

**ESTANDARIZACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA GERMINAR  
SEMILLAS DEL HÍBRIDO INTERESPECÍFICO  
*Elaeis oleifera* H.B.K. x *Elaeis guineensis* J.**

**STANDARDIZATION ONE METHODOLOGY FOR TO GERMINATE  
SEEDS OF INTERSPECIFIC HYBRID  
*Elaeis oleifera* H.B.K. x *Elaeis guineensis* J.**

Jennifer Guerrero<sup>1</sup>, Silvio Bastidas<sup>2</sup>, Javier García<sup>3</sup>

Fecha de recepción: 20 de agosto de 2009      Fecha de aceptación: 27 de abril de 2010

**RESUMEN**

En la Estación Experimental El Mira de CORPOICA, ubicada en el municipio de Tumaco, Colombia, se llevó a cabo la investigación justificada por el bajo porcentaje de germinación de las semillas de los híbridos *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* (OxG). Para esto se evaluó el efecto de tres tratamientos: Estratos (Exterior, Medio, Interior); Humedad de las semillas (18%-22%, 20%-24%, 22%-26%) y Días de calentamiento (60, 70, 80, 90 y 100 días a 39°C) utilizando un diseño experimental en Bloques Completos al Azar con arreglo factorial 3x3x5+3, con 3 repeticiones de 50 semillas cada uno (45 tratamientos OxG y 3 tratamientos testigo). La metodología utilizada se basó en el protocolo para germinar semillas Ténera de la especie *Elaeis guineensis* (testigo). El ANOVA indicó diferencias significativas para Estratos, Humedad de las semillas, Días de calentamiento y la interacción Humedad de las semillas\*Días de calentamiento. Se encontró que las semillas OxG del estrato Exterior del racimo germinan 8,9% y 14,3% más que los estratos Medio e Interno, respectivamente. El mejor tratamiento para germinar semillas OxG consistió en: Hidratar las semillas hasta que alcanzan 20% de humedad, luego calentarlas durante 70 días a 39°C, nuevamente hidratarlas hasta 24% de

<sup>1</sup> Egresado de Ingeniería Agronómica Universidad de Nariño, Pasto. Jennifer\_guerreroa@yahoo.es,

<sup>2</sup> I.A. M.Sc., Investigador Principal, Corpoica, Tumaco. sbastidas@corpoica.org.co,

<sup>3</sup> I.A. M.Sc. Profesor Asistente, Universidad de Nariño, Pasto. jgarcia@yahoo.es,

humedad y colocarlas a germinar; con esta combinación se alcanzó un promedio de 40,4% de germinación. Se identificó que además de baja germinación, los híbridos OxG presentan bajo vigor germinativo, entendido como el tiempo transcurrido desde el momento que germinan las primeras semillas hasta que finaliza el periodo de germinación, debido a madurez diferencial de los embriones.

**Palabras clave:** Semillas OxG, híbridos OxG, estratificación semillas, humedad semillas, calentamiento semillas

## ABSTRACT

In the Experimental Station El Mira of Corpoica, located in the municipality of Tumaco, Colombia, it carried out this investigation justified by the low percentage of germination of seeds of the hybrids *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*. For this, it was evaluated the effect of three treatments: Stratum (External, Middle, Internal); Humidity of the seeds (18%-22%, 20%-24%, 22%-26%) and Days of heating (60, 70, 80, 90 and 100 days at 39°C) using an experimental design in Randomized Blocks with 3x3x5+3 in factorial arrangement, with 3 replications of 50 seeds each (45 OxG treatments and 3 Ténera treatments control). The methodology used was based on the protocol for germination of Ténera seeds of the species *Elaeis guineensis*. The ANOVA indicated significant differences for Stratum, Humidity of the seeds, Days of heating and for the interaction Humidity of the seeds\*Days of heating. It was found that: seeds of the External stratum of the bunch, germinates 8.9% and 14.3% more than the Middle and Internal stratum, respectively. The best treatment for germinating OxG seeds was the following combination of pre-treatments: Soaking until the seeds reach 20% humidity, then to apply heat for 70 days at 39°C and finally put to germinate when the seeds reached 24% moisture in the second period of soaking, with this treatment was achieved an average of 40.37% germination. It identified that in addition to low germination, the hybrids have low vigor germination, defined as the time elapsed from the time the first seeds germinate until the end of the period of germination, due to differential maturation of the embryos.

**Keywords:** Seeds OxG, hybrids OxG, seed stratification, seed moisture, seed warming

## INTRODUCCIÓN

El complejo pudrición de cogollo (CPC) es el disturbio más grave reportado en las plantaciones de palma de aceite de Suramérica; en la zona palmera de Tumaco (Colombia) su presencia ha sido devastadora. En 2005 reportes recopilados en las plantaciones Astorga, Salamanca, Manigua, Santafé, Santa Elena y La

Miranda, indicaban niveles de incidencia acumulada del 0,1 al 0,9% (Torres y Betancourt, 2006); dos años después, diciembre de 2007 el CPC ya estaba presente en más del 95% del área palmera de Tumaco, con una incidencia promedio de 52,5% con variaciones entre plantaciones; se estimó que a corto plazo iba a extenderse al 100% del área (Hurtado y Mercado, 2007).

La solución al problema causado por CPC pareciera venir con la siembra del cultivar híbrido OxG obtenido mediante cruzamiento controlado entre palmas de la especie Nolí (*Elaeis Oleifera*) portadora de genes para resistencia al CPC y palmas de aceite (*Elaeis guineensis*). El híbrido OxG se ha reportado tolerante al CPC (Hartley, 1988; Meunier, 1991; Reyes *et al.*, 2002, Bastidas *et al.*, 2003; Amblard *et al.*, 2004; Torres *et al.*, 2004; Zambrano, 2004; Chinchilla, *et al.*, 2007 y Bastidas *et al.*, 2007).

Con la llegada de un nuevo cultivar llegan nuevos problemas, uno de ellos es la baja germinación de sus semillas; cuatro productores nacionales de semillas del híbrido OxG, Hacienda La Cabaña, Meta; Unipalma, Meta; Indupalma, Cesar y Corpoica El Mira, Nariño y un productor internacional, Embrapa, Amazonas, Brasil, reportan porcentajes de germinación menores al 30%; además, los híbridos OxG presentan las siguientes limitantes tecnológicas: 1) Baja oferta de semillas a nivel nacional e internacional; 2) Disponibilidad restringida para pequeños y medianos productores de Tumaco, por oferta y por precio; 3) Alto costo de producción, puesto que se requiere manejar grandes volúmenes de semillas por el bajo porcentaje de germinación; 4) Alto costo de la semilla; el valor de una semilla germinada en el país varía entre US\$ 2 y 3 por unidad, contra US\$ 0,75 a 0,80 de una semilla germinada de palma de aceite indicando que los productores de semillas están trasladando parte del sobre costo de producción a los palmicultores; 5) Las semillas OxG presentan latencia de tipo exógeno, son recalcitrantes y por consiguiente pierden viabilidad en corto tiempo; 6) Los embriones del híbrido OxG presentan desarrollo incompleto (inmadurez fisiológica); los

anteriores limitantes hacen que la utilización del método tradicional para germinar semillas de palma de aceite no sea el más adecuado para los híbridos (Corley, 1982; Villa, *et al.*, 2007 y Valbuena, 2008).

El objetivo de esta investigación fue adaptar una metodología para aumentar los porcentajes de germinación de las semillas OxG CORPOICA ELMIRA, con base en el protocolo disponible para palma de aceite *Elaeis guineensis*, como medio para contribuir a satisfacer la demanda de este insumo y reducir los costos de producción.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó entre marzo de 2008 y febrero de 2009 en Corpoica Estación Experimental El Mira en Tumaco, con semillas sexuales del híbrido interespecífico *Elaeis oleifera* tipo Cereté x *Elaeis guineensis* tipo Deli. Fueron evaluados 3 factores: Estrato de ubicación de las semillas, Humedad de las semillas y Días de calentamiento de las semillas, cada uno con 3, 3 y 5 niveles respectivamente, en un diseño experimental en Bloques Completos al Azar en arreglo Factorial 3x3x5+3, con 3 repeticiones de 50 semillas y 3 tratamientos testigos Ténera (Tabla 1). Particularidad del diseño: bloquear por el gradiente racimo para contrarrestar el efecto debido al genotipo; un racimo de semillas OxG fue utilizado como bloque del cual salieron las semillas para los 45 tratamientos de una repetición.

**Aplicación de los tratamientos:** La metodología empleada explora valores cercanos a protocolos utilizados para germinar semillas Ténera de la especie *Elaeis guineensis* (Ortiz y Fernández, 1994 y Corpoica, 2003).

## Factores y niveles en evaluación

**Estrato.** Fueron evaluados 3 estratos: Externo, Medio e Interno. Este factor se refiere a la parte de la espiga donde están ubicadas las semillas con respecto al raquis del racimo. Actividades realizadas para estratificar las semillas:

- En campo fueron seleccionados y cosechados racimos O×G.
- Con una hachuela se procedió a retirar una a una las espigas del racimo; cada espiga se di-

vidió visualmente en tres partes equivalentes a los estratos, Interno, Medio y Externo. Los frutos desgranados se estratificaron según su color y tamaño. (Figuras 1 y 2)

**Humedad de las semillas.** Fueron evaluados tres niveles de humedad: (18%-22%); (20%-24%) y (22%-26%). Los números corresponden al porcentaje de humedad que debían contener las semillas cuando se las ingresó al cuarto de calentamiento y cuando se las ingresó al cuarto de germinación, respectivamente. Pasos realizados:

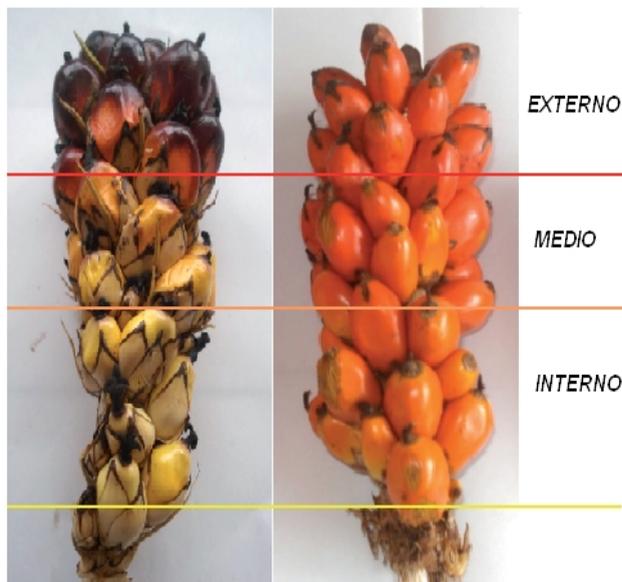


Figura 1. Estratificación de frutos por su ubicación en la espiga del racimo



Figura 2. Estratificación de frutos por color y tamaño. a) Palma de aceite, b) Palma noli

**TABLA 1.** Tratamientos generados por la combinación de tres factores con sus respectivos niveles

TRATAMIENTO	ESTRATO	% DE HUMEDAD	DÍAS DE CALOR
1	EXTERNO	18% y 22%	60
2			70
3			80
4			90
5			100
6		20% y 24%	60
7			70
8			80
9			90
10			100
11		22% y 26%	60
12			70
13			80
14			90
15			100
16	MEDIO	18% y 22%	60
17			70
18			80
19			90
20			100
21		20% y 24%	60
22			70
23			80
24			90
25			100
26		22% y 26%	60
27			70
28			80
29			90
30			100
31	INTERNO	18% y 22%	60
32			70
33			80
34			90
35			100
36		20% y 24%	60
37			70
38			80
39			90
40			100
41		22% y 26%	60
42			70
43			80
44			90
45			100
46 Testigo Ténera	EXTERNO	18 y 22	60
47 Testigo Ténera	MEDIO	18 y 22	60
48 Testigo Ténera	INTERNO	18 y 22	60

- Las semillas de cada estrato fueron divididas en tres grupos.
- A cada grupo se le asignó el primer valor de un nivel del factor Humedad, esto es 18%, 20% y 22%, respectivamente y se registró su peso.
- Luego, por cada grupo se tomó una muestra al azar del 2% del peso de las semillas. La muestra se pesó y registró como peso fresco (pmf); también se pesó el 98% restante de las semillas y registró como peso inicial (pi).
- Las muestras del 2% de semillas se colocaron a secar en un horno por 48 horas a 105°C; luego se dejaron enfriar durante 6 horas en un desecador de vidrio con sílica gel. Se tomó el peso de la muestra y registró como peso seco (pms). Estos datos sirvieron para estimar el porcentaje de humedad de las semillas, con la fórmula:

$$\% H = ((pmf-pms)/pms) \times 100$$

- Luego fue necesario estimar el peso requerido (PR) del 98% de las semillas. Este peso garantiza que las semillas alcanzaron, durante el primer periodo de remojo, el porcentaje de humedad necesario para ingresar al cuarto de calentamiento, 18%, 20% ó 22% de humedad. El PR se obtiene aplicando una de las siguientes fórmulas, según el tratamiento:

$$PR \text{ para } 18\% = ((pi \times pms)/pmf) \times 1.18$$

$$PR \text{ para } 20\% = ((pi \times pms)/pmf) \times 1.20$$

$$PR \text{ para } 22\% = ((pi \times pms)/pmf) \times 1.22$$

- Acto seguido, cada grupo de semillas se sometieron a remojo por varios días. A partir

del decimoquinto día, cada grupo era pesado diariamente hasta cuando alcanzaron el PR.

**Días de calentamiento de las semillas.** Fueron evaluados 5 niveles: 60 días, 70 días, 80 días, 90 días y 100 días. Este factor se refiere al número de días de tratamiento con calor a 39°C aplicado a las semillas. El tratamiento con calor consistió en introducir las semillas en bolsas de polietileno transparente; luego las bolsas con las semillas se colocaron en estantes dentro de un cuarto de calentamiento con temperatura regulada a 39°C ± 1°C durante el número de días correspondiente a cada nivel.

Después de transcurrido el tiempo de calentamiento, las semillas se sacaron del cuarto de calentamiento y se repitieron los pasos para calcular la humedad y peso requeridos, descritos anteriormente, con cada uno de los tratamientos. En este caso se tomó una muestra del 4% del número de semillas para estimar la humedad (22%, 24% y 26% según el tratamiento). Las fórmulas de cálculo para el nuevo peso requerido (NPR) fueron:

$$NPR \text{ para } 22\% = ((pi \times pms)/pmf) \times 1.22$$

$$NPR \text{ para } 24\% = ((pi \times pms)/pmf) \times 1.24$$

$$NPR \text{ para } 26\% = ((pi \times pms)/pmf) \times 1.26$$

**Germinación de Semillas.** Tres factores físicos inducen la germinación de las semillas de palma de aceite: Temperatura, humedad y oxígeno (MADR y INSPV, 1979; Figueredo, 1996 y MPOB, 2000). Temperatura y oxígeno fueron suministrados en el cuarto de calentamiento; humedad durante el primero y segundo periodos de remojo; por lo tanto para que finalmente ocurra la germinación fue necesario más oxígeno y humedad.

El proceso de germinación se completó con la siguiente rutina: Cada día, se extraían las semillas de las bolsas de los diferentes tratamientos, se extendían sobre una toalla absorbente; se rociaban con agua y se dejaban al aire libre unos minutos hasta que perdieran la humedad superficial. Luego se regresaban a sus respectivas bolsas dejando aire en su interior. Esta rutina se repitió diariamente hasta la germinación de las semillas. La emergencia del embrión a través del poro germinativo fue la evidencia de germinación. En este trabajo la germinación (variable respuesta) fue monitoreada durante 61 días, revisando y totalizando a los 16, 31, 46 y 61 días después de iniciado el proceso.

Para el Análisis de Varianza (ANOVA) los porcentajes fueron normalizados con la transformación Arcoseno  $\sqrt{X+1}$ . La comparación de medias entre tratamientos se hizo con la prueba de Tukey, además se realizaron análisis de regresión y curvas de tendencia para determinar la dependencia entre variables (Steel y Torrie, 1985; Di Rienzo, *et al.*, 2010).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ANOVA detectó diferencias estadísticas con 99% de probabilidad para las fuentes de variación Estrato y Humedad y con 95% de probabilidad para Días de calentamiento y la interacción Humedad\*Días de calentamiento (Tabla 2).

**Germinación según los estratos.** (Tabla 3) El mayor porcentaje promedio de germinación se obtuvo con las semillas OxG del estrato Externo con 24,5%, presentando diferencias de 8,9% y 14,4% con los estratos Medio e Interno, respectivamente. El promedio de germinación más alto de los estratos, 33,9%, se obtuvo con el Externo cuando las semillas se calientan durante 70 días.

La prueba de medias de Tukey ( $P < 0,05$ ) presentó evidencias estadísticas para asegurar que los frutos OxG del exterior del racimo contienen las semillas con mayor porcentaje de germinación, indicando que ésta depende de la ubicación de las semillas con respecto al raquis del racimo. Esta afirmación entra en contradicción

**Tabla 2.** Cuadrados Medios para el porcentaje de germinación de las semillas del híbrido OxG. Datos transformados con Arcoseno raíz de porcentaje ( $\sqrt{\%+1}$ )

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrados Medios
Estratos	2	1704.14**
Humedad	2	1243.13**
Calor	4	534.73*
Estratos*Humedad	4	70.920
Estratos*Calor	8	59.32
Humedad*Calor	8	432.83*
Estratos*Humedad*Calor	16	31.03
Error	99	216.50
* = Significativo al 5% de probabilidad; ** = Significativo al 1% de probabilidad		

con el testigo, puesto que las semillas Ténera de los estratos Medio e Interno germinaron en mayor proporción que el Externo, con 89,7% y 77,3% respectivamente (Figura 3) indicio que madurez de los frutos no es sinónimo de madurez de los embriones (madurez fisiológica de las semillas).

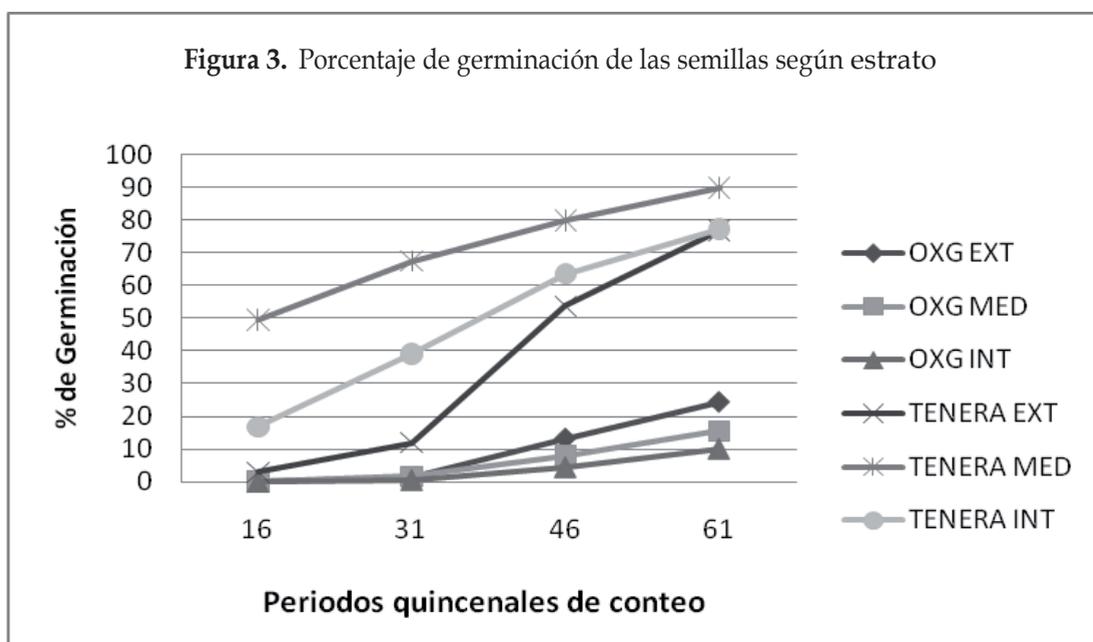
En la Figura 2 se aprecia que la diferencia de color entre estratos es más acentuada en palma de aceite que en los frutos OxG y sin embargo en los tres estratos se encuentran altos porcentajes de germinación (Tabla 3).

El bajo porcentaje de germinación representa para los productores manejar grandes volúmenes de semillas para atender la demanda, mano de obra adicional, mayor espacio en infraestructura y mayor cantidad de insumos. Para reducir costos se recomienda descartar las semillas del estrato Interno, por presentar bajo porcentaje de germinación, disminuyendo en cerca de 1/3

el volumen de semillas a manejar, por ejemplo, en Corpoica El Mira, el potencial de producción de semillas es de 300.000 por año; para obtener esta cantidad se debe manejar 1.000.000 de semillas considerando un 30% de germinación. Si se eliminan las semillas del estrato Interno (1/3 del total de semillas) prácticamente se requiere manejar 700.000 semillas para obtener las 300.000 semillas germinadas.

**Germinación según la humedad de las semillas.** El ANOVA detectó diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) en los porcentajes de germinación según la humedad de las semillas (Tabla 2) confirmando que la precisión en la aplicación de este tratamiento pregerminativo es importante para romper la latencia de las semillas, junto con la temperatura y el oxígeno; cuando falta uno de los tres factores el proceso falla (MADR, INSPV, 1979; Figueredo, 1996 y MPOB, 2000).

Según el ANOVA existen razones estadísticas ( $P < 0.05$ ) para afirmar que los porcentajes de



**Tabla 3.** Porcentaje de germinación de las semillas del híbrido OxG para los factores Estrato, Humedad de las semillas y Días de calentamiento, con sus respectivos niveles

ESTRATOS	% HUMEDAD	DÍAS DE CALENTAMIENTO					Promedios Generales
		60 Días	70 Días	80 Días	90 Días	100 Días	
OxG Externo	18 - 22	21,6	25,1	28,9	25,6	21,5	24,5
	20 - 24	20,7	<b>40,4</b>	23,1	23,6	11,0	23,8
	22 - 26	25,9	36,3	29,0	19,1	15,0	25,1
OxG Medio	18 - 22	10,9	18,7	22,3	15,8	19,2	17,4
	20 - 24	14,0	26,1	11,1	12,8	19,2	16,6
	22 - 26	7,4	16,5	19,5	9,5	10,6	12,7
OxG Interno	18 - 22	8,6	6,7	6,3	14,7	12,5	9,8
	20 - 24	5,6	7,6	12,2	7,0	5,8	7,7
	22 - 26	5,0	20,4	10,6	17,3	11,5	13,0
Promedios Estratos	Externo	22,7	<b>33,9</b>	27,0	22,8	15,9	<b>24,5</b>
	Medio	10,8	20,4	17,6	12,7	16,3	<b>15,6</b>
	Interno	6,4	11,6	9,7	13,0	10,0	<b>10,1</b>
Promedios % Humedad	18 - 22	13,7	16,8	19,2	18,7	17,7	<b>17,2</b>
	20 - 24	13,5	<b>24,7</b>	15,4	14,5	12,0	<b>16,0</b>
	22 - 26	12,8	24,4	19,7	15,3	12,4	<b>16,9</b>
Promedios Días de calentamiento		<b>13,3</b>	<b>22,0</b>	<b>18,1</b>	<b>16,1</b>	<b>14,1</b>	<b>16,7</b>
Ténera Externo	18 - 22	76,8	-	-	-	-	<b>76,8</b>
Ténera Medio	18 - 22	89,7	-	-	-	-	<b>89,7</b>
Ténera Interno	18 - 22	77,3	-	-	-	-	<b>77,3</b>
Promedio Ténera		<b>81,2</b>	-	-	-	-	<b>81,2</b>

germinación de las semillas OxG presentan variaciones según la humedad de las mismas y los días de calentamiento, indicando interacción entre estos dos factores; cuando las semillas tienen 18%-22% de humedad y se calientan durante 70 días, su germinación (16,8%) es menor que

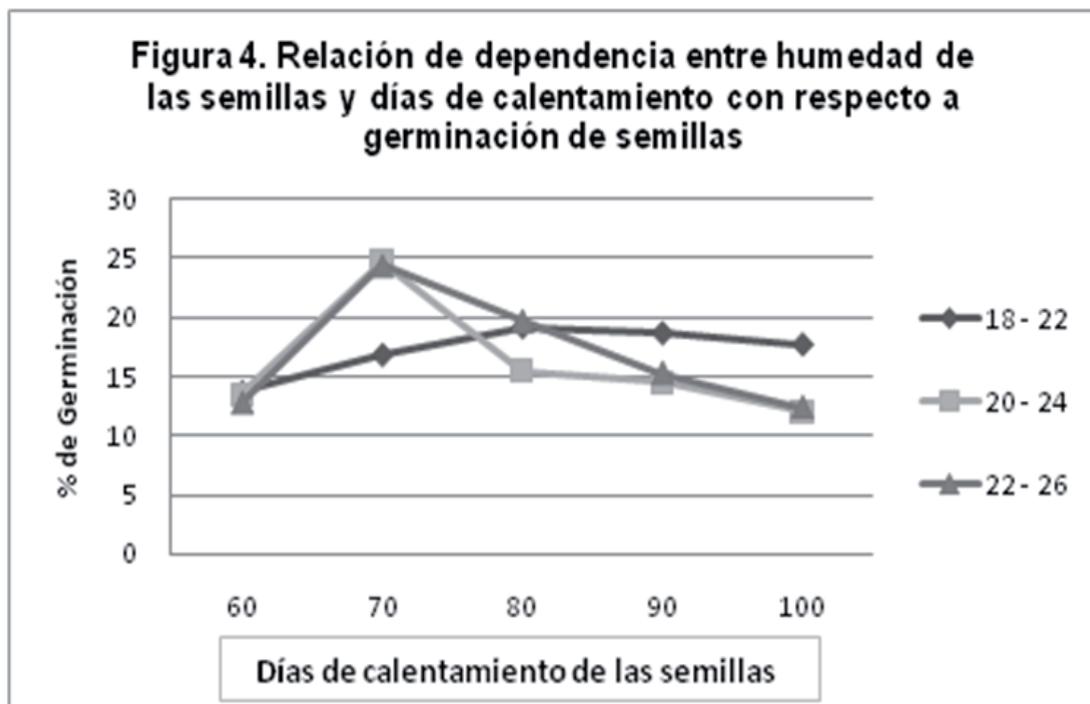
cuando tienen 20-24% (24,7%) ó 22-26% (24,4%) con los mismos 70 días de calor; en cambio cuando tienen 18-22% de humedad y se calientan 80 días su germinación (19,2%) es mayor que cuando tienen los otros dos niveles de humedad, 20-24% (15,4%) ó 22-26% (19,7%), demostrando

la interacción (Figura 4). La mejor combinación entre estos dos factores se produce con 20%-24% de humedad y 70 días de calor al alcanzar 24,7% de germinación, seguida de cerca por 22%-26% y 70 días de calor con 24,4% de germinación (Tabla 3). Los datos indican que los factores Humedad de las semillas y días de calentamiento afectan el proceso de germinación.

Las combinaciones 20%-24% de humedad con 70 días y 22%-26% de humedad con 70 días, sugieren que el nivel óptimo para el primer remojo puede estar entre 20% y 22% de humedad, mientras el nivel óptimo para el segundo remojo está entre 24 y 26%. Para mayor precisión se recomienda explorar niveles de humedad cercanos a los indicados; para el primer periodo de remojo explorar desde 20% hasta 22% de humedad y para el segundo periodo de remojo explorar desde 24% hasta 26%.

Se encontró que las semillas OxG empiezan a geminar 15 días más tarde con respecto al testigo Ténera, además entre los 46 y 61 días aún se presenta germinación, mientras en la palma de aceite en este periodo la germinación es mínima, indicando que la latencia de las semillas OxG es más larga y que el vigor germinativo es más bajo, entendiendo vigor como la velocidad o tiempo para la germinación (Hartmann y Kester, 1981). Sería interesante monitorear la germinación de las semillas OxG más allá de los 61 días, a fin de determinar cuándo empieza a declinar.

Los resultados muestran una relación directa entre días de remojo y porcentaje de humedad de las semillas OxG; las semillas absorben cantidades más o menos constantes de humedad a medida que transcurren los días, la tendencia debe cambiar cuando las semillas se acercan al punto de saturación. Una de las causas de



la baja germinación de las semillas OxG, es la pérdida de humedad. En palma de aceite la pérdida de humedad bajo sombra sigue una tendencia lineal inversa con pendiente poco pronunciada, encontrando alto porcentaje de semillas viables aún después de 12 meses de almacenamiento (Hartley, 1988 y Corpoica, 2003). Bajo condiciones de laboratorio se encontró que la pérdida de humedad en las semillas OxG disminuye la viabilidad de sus embriones (a nivel de haustorio y radícula) en tal grado que éstos pierden conexión con el endospermo que aporta los nutrientes necesarios para el proceso de germinación (Villa *et al.*, 2007 y Rendón, 2008), pero se desconoce el tiempo de viabilidad que las semillas OxG bajo almacenamiento.

#### **Germinación según los días de calentamiento.**

Según el ANOVA existe una tendencia de superioridad cuando se calientan las semillas OxG por espacio de 70 días ( $P < 0.05$ ) para alcanzar mayor porcentaje de germinación, en este caso 22,0% (Tabla 3).

El método de calor seco es útil para acelerar la germinación; las semillas de palma de aceite tratadas con calor entre 38° y 40°C por períodos de 60 a 80 días, con 22% de humedad, aceleran y aumentan la germinación (Quesada, 1997). Según Kin, 1981; Addae-Kagyah 1988; Hartley, 1988; Corrado y Wuidart. 1990, la tensión de oxígeno acelera el proceso de germinación, sin embargo, estos mismos investigadores confirman que a temperatura ambiente el aumento de la tensión de oxígeno no es efectivo, demostrando la importancia del calentamiento de las semillas. Según Figueredo (1996) sometiendo semillas OxG a temperaturas de 38 a 39.5°C durante 105 días, con 18 a 23% de humedad y con oxigenación máxima posible se puede obtener alto porcentaje de germinación.

El mejor tratamiento con calor para germinar semillas OxG consiste en calentar las semillas de los tres estratos durante 70 días, porque se obtiene un promedio de 22,0% de germinación; sigue en importancia el tratamiento 80 días con 18,1% (Tabla 3). Este comportamiento sugiere que el período óptimo de calentamiento debe estar alrededor de estos dos límites. Se recomienda monitorear la germinación desde 65 hasta 75 días. Todos los tratamientos están por debajo de las semillas Ténera calentadas por 60 días, con 81,2% de germinación (Tabla 3).

**Análisis general.** En general, el bajo porcentaje de germinación de las semillas se debe tanto a factores endógenos (esterilidad, inmadurez embrionaria) como a factores exógenos (restricciones, latencia, inhibiciones químicas) (Hartmann y Kester, 1981).

Los híbridos OxG resultan del cruzamiento artificial entre palmas de especies diferentes, lo cual explica parte del origen endógeno de su esterilidad; la naturaleza proporciona ejemplos sobre la esterilidad de los híbridos interespecíficos; en los animales la mula es un ejemplo conocido. En los híbridos OxG la existencia de factores restrictivos exógenos, que inducen latencia prolongada en las semillas, explican la mayor parte de los resultados. Estudios sobre germinación de embriones OxG *In Vitro* indican porcentajes superiores a 84% de germinación (Villa, *et al.*, 2007 y Valbuena, *et al.*, 2008) comprobando la aseveración anterior.

No se encontró significancia estadística en la interacción entre Estratos, Humedad de las semillas y Días de calentamiento (Tabla 2) sin embargo, jerarquizando los porcentajes de germinación de los 45 tratamientos OxG se encuentra que los mayores porcentajes se

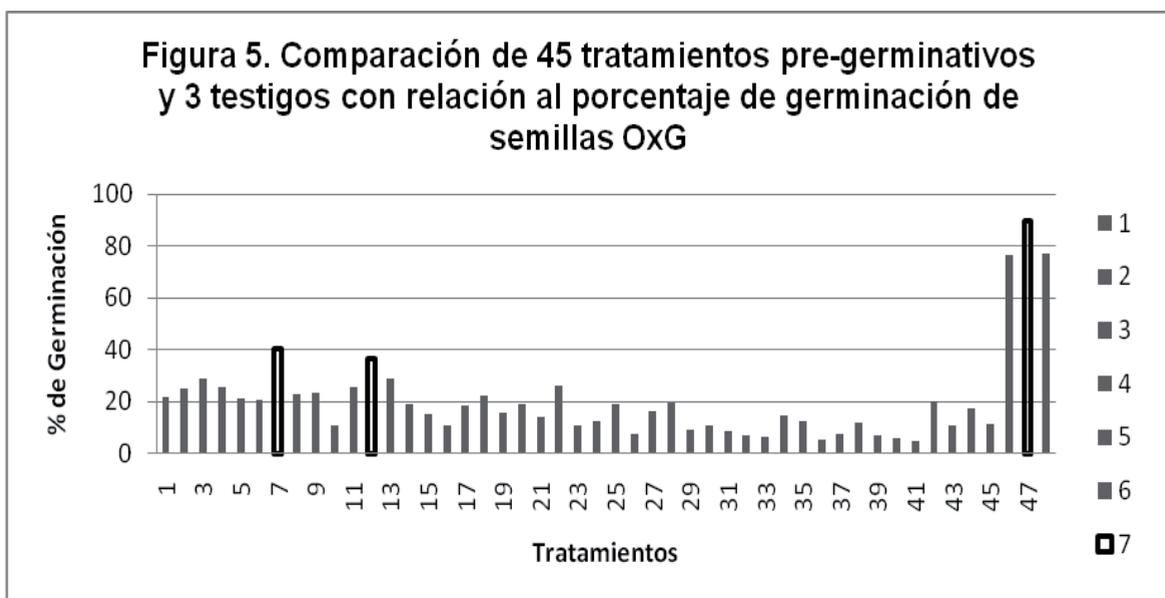
obtuvieron con las siguientes combinaciones de factores: Estrato Externo + 20 y 24% Humedad + 70 Días calor, con 40,4% de germinación, seguido por Estrato Externo + 22 y 26% de humedad + 70 Días calor con 36,3%; estas combinaciones de factores corresponden a los tratamientos 7 y 12 respectivamente (Tablas 1 y 3). Estos tratamientos denotan la importancia de la humedad para romper la latencia de las semillas, puesto que con una variación del 2% en humedad en el 1º y 2º periodos de remojo se incrementa la germinación en 4,1%.

Por su parte, el tratamiento 41 (Estrato Interno + 22 y 26% + 60 Días calor) presentó la combinación de factores con el más bajo porcentaje de germinación (5,0%) con lo cual se deduce que la incorrecta aplicación de tratamientos pregerminativos conduce a obtener bajos porcentajes de germinación (Figura 5).

En Corpoica La Selva (Rionegro, Antioquia) utilizando el método de tinción con sal de Tetrazolium se encontró que la viabilidad de los

embriones OxG fue 44,2% (Rendón, 2008) resultado similar al porcentaje de germinación 40,4%, obtenido con el tratamiento No. 7, demostrando que la germinación de las semillas OxG está correlacionada con el porcentaje de viabilidad de sus embriones. Se recomienda realizar rutinariamente las pruebas con tetrazolium para monitorear la viabilidad de las semillas y eliminar todos los racimos de semillas con menos de 20% de viabilidad, a fin de aumentar el porcentaje de germinación y reducir costos de producción.

La mejor combinación de tratamientos pregerminativos consistió en colocar a germinar únicamente las semillas del Estrato Externo, hidratarlas hasta que alcanzan 20% de humedad en el 1º periodo de remojo; calentarlas a 39°C durante 70 días; nuevamente hidratarlas hasta 24% de humedad en el 2º periodo de remojo y llevarlas al cuarto de germinación, porque con este tratamiento se obtuvo un promedio de 40,4% de germinación; 10,4% más con respecto a la germinación promedio registrada en el laboratorio de germinación de semillas OxG



de Corpoica El Mira. Este tratamiento debe ser el protocolo adoptado para germinar semillas del híbrido OxG del código Cereté x Deli. Se recomienda validar este protocolo con semillas OxG del código Cereté x Yangambi de Corpoica El Mira.

En Corpoica Tibaitatá (Mosquera, Cundinamarca) se obtuvo 84,4% de germinación de embriones OxG *In vitro* (Villa, *et al.*, 2007). En otra investigación en curso, también en Corpoica Tibaitatá, están obteniendo desde 78% hasta 90% de embriones germinados *In Vitro* (Valbuena, 2008). La comparación de estos resultados con la germinación de las semillas OxG (40,4%) del presente trabajo permite confirmar la existencia de factores exógenos que están causando latencia prolongada en las semillas OxG y contradicen la hipótesis de la baja viabilidad por causas endógenas, puesto que la germinación *in vitro* es alta en comparación con la germinación tradicional.

## CONCLUSIONES

- De los 45 tratamientos evaluados, únicamente dos superaron el promedio reportado, el tratamiento 7 (Estrato Externo + 20 y 24% de Humedad + 70 Días calor) y el tratamiento 12 (Estrato Externo + 22 y 26% de humedad + 70 Días calor) con 40,4% y 36,3% de germinación respectivamente, evidenciando incorrecta combinación de factores pregerminativos en la mayoría de tratamientos.
- Las semillas OxG inician geminación 15 días más tarde que las semillas de palma de aceite indicando mayor periodo de latencia; además continúan germinando después de los 61 demostrando bajo vigor germinativo.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a Corpoica, por la colaboración técnica y logística para la realización del trabajo y al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural por la financiación recibida a través del Proyecto "Desarrollo de pruebas agronómicas para certificar la tolerancia de los híbridos interespecíficos al disturbio pudrición del cogollo en áreas de la zona palmera occidental", Convenio No. 002/2006, Contrato IICA No. 355/2006.

## BIBLIOGRAFÍA

ADDAE-KAGYAH, K. W. 1988. Effect of seed storage, heat pretreatment and its duration on germination and growth of nursery stock of the idolatrica palm, *Elaeis guineensis* var *idolatrica* (Chevalier). Tropical Agriculture (Trinidad) 65 (1): 77 - 83.

AMBLARD, P.; BILLOTTE, N.; COCHARD, B.; DURAND, T.; JACQUEMARD, C.J.; LOUISE, C.; NOVY, B. y POTIER, F. 2004. El mejoramiento de la palma de aceite *Elaeis guineensis* y *Elaeis oleifera* por el Cirad-CP. Palmas, volumen especial, Colombia, 25(2):306-310.

BASTIDAS, P.S.; PEÑA, R.E. y REYES, C.R. 2003. Avances sobre el comportamiento de los híbridos de primera generación de retrocruzamiento entre palma americana (*Elaeis oleifera*) y palma africana (*Elaeis guineensis*). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - CORPOICA. Revista Regional, Novedades Técnicas Vol 3(3):32-36.

BASTIDAS, S.; PEÑA, E.; REYES, R. y TOLOSA, W. 2007. Comportamiento agronómico del

- cultivar híbrido RC1 de palma de aceite (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*) x *Elaeis guineensis*. En: Revista Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria, Vol: 8(1):5-11.
- CHINCHILLA, C.; ALVARADO, A.; ALBERTAZZI, H. y TORRES, R. 2007. Tolerancia y resistencia a las pudriciones del cogollo en fuentes de diferente origen de *Elaeis guineensis*. Palmas. (Colômbia). Volumen especial, 28 (1): 273 - 284.
- CORLEY, R. 1982. Chapter 3: Germination and seedling growth. pp. 23 - 36. Second edition. En: Developments in Crop Science (1): Oil Palm Research. Scientific Publishing Company, Amsterdam.
- CORPOICA. 2003. Procedimiento técnico para la producción de semillas de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) de material mejorado obtenido por Corpoica en el Centro Experimental el Mira. Tumaco. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - CORPOICA. pp 52 - 68.
- CORRADO, F. y WUIDART, W. 1990. Germinación de las semillas de palma Africana (*E. guineensis*) en bolsas de polietileno. Método por "calor seco". Oléagineux 45 (11): 516 - 518.
- DI RIENZO, J.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M.; GONZÁLEZ, L.; TABLADA, M. y ROBLADO, C. 2010. InfoStat versión 2010. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- FIGUEREDO, V. 1996. Proceso germinativo de la semilla de palma de aceite, pp.55-68. En: Memorias. Primer curso internacional de palma de aceite. Centro de investigación de Palma de Aceite CENIPALMA. Santafé de Bogotá. D.C., Colombia, 433p.
- HARTLEY, C. 1988. The oil palm (*Elaeis guineensis* J.). Three Editions. Longman Scientific and Technical. 762 p.
- HARTMANN, T. y KESTER, E. 1981. Propagación de plantas principios y prácticas. Segunda impresión. Editorial Continental. México. 814 p.
- HURTADO, R. y MERCADO, H. 2007. Determinación del número de hectáreas afectadas por pudrición de cogollo y porcentaje de incidencia. Taller técnico científico sobre avances y resultados en los procesos de investigación y manejo del complejo pudrición del cogollo en Tumaco. San Andrés de Tumaco, Colombia. Octubre 24 y 25. CD ROM.
- KIN, T. 1981. Investigations into fruit set capacities of the *Elaeis oleifera* under controlled pollination conditions and germination requirements of the interspecific *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* (pisifera) hybrid seeds. Planter, Kuala Lumpur 57: 444 - 451.
- MADR, INSPV. 1979. Manual para evaluación de plántulas en análisis de germinación. Coruña, Madrid. 130 p.
- MPOB. 2000. Advances in oil palm Research. Malaysian Palm Oil Board (MPOB). Malaysia, Ministry of Primary Industries, 775 p.
- MEUNIER, J. 1991. Una posible solución genética para el control de Pudrición de Cogollo en la palma aceitera: híbrido interespecifico *E. oleifera* x *E. guineensis*. Palmas (Colombia) 12 (2). p 39 - 42.
- ORTIZ, V. y FERNÁNDEZ, H. 1994. El cultivo de la palma aceitera. EUNED (Costa Rica) pp 50-51.

- QUESADA, G. 1997. Tecnología de palma aceitera, cultivo e industria de la palma aceitera (*Elaeis guineensis*) En: Ministerio de Agricultura y Ganadería INTA [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/tec\\_palma.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_palma.pdf) 42p.; consulta marzo 2009.
- RENDÓN, C. 2008. Viabilidad de embriones y polen en algunas variedades e híbridos de palma de aceite. Trabajo para optar al título en Ingeniería Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Medellín. 57p.
- REYES, C.; BASTIDAS, P. y PEÑA, R. 2002. Proceso de obtención de materiales mejorados de palma de aceite (*Elaeis guineensis*) Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - CORPOICA. Revista Regional, Novedades Técnicas Vol 3(1):26-32.
- STEEL, R. y TORRIE, J. 1985. Bioestadística: Principios y Procedimientos. Segunda edición. McGRAW-HILL. Bogotá. Colombia. 622 p.
- TORRES, M.; REY, L.; GELVES, F. y SANTA-CRUZ, L. 2004. Evaluación del comportamiento de los híbridos interespecíficos *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*, en la plantación Guaicaramo S.A. Palmas (Colombia), volumen especial 25 (2), p 350 - 357.
- TORRES, S. y BETANCOURT, M. 2006. Situación actual de la pudrición del cogollo (PC) en la zona occidental. Curso taller Manejo de la pudrición de cogollo en la zona occidental. San Andrés de Tumaco, Colombia. (Medio Magnético, CD).
- VALBUENA, BRI. 2008. Germinación in vitro de semillas del híbrido interespecífico (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*) con tolerancia a la pudrición del cogollo, para contribuir a la renovación de plantaciones en el núcleo productivo del municipio de Tumaco-Nariño, como estrategia de manejo integrado de la enfermedad. Proyecto de investigación en formato Sistema Integral de Gestión de Proyectos. Convocatoria del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural 2008.
- VILLA, A.; JIMÉNEZ, P.; VALBUENA, I.; BASTIDAS, S. y NÚÑEZ, M. 2007. Estudio preliminar para el establecimiento de un protocolo de crioconservación para palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). Agronomía Colombiana, 25 (2), p 215 - 223.
- ZAMBRANO, R. 2004. Los híbridos interespecíficos *Elaeis oleifera* (H.B.K) Cortés x *Elaeis guineensis* Jacq. Una alternativa de renovación para la Zona Oriental de Colombia. Palmas (Colombia), volumen especial, 25 (2): 339-349