelillas de Tumaco Nariño, con altitud de 50 msnm, temperatura máxima de 38°C y mínima de 24°C, humedad relativa media de 85% y precipitación de 2500 mm/año. (Datos Consultados estación de Salamanca Oleaginosas S.A. 2014)

Diseño experimental

El diseño experimental propuesto fue Diseño irrestrictamente al azar (DIA) con arreglo factorial. Los factores correspondieron a: Genotipos (Amazon, Coari x Lame, Unipalma y Guineensis), periodos de almacenamiento (0, 5, 15, 30 días) y temperatura de almacenamiento (ambiente, -13°C)

Se evaluaron, 32 tratamientos con cuatro repeticiones, cada tratamiento correspondió a cada uno de los portaobjetos, en los cuales se hizo observaciones de los granos de polen de acuerdo a cada tratamiento:

viabilidad; (inmersos en solución de acetocarmin) y germinación; (incubados en PDA y sacarosa al 10%). Las observaciones se hicieron en el objetivo 40x en el microscopio de luz. (Tabla No. 1)

Tabla No. 1. Tratamientos evaluados para el análisis de la viabilidad y germinación de polen.

Genotipos	Tratamientos				
	Días almacenado				Temperatura almac.
Guineensis	0	5	15	30	Tamb
Amazon	0	5	15	30	Tamb
Coari x La Mé	0	5	15	30	Tamb
Unipalma	0	5	15	30	Tamb
Guineensis	0	5	15	30	-13°C
Amazon	0	5	15	30	-13°C
Coari x La Mé	0	5	15	30	-13°C
Unipalma	0	5	15	30	-13°C

Tamb: Temperatura ambiente

Fase de Campo

Se identificaron tres inflorescencias masculinas por cada material genético en el estado anthesis; es decir, cuando se evidenció la presencia de polen en más del 70% de las espiguillas. La cosecha del polen se realizó cortando las inflorescencias y sacudiéndolas sobre papel cartón; posteriormente, el polen se tamizó en el laboratorio con un tamiz de 100 μ y luego en uno de 200 μ . Seguidamente, se procedió al secado del polen por un periodo de 12 horas a una temperatura de 40°C, para luego almacenarlo con las rotulaciones correspondientes a temperatura ambiente y a -13°C para sus respectivas evaluaciones.

Fase de laboratorio

Porcentaje de viabilidad (VIA). Esta prueba se realizó mediante la tinción con acetocarmín al 1% y observación al microscopio de luz, para determinar el porcentaje de granos de polen viables (teñidos de rojo) y no viables (incolores). Sin embargo, en las pruebas realizadas con esta solución, los granos de polen fueron afectados por el alto potencial hídrico externo que indujo una entrada de agua de manera acelerada, lo cual provocó el estallido de los granos. Se hizo necesario entonces, evaluar inicialmente diferentes concentraciones de una solución de azúcar y acetocarmin para determinar la óptima concentración que permita la tinción sin dañar los granos de polen. De esta manera, se determinó que una solución de acetocarmin al 1% disuelta en una solución de azúcar al 10%, era la indicada para evaluar la viabilidad del polen.

Para esta evaluación se tomó polen de cada una de los genotipos (Amazon, Coari x Lame, Unipalma y Guineensis) con diferentes periodos de almacenamiento (0, 5, 15 y 30 días) a temperatura ambiente y a

-13°C ya que según Sánchez *et al.*, (2011) recomienda que las muestras deben ser almacenadas a una temperatura de -12 a -18 °C. De esta manera después de sus respectivos días de almacenamiento se colocó aproximadamente 1 mg de polen de cada genotipo en un portaobjetos y se añadió una gota de la solución acetocarmin al 1% y azúcar 10%, se cubrió con cubreobjetos y después de 5 minutos se realizaron los conteos de granos teñidos y no teñidos en cinco campos al microscopio de luz (40 X). Por cada tratamiento se utilizaron cuatro portaobjetos.

Porcentaje de germinación (GER). La evaluación de la germinación se realizó sembrando aproximadamente 1 mg de polen en placas de vidrio con PDA-Sacarosa, que se colocaron en cajas Petri, según la metodología descrita por García (2005) y Grisales *et al.*, (2010). Las cajas se taparon y se incubaron a temperatura ambiente, realizando observaciones cada media hora en microscopio de luz a 40x.

La evaluación de germinabilidad, se hizo después de dos horas de iniciada la germinación, considerando como granos germinados aquellos cuya longitud del tubo polínico fue el doble de su diámetro. Los resultados de germinación obtenidos se expresaron en porcentaje.

Longitud del tubo polínico (LTUBO). Para la determinación de la tasa de crecimiento del tubo polínico como un indicador de vigor, se tomaron muestras fotográficas cada media hora en el microscopio de luz a un objetivo 40x y 10x según la longitud del tubo polínico. Esta evaluación se la hizo junto con la variable germinación donde; en las muestras fotográficas se utilizó una escala en milímetros para la medición de la longitud que luego se llevó a micras (μ) para determinación tanto de la longitud final como la dinámica de crecimiento.

Análisis estadístico

Para las variables viabilidad y germinación de los granos de polen de los genotipos se utilizó el diseño irrestrictamente al azar (DIA) con arreglo factorial para los cuatro genotipos evaluados (Guineensis, Amazon, Coari x Lame y Unipalma), los días de almacenamientos (0, 5, 15 y 30 días) y las temperatura de almacenamiento del polen (temperatura ambiente y -13°C), para un total de 32 tratamiento con cuatro repeticiones. Se hizo análisis de varianza y pruebas de comparación de medias con un margen de probabilidad del 95%. Para la variable, tasa de crecimiento del tubo polínico como indicador de vigor de los granos de polen, se realizó un análisis de regresión considerando al tiempo como la variable independiente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se muestra los cuadrados del análisis de varianza para las variables viabilidad, germinabilidad y longitud del tubo polínico. Se encontró que la variable viabilidad (VIA) está influenciada solamente por el material genético, donde la temperatura (TEM) de almacenamiento de -13°C y ambiental y el tiempo (DALM) de almacenamiento (0, 5, 15 y 30 días) no ejercen significancia

en el porcentaje de viabilidad de los granos de polen de cada genotipo. Mientras que para la variable germinación (GER) se pudo observar resultados altamente significativos para todas las fuentes de variación (genotipos GEN, tiempo de almacenamiento DALM y temperatura de almacenamiento TEM) y sus interacciones. En la longitud del tubo polínico (LTUBO) se observó resultados significativos para las fuentes de variación genotipos (GEN), tiempo de almacenamiento (DALM) y temperatura de almacenamiento (TEM) y sus respectivas interacciones a excepción de los resultados encontrados en la interacción de genotipos x días de almacenamiento x temperatura de almacenamiento (GENxDALMxTEM), donde no se encontró significancia estadística.

Tabla 2. Cuadrados medios para las variables viabilidad (VIA), germinabilidad (GER) y longitud del tubo polínico (LTUBO) de granos de polen de cultivares mejorados de palma africana.

FUENTE DE VARIACIÓN	GL	VIA	GER	LTUBO
GEN	3	41180,85**	19520,36**	12,16**
DALM	3	22,57NS	1154,17**	284,53**
TEM	1	141,40NS	16829,89**	1852,40**
GEN X DALM	9	68,02NS	499,02**	16,77**
GEN X TEM	3	35,48NS	7567,63**	9,06*
DALM X TEM	2	40,21NS	391,79**	363,26**
GENxDALMxTEM	6	12,92NS	299,95**	2,97NS

NS: Datos no significativo, *Datos estadísticamente significativo al 5%; ** Datos altamente significativo al 1%.

Porcentaje de Viabilidad (VIA)

La evaluación de viabilidad de polen mostró los mayores porcentajes para el cultivar Guineensis con 97.53% y diferencias estadísticas con los demás tratamientos. El cultivar Coari x Lame presentó un 35,89% de polen viable, con diferencias estadísticas respecto a los genotipos Amazon y Unipalma que presentaron porcentajes de 18,16% y 14,83% respectivamente (Figura 1). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Vallejo (1976), Torres *et al.*, (2004) y Bastidas *et al.*, (2010) donde en estudios encontraron que el polen de los híbridos OxG presentó 11,7% de viabilidad y en palma guineensis al 84,2%.

Los días de almacenamiento y la temperatura de almacenamiento no incidieron significativamente en los porcentajes de viabilidad del polen, demostrando que el tiempo y temperatura de almacenamiento evaluados, no incidieron en los datos de viabilidad observados.

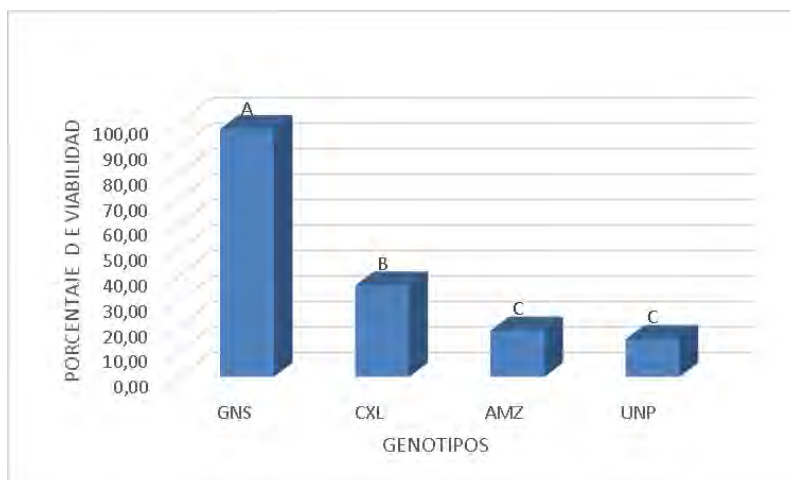


Figura 1. Porcentajes viabilidad de los genotipos Guineensis (GNS), Coari x Lame (CXL), Amazon (AMZ) y Unipalma (UNP).

Estos resultados coinciden con las afirmaciones de Alvarado *et al.* (2000), cuando afirman que los granos de polen del híbrido presentan porcentajes de viabilidad y germinación bajos debido a que son muy variables en tamaño y forma respecto a *E. oleífera* y *E. guineensis* y durante su formación son frecuentes las divisiones anormales de la células. Los porcentajes de viabilidad del polen de las diferentes especies de palma encontrados en el estudio se ajustan a los rangos encontrados por otros investigadores donde afirman que los bajos porcentajes de viabilidad del polen de los híbridos del estudio se deben a su corta edad, además está documentado que los híbridos interespecíficos producen inflorescencias anormales durante las primeras floraciones y esto incluye al polen (Vallejo, 1976; Torres *et al.* 2004). Sin embargo, Alvarado *et al.*, (1998) concluyen que la baja viabilidad del polen no es un obstáculo para explotar comercialmente los híbridos *E. oleífera* x *E. guineensis*, en contradicción con Turner y Gillbanks (1974), quienes afirman que el polen utilizado en sistemas de polinización artificial debe tener una viabilidad no menor al 75 %, al momento de su observación en el laboratorio. Por lo tanto, solo el polen del cultivar *E. guineensis* es el único que presenta la viabilidad adecuada para programas de polinización asistida respecto de los híbridos interespecíficos que no presentan una producción de polen altamente viable.

Aparentemente el polen de los híbridos no es totalmente autocompatible y la cantidad producida por inflorescencia es más baja que *E. guineensis* (3-10 g contra 15-30 g). Esto implica que en plantaciones comerciales de este híbrido, se requerirá de una fuente de polen abundante (natural o polinización asistida), especialmente si se considera que la viabilidad de polen del híbrido es baja: 15 a 20%. (Alvarado *et al.* 2013).

En cambio, los resultados de viabilidad en cuanto a tiempo de almacenamiento y temperatura difieren con los encontrados por Hardon y Tuner (1967), quienes señalan que bajo condiciones naturales de campo, el polen permanece viable durante una semana después de la antesis de las inflorescencias masculinas. Sin embargo, esta viabilidad puede afectarse por la presencia de lluvias al momento de la antesis (Ruiz, 2000). En este estudio, se pudo establecer que bajo condiciones de laboratorio, la viabilidad se mantiene hasta los 30 días de almacenado, igualmente es necesario aclarar que las pruebas de viabilidad no son

suficientes para asegurar que el polen cumpla los requisitos en la fecundación ya que un grano de polen puede ser viable pero puede presentar problemas germinativos.

Porcentaje de Germinación (GER)

La variable germinabilidad presentó efectos significativos para todas las interacciones factoriales (Tabla 2). Cuando se analizó la variación de la germinación del polen almacenado a -13°C , se estableció que el tiempo de almacenamiento no afectó la germinación de los genotipos, con excepción del genotipo Coari x Lame, que presentó una mayor germinación de 23,40% a los 15 días de almacenamiento. El genotipo con mayor porcentaje de germinación bajo temperatura de almacenamiento de -13°C fue guineensis con el 92,73% estadísticamente diferente a los demás, Amazon presentó porcentajes medios del 6,38%, siendo igual a los porcentajes arrojados por Unipalma con 7,41%. (Figura 2).

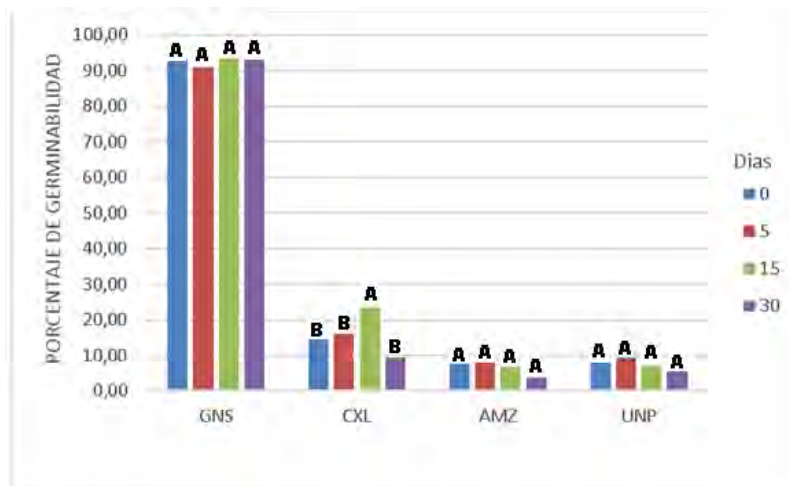


Figura 2. Porcentajes de germinabilidad a temperatura de almacenamiento de -13°C en los días de almacenamiento evaluados.

De acuerdo con García (2005) cuando el porcentaje de germinación es mayor al 70%, el polen es bueno, condición encontrada solamente en el genotipo *Guineensis*, confirmando que es necesario el polen de este genotipo para programas de polinización asistida ya que los híbridos no poseen polen con valores mínimos de germinación. Según Davarynejad *et al.* (2008) la formación de polen fértil no solo depende de factores ambientales tales como humedad, temperatura, composición de la atmósfera y presión parcial de oxígeno, sino que también, se ve determinada por características genéticas como la morfología del polen (forma y tamaño), el crecimiento del tubo polínico, la viabilidad y la capacidad de competencia germinativa, factores que pueden influir en la germinabilidad de polen de los híbridos O_xG. Independientemente de las condiciones ambientales, se ha observado también que la viabilidad varía según la especie. Es así como en la especie *E. oleífera* y el híbrido interespecífico, durante la formación de los granos son frecuentes divisiones anormales de las células, por lo que la viabilidad y la germinación del polen son bajas (Corley y Tinker, 2009). Según Alvarado *et al.* (2000), los híbridos poseen porcentajes bajos 6,2% ya que provienen del parental *Elaeis oleífera*, el cual posee valores de

germinación entre 20 y 60%, valores que contrastan con los de *E. guineensis*, que pueden superar el 70%.

Las razones para la baja germinación del polen del híbrido interespecíficos no son bien conocidas. No obstante, se sabe que ocasionalmente ocurre un apareamiento incompleto de los cromosomas, y que el polen puede ser liberado con dificultad, debido a una malformación de las anteras. También se ha sugerido que existe degeneración del polen, lo cual ocurre entre las etapas de la meiosis y la dispersión en anthesis (Alvarado *et ál.* 2000). Por lo anterior, el almacenamiento del polen es una de las actividades que se realiza para conservar por más tiempo su viabilidad, ya que las condiciones ambientales adversas pueden causar la reducción de la funcionalidad polínica. Esta característica es indispensable para completar el proceso de germinación en la polinización de las inflorescencias femeninas, traducido en una buena conformación de racimos. (Sánchez *et al.* 2011)

Longitud del tubo polínico (LTUBO)

Los resultados encontrados en la longitud del tubo polínico estuvieron influenciados por los genotipos (GEN), días y temperatura de almacenamiento (DALMA y TEM), y en las interacciones genotipo x días almacenamiento, genotipo x temperatura de almacenamiento y entre los días de almacenamiento y la temperatura (Tabla 2). En los genotipos Guineensis, Coari x Lame y Unipalma, las mayores longitudes del tubo polínico se alcanzaron con polen almacenado durante 30 días a temperatura de almacenamiento de -13°C con longitudes de 787,5, 800, 887,5μ respectivamente. Mientras que en el genotipo Amazon, la longitud media de polen alcanzado fue de 556,1μ con pocos días de almacenamiento (0 y 5 días) siendo estadísticamente similar al alcanzado con polen de 30 días (Figura 3).

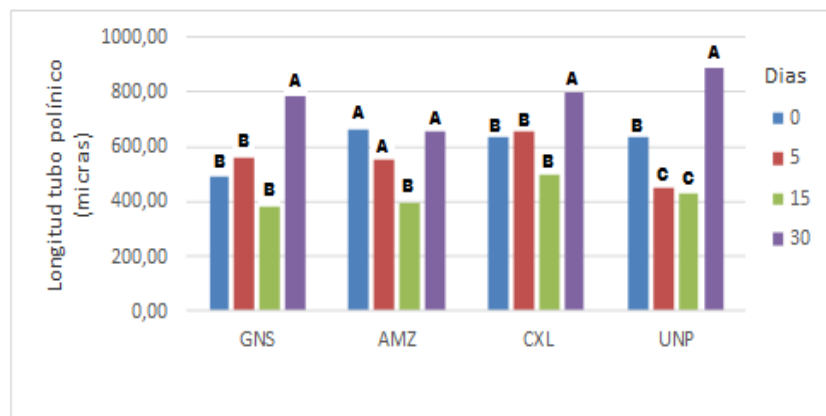


Figura 3. Longitud de tubo polínico dentro de cada genotipo en los días de almacenamiento evaluados, bajo temperatura de almacenamiento de -13 ° C.

Los granos de polen de los genotipos evaluados bajo temperatura ambiente después de los cinco días no presentan resultados en la germinación, con lo que se comprueba que el polen deja de emitir el tubo polínico pasado los cinco días en el ambiente, tal como se observó en las pruebas de germinación donde se explica que bajo temperatura ambiente el polen permanece viable hasta un periodo menor a seis días (Figura 4).

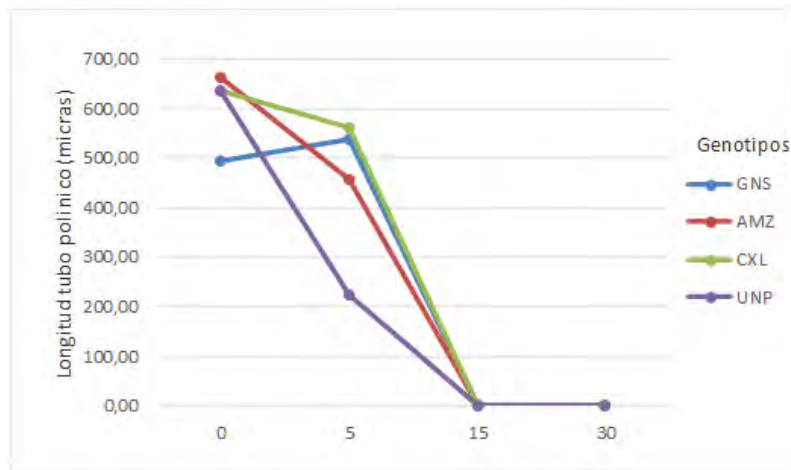


Figura 4. Longitud del tubo polínico de los genotipos almacenados a temperatura ambiente.

Tasa de crecimiento del tubo polínico de granos de polen

Dinámica del crecimiento del tubo polínico de polen no almacenado.

Se puede observar que el polen sin almacenamiento presentó una longitud inicial (a los 30 minutos) promedio de $20,23\mu$ para los genotipos evaluados, siendo Guineensis el genotipo que más rápido comenzó a emitir el tubo polínico con una longitud de $28,57\mu$ en los primeros treinta minutos y para los genotipos Amazon, Coari x Lame, y Unipalma longitudes de 22 , 12 , $18,33\mu$ respectivamente, (Figura 5). Según Tandon *et ál.*, (2001) los granos de polen germinan dentro de las dos horas siguientes a la polinización y comienza la formación de los frutos, datos similares presentados en este estudio.

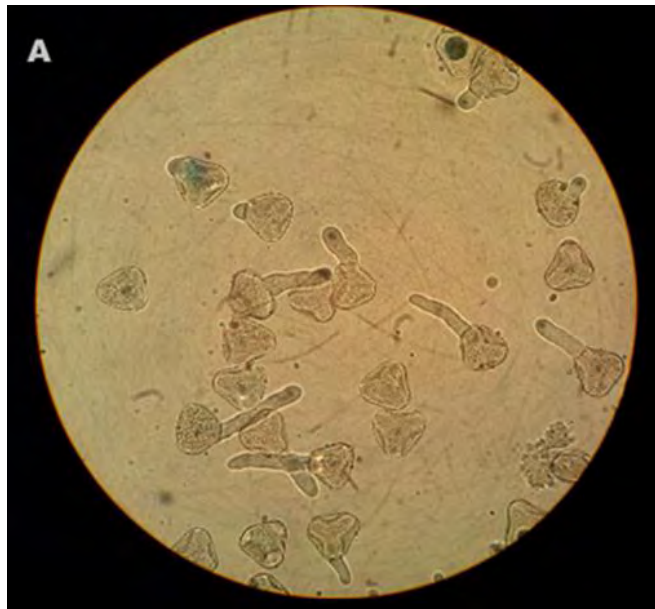


Figura 5. Germinación de los granos de polen de los genotipos guineensis pasado media hora de incubación (40x).

El crecimiento de los tubos polínicos de los genotipos estudiados termina a las 4,5 horas, alcanzando una mayor longitud el genotipo Coari x Lame con 631,82 y longitudes de 613,89, 571,43 y 503,21 μ para los genotipos Amazon, Unipalma y Guineensis, en su orden. Se puede observar que el genotipo Guineensis aunque comienza a emerger el tubo polínico de forma acelerada, es el que expresa menor longitud del tubo polínico (Figura 6).

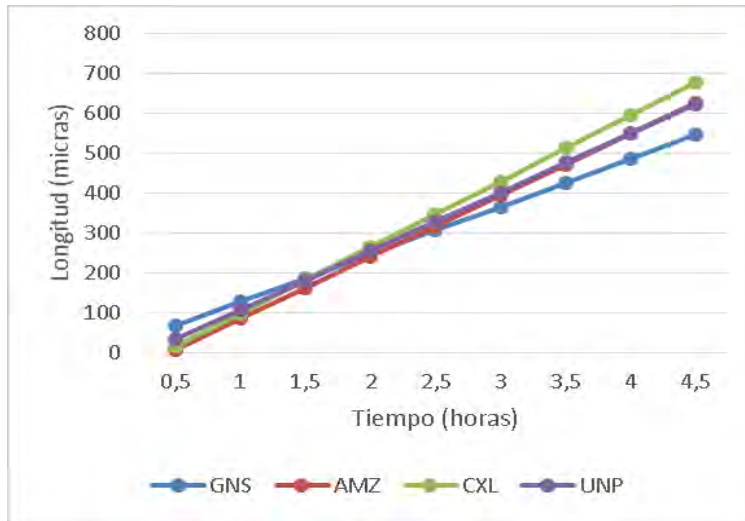


Figura 6. Crecimiento de tubo polínico de los genotipos en el primer día de almacenamiento.

Los granos de polen no almacenados presentaron una tasa de crecimiento media de 2 μ /minuto, sin embargo, tal como se muestra en la Figura 7, se puede apreciar que durante los 30 y 60 minutos después de iniciado la incubación, los genotipos Amazon, Coari x Lame y Unipalma incrementan la aceleración y luego tiende a mantenerse, contrario a la expresión simulada por el genotipo Guineensis la cual presenta una aceleración constante desde el inicio de su incubación.

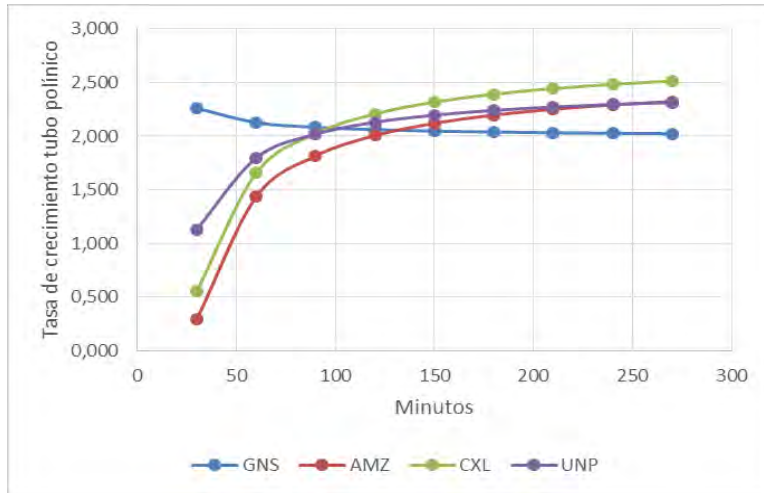


Figura 7. Tasa de crecimiento del tubo polínico en granos de polen no almacenados.
Crecimiento del tubo polínico de polen almacenado durante 5 días al ambiente y a -13°C

La emergencia de los tubos polínicos a temperatura ambiente se presentó retrasado al reportado en polen no almacenado, siendo Guineensis el genotipo que más rápido comenzó a emitir el tubo polínico con una longitud de 31,25 μ en los primeros 60 minutos y para los genotipos Amazon, Coari x Lame, longitudes de 77,50, 52,50 μ en las dos horas y en Unipalma 32,50 μ en las dos horas y media. La longitud final media para los genotipos es de 484 μ , dando un mayor longitud, el genotipo Coari x Lame con 578,88 μ y mínima para el genotipo Unipalma con 307, 22 μ .

El comportamiento del crecimiento en los granos de polen almacenados durante 5 días a temperatura ambiente, permite observar la pérdida inicial de velocidad germinativa, considerando que los granos sin almacenamiento iniciaron su germinación y crecimiento del tubo polínico en los primeros 30 minutos, mientras que los almacenados a temperatura ambiente por 5 días iniciaron el crecimiento pasado los 60 minutos de incubación (Figura 8.)

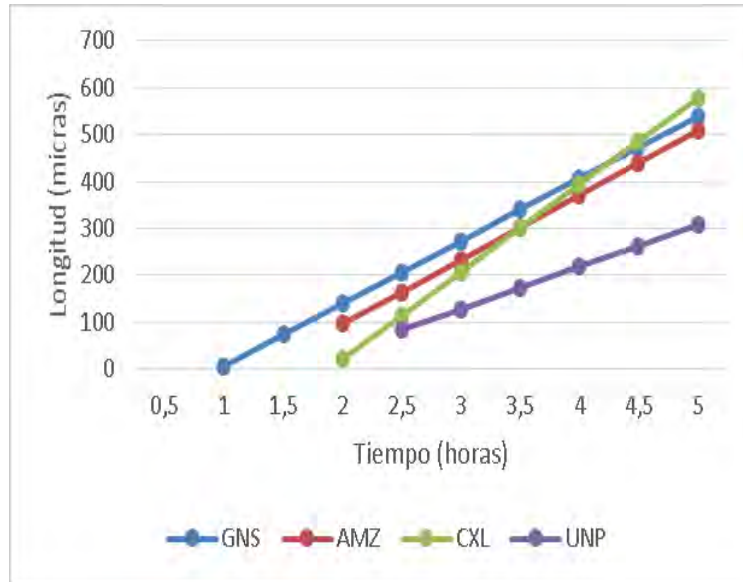


Figura 8. Crecimiento de tubo polínico de los genotipos en el quinto día de almacenamiento a temperatura ambiente.

La tasa de crecimiento media para los genotipos almacenados durante cinco días en relación con los tratamientos sin almacenamiento, decreció en $1,2\mu/\text{minuto}$, obteniéndose así $1,4\mu/\text{minuto}$ para el genotipo Amazon, $1,3\mu/\text{minuto}$ para Guineensis y Coari x Lame y $0,8\mu/\text{minuto}$ para el genotipo Unipalma, siendo este último el que presenta la mínima tasa de crecimiento media. La tasa de crecimiento se inició a los 60 minutos en Guineensis, a los 90 minutos en Amazon y a los 120 minutos en los genotipos Coari x Lame y Unipalma, con incremento acelerado hasta los 180 minutos en Guineensis, Amazon y Unipalma y hasta los 300 minutos en Coari x Lame (Figura 9).

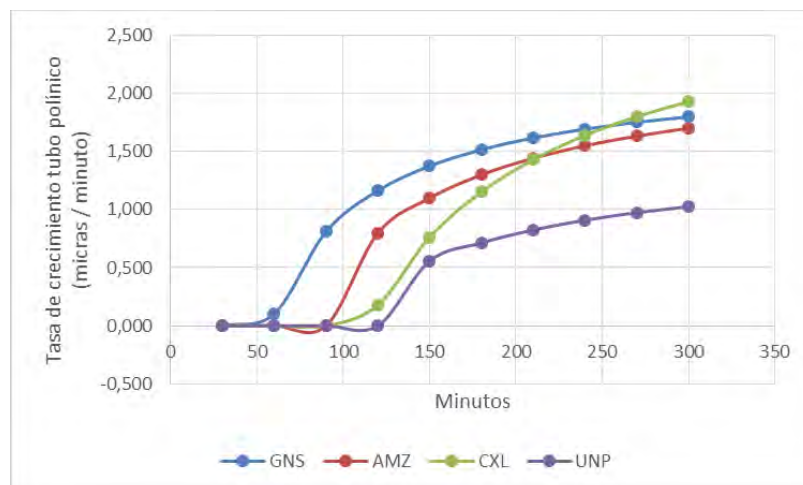


Figura 9. Tasa de crecimiento del tubo polínico versus tiempo de incubación al día 5 bajo temperatura de almacenamiento ambiente.

Los resultados obtenidos en granos de polen almacenados durante 5 días a una temperatura de -13°C son similares a los presentados por el polen no almacenado, mostrando las primeras longitudes de tubo polínico a los treinta minutos de incubado el polen, con longitudes medias de 67μ . La mayor longitud inicial (a 30 minutos de incubado), fue $137,7\mu$ presentada en el genotipo guineensis y de $66,43$, $34,29$ y $32,58\mu$ para Amazon, Unipalma y Coari x Lame. Las longitudes máximas promedias presentadas finalizada la germinación (cuatro horas y media) fueron de $604,9\mu$. Presentando una mayor longitud el genotipo Coari x Lame con $628,18\mu$ y longitudes de $613,99$, $593,93$ y $572,58\mu$ para los genotipos Amazon, Unipalma y Guineensis (Figura 10).

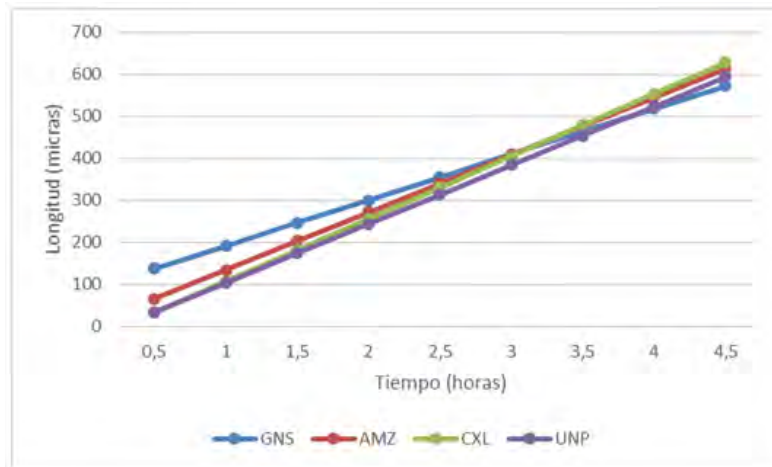


Figura 10. Crecimiento de tubo polínico de los genotipos en el quinto día de almacenamiento a temperatura -13°C .

La tasa de crecimiento media para los genotipos fue de $2,2\mu/\text{minuto}$, obteniéndose así $2,5\mu/\text{minuto}$ para el genotipo Guineensis, $2,3\mu/\text{minuto}$ para Amazon, y de $2,0\mu/\text{minuto}$ para Coari x Lame y Unipalma. (Figura 11).

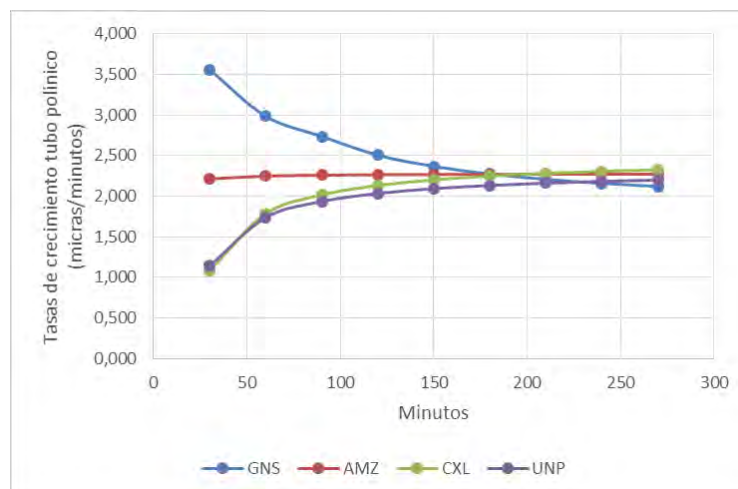


Figura 11. Tasa de crecimiento del tubo polínico de granos de polen almacenados durante cinco días a una temperatura de -13°C .

Crecimiento del tubo polínico en polen almacenado durante 15 y 30 días al ambiente y a -13°C

Con 15 y 30 días de almacenamiento a temperatura ambiente no se presentó ninguna expresión, considerando que después de los 5 días de almacenamiento los porcentajes de germinación decrecen hasta el punto de no mostrar resultados. Estos efectos demuestran que la temperatura de almacenamiento es un factor importante en la expresión de la germinabilidad, demostrando que desde el primer día de anthesis el polen expresa porcentajes decrecientes proporcionales a tiempo.

Sin embargo, cuando se almacenaron los granos de polen a una temperatura de almacenamiento de -13°C , se puede observar que la longitud final de los granos de polen de los genotipos estudiados, se mantienen igual al observado en polen no almacenado, tal como se observa en las Figuras 12 y 13.

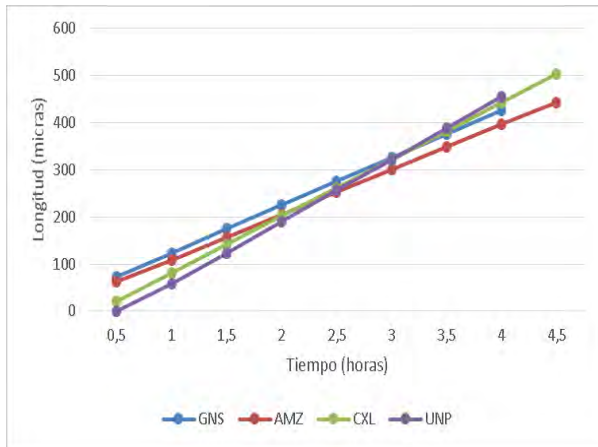


Figura 12. Comparación de crecimiento del tubo polínico de los genotipos en el día 15 de almacenamiento a temperatura de -13°C

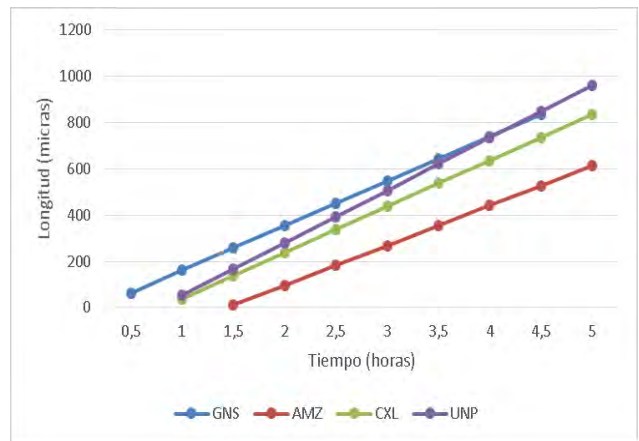


Figura 13. Comparación de crecimiento del tubo polínico de los genotipos en el día 30 de almacenamiento a temperatura de -13°C .

La tasa de crecimiento media de los granos de polen almacenados durante 15 días a -13°C , mostró una tasa media de $1,7\mu/\text{minuto}$, con mayores valores para el genotipo Guineensis con $1,9\mu/\text{minuto}$ y para los genotipos Amazon, Coari x Lame y Unipalma con tasas de $1,7$, $1,6$ y $1,4\mu/\text{minuto}$ (Figura 14). Cuando el polen se almacenó durante 30 días a una temperatura de -13°C , la tasa de crecimiento promedio fue de $2,2\mu/\text{minuto}$, presentando la mayor tasa el genotipo Guineensis con $2,9\mu/\text{minuto}$; los genotipos Amazon, Coari x Lame y Unipalma presentaron tasas de crecimiento del tubo polínico de $1,4$, $2,2$ y $2,5\mu/\text{minuto}$, respectivamente (Figura 15). Con 30 días de almacenamiento, el genotipo Guineensis inició con una tasa de $2\mu/\text{minuto}$ que tiende a mantenerse constante hasta los 75 minutos con tasa de crecimiento de $2,9\mu/\text{minuto}$. Los híbridos, tal como se mira en la Figura 15, expresan una tasa de crecimiento tardía en

comparación con el genotipo Guineensis, que continúa con una tasa de crecimiento constante aún después de los 50 minutos de iniciado el proceso germinativo del polen.

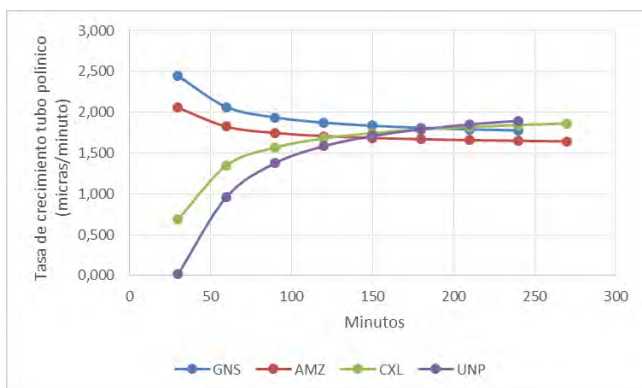


Figura 14. Tasas de crecimiento del tubo polínico versus tiempo de incubación al día 15 bajo temperatura de almacenamiento de -13°C.

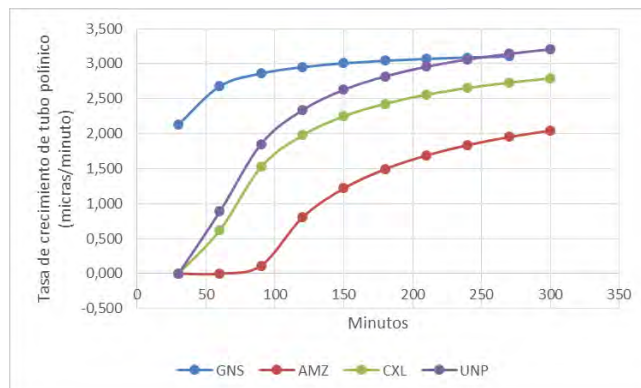


Figura 15. Tasas de crecimiento del tubo polínico versus tiempo de incubación al día 30 bajo temperatura de almacenamiento de -13°C.

CONCLUSIONES

La viabilidad de polen de palma aceitera, dentro de los cultivares evaluados bajo condiciones de laboratorio no fue afectada por la temperatura ni el tiempo de almacenaje, ocurriendo efectos solamente entre los genotipos.

La germinabilidad decrece desde el primer día de recolectado el polen hasta los 5 días de almacenamiento a temperatura ambiente; cuando la temperatura fue de -13°C, los porcentajes de germinación del polen de los distintos genotipos se conservan hasta un periodo de 30 días.

El tiempo de germinación de los granos de polen comienza después de los treinta minutos de incubados, y termina alrededor de las cuatro horas y media. La tasa de crecimiento del tubo polínico de granos almacenados a temperatura ambiente durante cinco días presentó un retraso inicial cuando se compararon con el tubo polínico de granos no almacenados; a -13°C, la tasa se mantuvo en los cuatro genotipos analizados.

BIBLIOGRAFÍA

ALVARADO, A., BULGARELLI, J., y MOYA, B. 1998. Germinación de polen en poblaciones derivadas de un híbrido entre *Elaeis guineensis* Jacq. Y *E. oleífera* HBK, Cortes ASD Oil Palm Papers 20:25-36.

ALVARADO, A., BULGARELLI, B. Y MOYA, B. 2000. Germinación del polen en poblaciones derivadas de un híbrido entre *Elaeis guineensis* Jacq. y *E. oleífera* HBK, Cortés. ASD Oil Palm Papers, No. 20, pp. 35-36.

ALVARADO, A., ESCOBAR, R., Y HENRY, R. 2013. El híbrido OxG Amazon: una alternativa para regiones afectadas por Pudrición del cogollo en palma de aceite. Palmas Vol. 34.

BASTIDAS, S., PEÑA, E., REYES, R., MEDINA, C., VILLA, A. Y TOLOSA, W. 2010. Pruebas agronómicas para certificar la tolerancia de los híbridos OxG a pudrición de cogollo. Fase I (resumen ejecutivo). Ciencia y Tecnología para la competitividad del Sector Agropecuario 2002-2010. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, [http:// www.agronet.gov.co/Biblioteca Digital.html](http://www.agronet.gov.co/Biblioteca_Digital.html); consulta: junio de 2011 pp. 158-159.

CENIPALMA. 2009. Informe: Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de palma de aceite en Colombia con énfasis en oleína roja.

CORLEY, R.V.H. y TINKER, P.B. 2009. La palma de aceite. Cuarta edición (versión en español). Colombia: Fedepalma. 604 p.

DAVARYNEJAD, G., SZABÓ, Z., NYEKI, J. Y SZABÓ, T. 2008. Phenological stages pollen production level, pollen viability and in vitro germination capability of some sour cherry cultivars. Asian Journal of Plant Sciences, Vol. 7, pp. 672-676.

GARCIA, K. 2005. “Aplicación de cuatro dosis de polen en Palma Africana (Oleífera x Guineensis) en cultivo de renovación código 1327”; Tesis de Grado ESPEA; Shushufindi, Ecuador. P8-13.

GÓMEZ, C.P.L., ACOSTA, G.A., GUEVARA, L.A., y NIETO, P.L.E. 1995. Pudrición de cogollo en Colombia: importancia, investigación y posibilidades de manejo. Rev. Palmas 16: 198-206.

HARDON, J., y TURNER, P. 1967. Observations on natural pollination in commercial plantings of oil palm *Elaeis guineensis*. Expt. Agric. P3, 105.

HARTLEY, C.W.S. 1988. The oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) 3a ed. Tropical Agriculture Series. Londres: Logman Group. 761 p.

HURTADO, R., y MERCADO, H. 2007. Determinación del número de hectáreas afectadas por pudrición de cogollo y porcentaje de incidencia (CD-ROM). En: Taller Técnico Científico sobre Avances y Resultados en los Procesos de Investigación y Manejo del Complejo Pudrición de Cogollo en Tumaco; 24 y 25 de octubre de 2007. Tumaco, Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural; Corpoica; Cenipalma; Fedepalma.

LABARCA, M., PORTILLO, E., PORTILLO, A., Y MORALES, E. 2009. Estructuras reproductivas

y polinización entomófila en tres lotes comerciales de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) en el estado Zulia, Venezuela. 26:1-22.

RUIZ, R. 2000. Efecto de las condiciones climáticas en la viabilidad del polen y en la composición del racimo. Ceniavances (Colombia) 71, Boletín divulgativo. Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma).

SANCHEZ, R., STEVE, D., RUIZ, R., y ROMERO. 2011. Polinización del híbrido OxG. Polinización asistida en palma de aceite. Cenipalma. Colombia. 167p.

SHARMAN, M. 1999. Utilization of Nigerian PS1 y PS2 selection in oil palm breeding programed at UP Bhd. En: Rajanaidu N, Jalani BS, editors. Proceedings of the Seminar on PS1 and PS2 oil Palm Planting Genotypes. Kuala Lumpur: Palm Oil Research Institute of Malaysia; PORIM. Pp. 18-29.

TADON, R., MANOHARA, T. N., NIJALINGAPPA, B.H.M., Y SHIVANNA, R. 2001. Pollination and pollen-pistil interaction in Oil palm, *Elaeis guineensis*. Annals of Botany 87: 831-838.

TORRES, V.M., REY, B.L., GELVES, R.F., y SANTACRUZ, L. 2004. Evaluación del comportamiento de los híbridos interespecíficos *Elaeis oleífera x Elaeis guineensis* en la plantación Guaicaramo S.A. Rev. Palmas. 25. 350-357.

TURNER, P.D. y GILBANKS, R.A. 1974. Oil palm cultivation and management. The Incorporated Society of Planters. Kuala Lumpur

TURNER, P.D. y GILLBANKS, R. A.; 1974; "Oil palm cultivation and management"; Incorp. Soc. Of plantes Kuala Lumpur, Malaysia. P255- 270.

VALLEJO, R.G. 1976. Estudio de poblaciones espontáneas de Nolí (*Elaeis oleífera* H.B.K. Cortés) en Colombia. Tesis de Grado para optar el título de Magister Scientiae. Programa de estudios para graduados Universidad Nacional – Instituto Colombiano Agropecuario. Bogotá, Colombia.