

**EVALUACIÓN EN FASE DE VIVERO DE PLANTAS DEL HÍBRIDO
INTERESPECÍFICO *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* OBTENIDAS
MEDIANTE GERMINACIÓN DE EMBRIONES IN VITRO**

**EVALUATION OF INTERESPECIFIC HYBRID *Elaeis oleifera* x *Elaeis
guineensis* NURSERY PLANTS PRODUCED BY EMBRYOS RESCUE**

Paulo Cesar Cortes L.¹; Silvio Bastidas P.²; Carlos Betancourt G.³

RESUMEN

En COPOICA, Estación Experimental El Mira, Tumaco (Colombia) se evaluaron 9 tratamientos relacionados con la aclimatación a condiciones de campo de los híbridos OxG obtenidos mediante germinación de embriones *in vitro*, comparados con los híbridos OxG procedentes de semillas. Por cada tratamiento se hicieron 3 repeticiones de 24 plantas, de las cuales las 8 centrales conformaron la parcela experimental, conformando un diseño en Bloques Completos al Azar. Los resultados indican buen comportamiento de las plantas obtenidas por germinación *in vitro*, en etapa de vivero, puesto que en todas las características vegetativas y de biomasa fueron estadísticamente similares a las plantas obtenidas por germinación tradicional. El desarrollo morfológico de los híbridos OxG obtenidos mediante germinación de sus embriones *in vitro* es igual al desarrollo morfológico de aquellos obtenidos por germinación tradicional de semillas; además producen plantas normales, con desarrollo normal en etapa de vivero. La adaptación de los híbridos obtenidos por germinación *in vitro* a las condiciones ambientales de Tumaco es igual a la adaptación de los híbridos obtenidos mediante germinación tradicional.

Palabras clave: Rescate de embriones, Germinación *in vitro*, híbridos alto oleico, biomasa en vivero.

¹ Candidato a Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto-Colombia. Cortespaulo2406@gmail.com

² Investigador I.A. M.Sc. Corpoica Palmira. Colombia. sbastidas@corpoica.org.co

³ Profesor Asistente I.A. M.Sc. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto-Colombia. cbet70@yahoo.com

ABSTRACT

Research was carry out in Corpoica EL Mira Experimental Station, located in Tumaco (Colombia). Nine (9) treatments were evaluated, related with acclimatization to the field of hybrid OxG obtained through in vitro germination embryos compared with hybrids OxG from seed. Each treatment had 3 replicates of 24 plants, of which centrals 8 formed the experimental plot, forming a design in randomized complete block. The results indicate good performance of the plants obtained by in vitro germination in nursery stage; in all vegetative and biomass characteristics were statistically similar to traditional plants obtained by germination. The morphological development of hybrids obtained OxG germination in vitro embryos is equal to the morphological development of those obtained by traditional seed germination; plants also produce normal development in nursery stage. The adaptation of hybrids obtained by in vitro germination to environmental conditions of Tumaco is equal to the adaptation of hybrids obtained by traditional germination.

Keywords: embryos rescue, in vitro germination, high oleic hybrids, biomass in nursery.

1. INTRODUCCIÓN

El complejo pudrición del cogollo (PC) es el principal y más grave disturbio que enfrentan los palmeros; su presencia es devastadora, en el 2007 se estimó presente en el 95% de las fincas palmeras de Tumaco (Hurtado y Mercado, 2007) en el 2010 en toda el área, causando la erradicación de 25.000 ha de 35.000 ha de la región⁴

Contra la PC aún no existen medidas efectivas de control; la solución genética es prometedora incorporando la resistencia de la palma Nolí *Elaeis oleífera* a la palma de aceite *Elaeis guineensis*, generando el híbrido interespecífico OxG reportado tolerante a enfermedades, entre ellas a PC (Hartley, 1988; Gómez *et al*, 1995; Sharma, 1999; Bastidas *et al*, 2007).

Este nuevo sistema de producción tiene sus propios problemas, siendo uno de

⁴

Estimaciones en diferentes reuniones gremiales de FEDEPALMA; CORPOICA, MADR (2010)

ellos la baja germinación de las semillas sexuales. En las semillas de algunas especies, la baja germinación se atribuye a factores internos (esterilidad, inmadurez embrionaria) y externos (restricciones, inhibiciones) (Hartmann y Kester, 1981). En Corpoica Tibaitatá se demostró la existencia de factores externos que inducen latencia prolongada en las semillas de los híbridos OxG, al obtener germinaciones superiores al 84% en medios de cultivo in vitro (Villa, *et al*, 2007; Valbuena, *et al*, 2008). El cultivo de embriones, también llamado “rescate” de embriones, consiste en el aislamiento del embrión y crecimiento In Vitro, en condiciones estériles, con el fin de eliminar la inhibición y obtener una planta viable. Existen dos tipos: Cultivo de embriones inmaduros de semillas inmaduras y cultivo de embriones maduros de semillas maduras (Pierik, 1990; Roca y Mroginskil, 1993).

Los conocimientos generados justifican determinar el mejor tratamiento para adaptar plantas del híbrido OxG obtenidas mediante germinación de embriones in vitro, a las condiciones de clima y suelos de Tumaco, contribuyendo a satisfacer la demanda de híbridos y a disminuir el impacto de la PC.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en Corpoica Estación Experimental El Mira, ubicada en Tumaco (Colombia) a 1°32'58" Latitud Norte y 78°41'21" Longitud Oeste; situada a 16 m.s.n.m., donde predominan condiciones de bosque húmedo tropical, con precipitación de 3000 mm/año, 25,5 °C de temperatura media, humedad relativa del 88% y 1008 horas de brillo solar por año (IDEAM, 2004).

Durante la etapa de vivero se evaluaron 9 tratamientos relacionados con la aclimatación a condiciones de campo de los híbridos OxG obtenidos mediante germinación de embriones in vitro, comparados con un tratamiento testigo correspondiente al híbrido OxG obtenido mediante germinación tradicional de semillas. La germinación in vitro se realizó en Corpoica Tibaitatá, mientras que la germinación tradicional en Corpoica El Mira (Tabla 1).

Por cada tratamiento se hicieron 3 repeticiones de 24 plantas (parcelas de 6 x 4 plantas) de las cuales las 8 centrales conformaron la parcela experimental y las

16 exteriores se usaron como bordes de protección, conformando un diseño experimental en Bloques Completos al Azar. La distribución de las bolsas en vivero se hizo en cuadro a 60 cm entre bolsa y bolsa. Los datos se analizaron con el programa InfoStat (Di Rienzo *et al*, 2010).

Tabla 1. Tratamientos para la adaptación de los híbridos OxG germinados in vitro a las condiciones ambientales de Tumaco

Tratamiento	Descripción del tratamiento
T1	2 meses en vasos con arena en cámara de aclimatación + 3 meses previvero en bolsas con tierra bajo polisombra + 7 meses vivero a libre exposición
T2	2 meses en vasos con arena bajo polisombra + 3 meses previvero en bolsas con tierra bajo polisombra + 7 meses vivero a libre exposición
T3	2 meses en vasos con tierra en cámara de aclimatación + 3 meses previvero en bolsas con tierra bajo polisombra + 7 meses vivero a libre exposición
T4	2 meses en vasos con tierra bajo polisombra + 3 meses previvero en bolsas con tierra bajo polisombra + 7 meses vivero a libre exposición
T5	3 meses en bolsas previvero con tierra bajo polisombra + 2 meses vivero en bolsas con tierra bajo polisombra + 7 meses vivero a libre exposición
T6	3 meses en bolsas previvero con tierra bajo polisombra + 9 meses vivero en bolsas con tierra a libre exposición
T7	1 mes en bolsas vivero con tierra bajo polisombra + 11 meses vivero a libre exposición
T8	2 meses en bolsas vivero con tierra bajo polisombra + 10 meses vivero a libre exposición
T9	3 meses en bolsas vivero con tierra bajo polisombra + 9 meses vivero a libre exposición
T10	Testigo semilla convencional . 3 meses en bolsas previvero con tierra bajo polisombra + 9 meses a libre exposición

Las palabras en negrilla corresponden a las variaciones de un tratamiento con respecto a otro

2.1 Variables evaluadas. La evaluación se basó en el comportamiento de variables relacionadas con medidas vegetativas y acumulación de biomasa:

2.1.1 Características vegetativas en etapa de vivero

Diámetro del bulbo del tallo (DB), Altura de la planta al inicio del raquis de la hoja N°4 (ALT), Número de hojas por palma (NH), Largo promedio de los foliolos de la hoja No. 4 (LF), Ancho promedio de foliolos de la hoja No. 4 (AF), Área de la hoja No. 4 (AH4), Área foliar por palma (AFP), Área sección del peciolo de la hoja No. 4 (ASP), Longitud del raquis de la hoja No. 4 (LR)

2.1.2 Acumulación de biomasa

Peso seco de peciolo y bases peciolares (PSPc), Peso seco del bulbo del tallo (PSB), Peso seco de las hojas (PSH), Peso seco de de las raíces (PSR), Peso seco total por palma (PSTP)

Al año de edad de las plantas se determinó el contenido de biomasa con base en peso fresco y peso seco de seis plantas por tratamiento, dos por repetición. El suelo adherido al sistema radical se eliminó con un chorro de agua, tomando precaución de no eliminar raíces; las muestras se secaron a 75°C por 48 horas. El bulbo radical y peciolo fueron seccionados en partes delgadas para facilitar el secamiento. Las muestras se enfriaron en desecadores de vidrio con sílica gel antes de registrar su peso. Las variables respuesta se tomaron siguiendo las metodologías descritas por Corley y Breure (1981); Breure y Verdooren (1995), Barón (1996), Contreras (1996), Corley y Tinker (2003).

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 CARACTERÍSTICAS VEGETATIVAS EN ETAPA DE VIVERO

De las nueve (9) características vegetativas utilizadas para comparar el efecto de los tratamientos sobre los híbridos OxG germinados in vitro, únicamente tres (3) presentaron diferencias estadísticas demostrables: Área de la hoja 4 (AH4) y Área foliar por palma (AFP) con 99% de significancia y Largo raquis (LR) con 95% de significancia; en cambio las diferencias en la expresión de las características DB, ALT, NH, LF, AF y ASP no alcanzaron a ser significantes, por lo que no pueden atribuirse al efecto de los tratamientos (Tabla 2).

El comportamiento diferencial en la expresión de Área de la hoja 4, Área total por palma y Largo de raquis de las hojas, significa que los tratamientos afectan el comportamiento de los híbridos OxG en etapa de vivero.

Tabla 2. Cuadrados medios y Coeficientes de variación de 9 características vegetativas usadas para evaluar el comportamiento de los híbridos OxG germinados in vitro a las condiciones de clima y suelos de Tumaco, Nariño, Colombia				
Fuentes de Variación				Coeficiente de Variación
Variabes	Tratamientos GL 9	Bloques GL 2	Error GL 18	
DB	0,286 ns	1,414	0,164	6,54
ALT	20,840 ns	139,750	10,260	6,28
NH	0,281 ns	0,900	0,381	4,54
LF	1,843 ns	1,964	1,181	3,28
AF	0,077 ns	0,139	0,042	8,05
AH4	65771,1 **	373709,4	17119,9	8,61
AFP	16441579,4**	92594187,7	4529808,2	10,30
ASP	132,912 ns	118,950	71,250	21,70
LR	23,969 *	102,684	7,730	6,83

Los coeficientes de variación de las 9 características fueron bajos, indicando baja variabilidad (Tabla 2). La prueba de Tukey confirma esta aseveración, especialmente en las características DB, ALT, NH, LF, AF y ASP. La prueba de Tukey detectó diferencias en el grado de expresión de AH4, AFP y LR (Tabla 3)

Tabla 3. Medias y agrupamientos Tukey de 9 características vegetativas usadas para evaluar el comportamiento de los híbridos OxG germinados in vitro a las condiciones de clima y suelos de Tumaco									
TRAT	DB (cm)	ALT (cm)	NH (und)	LF (cm)	AF (cm)	AH4 (m²)	AFP (m²)	ASP (mm²)	LR (cm)
1	6,2 a	49,3 a	14 a	33,8 a	2,4 a	0,14 b	1,83 b	39,8 a	39,8 ab
2	6,1 a	51,1 a	14 a	32,4 a	2,5 a	0,15 ab	2,03 ab	36,8 a	40,1 ab
3	6,6 a	55,3 a	14 a	32,0 a	2,8 a	0,18 a	2,54 a	56,3 a	45,1 a
4	5,6 a	45,7 a	13 a	33,5 a	2,4 a	0,14 b	1,80 b	35,8 a	34,5 b
5	6,4 a	51,0 a	14 a	33,1 a	2,4 a	0,14 b	1,84 b	34,8 a	39,7 ab
6	6,4 a	49,1 a	14 a	33,5 a	2,5 a	0,15 ab	2,03 ab	40,8 a	39,3 ab
7	6,6 a	54,0 a	14 a	33,2 a	2,6 a	0,17 ab	2,31 ab	39,7 a	43,6 a
8	5,9 a	51,3 a	14 a	33,0 a	2,4 a	0,15 ab	2,00 ab	36,9 a	41,7 ab
9	6,1 a	51,2 a	13 a	32,2 a	2,9 a	0,17 ab	2,26 ab	32,1 a	41,0 ab
10	6,1 a	51,5 a	13 a	34,8 a	2,6 a	0,15 ab	1,95 ab	36,0 a	41,8 ab

En cada variable, promedios con diferente letra son diferentes entre sí (P<0,05)

3.1.1 Área de la hoja 4 (AH4)

Este parámetro de crecimiento presentó bajo coeficiente de variación (8,61%) debido a que el área de las hojas depende directamente del número, del largo y del ancho de los folíolos, los cuales también presentaron bajos coeficientes de variación; sin embargo las diferencias en el grado de expresión de la característica fue suficiente para discriminar tratamientos ($P < 0,01$).

La hoja No. 4 de los híbridos OxG presentó el siguiente rango de superficie foliar en etapa de vivero, desde $0,14 \text{ m}^2$ hasta $0,18 \text{ m}^2$ con un promedio de $0,15 \text{ m}^2$. Las palmas de los tratamientos 5, 4 y 1 presentaron hojas con menor área foliar, mientras que las palmas del tratamiento 3 presentaron hojas con mayor superficie foliar, siendo estadísticamente superiores de las anteriores. Tukey no detectó diferencias entre el tratamiento 3 y los tratamientos 2, 6, 7, 8, 9 y 10 (Tabla 3, Figura 1) sugiriendo que la aplicación de cualquiera de estos tratamientos en etapa de vivero conduce a la producción de plantas del híbrido OxG con una superficie foliar por encima del promedio.

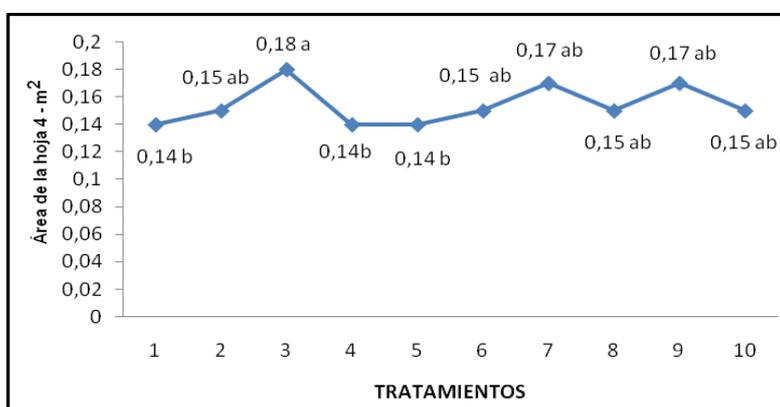


Figura 1. Promedios de superficie foliar en la hoja No. 4 de los híbridos OxG por efecto de 10 tratamientos en etapa de vivero en Tumaco. Promedios con diferente letra son diferentes entre sí ($P < 0,05$)

3.1.2 Área foliar por palma (AFP)

Este parámetro de crecimiento es consecuencia del anterior; se obtiene multiplicando el área de la hoja 4 por el número de hojas presentes en la corona de la palma (Breure y Verdooren, 1995). En este caso pueden presentarse diferencias en área y por el número de hojas.

El área foliar por palma presentó bajo coeficiente de variación (10,3%) debido a que su grado de expresión depende directamente del área de la hoja 4 y por extensión del número, largo y ancho de los folíolos, todas con bajos coeficientes de variación. Como en la variable anterior, el grado diferencial de expresión fue suficiente para discriminar tratamientos ($P < 0,01$).

La superficie foliar de los híbridos OxG presentó el siguiente rango de variación en etapa de vivero, desde 1,80 m² en las palmas de los tratamientos 1 y 4 hasta 2,54 m² en las palmas del tratamiento 3, con un promedio de 2,06 m² en los 10 tratamientos. Estadísticamente quedó demostrado que las palmas de los tratamientos 5, 4 y 1 presentaron menor área foliar, mientras que las palmas del tratamiento 3 presentaron mayor superficie foliar (Tabla 3). Como en la variable anterior, Tukey no detectó diferencias entre el tratamiento 3 y los tratamientos 2, 6, 7, 8, 9 y 10 (Figura 2) sugiriendo que la aplicación de cualquiera de estos tratamientos conduce a la producción de plantas del híbrido OxG con amplia superficie foliar, por encima del promedio. Lo importante de este análisis, es que los híbridos OxG procedentes de embriones germinados in vitro responden de la misma forma que los híbridos OxG procedentes de semilla tradicional (Tratamiento 10) en cuanto a la aclimatación a las condiciones de Tumaco.

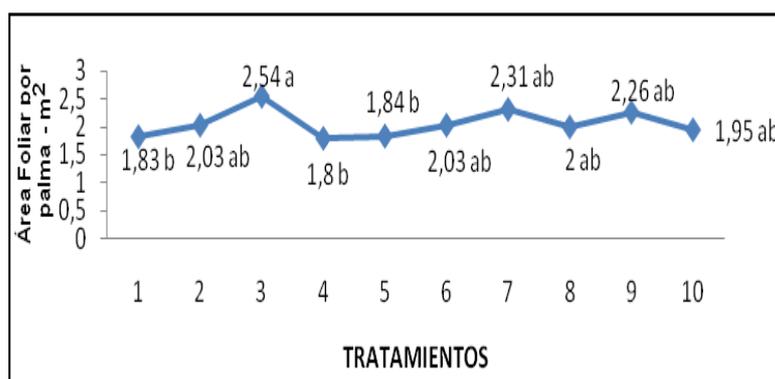


Figura 2. Promedios de superficie foliar por palma en los híbridos OxG por efecto de 10 tratamientos en etapa de vivero en Tumaco

Generalizando, los híbridos OxG germinados in vitro responden favorablemente a 6 de los 10 tratamientos de aclimatación evaluados; siendo promisorios para producir plantas con alto Índice de área foliar, parámetro que indica la relación entre la superficie foliar de las palmas de una hectárea con respecto a una hectárea de terreno; además es un parámetro determinante del nivel de

competencia entre plantas (Corley y Breure, 1981). En (1973 Corley) demostró que la máxima producción de racimos en palma de aceite se alcanzaba con índices de área foliar entre 6 y 7 (Bastidas *et al*, 2007).

3.1.3 Longitud del raquis de la hoja No. 4 (LR)

De las tres características vegetativas que presentaron significancia estadística para diferenciar tratamientos, la longitud del raquis presentó el más bajo coeficiente de variación con 6,83% demostrando baja variación, desde 34,5 cm en los híbridos del tratamiento 4 hasta 45,1 cm en los híbridos del tratamiento 3; en promedio los raquis de las hojas midieron 40,7 cm de largo en vivero.

Se encontró que los Tratamientos 3 y 7 producen plantas del híbrido OxG con raquis de 45,1 y 43,6 cm de largo respectivamente, siendo más largos que los raquis de las palmas del tratamiento 4 los cuales miden 34,5 cm ($P < 0,05$) (Figura 3). El largo del raquis de la hoja es una característica importante porque de ella depende el largo de la hoja y el número de folíolos.

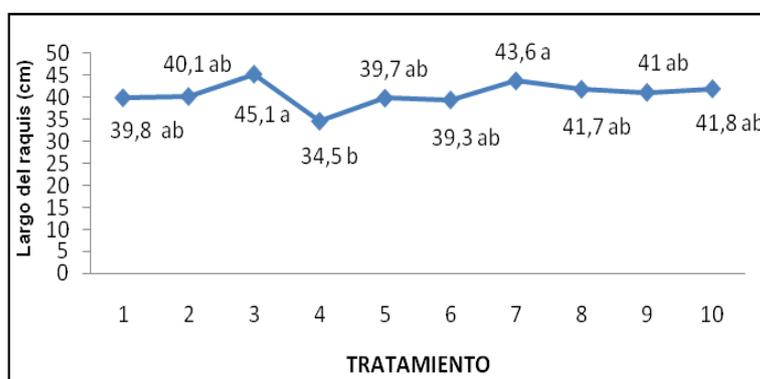


Figura 3. Promedios del largo del raquis de la hoja No. 4 de los híbridos OxG por efecto de 10 tratamientos en etapa de vivero en Tumaco. Promedios con diferente letra son diferentes entre sí ($P < 0,05$)

Con respecto a las 3 características con capacidad discriminante, se encontró que el Tratamiento 3 tiene la tendencia a producir plantas más vigorosas que el resto de los tratamientos, puesto que presentaron mayor grado de expresión en estas características (AH4, AFP y LR) contrario al Tratamiento 4 que tiene la tendencia a producir plantas menos vigorosas que el resto de los tratamientos; son tendencias con validez estadística ($P < 0,01$ y $P < 0,05$).

El desarrollo morfológico de los híbridos OxG obtenidos mediante germinación de sus embriones in vitro, es igual en algunas características y superior en otras a los híbridos obtenidos por germinación tradicional de semillas. Este comportamiento confirma que están presentando desarrollo normal y que se están adaptando a las condiciones ambientales de Tumaco, tanto como los híbridos OxG testigo.

3.1.4 Diámetro de bulbo (DB)

El bulbo del tallo en la palma de aceite inicia su desarrollo 3 a 4 meses después de la germinación de las semillas; las funciones de este órgano junto con el tallo, son: Portar el sistema radical de la palma, almacenar agua y distribuirla junto con los nutrientes a través del sistema vascular a todos los órganos de la planta (Corley y Tinker, 2003)

Característica con bajo coeficiente de variación (6,54%) no fue afectada por efecto de los tratamientos, puesto que su expresión fue homogénea entre tratamientos; su rango de variación fue desde 5,6 cm hasta 6,6, con un promedio de 6,2 cm. Esto significa que con cualquiera de los tratamientos se pueden obtener plantas de buen diámetro del bulbo en fase de vivero.

3.1.5 Altura de la planta al inicio del raquis de la hoja N°4 (ALT)

Las palmas de todos los tratamientos presentaron alturas similares con evidencia estadística ($P < 0,05$). Las pequeñas diferencias se deben a fuentes de variación no controladas en la investigación, como el azar; esto explica su bajo coeficiente de variación (6,28%) y su estrecho rango de variación, desde 45,7 cm hasta 55,3 cm para un promedio de 51,0 cm de altura. Estudios realizados en palma de aceite indican que la altura es una característica que debe considerarse para selección, por estar altamente relacionada con el diámetro del tallo y el peso de los racimos (Bastidas et al, 2009)

3.1.6 Número de hojas por palma (NH)

Esta característica vegetativa presentó el segundo más bajo coeficiente de variación (4,54%) demostrando alta homogeneidad entre tratamientos. Su variación fue desde 13 hasta 14 hojas por palma; se concluye que los híbridos

OxG germinados in vitro, así como los obtenidos por germinación normal de sus semillas, presentan en promedio 14 hojas por palma en etapa de vivero.

El meristemo apical de una palma de aceite adulta contiene unas 50 hojas en forma de primordios foliares, formando una masa compacta llamada palmito; mientras que la corona está compuesta por 30 a 50 hojas (Breure, 1987; Corley y Tinker 2003).

3.1.7 Largo y ancho promedio de los foliolos de la hoja No. 4

El largo de los foliolos fue la característica que presentó el coeficiente de variación más bajo, con 3,28% indicativo de alta homogeneidad entre tratamientos. El ancho de los foliolos también presentó bajo coeficiente de variación, con 8,05%. Estas características presentaron los siguientes rangos de variación en etapa de vivero, desde 32,0 cm de largo y 2,4 cm de ancho hasta 34,8 cm largo y 2,9 cm de ancho, con promedios de 33,2 cm de largo y 2,6 cm de ancho; debido a su baja variabilidad presentaron bajo poder discriminante, igual que la característica anterior. Los foliolos de los híbridos son más anchos y largos que en la palma de aceite (Torres *et al*, 2004; Bastidas *et al*, 2009).

3.1.8 Área sección del peciolo de la hoja No. 4 (ASP)

Esta característica vegetativa presentó el más alto coeficiente de variación de todas las características estudiadas, con 21,7%. Su variación fue desde 32,1 mm² hasta 56,3 mm²; los híbridos OxG germinados in vitro, así como los obtenidos por germinación normal de sus semillas, presentan hojas con sección peciolar de 38,9 mm² en promedio.

No existen razones con validez estadística para concluir que el desarrollo morfológico de los híbridos OxG obtenidos mediante germinación in vitro de sus embriones sea inferior o superior a aquellos obtenidos por germinación tradicional de semillas.

El hecho de no encontrar diferencias estadísticas demostrables en 6 de las medidas vegetativas analizadas en etapa de vivero indica que los híbridos OxG germinados in vitro se están comportando en forma similar a los híbridos OxG

germinados en forma tradicional; también indica facilidad para aclimatación de los híbridos OxG a la condiciones ambientales de Tumaco y especialmente un desarrollo morfológico normal.

Por otra parte, el hecho que tres variables vegetativas presenten diferencias significativas (área de la hoja 4, área foliar por palma y longitud del raquis) indica que con el Tratamiento 3 las plantas adaptadas a las condiciones de clima y suelo de Tumaco, desarrollan mayor superficie foliar y hojas más largas. El desarrollo progresivo del área foliar permite a la palma de aceite utilizar eficientemente la energía solar para la fotosíntesis asegurando la producción (Cayón, 1999). El parámetro Relación de Área Foliar indica la relación que existe entre el área de las hojas emitidas durante un determinado período de tiempo con respecto a la cantidad de materia seca empleada en crecimiento vegetativo (Corley y Breure, 1981) parámetro usado para seleccionar palmas que produzcan mayor superficie fotosintética con mínima inversión de materia seca usada en crecimiento vegetativo; por ejemplo, reduciendo el diámetro y largo de los pecíolos y aumentando el largo y ancho de los foliolos (Bastidas, *et al*, 2007).

Se ha determinado, que las plantas de mayor crecimiento y desarrollo en vivero tienen un periodo improductivo menor en el campo, producen más en los primeros años y los racimos son de mayor tamaño y mejor calidad (Chinchilla *et al*, 1990; Coto *et al*, 2002).

Los híbridos OxG difieren morfológicamente de la palma de aceite *Elaeis guineensis*, por la disposición de los foliolos en un solo plano, las hojas son más largas, contienen mayor número de foliolos, por lo cual presentan mayor área foliar; también presentan baja tasa de crecimiento del tallo, aunque este es más robusto, al igual que los pecíolos de las hojas. La diferencia se hace más notoria con la edad de las palmas (Torres *et al*, 2004; Bastidas *et al*, 2009)

3.2 ACUMULACIÓN DE BIOMASA EN ETAPA DE VIVERO

El efecto de los 10 tratamientos sobre acumulación de biomasa se describen considerando 5 componentes de la planta: tallo, bulbo del tallo, hojas, raíces y

palma total, tomando en cuenta que el aumento de peso refleja la capacidad de crecimiento de la planta (Cayón, 1999).

De los cinco (5) componentes estudiados, tres (3) presentaron diferencias estadísticas ($P < 0,05$): PSB, PSH y PSTP, indicando que los tratamientos causan variación en la acumulación de biomasa (Tabla 4).

Tabla 4. Cuadrados medios y Coeficientes de variación de 5 descriptores relacionados con acumulación de biomasa de los híbridos OxG germinados in vitro bajo condiciones de clima y suelos de Tumaco				
Fuentes de Variación				Coeficiente de Variación
Variables	Tratamientos GL 9	Bloques GL 2	Error GL 18	
PSPc	47,3 ns	293,9 **	46,6	29,8
PSB	1641,9 *	7385,4 **	620,3	27,7
PSH	35455,0 *	201453,6 **	12518,3	27,0
PSR	4416,5 ns	7171,8 ns	2633,6	36,8
PSTP	78026,2 *	254177,5 **	24129,8	23,3

En etapa de vivero, las diferencias en la expresión de PSPc y PSR fueron pequeñas; no alcanzan validez estadística para atribuirse al efecto de los tratamientos (Tabla 4). La prueba de Tukey detectó diferencias estadísticas en el peso seco de los componentes: Bulbo del tallo, Hojas y Palma Total (Tabla 5)

Tabla 5. Medias y agrupamientos Tukey de 5 descriptores relacionados con acumulación de biomasa de los híbridos OxG germinados in vitro bajo condiciones de clima y suelos de Tumaco					
Tratamientos	Peciolos (gr)	Bulbo (gr)	Hojas (gr)	Raíces (gr)	Palma (gr)
1	20,93 a	80,13 ab	368,27 ab	108,97 a	578,3 ab
2	27,87 a	121,07 ab	492,43 ab	170,07 a	811,44 ab
3	25,30 a	136,20 a	582,17 a	199,70 a	943,37 a
4	17,33 a	68,83 ab	321,67 ab	143,97 a	551,8 ab
5	22,80 a	61,23 b	295,37 ab	86,73 a	466,13 b
6	19,37 a	75,87 ab	349,03 ab	128,43 a	572,7 ab
7	27,07 a	98,50 ab	419,40 ab	124,93 a	669,9 ab
8	17,57 a	77,20 ab	283,13 b	106,27 a	484,17 b
9	23,60 a	87,60 ab	465,00 ab	197,47 a	773,67 ab
10	27,13 a	93,43 ab	566,53 ab	127,03 a	814,12 ab
Promedio peso Seco	22,90	90,01	414,30	139,36	666,56
Peso seco / peso fresco	22,40%	35,12%	51,52%	40,72%	44,29%

3.2.1 Peso del bulbo del tallo (PSB)

Este parámetro de crecimiento presentó alto coeficiente de variación con 27,7% indicando comportamiento variable frente a los tratamientos ($P < 0,05$). El diámetro del bulbo del tallo siempre se ha considerado como uno de los principales criterios de selección de plantas óptimas para trasplante a sitio definitivo en palma de aceite (Bastidas *et al*, 2002; Escobar citado por Tailor *et al*, 2008).

El peso seco del bulbo presentó el siguiente rango de variación en etapa de vivero, desde 61,23 gr hasta 136,2 gr, con un promedio de 90,01 gr. Las palmas del tratamiento 5 presentaron bulbos con menor peso seco, mientras que las palmas del tratamiento 3 presentaron mayor peso en este órgano de la planta, siendo superiores con 95% de probabilidades (Tabla 5). Tukey no detectó diferencias estadísticas entre el tratamiento 3 y el resto de tratamientos, sugiriendo que la aplicación de cualquiera de éstos, excepto el 5, conduce a la producción de plantas del híbrido OxG con bulbos más pesados que el promedio.

El peso seco de esta parte de la palma representa el 35,12% de su peso fresco, indicando que en etapa de vivero es uno de los órganos más suculentos, después de los peciols y raquis. Esta observación confirma que el bulbo del tallo es reservorio de agua y nutrientes.

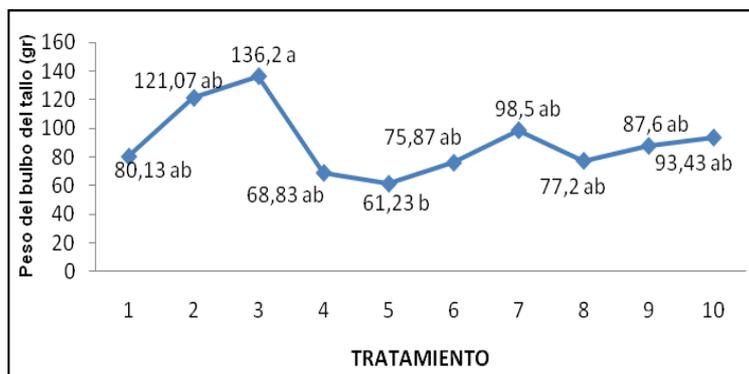


Figura 4. Promedios de peso seco del bulbo del tallo de los híbridos OxG por efecto de 10 tratamientos en etapa de vivero en Tumaco. Promedios con diferente letra son diferentes entre sí ($P < 0,05$)

3.2.2 Peso de las hojas (PSH)

Como en la palma de aceite, en los híbridos OxG las hojas sufren transformaciones en etapa de vivero; las primeras hojas son lanceoladas luego bifurcadas y finalmente pinnadas (Hartley, 1988; Corley y Tinker 2003; Bastidas *et al* 2009).

Este parámetro de crecimiento es importante, porque las hojas son la fábrica de elaborados fotosintéticos para sostenimiento de la planta. En los híbridos OxG el peso de la biomasa foliar presentó alto coeficiente de variación con 27,0%. Como en el caso anterior, los diferentes grados de expresión del peso seco de las hojas causa diferencias estadísticas entre tratamientos ($P < 0,05$).

El peso seco de las hojas presentó el siguiente rango de variación en etapa de vivero, desde 283,13 gr en las palmas del tratamiento 8 hasta 582,17 gr en las palmas del tratamiento 3, con un promedio de 414,30 gr en los 10 tratamientos. Estadísticamente quedó demostrado que las palmas del tratamiento 8 presentaron menor cantidad de materia seca en las hojas que las palmas del tratamiento 3 ($P < 0,05$). Como en la variable anterior, Tukey no detectó diferencias entre el tratamiento 3 y el resto de tratamientos, excepto con el 8 (Tabla 5) sugiriendo que la aplicación de cualquiera de estos tratamientos conduce a la producción de plantas del híbrido OxG con superficie foliar amplia y pesada.

El peso seco de las hojas representa 51,52% de su peso fresco; esta cifra indica que las hojas son los órganos de la palma con menor acumulación de agua, entre los estudiados en fase de vivero, porque el agua representó el 48,48% del peso de las hojas. Esto confirma que la función principal de las hojas no es la reserva de agua, sino la elaboración y transformación de nutrientes en sustancias asimilables. En palma de aceite se ha encontrado que las hojas aportan el 56% de la materia seca total (Corley *et al*, 1971).

La figura 5 representa el comportamiento de los híbridos OxG en cuanto al peso fresco y seco de las hojas.

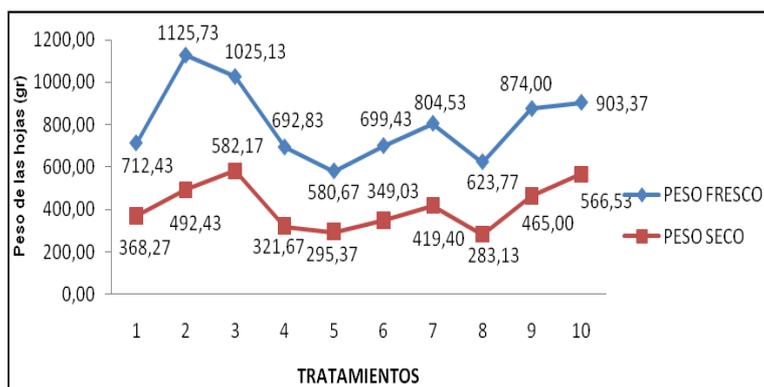


Figura 5. Comparación entre el peso fresco y el peso seco de las hojas en los híbridos OxG por efecto de 10 tratamientos en etapa de vivero en Tumaco (Promedios con diferente letra son diferentes entre sí ($P < 0,05$))

3.2.3 Peso total de la palma (PSTP)

De los tres parámetros que presentaron significancia estadística para diferenciar tratamientos, el peso total de la palma presentó el más bajo coeficiente de variación con 23,3%. La magnitud de la variabilidad causó diferencias significantes ($P < 0,05$). Los híbridos OxG expresaron el siguiente rango de variación: 466,13 gr de peso seco en los híbridos del tratamiento 8 hasta 943,31 gr en los híbridos del tratamiento 3; en promedio las palmas de los híbridos OxG de todos tratamientos contienen 666,56 gr de materia seca vegetativa en fase de vivero.

El peso seco total de la palma representa el 44,29% de su peso fresco; demostrando que en esta etapa las palmas contienen el 55,71% de su peso en agua (más de la mitad del peso de las palmas de vivero es agua).

3.2.4 Peso de bases peciolares y peciolo (PSPc)

En etapa de vivero no es correcto hablar de tallo, puesto que la formación y crecimiento de este órgano de la planta empieza después de 2 a 3 años del trasplante a sitio definitivo, como lo manifiestan varios investigadores entre ellos Breure (1987); Breure y Verdooren (1995); Corley y Tinker (2003). En las plantas de vivero el conjunto de bases peciolares y peciolo reemplazan al tallo.

Esta característica vegetativa presentó alto coeficiente de variación con 29,8% demostrando variabilidad entre tratamientos. Su variación fue desde 17,33 gr

en las palmas del tratamiento 4 hasta 27,87 gr en el tratamiento 2; los híbridos OxG germinados in vitro, así como los obtenidos por germinación normal de sus semillas, presentan un promedio de 22,90 gr de materia seca en peciolos y bases peciolares en etapa de vivero.

Se encontró que el peso seco de las bases peciolares y peciolos equivalen al 22,40% de su peso fresco, indicando que contienen 77,60% de agua; es posible que la proporción cambie con la edad de la palma por endurecimiento de los tejidos.

3.2.5 Peso de las raíces (PSR)

En la palma de aceite la emergencia de las raíces verdaderas inicia justamente cuando el bulbo radical inicia su crecimiento entre el tercero y cuarto año después de la germinación de las semillas (Corley y Tinker 2003).

El sistema radical de las palmas del híbrido OxG en bolsas de vivero presentó alto coeficiente de variación 36,8%. Esta característica vegetativa demostró mediana variabilidad entre palmas de los diferentes tratamientos, pero las diferencias no fueron significantes ($P < 0,05$). El peso seco de las raíces varió entre 86,73 gr en palmas del tratamiento 4 hasta 199,70 gr para el tratamiento 3; el promedio general fue 139,36 gr de materia seca radical por palma en etapa de vivero.

Este componente de la planta, a pesar de ser considerado un importante órgano de almacenamiento de agua (Hartley, 1988) representa el 40,72% de su peso fresco, equivalente a 59,28% de agua, estando por debajo del bulbo del tallo con 64,88% y bases peciolares y peciolos con 77,60% de agua.

Con respecto a las 5 características relacionadas con la acumulación de biomasa en los híbridos OxG, se encontró que en 4 de ellas (PSB, PSH, PSR y PSTP) el Tratamiento 3 fue el de mejor comportamiento, facilitando la producción de plantas de vivero más vigorosas al expresar valores más altos que los tratamientos 5 y 8 ($P < 0,05$).

Con respecto a la acumulación de biomasa, también se encontró que existen razones con validez estadística para decir que el desarrollo morfológico de los

híbridos OxG obtenidos mediante germinación de sus embriones in vitro es igual o superior a aquellos obtenidos por germinación tradicional de semillas ($P < 0,05$). Esto indica que los embriones germinados in vitro producen plantas normales, con desarrollo normal, además que se están adaptando a las condiciones ambientales de Tumaco tanto como los híbridos OxG testigo. Este tipo de evaluaciones morfo fisiológicas en diferentes intervalos de tiempo son útiles para la interpretación del efecto de los fenómenos ecológicos sobre el crecimiento, adaptabilidad, competencia y capacidad productiva de las especies (Cayón, 1999).

En etapa de vivero, los híbridos OxG obtenidos por rescate de embriones se comportaron en forma similar a los híbridos OxG procedentes de semilla tradicional, pues no presentaron diferencias demostrables estadísticamente en ninguna de las características analizadas; este comportamiento se debe a que la germinación de los embriones in vitro es una variación del método de propagación sexual, es otro método de germinación de semillas sexuales. Contrario a esto, la aparición de cultivos in vitro en los años 80, que es un método de propagación vegetativa, causó mutaciones que inducen anomalías en la floración (Amblard *et al*, 2000).

Por otra parte, el hecho que tres variables vegetativas (área de la hoja 4, área foliar por palma y longitud del raquis) y tres variables relacionadas con la biomasa (Peso seco del bulbo, peso seco de las hojas y peso seco total por palma) presenten diferencias significativas y que el tratamiento 3 exprese los mayores valores en estas características, indica que este es el tratamiento más adecuado para lograr la adaptación de los híbridos OxG germinados in vitro a las condiciones de suelo y clima de Tumaco.

3.3 DISTRIBUCIÓN DE LA BIOMASA EN LOS HÍBRIDO OXG EN VIVERO

En la tabla 6 se representa la composición de la biomasa total por planta expresada en porcentaje con respecto a cuatro componentes en etapa de vivero (Bases peciolares y peciolas, Bulbo del tallo, Hojas y Raíces).

En promedio las hojas aportan el mayor porcentaje de materia seca con 62,15%, seguido de lejos por el sistema radical con 20,91% de aporte a la

materia seca total. Estos resultados concuerdan con los encontrados en palma de aceite por Reyes *et al*, 2008.

Estudios realizados en Malasia con relación a estimaciones de materia seca total de las palmas en el campo (biomasa en pie) indican comportamientos similares a los descritos antes, por ejemplo, palmas con 1,5 y 2 años de edad, sembradas a una densidad de 148 palmas/ha, produjeron 8 y 19,6 ton/ha de biomasa de hojas, respectivamente, contra 1,1 y 2,9 ton/ha de biomasa de tallo y 1,3 y 2,4 ton/ha de biomasa de raíces, en el mismo orden (Corley y Tinker, 2003) confirmando que este es un patrón de comportamiento en los primeros años de vida del cultivo.

Tabla 6. Distribución porcentual de la biomasa en plantas de los híbridos OxG germinados in vitro en etapa de vivero bajo condiciones de clima de Tumaco, Nariño, Colombia					
Tratamientos	Peciolos (%)	Bulbo (%)	Hojas (%)	Raíces (%)	Palma (%)
1	3,62	13,86	63,68	18,84	100
2	3,43	14,92	60,69	20,96	100
3	2,68	14,44	61,71	21,17	100
4	3,14	12,47	58,29	26,09	100
5	4,89	13,14	63,37	18,61	100
6	3,38	13,25	60,94	22,43	100
7	4,04	14,70	62,61	18,65	100
8	3,63	15,94	58,48	21,95	100
9	3,05	11,32	60,10	25,52	100
10	3,33	11,48	69,59	15,60	100
Promedio	3,44	13,50	62,15	20,91	100

La Figura 6 demuestra que el comportamiento de los híbridos OxG es una constante, que los aportes porcentuales de cada uno de los componentes son confiables y se repiten en los híbridos de todos los tratamientos, con ligeras variaciones.

En palma de aceite el orden de los aportes a la materia seca total es: foliolos > raíces > bulbo > raquis > tallo > base peciolar > peciolos (Reyes *et al*, 2008; Cadena, 2009).

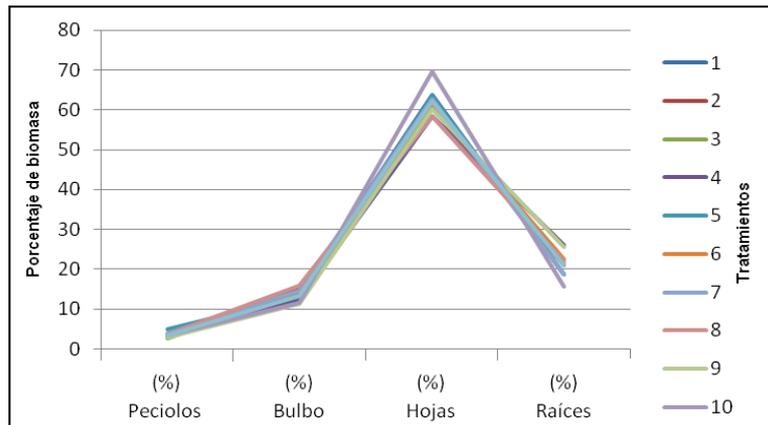


Figura 6. Porcentajes de aporte de biomasa por los componentes de la planta en los híbridos OxG por efecto de 10 tratamientos en etapa de vivero en Tumaco

La proliferación de raíces en las plantas germinadas in vitro indica que una vez que éstas se adaptan a su nuevo sustrato, ocurre una estimulación para la proliferación de raíces como medio para explorar mayor superficie de suelo en busca de nutrientes.

Parece normal que las plantas que proceden de semilla tradicional produzcan mayor biomasa en las hojas en vivero (Tabla 6) puesto que las hojas de las plantas germinadas in vitro son extremadamente angostas durante los primeros meses en previvero y vivero.

4. CONCLUSIONES

Los resultados encontrados indican buen comportamiento de las plantas obtenidas por germinación in vitro en etapa de vivero, puesto que en todas las características vegetativas y de biomasa fueron estadísticamente similares a las plantas obtenidas por germinación tradicional.

El desarrollo morfológico de los híbridos OxG obtenidos mediante germinación de embriones in vitro es igual a aquellos obtenidos por germinación tradicional de semillas, además producen plantas normales y desarrollo normal en etapa de vivero.

Los híbridos obtenidos por germinación in vitro se están adaptando a las condiciones ambientales de Tumaco tanto como los híbridos obtenidos mediante germinación tradicional.

Con cualquiera de los tratamientos 3, 2, 6, 7,8 y 10 se obtienen plantas aptas para la siembra.

Con los tratamientos 3, 2, 6, 7, 8 y 9 se obtienen plantas del híbrido OxG germinadas in vitro, en óptimas condiciones para el trasplante a sitio definitivo. Únicamente los tratamientos 5, 4 y 1 no sirven para adaptar plantas germinadas in vitro a las condiciones de campo de Tumaco. Claro que sería mejor describir el Tratamiento 3 como adoptado de aquí en adelante

5. BIBLIOGRAFIA

Amblard P, Berthaud A, Durand-Gasselint T. 2000. Las semillas de palma de aceite comercializadas por el CIRAD Presente y Futuro. Revista Palmas 21 (Número especial, tomo 2): 300 – 308.

Barón CAP. 1996. Estimación y cálculo de parámetros de crecimiento en palma africana (*Elaeis guineensis*), Nolí (*E. oleifera*) y el híbrido (*E. guineensis* x *E. oleifera*). Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 64 p.

Bastidas S, Peña E, Reyes R, Casas H. 2002 Recomendaciones generales para el manejo de semilla germinada y viveros de Palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jac). Boletín divulgativo No 12 CORPOICA. 20p.

Bastidas S, Peña E, Reyes R. 2003. Avances sobre el comportamiento de los híbridos de primera generación de retrocruzamiento entre palma americana (*Elaeis oleifera*) y palma de aceite (*Elaeis guineensis*). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Revista Regional Novedades Técnicas 3 (3): 32 - 36.

Bastidas S, Peña E, Reyes R, Pérez J, Tolosa W. 2007. Comportamiento agronómico del cultivar híbrido RC1 de Palma de aceite (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*) x *Elaeis guineensis*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA. Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria 8(1): 5-11.

Bastidas PS, Peña RE, Reyes CR. 2009. Palma de aceite (*Elaeis guineensis*), Palma Noli (*Elaeis oleifera*) e híbridos Nolí x Palma de aceite (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*). Preguntas y respuestas. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Estación Experimental El Mira. 149 p.

Breure CJ. 1987. Factors associated with the allocation of carbohydrates to bunch dry matter production in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.).Harrisons Fleming Advisory Services Limited. London, U. K. Dami oil palm Research Station. 92 p.

Breure CJ, Verdooren LR. 1995. Guidelines for testing and selecting parent palms in oil palm. Practical aspects and statistical Methods. ASD Oil palm Papers. 9 (5) 32 – 50.

Cayón DG. 1999. Apuntes sobre fisiología del crecimiento y desarrollo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). Revista Palmas 20 (3): 43 – 54.

Cadena M. 2009. Crecimiento de ocho genotipos *Elaeis guineensis* y dos genotipos *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*, en vivero y campo en Tumaco, Colombia. Tesis de grado para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

Chinchilla CML, Umaña CH, Richardson DL. 1990. Material de desarrollo avanzado en viveros de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.). I. Espaciamiento y volumen de la bolsa. Turrialba 40 (4): 428 - 439.

Contreras BAP. 1996. Estimación y cálculo de parámetros de crecimiento en palma africana (*Elaeis guineensis*), Nolí (*Elaeis oleifera*) y el híbrido (*E. guineensis* x *E. oleifera*). Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 64 p.

Corley RHV, Hardon JJ, Tang GY. 1971. Analysis of growth of the oil palm *Elaeis guineensis* Jacq. I. Estimation of growth parameters and application in breeding. Euphytica 20:307-315.

Corley RHV, Breure CJ. 1981. Measurements in oil palm experiments. International report, Unilever Plantation Group. London, U. K. 35 p.

Corley RHV, Tinker PB. 2003. The oil palm. Fourth edition. Blackwell Science. Oxford. 562 p.

Coto E, Chinchilla C, Bulgarelli J, Palma T. 2002. Vegetative growth in prenursery of five commercial varieties of oil palm (*Elaeis guineensis*). ASD Oil Palm Papers, 23: 1-15.

Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, Gonzalez L, Tablada M, Robledo CW. 2010. InfoStat versión 2010. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Gómez CPL, Acosta GA, Guevara LA, Nieto PLE. 1995. Pudrición de cogollo en Colombia: Importancia, Investigación y posibilidades de manejo. Revista Palmas 16 (Número especial):198 – 206.

Hartley CWS. 1988. The oil palm, *Elaeis guineensis* Jacq. 3^o Ed. Longman Group U.K. London, U.K. 761p.

Hartmann T, Kester E. 1981. Propagación de plantas principios y prácticas. Segunda impresión. Editorial Continental. Mexico. 814 p.

Hurtado R, 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.

IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2004. Información mensual disponible de datos correspondientes a la estación Granja El mira, san Juan de pasto

Pierik RLM. 1990. Cultivo de embriones. En: Cultivo in vitro de las plantas superiores. Versión Española Ayerbe MSL. Ediciones Mundi-Prensa. 3ª Ed. Madrid. pp 139 – 147.

Reyes R, Rodríguez N, Peña E, Bastidas S. 2008. Crecimiento en vivero de materiales comerciales de palma de aceite (*Elaeis guineensis* jacq.) en Tumaco, Colombia. Ciencia y tecnología Agropecuaria. 9 (2): 12-18.

Roca WM, Mroginski LA. 1993. Capitulo 5 Propagación clonal in vitro. En: Cultivo de tejidos en la agricultura Fundamentos y aplicaciones. Centro de Agricultura Tropical CIAT. Publicación CIAT No. 151. Cali, Colombia. pp 95 - 125.

Sharma M. 1999. Utilization of Nigerian PS1 y PS2 Selection in Oil Palm breeding Programmes at UP Bhd. In: Proceedings of the seminar on PS1 and PS2 oil palm planting materials. Palm Oil Research Institute of Malaysia – PORIM. pp 18-29.

Taylor M, Chinchilla C, Rodríguez W. 2008. Arquitectura de la hoja y estimados del área y peso seco de los clones compactos de *Elaeis guineensis* Jacq. ASD Oil Palm Papers. 32: 27-47

Torres VM, Rey BL, Gelves RF, Santacruz L. 2004. Evaluación del comportamiento de los híbridos interespecíficos *Elaeis oleífera* x *Elaeis guineensis* en la Plantación Guaicaramo S.A. Revista Palmas 25 (Número especial, Tomo II):350 – 357.

Valbuena BRI. 2008. Germinación in vitro de semillas del híbrido interespecífico (*Elaeis oleífera* 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 AL, Jiménez PE, Valbuena RI, Bastidas S, Nuñez VM. 2007. Estudio preliminar para el establecimiento de un protocolo de crioconservación para palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq). Revista Agronomía Colombiana Volumen 25(2), 215-223.

ERROR: syntaxerror
OFFENDING COMMAND: --nostringval--

STACK:

/Title
()
/Subject
(D:20110512104226-05'00')
/ModDate
()
/Keywords
(PDFCreator Version 0.9.5)
/Creator
(D:20110512104226-05'00')
/CreationDate
(Unicopias PC2)
/Author
-mark-