

EL PROGRAMA DE CLONACIÓN DE VARIEDADES

compactas de palma aceitera por ASD de Costa Rica:
Realidades y potencial comercial

CLONING PROGRAM FOR OIL PALM COMPACT VARIETIES

by ASD of Costa Rica: Realities and Commercial Potential

AUTORES



Amancio Alvarado

ASD de Costa Rica
(Agricultural Services
& Development)

P.O. Box 30-1000, Costa Rica,
a.alvarado@asd-cr.com

Nidia Guzmán

Carlos Chinchilla

Ricardo Escobar

Palabras CLAVE

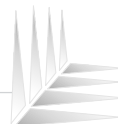
Palma de aceite, clones, palma
complea original (PCO),
polinización abierta.

Oil palm, clones, original
compact palm (OCP), open
pollination.

RESUMEN



ASD de Costa Rica inició el programa para la producción de clones de palma aceitera en la década del ochenta, y los primeros lotes comerciales se sembraron en 2002, luego de que varias parcelas experimentales, plantadas desde 1997, mostraran alto potencial comercial y escasa ocurrencia de anomalías en las plantas. Hasta el año 2005, se habían sembrado más de 1.000 hectáreas de material clonal en varios países en América y Asia. Se considera que la baja tasa de anomalías en los clones producidos por ASD se debe al uso de un 'protocolo seguro' de laboratorio, que incluye el uso de inflorescencias jóvenes como fuente de 'explantes', la inducción de la embriogénesis en medios sólidos con bajas concentraciones de reguladores de crecimiento, la proliferación de embriones y el desarrollo de brotes en medios sin reguladores, y un sistema eficiente de enraizamiento. El uso de inflorescencias permite el muestreo repetido en una misma planta superior cada 6-8 meses, de manera que la planta poco se maltrata durante la extracción del tejido, y también incrementa la productividad comercial. En la actualidad, el laboratorio tiene la capacidad de producir medio millón de *ramets* por año, y existen planes para expandirlo hasta los cinco millones. Además del uso de inflorescencias, otra innovación del programa es la reproducción clonal de variedades compactas, que tienen el potencial de ser plantadas a altas densidades, y con ello hacer un uso más eficiente del recurso tierra. El material compacto se deriva de una palma particular, producto de un cruce de polinización abierta de *Elaeis oleifera* x *E. guineensis*. Las características sobresalientes de esta palma, conocida como palma compacta original (PCO), fueron su tasa reducida de crecimiento del tronco y sus hojas cortas. No obstante, los racimos de la PCO tenían bajos contenidos de mesocarpio y aceite, por lo que fue necesario introgresar genes de la población *guineensis*, para mejorar la composición del racimo. Muchas palmas recombinantes de este programa, plantadas entre 1978 y 1986, resultaron excepcionales, no solo por su producción de aceite sino también por su crecimiento



vegetativo. Su tasa de incremento de la altura del tronco es reducida ($<0,5$ m/año), y sus hojas son más cortas que las variedades tradicionales. Estas palmas son ahora fuente de 'explantes' para el programa de clonación, pues los clones derivados de ellas tienen el potencial de ser sembrados a densidades de 180 o más plantas por hectárea. El próximo paso incluye la incorporación de *ortets* de una nueva generación compacta sembrada a partir de 1996, que posee mayor potencial comercial.

SUMMARY

For the time being, the problem of mantled fruit is considered irrelevant for the oil palm clones production program of ASD of Costa Rica, given it has appeared only in one clone and with a very low incidence. Over 1.000 hectares have been planted since 2005 with clonal material in different countries of America and Asia. The low rate of abnormalities in clones is due to the use of a 'safe protocol' at the lab, which includes the use of young inflorescences as explants, the induction of embryogenesis in solid means with low concentrations of growth regulators, the proliferation of embryoids and the development of shoots in a medium without regulators and an efficient radical system. The use of inflorescences allows a repeated sampling in the same elite plant every 6-8 months, which indicates the little damage done to the plant during tissue extraction and enables an increase in commercial productivity. At the present time the laboratory has the capacity of producing half a million ramets per year and there are plans to expand it so as to achieve 5 million. An additional innovation to the program is the clone reproduction of compact varieties, which have the possibility of being planted in high densities and of giving a better use to the land resource. The compact material comes from a specific plant, segregated from an open pollination crossing of *Elaeis oleifera* x *e. guineensis*; the outstanding characteristics of this palm, known as original compact palm, is its reduced growth rate of its trunk and its short leaves. Notwithstanding this, the original compact palm's bunches have a very poor composition, mainly low mesocarp and oil contents; consequently it was necessary to do introgression with the genes of the 'guineensis' population so as to improve the oil potential production of the original compact palm or OCP. Three back-crossing cycles have taken place, which took over 33 years of on-going breeding. The new step is to introduce 'ortets' of a new generation of compact palms with a higher potential, which were planted as of 1996. Moreover, this gives the possibility of using densities of 180 or more palms per hectare (which in turn, increases the amount of fruit per unit area), many of the selected elite palms (ortets) also have a high oil extraction rate, as a result of this the commercial potential of these compact materials is higher than that of a clone coming from *e. guineensis*.



INTRODUCCIÓN

La historia de la clonación en palma aceitera se inició hace más de treinta años, pero algunos resultados inesperados, en especial la aparición de la anomalía conocida como 'mantled fruit', limitaron su avance comercial. Las causas exactas de esta anomalía no han sido aún claramente definidas, aunque se han asociado a los procedimientos del laboratorio y el exceso en el uso de algunos reguladores de crecimiento (Corley *et al.* 1982, 1986; Jones, 1995; Duran-Gasselin *et al.* 1995, 1999; Eeuwens *et al.* 2002).

Los procedimientos para el cultivo de tejidos en esta especie han sido revisados por Wooi (1995) y Rohani *et al.* (2000). Tejidos provenientes de hojas jóvenes o inmaduras se usan normalmente como fuentes de explante; sin embargo, esta práctica causa daños severos a la planta, que puede necesitar un período de recuperación de hasta tres años. En algunas ocasiones, el trauma puede causar su muerte.

El tejido seleccionado se cultiva en medios sólidos con una auxina (2,4-D o NAA), donde se forma una masa de callo después de 2 a 15 meses. La embriogénesis es inducida en un medio con baja concentración de auxina, proceso que tarda entre cinco meses y

tres años. La proliferación de embriones se logra a partir del tejido embriogénico, transfiriendo las masas a un medio con auxinas. Cuando los brotes aparecen, se transfieren a otro medio para inducir raíces, proceso que normalmente toma de 2 a 4 meses. La aclimatación es el último paso antes de que los *ramets* sean manejados como plántulas normales (Wong *et al.*, 1997; Wooi, 1990). Esta revisión presenta los aspectos principales de la estrategia seguida por ASD de Costa Rica para clonar la palma aceitera. La estrategia incluye el uso de la infraestructura adecuada para garantizar la producción de clones de alta calidad, la selección rigurosa de plantas con características superiores, el apego a un protocolo de laboratorio probado, y el desarrollo de una metodología para el manejo de las plantas durante las etapas de aclimatación y vivero.

FACILIDADES DE LABORATORIO

Las primeras experiencias en la clonación de palma de aceite en Costa Rica se iniciaron en 1982, en un edificio antiguo que fue remodelado para acomodar el equipo básico. El progreso inicial fue lento y la contaminación alta (>5%). A pesar de estas desventajas, se observó mucho potencial en las primeras palmas generadas *in vitro*, llevadas al campo en 1996. Los primeros logros impulsaron el establecimiento de un nuevo y moderno laboratorio, que permitiera aumentar la producción y reducir los niveles de contaminación.

En la nueva construcción se iniciaron actividades en el año 2000; abarca 1.400 m² y fue hecha de modo que otros módulos puedan agregarse según las necesidades de producción. La capacidad del laboratorio fue concebida para producir alrededor de 250.000 *ramets* por año, sin embargo, su capacidad se ha duplicado debido a la baja contaminación (<0,4%).

Este reducido grado de contaminación es posible gracias a un sistema de control de la calidad del aire, que comprende tres aspectos: i) humedad relativa (balance de energía entre la iluminación y el equipo); ii) retención de partículas, usando baterías de filtros de aire: tela, carbón activado y "HEPAs" ("high efficiency particulate air filter"); y iii) higiene (luces UV).

El laboratorio está dividido en tres secciones: cuarto limpio (cámaras de crecimiento, cámaras de flujo laminar y medios de almacenamiento); preparación

de medios y lavado de cristalería; y oficinas administrativas. El área limpia es clasificada como clase 10.000, esto significa que no se permiten más de 10.000 partículas de 0,5 μm /pie³/minuto.

El agua para la preparación de los medios de cultivo proviene de un pozo profundo, y se filtra para quitar las partículas suspendidas, dureza y microelementos. Los medios de cultivo estériles se introducen directamente en el cuarto limpio, usando una autoclave de dos puertas.

PROCEDIMIENTOS DE LABORATORIO

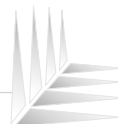
El tipo de explantes utilizados por ASD para la clonación proviene de inflorescencias jóvenes, localizadas lejos del punto de crecimiento (hojas 10 a 16 en la filotaxia). Con esto se evita el deterioro de las palmas muestreadas, se facilita su completa recuperación en 6-8 meses y se permiten los muestreos frecuentes. Entre 100 y 4.000 explantes se pueden obtener a partir de una inflorescencia.

El uso de inflorescencias como fuente de explantes permite obtener callos de casi 80% de los *ortets*. Sin embargo, la tasa de producción de callo varía entre palmas, y según la posición de la inflorescencia en la filotaxia. La edad de la palma no parece afectar la producción del callo.

La inducción del callo se hace en un cuarto oscuro. Durante los primeros seis meses, los explantes se mantienen en un medio con un nivel relativamente alto de auxina; luego, este nivel se reduce considerablemente hasta la formación de tejido embriogénico.

Los estudios histológicos han mostrado que los callos se producen a partir de brotes florales, localizados en las axilas de las raquillas. El morfotipo del callo es nodular, compacto y tiene un color cremoso amarillo. Los embriones aparecen sobre pequeños segmentos de los callos nodulares, aunque también se producen esporádicamente en ausencia de callo visible. El protocolo actual es relativamente eficiente en la tasa de embriogénesis, pero varía con el genotipo y otros factores como el desarrollo de los tejidos.

Dos años después de la iniciación del cultivo, puede obtenerse tejido embriogénico en aproximadamente 75% de los *ortets*. Nuevas muestras de los *ortets* generalmente dan proporciones similares. El 50% de las



líneas embriogénicas permite establecer cultivos que proliferan activamente, los cuales se mantienen durante 24 meses.

Los brotes se empiezan a formar de los cultivos poliembriogénicos después de seis meses de exposición a la luz. La regeneración de brotes varía en forma considerable entre las líneas embriogénicas; en general, pueden producirse hasta 4.000 brotes a partir de una línea embriogénica.

En la última etapa *in vitro*, el medio de enraizamiento contiene bajos niveles de auxinas, y después de dos meses, 85-90% de los brotes tiene un sistema radical bien formado. Las raíces adventicias primarias miden hasta 10 cm, y poseen numerosas raíces secundarias y pelos radicales.

SELECCIÓN DE ORTETS

Desde la década del 70, ASD ha consolidado una importante colección de germoplasma de *E. guineensis*, que incluye todas las poblaciones genéticas de origen restringido, así como introducciones silvestres (Richardson, 1995, Sterling y Alvarado, 2002). Gracias a esta colección, se ha desarrollado un programa de mejoramiento genético, que ha generado semillas de origen sexual de distintas variedades a partir del año 1974 (Alvarado y Sterling, 2003).

El programa también se ha enfocado en la selección de varios genotipos, denominados compactos, que derivan de una palma generada en un cruce de polinización abierta de *Elaeis oleifera* x *E. guineensis*. Esta palma, conocida como palma compacta original (PCO), se caracterizó por tener reducido crecimiento

del tronco, y hojas cortas. Sin embargo, sus racimos tenían bajos contenidos de mesocarpio y aceite, por lo que fue necesario introgresar genes de la población *guineensis*, para mejorar la composición del racimo (Escobar y Alvarado, 2004).

La mayoría de *ortets* llevados al laboratorio de cultivo de tejidos proviene de generaciones sucesivas de esta planta. Esto ha permitido hacer énfasis en la selección de plantas de alta producción y reducida longitud foliar, capaces de soportar una densidad de al menos 180 palmas/ha.

CRITERIOS DE SELECCIÓN

Diversos autores han sugerido distintos métodos para seleccionar las plantas superiores, provenientes generalmente de ensayos de mejoramiento genético. El criterio para su escogencia se basa en los rendimientos de fruta y de aceite, y en el crecimiento vegetativo, observados durante los primeros años. Según Falconer (citado por Soh, 1998), las variables con alta heredabilidad pueden usarse para la selección individual; sin embargo, para los rasgos con baja heredabilidad, es mejor seguir la selección por familias.

El porcentaje de extracción de aceite en el racimo y la altura de la planta son dos variables con alta heredabilidad en palma aceitera. No obstante, la producción de fruta está muy influenciada por el ambiente. Sin embargo, pueden seleccionarse *ortets* de alta producción de fruta, si las palmas superiores se seleccionan dentro de las familias de mayor rendimiento (Soh, 1998). Según Ooi *et al.* (1995) (citado por Ng *et al.*, 2003), el mejor criterio para la selección de *ortets* es una combinación de alto aceite en el racimo (> 28%), alto rendimiento de fruta (>200 kg/palma/año), elevada precocidad y lento crecimiento del tronco (<45 cm/año).

La selección de *ortets* seguida por ASD se basa en tres aspectos: i) la explotación de la amplia base genética disponible, ii) la selección de las mejores familias, con énfasis en el alto contenido de aceite, y iii) la selección de los mejores individuos dentro de las mejores familias, atendiendo la presencia del carácter compacto (tronco y hojas cortas).

La Tabla 2 muestra los valores de la media y la desviación estándar en cuatro variables de selección,

Tabla 1. Longitud foliar (año 5) y características del racimo en palmas Ténera compactas, correspondientes al primero y segundo retrocruce (RC), en comparación con la palma compacta original (PCO)

Tipo	Palmas	LH	F/R	M/F	A/R
PCO	1	420	58,8	68,8	18,6
RC1	567	497	62,0	78,1	21,1
RC2	2330	497	67,6	82,0	26,2
Avros DxP	561	570	70,0	81,5	25,6

LHJ = largo de la hoja, cm; F/R = % frutos en el racimo, M/F = % mesocarpio en el fruto; A/R = % aceite en el racimo. Adaptado de Escobar y Alvarado, 2004; y Sterling, Richardson y Chavez, 1987.

Tabla 2. Variabilidad en dos familias compactas sembradas en 1986, usadas como fuentes de *ortets*. La variedad Deli x Avros es usada como referencia

	Palmas	Producción (cm)	Altura (cm)	Hoja (%)	A/R
Familia 9252	40	138 ± 26	58 ± 14	520 ± 40	28,9 ± 3,3
Ortets	10	141	52	530	29,8
Familia 9269	85	145 ± 32	54 ± 12	515 ± 39	29,5 ± 3,5
Ortets	19	154	55	513	31,2
Deli x Avros	79	137 ± 29	93 ± 15	588 ± 44	27,0 ± 2,9

±desviación estándar; producción = promedio de producción anual de fruta fresca por palma, observado durante 10 años, A/R = % de aceite en el racimo. Altura y longitud foliar evaluadas a los 53 meses de edad.

observadas en dos poblaciones compactas. Los datos se comparan con el comportamiento de la variedad comercial Deli x Avros.

La producción de fruta por palma fue similar entre las familias compactas y la variedad comercial, pero el crecimiento vegetativo fue significativamente menor y con menos variabilidad. Lo anterior significa que es posible seleccionar *ortets* con mayor potencial productivo (fruta fresca y aceite) que las variedades comerciales de semilla, y que tengan al mismo tiempo un crecimiento vegetativo menor (tronco y hojas cortas).

Un comportamiento similar se observó en la siguiente generación de familias compactas sembrada en 1998 (Tabla 3), en la que destaca la elevada tasa de extracción de aceite en los *ortets*.

La Tabla 4 muestra los datos de varios *ortets* compactos, algunos de los cuales combinan tronco corto y hojas cortas, con alto potencial de rendimiento. Su extracción de aceite varía entre 25 y 34%, con lo cual se estimó una producción de aceite entre 7 y 11 t/ha. Esta alta productividad es posible, porque los clones compactos pueden plantarse a mayor densidad que las variedades de semilla convencionales.

COMPORTAMIENTO INICIAL DE LOS CLONES COMERCIALES

Las expectativas generadas tras la siembra de los primeros clones comerciales de origen *E. guineensis* no fueron completamente satisfechas. Diversos autores observaron alta uniformidad, precocidad y razón de sexo en muchos de los clones, pero el incremento esperado en producción de fruta y de aceite no fue consistente (Corley *et al.* 1982, Soh, 1986, Meunier *et al.* 1990, Wooi, 1990, Baudouin y Durand-Gasselin, 1991, Ginting *et al.* 1991, Simón *et al.* 1998, Cochard *et al.* 1999, Maheran y Abu Zarin, 1999).

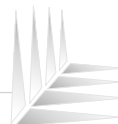
En Costa Rica, las primeras experiencias en pequeña escala empezaron en 1997. Los resultados mostraron alta correspondencia entre las características del crecimiento vegetativo del *ortet* y su clon (altura del tronco y largo de la hoja), así como en el potencial productivo (contenido de mesocarpio en el fruto) (Tabla 5).

En ensayos de densidad plantados en 1997 y 1998 (143, 160, 180 y 200 palmas/ha), el comportamiento de un clon compacto fue comparado con la variedad de semilla Deli x Avros (Tabla 6).

Tabla 3. Variabilidad en dos familias compactas sembradas en 1998, usadas como fuentes de *ortets*. La variedad Deli x Avros es usada como referencia

	Palmas	Producción (cm)	Altura (cm)	Hoja (%)	A/R
Familia 17679	48	122 ± 30	59 ± 17	509 ± 44	29,2 ± 5,6
Ortets	19 144		63 532		34,4
Familia 2270	48	137 ± 38	66 ± 15	521 ± 51	30,7 ± 5,3
Ortets	10 177		66 518		32,6
Deli x Avros	48	137 ± 41	114 ± 22	629 ± 50	28,5 ± 4,1

±desviación estándar; producción = promedio de producción anual de fruta fresca por palma, observado durante 5 años, A/R = % de aceite en el racimo. Altura y longitud foliar evaluadas a los 53 meses de edad.

**Tabla 4.** Comportamiento esperado de algunos clones según los datos de los *ortets*

Clon	Prod*	Altura (cm)	Longitud foliar (cm)	Producción (t/ha/año, 180 p/ha)		
				A/R	Fruta fresca	Aceite
Alpha	197,6	149	572	25,1	35,6	7,6
Ares	195,8	133	599	33,7	35,3	10,1
Discovery	144,5	176	547	31,8	26,0	7,1
Eagle	177,5	128	607	27,3	31,9	7,5
Empire	185,5	133	606	31,5	33,4	9,0
Explorer	212,8	142	572	27,5	38,3	9,0
Fantasy	274,8	168	613	30,3	49,5	12,8
Fran	207,2	207	531	28,4	37,3	9,1
Marble	261,7	205	593	26,8	47,1	10,8
Nácar	195,0	117	615	28,4	35,1	8,5
Nemo	239,1	165	545	25,9	43,0	9,5
Petit	234,5	175	573	29,3	42,2	10,6
Tornado	174,4	99	471	31,6	31,4	8,5
Promedio	207,7	154	573	29,0	37,4	9,2
Deli x Avros	191,3	241	668	26,1	27,3	6,1

* Promedio de producción anual de fruta fresca por palma observado durante seis años, crecimiento medido a los seis años, A/R = aceite en el racimo (%). Producción total de fruta y aceite estimadas a 180 palmas/ha y corregidas por la tasa de extracción industrial, (en el cruce de control Deli x Avros se estimó a 143 palmas/ha).

La producción anual de fruta en el clon Titán fue superior a la variedad comercial, aun en la parcela sembrada con sólo 143 plantas/ha. Hasta la fecha (nueve años de edad), la producción acumulada en este clon supera ampliamente a la variedad Deli x Avros; a la máxima densidad, la diferencia fue superior a 30%. Debe resaltarse que entre el séptimo y el noveno año se observa una caída en la producción en todas las parcelas. Esto fue consecuencia de un inadecuado ajuste a los programas de fertilización, que afecta sensiblemente el potencial productivo de los clones.

La producción total de aceite (Tabla 7) sigue el mismo comportamiento observado en la fruta fresca. El clon, que muestra superior porcentaje de extracción, acumula hasta los 9 años de 25 a 50% más de aceite.

Además de la elevada productividad de aceite registrada en este clon, las características de crecimiento observadas hasta los ocho años indican que su desarrollo vegetativo es menor, en comparación con la variedad estándar Deli x Avros (Figura 1). La

baja tasa de incremento en la altura del tronco, que permitirá prolongar la vida útil de este clon; y la menor longitud foliar, que favorece altos rendimientos de fruta en plantaciones sembradas a alta densidad, son dos características muy deseables en los clones compactos.

A partir del año 2002, se inició la producción de clones a mayor escala: se consolidó la operación del nuevo laboratorio, se definieron mejor los criterios de selección de *ortets* (enfazando en la producción de aceite y en la fijación del carácter compacto), y se mejoraron la calidad de los *ramets* producidos y los procedimientos de aclimatación o adaptación *ex vitro*.

Tabla 5. Correlaciones lineares de algunas características de *ortets* compactas y sus respectivos *ramets*. Palmas de 4,5 años de edad (Escobar y Alvarado, 2004)

Palma	Altura del tronco (cm)		Largo de la hoja (cm)		Mesocarpio en el fruto (%)	
	Ortet	Clon	Ortet	Clon	Ortet	Clon
C9255:423T	127	62	630	606	79,1	75,7
C9235:217T	119	65	652	573	84,7	83,5
C9268:135T	176	80	579	524	80,9	80,7
C9235:514T	211	83	597	574	83,8	85,0
C9268:465T	228	97	588	541	86,8	84,9
C9269:273T	169	74	726	606	89,0	86,3
C9269:367T	147	64	575	539	82,8	80,7
Correlación (r^2)	0,951		0,791		0,904	
Probabilidad	P< 0,05		P< 0,05		P< 0,05	

Tabla 6. Producción acumulada de fruta en el clon Titán y en Deli x Avros, a diferentes densidades (plantas/ha)

Material (densidad)	t/ha/año					
	3	4	5	6	7	9
Titán (143)	21	50	86	120	147	168
Titán (180)	22	53	94	132	163	187
Titán (200)	28	64	107	144	177	204
Deli x (143)	11	37	68	101	129	154

Tabla 7. Producción acumulada de aceite en el clon Titán y en Deli x Avros a diferentes densidades (plantas/ha)

Material (densidad)	t/ha/año					
	3	4	5	6	7	9
Titán (143)	7	16	27	37	46	53
Titán (180)	7	16	29	41	51	58
Titán (200)	9	20	33	45	55	64
Deli x Avros (143)	3	10	19	27	35	42

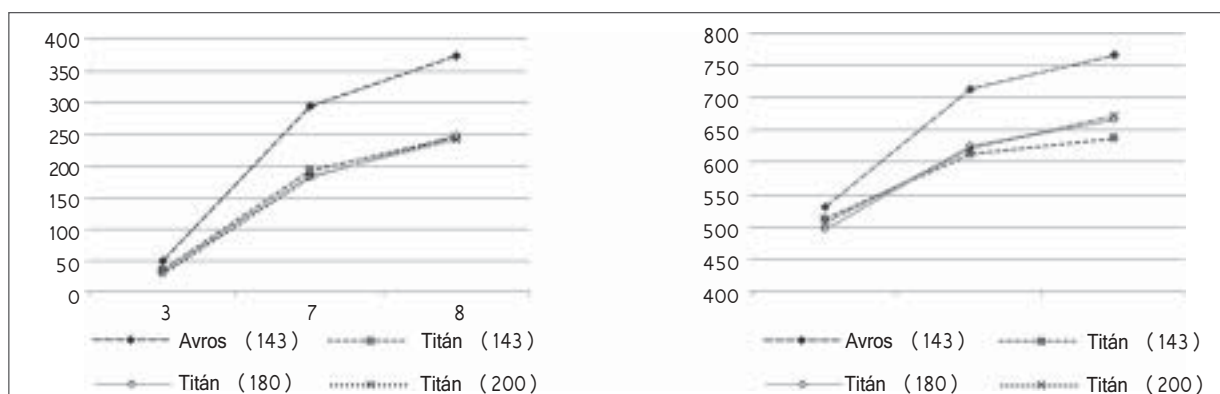
Sumado a esto, la casi ausencia de la anomalía “mantled”, que había causado el fracaso de otros programas de clonación de la palma aceitera, se tomó como el indicativo de la seguridad del protocolo de

clonación de ASD, por lo cual se decidió ofrecer en forma comercial el producto. Si bien es cierto se ha tropezado con algunos problemas, en particular pérdidas importantes durante la fase de aclimatación en algunos clones y localidades, también lo es que estos aspectos han sido mejorados.

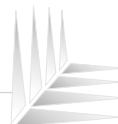
Los primeros clones de la nueva generación se sembraron en el año 2002 en Costa Rica, Nicaragua y unos pocos en Venezuela. En los siguientes años se enviaron cantidades variables de clones a Honduras, Ecuador, Colombia, Guatemala, India, Tailandia, Indonesia y Malasia.

La Tabla 8, resume el comportamiento inicial de cuatro clones sembrados en el año 2003 en Nicaragua. Las dos primeras evaluaciones

realizadas mostraron un rápido avance en el número de plantas productivas; poco después de los dos años de edad, el 100% de los clones tenía entre 13 y 16 racimos, y en dos de ellos, casi todas las plantas

**Figura 1.** Altura (izquierda) y longitud foliar, observadas entre los 3 y los 8 años de edad en el clon Titán, sembrado a tres densidades. Se compara con la variedad comercial Deli x Avros.**Tabla 8.** Comportamiento floral inicial de los clones sembrados en Kukra, Nicaragua, en 2003

Clon	1 año y 7 meses			2 años y 3 meses		
	Plantas con racimos %	Racimos/planta %	Plantas sin flores	Plantas con racimos %	Racimos/planta (%)	Plantas en ciclo femenino
Conte	85	7	0	100	16	100
Fran	94	8	6	100	14	27
Sergio	83	6	0	100	14	90
Zeus	0	0	0	100	13	10
Deli x Yangambi	45	4	12	100	11	25



continuaban en ciclo de floración femenino. La producción inicial supera a la variedad comercial Deli x Yangambi, la cual es menos precoz. Un comportamiento similar fue observado en otro grupo de nueve clones, sembrados ese mismo año en Venezuela.

CONCLUSIONES

Los primeros esfuerzos por clonar la palma aceitera se vieron retrasados por las anomalías en las inflorescencias que se asociaron al aborto de los racimos. Aunque las causas para este problema no son aún claras, el uso de altas dosis de reguladores de crecimiento, y el mantenimiento de los tejidos por largo tiempo en el laboratorio pueden estar entre ellas. ASD de Costa Rica ha desarrollado un protocolo que reduce este riesgo, basado en el uso de inflorescencias como fuentes de explantes, y el uso restringido de reguladores de crecimiento durante el proceso de clonación.

ASD sustenta su programa de clonación comercial de la palma aceitera en la disponibilidad de una amplia variabilidad genética, pero su énfasis está en la escogencia de *ortets* con alto potencial de extracción de aceite y su carácter compacto. Ello permite establecer siembras a altas densidades, haciendo un uso más eficiente del recurso tierra.

Hasta el año 2005 se habían plantado más de 700 hectáreas con clones en Costa Rica y Nicaragua, pero también existen áreas más pequeñas establecidas en Honduras, Guatemala, Ecuador, Venezuela y Colombia. Algunos clones se están evaluando en India, Tailandia, Malasia e Indonesia.

La producción de clones de *Elaeis guineensis* es ahora una realidad en varios laboratorios en el mundo, pero la experiencia de ASD con los clones compactos ha sido promisorio y ofrece una ventaja clara sobre la clonación de variedades comerciales de *E. guineensis*.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, A; Sterling, F. 2003. Desarrollo de variedades de palma de aceite para condiciones climáticas extremas. In: *XIV Conferencia Internacional sobre Palma de Aceite* (2003, Cartagena, Colombia). Memorias.
- Baudouin, L; Durand-Gasselin, T. 1991 Genetic transmission of characters linked to oil yields in oil palm by cloning. Results for young palms. *Oléagineux* 46: 313-320.
- Cochard, B; Durand-Gasselin, T; Amblard, P; Konan E; Gogor, S. 1999. Performance of adult oil palm clones. In: *PORIM Int. Palm Oil Conf.* (1999, Kuala Lumpur, Malaysia). Palm Oil Research Inst. p. 12-22.
- Corley, RHV; Lee, CH; Law, IH; Wong, CY. 1986. *Abnormal flower development in oil palm clones*. Planter, Kuala Lumpur, 62: 233-240.
- Corley, RHV; Wong CY; Wooi, KC; Jones, LH. 1982. Early results from the first oil palm clone trials. In: *The Oil Palm in Agriculture in the Eighties*. Eds. E Pushparajah; PS Chew. Kuala Lumpur, Malaysia. The Incorporated Society of Planters. V 1, p.173-196.
- Durand-Gasselin, T; Duval, Y; Baudouin, L; Maheran, AB; Konan, K; Noiret, JM. 1995. Description and degree of the mantled flowering abnormality in oil palm clones produced using the Orstom-CIRAD procedure. In *Recent Developments in oil palm tissue culture and biotechnology* (Kuala Lumpur, Malaysia). Eds. V Rao; IE Henson; N Rajanaidu. PORIM. p. 48-63.
- Duran-Gasselin, T; Konan, KF; Baudouin, L; Noiret, JM. 1999. Performance of oil palm clones. In Seminar worldwide performance of DxP oil palm planting materials, clones and interspecific hybrids (1995, Barranquilla, Colombia). *Proceedings*. Eds. N Rajanaidu; BS Jalani. PORIM. p. 151-170.
- Euwens, CJ; Lord, S; Donough, CR; Rao, V; Vallejo, G; Nelson, S. 2002. Effects of tissue culture conditions during embryoid multiplication on the incidence of 'mantled' flowering in clonally propagated oil palm. *Plant Cell Tissue Organ Culture* 70: 311-323.
- Escobar, R; Alvarado A. 2004. Strategies in production of oil palm compact seeds and clones. *ASD Oil Palm Papers* no. 27:1-12.
- Ginting, G; Lubis, RA; Fatmawati. 1991. Sex ratio development in oil palm clones produced at research centre for estate crop Marihat. In: *Int. Oil Palm Conf.* Kuala Lumpur, Malaysia. PORIM. p. 480-483.
- Jones, LH. 1995. Clonal propagation of oil palm, past, present and future: a personal view. In: *Recent Developments in oil palm tissue culture and biotechnology* (Kuala Lumpur, Malaysia). Eds. V Rao; IE Henson; N Rajanaidu. PORIM. p. 1-20.
- Maheran, AB; Zarin, OA. 1999. FELDA's experience in clonal oil palm planting on inland soils. In: *Int. Palm Oil Conf.* (Kuala Lumpur, Malaysia). PORIM. p. 330-350.
- Meunier, J; Baudouin, L; Nouy, B; Noiret, JM. 1990. The expected value of oil palm clones. *Oléagineux* 43:195-200.



- Ng, SK *et al.* 2003. Clonal oil palm production, yield performance and nutritional requirements. *In: 2003. Oil palm: management for large and sustainable yields.* Eds. T Fairhurst; R Härdter. International Potash Institute, Switzerland. p. 99-114.
- Richardson, DL. 1995. The history of oil palm breeding in the United Fruit Company. *ASD Oil Palm Papers* no. 11: 1-22.
- Rohani, O; Sharifah, SA; Mohd Rafii, Y; Ong, M; Tarrmizi, AH; Zamzuri, I. 2000. Tissue culture of oil palm. *In: Advances in oil palm research.* Ed. Y Basiron; BS Jalani; KW Chan. Malaysia, MPOB. p. 238-283.
- Simon, S; Hendry T; Chang SW; Kiaw, CW. 1998. Early yield performance of clonal oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) plantings in PPB Oil Palms Bhd, Sabah – A case study. *Planter*, Kuala Lumpur, 74: 257-269.
- Soh, AC. 1986. Expected yield increase with selected oil palm clones from current D x P seedling materials and its implication on clonal propagation, breeding and ortet selection. *Oléagineux* 41: 51-56.
- Soh, AC. 1998. Review of ortet selection in oil palm. *Planter*, Kuala Lumpur, 74: 217-226.
- Sterling, F, Alvarado, A. 2002. Historical account of ASD's oil palm germplasm collections. *ASD Oil Palm Papers*, no. 24: 1-16.
- Sterling, F; Richardson, DL; Chaves, C. 1987. Some phenotypic characteristics of the descendants of QB049, an exceptional hybrid of oil palm. *In: Oil Palm/Palm Oil Conference: Progress and prospects* (Kuala Lumpur, Malaysia). *Proceedings.* PORIM. p. 135-146.
- Wong, G; Tan, CC; Soh, AC. 1997. Large scale propagation of oil palm clones –experiences to date. *Acta Hort.* 447:649-658.
- Wooi, KC. 1990. Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.): Tissue Culture and Micropropagation. *In: Biotechnology in Agriculture and Forestry*, V.10: Legumes and oilseed crops I. Ed.YPS. Bajaj. Springer, Berlin. p. 569-592.
- Wooi, KC. 1995. Oil palm tissue culture – current practices and constraints. *In: Recent Developments in oil palm tissue culture and biotechnology* (Kuala Lumpur, Malaysia). Eds. V Rao; IE Henson; N Rajanaidu. PORIM. p. 21-32.