

# Evaluación y selección de materiales Dura en plantaciones comerciales de palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq.

## Evaluation and Selection of Dura Type Palm Oil in Commercial Plantations in Colombia

**Leonardo Rey B.<sup>1</sup>**

**Iván M. Ayala D.<sup>2</sup>**

**Rodrigo Ruiz R.<sup>3</sup>**

**Pedro L. Gómez C.<sup>4</sup>**

**Argemiro Reyes R.<sup>5</sup>**

**Dimas Martínez M.<sup>6</sup>**

### Resumen

Colombia tiene cuatro regiones productoras de palma de aceite bien contrastantes ambientalmente. La Zona Norte, que comprende los departamentos del Magdalena y Cesar, la Central con los departamentos de Santander y Cesar, la Oriental con Llanos Orientales y la occidental, que incluye el municipio de Tumaco en el departamento de Nariño. En estas regiones se encuentran plantaciones que iniciaron cultivos en las décadas de 1960 y 1970, con la siembra y producción de materiales de palma de aceite tipo Deli Dura y África Dura. En la actualidad, muchas de estas plantaciones han sido replantadas o están siendo reemplazadas con el híbrido Ténera. Éste es proveniente del cruce de Dura x Pisífera, con la consecuente pérdida de palmas tipo Dura, que pueden ser utilizadas como fuente genética para los programas de mejoramiento genético, debido a la adaptación y tolerancia a plagas y enfermedades en las diferentes condiciones ambientales. Con el presente proyecto, Cenipalma plantea consolidar su programa de mejoramiento genético en las palmas tipo Dura presentes en las diferentes plantaciones del país. De esta manera, Cenipalma contribuirá a evitar una erosión genética significativa y generará fuentes de palmas madre, con una combinación deseable de genes que confieran óptima adaptación a las condiciones de producción en Colombia. Para tal fin se seleccionaron diez lotes o poblaciones con 17.160 palmas, de las cuales se seleccionaron 381 palmas equivalentes al 2,2% de la población total. Se evidenció la existencia de una alta variabilidad para 12 características morfoagronómicas, y los análisis de varianza permitieron establecer la separación entre las dos zonas con diferencias altamente significativas, para los componentes del rendimiento, evidenciando cómo el ambiente afectó las diferentes características. Las diez poblaciones presentaron diferencias altamente significativas entre sí para el número de racimos, producción total de racimos y peso medio del racimo. Las palmas seleccionadas de las diez poblaciones se analizaron bajo técnicas de clasificación multivariada por medio del análisis de componentes principales, evidenciando que el 85,4 % de la variabilidad total se concentra en seis grupos, reduciendo las poblaciones de diez a seis, dada la similitud entre ellos con base en 12 características morfoagronómicas. Las características constitutivas de cada agrupamiento son: la altura de la palma y el peso seco foliar, que explican el primer componente prin-

### Palabras Clave

Palma de aceite,  
Material de siembra,  
Material Dura,  
Mejoramiento genético.

1 . Líder Área Fisiología y Fitomejoramiento. Zona Central. E-mail: leonardo.rey@cenipalma.org

2 . Inv. Auxiliar, Cenipalma, Zona Central.

3 . Inv. Auxiliar, Cenipalma, Zona Norte.

4 . Director Ejecutivo, Cenipalma.

5 . Gerente Promociones Agropecuarias Monterrey.

6 . Gerente Inversiones Padornelo S.A.

cipal; el peso total de racimos por palma/año; el número de racimos y el porcentaje de aceite en racimo; el peso medio del racimo, y el número de frutos normales en el racimo. Se seleccionaron palmas individuales de acuerdo con las características de interés, y se realizaron 19 cruzamientos para concentrar las características en pocas palmas. El aceite en racimo de seis palmas seleccionadas varió entre 22,8 y 26 %. Diez palmas seleccionadas con producciones mayores a 250 kg de fruta fresca por palma/año y con pesos medio del racimo entre 20 y 35 kg fueron seleccionadas. Se seleccionaron seis palmas en las cuales el crecimiento del estúpide varió entre 6 y 8,8 metros, equivalente a un crecimiento entre 17 y 25 centímetros por año.

## Summary

Selection of the first Dura type materials introduced to the country, multiplied and sown in commercial plantations, guarantees an adaptation advantage to the different environmental and agronomical conditions in which they have developed, as well as tolerance and/or resistance to diseases and pests. The palms selected with these adaptation features and resistance to diseases and pests, are crossed among themselves to concentrate in few Dura materials all the characteristics desired and later on, they will be used as mother palms in obtaining ténera materials, i.e. D x P hybrids assembled in Colombia, with genes of adaptation to the different zones, which provides comparative advantages in relation with the ténera materials (D X P) obtained for other environments. The objectives considered are to identify, recombine and evaluate the best Dura type materials, and to select the best programs to cross them with pisífera materials to obtain ténera materials adaptable to the conditions of the Colombian producing zones. The selection has been carried out during six years, on 12 commercial plots in the Monterrey and Padornelo plantations, with approximately 14.000 palms, selecting the most productive plots and without any phytosanitary problems. The same criterium was used to select individual palms, to which detailed production, oil and reaction to pests and diseases records are being kept. The main results of the selection are 278 Dura type palms with fresh bunch yields of between 218 and 320 kg/year, oil in bunch between 20 and 28,7%, and a height of between 6 and 9 meters, in the Monterrey (Central Zone) and Padornelo (Northern Zone); genetic distances at AFLP's markers level were studied and the contrasting groups were identified by characteristics, they were crossed and 17 D x D progenies were obtained.

## Introducción

Es un hecho que las bases genéticas estrechas o reducidas en las poblaciones de genes es el mayor obstáculo para un rápido progreso en la selección de la palma de aceite (Jagoe, 1952; Rajanaidu, 1976; Hardon *et al.*, 1985; Hartley, 1988). En la actualidad, los programas de mejoramiento se basan en la selección de materiales tipo Dura como palmas madre y palmas Pisíferas como padre y la subsecuente evaluación de progenies por alta producción de aceite. En su mayoría, los programas de mejoramiento han seguido el esquema de selección propuesto por Hardon (1968), o de Selección Recurrente Modificada, en la cual la selección de los materiales Dura y Ténera se hacen por separado para evitar posibles depresiones endogámicas en el híbrido Dura x Pisífera.

El mejoramiento de las poblaciones Deli Dura se realizó inicialmente por medio de selección masal; actualmente se desarrollan estrategias de selección familiar y selección individual dentro de las familias, las cuales dependen para su

selección de su propio desempeño, así como del desempeño de sus progenies Ténera para una eventual producción de semilla comercial Ténera (Rosenquist, 1989).

En Colombia existen cinco poblaciones distintas de palma de aceite tipo Dura: Deli Dura (IFA), en la plantación Monterrey; Deli Dura ex-Dabou, en Indupalma; Deli Dura ex-Papua Nueva Guinea, en Las Flores; Deli Dura, en el ICA (Tumaco) y África Dura en Unipalma, por lo cual se puede iniciar un proceso de selección sobre estas poblaciones y desarrollar un programa de cruzamientos inter e intrapoblacionales para mejorar las poblaciones de palmas de aceite tipo Dura que servirán como palmas madre para la producción de híbridos Ténera (Rajanaidu; Corley, 1997).

Las palmas de aceite tipo Dura se adaptan fácilmente al medio y presentan tolerancia a plagas y enfermedades en las diferentes condiciones ambientales. Sin embargo, su

productividad (en toneladas de aceite/ha) es menor que aquellas palmas provenientes de la semilla Ténera (cruce Dura x Pisífera). De todas maneras, el mejoramiento de las poblaciones de palma de aceite tipo Dura para las características de los componentes del rendimiento ha sido alcanzado, generando un incremento en la producción de aceite del 38 y 54% para las generaciones F1 y F3, respectivamente (Yong y Chahn, 1988; Lee *et al.*, 1988). Por su parte, Okkwagu (1991) observó significativa variabilidad genética en cruzamientos de dos poblaciones Deli Dura. Palmas Deli Dura fueron evaluadas en estudios de diversidad genética, conjuntamente con las colectas de once países africanos realizadas por el MPOB de Malasia por medio de marcadores moleculares AFLPs; en los agrupamientos el material Deli Dura, se ubicó con la colecta de Nigeria, lo cual puede indicar su procedencia (Kularatne *et al.*, 2000).

En la actualidad, Colombia utiliza semilla de palma de aceite predominantemente importada de Zaire, Nigeria, Costa Rica, Costa de Marfil, Indonesia y Papua Nueva Guinea. Dichas semillas han sido desarrolladas para las condiciones ambientales de esas zonas productoras. Sin embargo, el comportamiento de estos materiales varía significativamente de acuerdo con las condiciones ambientales de las diferentes zonas, encontrándose interacción significativa entre genotipo y ambiente para las variables de producción (ASD, 1991). En Malasia se evaluó el desempeño de 40 híbridos Dura x Pisífera en seis localidades diferentes (Kudat y Beaford en Saba, Teluk Kintan en Perak, Carey Island y Kepong en Selangor, y Kluang en Johore), encontrándose que la interacción de las poblaciones de palma con relación a los diferentes ambientes era altamente significativa para todos los componentes de la producción y la calidad del racimo. Sin embargo, para las características vegetativas no se encontró interacción. La producción de racimos varió entre 86 y 184 kg/palma/año, el número de racimos entre 8 y 20 racimos/palma/año, el peso promedio del racimo entre 7,8 y 12,5 kilogramos, la relación fruto/racimo entre 55 y 63%, el contenido de aceite/racimo entre 22 y 24%, y la producción de aceite por palma/año entre 22 y 42,6 kg/palma/año (Rafii, 1996). Se encontró una alta influencia del ambiente sobre la magnitud de la varianza genética y la

heredabilidad de estos caracteres entre las localidades, lo que indica que estas características son muy sensibles a los cambios ambientales (Rafii, 1996).

Las condiciones climáticas y edáficas únicas que existen en las áreas palmeras colombianas obligan a implementar en Cenipalma un programa de mejoramiento genético que permita la obtención, evaluación y conservación de nuevos materiales, con adaptación a las diversas condiciones colombianas.

Las brechas productivas en las producciones de aceite entre el promedio nacional y el potencial de producción indican las posibilidades de mejora de las diferentes características para la obtención de nuevas variedades de alta producción en forma estable (Tabla 1).

**Tabla 1** Producción de aceite en las diferentes etapas de la investigación en el mejoramiento genético de la palma de aceite

| Material genético          | Producción de aceite<br>(t/ha/año) | Diferencia<br>(t/ha/año) |
|----------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| Potencial de producción    | 18,0                               | 6,3                      |
| Mejor selección Dura       | 11,7                               | 6,1                      |
| Mejor plantación comercial | 5,6                                | 1,5                      |
| Promedio Colombia          | 4,1                                |                          |

El objetivo general del presente trabajo fue seleccionar, evaluar y conservar palmas de aceite tipo Dura presentes en las plantaciones comerciales de Colombia para ser utilizadas como palmas madre en la obtención de nuevos híbridos Ténera con adaptación a los diferentes ambientes de producción.

Los objetivos específicos fueron:

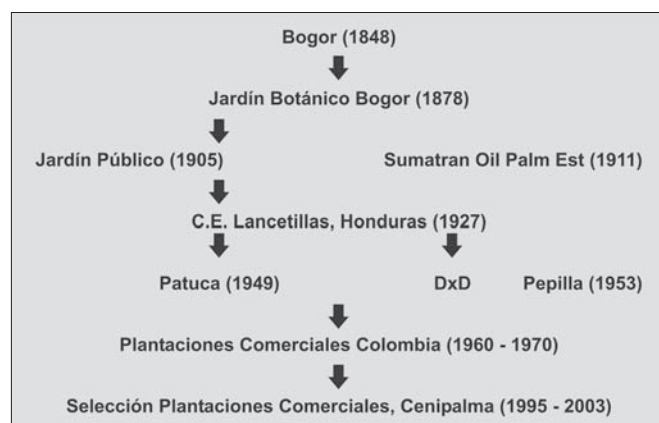
- Seleccionar lotes y palmas de materiales tipo Dura, en plantaciones comerciales en las diferentes zonas productoras
- Evaluar materiales tipo Dura seleccionados
- Seleccionar palmas por medio de marcadores moleculares y características morfoagronómicas
- Estimar la variabilidad genética existente
- Seleccionar materiales élite

- Concentrar características de interés en cruzamientos DxD.

## Metodología

Cenipalma inició trabajos de selección de palmas tipo Dura en las plantaciones Monterrey de la Zona Central y Padornelo, de la Zona Norte, en 1997, teniendo en cuenta los registros de producción. Los criterios empleados para la selección fueron la presencia de mayor número de racimos por palma durante el año y el lento crecimiento vertical. Además se hizo análisis de racimos para determinar sus componentes y análisis de calidad de los frutos. Adicionalmente, se hizo caracterización molecular de algunos materiales utilizando AFLP para determinar el distanciamiento genético y la variabilidad genética entre ellas.

Los trabajos de selección de palmas llevados a cabo por Cenipalma han generado información valiosa y de aplicabilidad inmediata. Sin embargo, se hace necesario realizar mayor investigación para brindar información completa que permita incrementar la producción de aceites en palmas tipo Dura y desarrollar programas de conservación (Fig.1).



**Figura 1** Ancestros de las poblaciones tipo Dura seleccionadas en Colombia

La población Deli Dura, como ya se anotó, proviene de cuatro palmas introducidas de Indonesia en 1848, por lo cual Rosenquist (1968) denominó las poblaciones derivadas de estas palmas como poblaciones genéticas de origen restringido (BPRO, por sus iniciales en inglés).

Para la selección de las palmas de aceite tipo Dura presentes en las diferentes plantaciones comerciales en Colombia se utilizó una técnica sistemática y jerárquica para identificar y utilizar la variabilidad de genes presentes en estas poblaciones.

## Localización y características climáticas de los ambientes de selección

| Zona                     | Central   | Norte     |
|--------------------------|-----------|-----------|
| Plantación               | Monterrey | Padornelo |
| Precipitación (mmm)      | 2.759     | 1.250     |
| Evaporación (mm)         | 1.686     | 1.470     |
| Déficit hídrico (mm)     | 200       | 566       |
| Humedad relativa (%)     | 75,7      | 75,0      |
| Brillo solar (horas/año) | 2.225     | 2.373     |
| Temperatura °C           | 28        | 28,5      |
| Altura msnm              | 125       | 20        |

Los ambientes de selección son bastante contrastantes, principalmente con relación a la precipitación, evaporación y déficit hídrico, este último en la Zona Central ocurre en cuatro meses, mientras que en la Zona Norte el déficit hídrico se presenta en ocho meses del año; estas plantaciones no cuentan con riego, por lo cual la toma de nutrientes también está limitada durante un buen período; se puede decir que los ambientes permiten seleccionar palmas por rusticidad o tolerancia a estos factores edafo-climáticos.

## Esquema de selección y conservación de materiales tipo Dura

- Selección de las plantaciones objeto de muestreo y selección de acuerdo con los pedigrí o procedencias de los materiales tipo Dura disponibles
- Cada lote de una plantación se denominó como una población
- En cada plantación o población se seleccionaron 1.000 palmas con base en la información de sanidad, altura de las palmas y rendimiento comercial de las plantaciones. Con esta evaluación se hizo seguimiento a las mejores 300 palmas por 36 meses
- Simultáneamente se realizaron análisis de variabilidad genética con base en características morfoagronómicas y mediante el uso de marcadores moleculares con cebadores debidamente probados bajo la técnica de AFLP

- e. Se realizaron los análisis estadísticos univariados y multivariados de las características morfoagronómicas, así como de las bandas producto de los marcadores moleculares.

Las palmas seleccionadas se cruzaron por complementariedad de caracteres.

Las características a tomar:

- Peso medio del fruto (g)
  - Peso nuez (g)
  - Porcentaje de frutos por racimo
  - Porcentaje de mesocarpio en el fruto
  - Porcentaje de almendra en el fruto
  - Porcentaje de cuesco en fruto
  - Porcentaje de aceite en el mesocarpio seco
  - Porcentaje de aceite en mesocarpio húmedo
  - Porcentaje de aceite por racimo
  - Porcentaje de almendra por racimo
  - Cantidad de aceite por palma por año (kg/palma/año)
  - Cantidad de almendra por palma por año (kg/palma/año)
  - Cantidad de aceite total por palma por año (kg/palma/año)
  - Cantidad de producto económico total (kg/palma/año).
- f. Crecimiento y desarrollo
- Producción de hojas por año
  - Longitud de la hoja (17)
  - Peso seco hoja. Área hoja
  - Número hojas verdes
  - Diámetro del tallo
  - Altura de la palma
  - Índice de área foliar.
- g. Reacción a enfermedades y plagas (PC, Fusariosis, etc.): Componente MIP
- h. Registro de variables climáticas y de suelo
- i. Criterios de selección de las palmas tipo Dura:
- Producción de racimos mayores de 200 kg/palma/año
  - Número de racimos mayor de 26 racimos/palma/año
  - Aceite en racimo mayor de 21%

- Distancia genética según el índice de Jaccard mayor 0,47
- Mesocarpio en fruto mayor del 55%
- Cuesco en fruto menor de 35%.

### Análisis estadísticos

- a. Análisis de estadísticas básicas univariadas
- b. Análisis de varianza: La estructura del análisis de varianza tiene un diseño anidado con poblaciones, familias por población y palmas por cada familia:

| Medio              | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado                                 |
|--------------------|--------------------|-------------------|------------------------------------------|
| Población          | p-1                | MS1               | $V_{palmas}^2 + nV_{familia} + nV_{p}^2$ |
| Familias/población | p(f-1)             | MS2               | $V_{palmas}^2 + V_{familia}^2$           |

- c. Separación de medias
- d. Correlaciones
- e. Análisis estadísticos multivariados entre las poblaciones, para determinar las distancias genéticas, y entre las familias, para establecer cómo está organizada la variabilidad genética en el universo de las palmas de aceite tipo Dura seleccionadas (Rao, 1964; SAS, 1989).

Se utilizó la técnica de marcadores moleculares AFLP (Polimorfismo en la Longitud de los Fragmentos Amplificados por PCR). Las bandas generadas se registran por ausencia y presencia y se analiza con base en el coeficiente de similitud de Jaccard usando el software NTSYS PC versión 1.8. Así mismo se calcularon los parámetros de diversidad o distancias genéticas para la construcción de los dendrogramas (Nei, 1978).

### Resultados

La selección de las palmas tipo Dura se realizó en dos zonas productoras y en dos plantaciones, identificando 10 lotes o poblaciones con 17.160 palmas, de las cuales se seleccionaron 381 palmas, correspondientes al 2,2% de la población total.

### Variación de las características evaluadas

Las características morfoagronómicas en estudio de las palmas seleccionadas pertenecientes a las diez poblaciones seleccionadas presentaron una amplia dispersión a lo largo de la media, indicando alta variabilidad para los caracteres en estudio, principalmente en el número de

racimos, peso total de racimos, pulpa en fruto, aceite en racimo, altura de palma y peso seco foliar (Tabla 2).

**Tabla 2** Variación de las características morfoagronómicas de las palmas en diez poblaciones seleccionadas

| Característica            | Media | Desv. Est. | Mínima | Máxima |
|---------------------------|-------|------------|--------|--------|
| Número racimos            | 6,5   | 2,7        | 0,5    | 18,2   |
| Peso racimos (kg)         | 143   | 59,4       | 4,5    | 335,8  |
| Peso medio racimos (kg)   | 22,4  | 6,3        | 4,5    | 40,3   |
| Frutos normales en racimo | 66,5  | 6,7        | 32,3   | 97,8   |
| Pulpa en fruto (%)        | 52,2  | 6,3        | 33,6   | 65,3   |
| Aceite racimo (%)         | 16,5  | 3,6        | 5,9    | 31,7   |
| Altura palma (cm)         | 912   | 148        | 550    | 1.250  |
| Ancho pecíolo (cm)        | 8,5   | 1,1        | 5,4    | 12,8   |
| Número folíolos           | 171   | 16,2       | 129    | 220    |
| Longitud raquis (cm)      | 471   | 57,9       | 346    | 657    |
| Profundidad pecíolo (cm)  | 3,7   | 0,4        | 2,7    | 4,9    |
| Peso seco foliar (kg)     | 3,5   | 0,7        | 1,8    | 6,5    |

### Evaluación entre zonas productoras

Los resultados de los análisis de varianza mostraron diferencias altamente significativas entre las dos zonas productoras para el número de racimos, peso total de racimos y peso medio del racimo, lo que indica el efecto del ambiente sobre estos componentes del rendimiento (Tabla 3).

### Evaluación entre poblaciones

Los resultados de los análisis estadísticos evidenciaron diferencias altamente significativas entre las 10 poblaciones para los componentes del rendimiento, sobresaliendo las poblaciones cinco y seis, en las cuales se encuentran las medias más altas. También se observan diferencias estadísticas entre las poblaciones de la Zona Central (1-2-3-4-5 y 6) con respecto a

**Tabla 3** Resultados de los análisis de varianza y separación de medias entre las zonas productoras para los componentes del rendimiento (palma/año)

| Zona         | Número racimos | Peso total racimos (kg) | Peso medio racimos (kg) |
|--------------|----------------|-------------------------|-------------------------|
| Central      | 6,5 a          | 148,0 a                 | 23,4 a                  |
| Norte        | 5,5 b          | 109,6 b                 | 19,9 b                  |
| Media        | 6,0            | 128,5                   | 21,6                    |
| Desv. est.   | 2,5            | 51,8                    | 6,01                    |
| Probabilidad | 0,0001         | 0,0001                  | 0,0001                  |

**Tabla 4** Resultados de los análisis de varianza para los componentes del rendimiento, en diez poblaciones de palmas Duras seleccionadas

| Población    | Número racimos* | Peso total racimos* (kg) | Peso medio racimos* (kg) |
|--------------|-----------------|--------------------------|--------------------------|
| 1            | 6,7 a           | 137,8 bc                 | 21,1 bc                  |
| 2            | 5,7 a           | 131,6 cd                 | 23,4 a                   |
| 3            | 5,9 a           | 140,2 abc                | 24,6 a                   |
| 4            | 6,9 a           | 154,8 ab                 | 23,2 a                   |
| 5            | 7,6 a           | 164,3 a                  | 22,3 bc                  |
| 6            | 6,6 a           | 158,5 a                  | 25,0 a                   |
| 7            | 5,5 b           | 103,1 cde                | 17,1 cd                  |
| 8            | 4,7 b           | 92,7 de                  | 20,7 bc                  |
| 9            | 4,8 b           | 80,0 e                   | 16,5 e                   |
| 10           | 6,0 ab          | 126,4 cd                 | 22,1 bc                  |
| Probabilidad | 0,0019          | 0,0023                   | 0,001                    |

\* Diferencias altamente significativas. Letras diferentes indican diferencias entre poblaciones.

las poblaciones de la Zona Norte (7-8-9 y 10); en esta última, la población diez presenta valores no significativos o similares con relación a algunas poblaciones de la Zona Central (Tabla 4).

### Análisis de divergencia genética

Las palmas seleccionadas de las diez poblaciones se analizaron bajo técnicas de clasificación multivariada por medio del análisis de componentes principales, evidenciando que el 85,4% de la variabilidad total se concentra en seis grupos, reduciendo las poblaciones de diez a seis, dada la similaridad entre ellos con base en las características morfoagronómicas enunciadas anteriormente. Las características constitutivas de cada agrupamiento son: la altura de la palma y el peso seco foliar, que explican el primer componente principal; el peso total de racimos por palma/año; el número de racimos y el porcentaje de aceite en racimo; el peso medio del racimo; y el número de frutos normales en el racimo (Tabla 5).

Los análisis de agrupamiento mediante dendrogramas (Análisis de Cluster) evidencian la existencia de amplia variabilidad, tanto a nivel de las características morfoagronómicas como a nivel de marcadores moleculares AFLPs, seleccionando palmas individuales representativas de cada agrupamiento para ser cruzadas por complementariedad de características y de esta manera obtener materiales élites tipo Dura

Tabla 5

Componentes principales resultantes del agrupamiento por similitud de 292 palmas pertenecientes a diez poblaciones de palmas tipo Dura seleccionadas

| Componentes principales | Distancia genética | Variación por componente % | Variación acumulada % |
|-------------------------|--------------------|----------------------------|-----------------------|
| 1                       | 3,40               | 28,4                       | 28,4                  |
| 2                       | 2,27               | 18,9                       | 47,3                  |
| 3                       | 1,61               | 13,4                       | 60,8                  |
| 4                       | 1,13               | 9,5                        | 70,3                  |
| 5                       | 1,02               | 8,5                        | 78,8                  |
| 6                       | 0,85               | 7,2                        | 85,9                  |

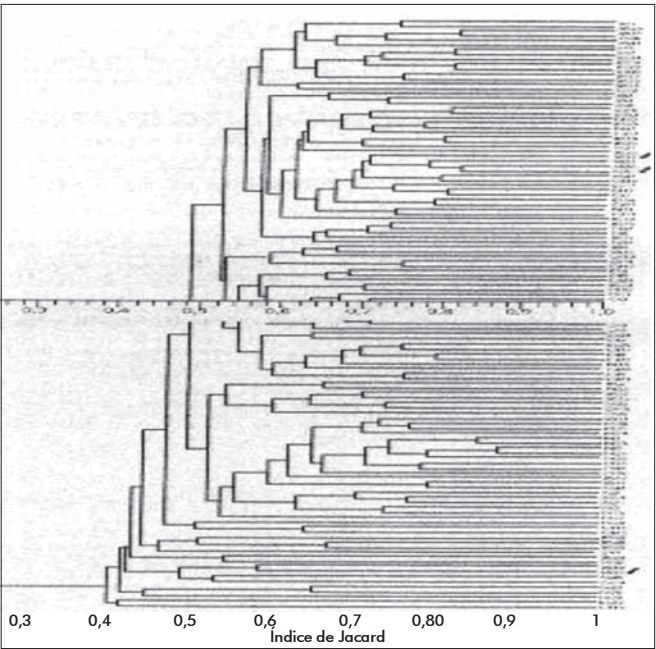


Figura 2

Clasificación de la variabilidad genética de las palmas tipo Dura seleccionadas a nivel de marcadores moleculares bajo la técnica de AFLP

para ser utilizados como parentales maternos en la producción de híbridos intraespecíficos tipo Ténera, al ser cruzados con material Pisífera (Fig. 2 y 3).

Selección de palmas individuales

Se seleccionaron palmas individuales de acuerdo con las características de interés, y se realizaron 19 cruzamientos para concentrar las características en pocas palmas (Tabla 6).

El aceite en racimo de seis palmas seleccionadas varió entre 22,8 y 26%. (Fig. 4).

Diez palmas con producciones mayores a 250 kg de fruta fresca por palma/año y con peso medio del racimo entre 20 y 35 kg fueron seleccionadas (Fig. 5).

Se seleccionaron seis palmas en las cuales el crecimiento del estúpite varió entre 6 y 8,8 metros, equivalente a un crecimiento entre 17 y 25 centímetros por año (Fig. 6).

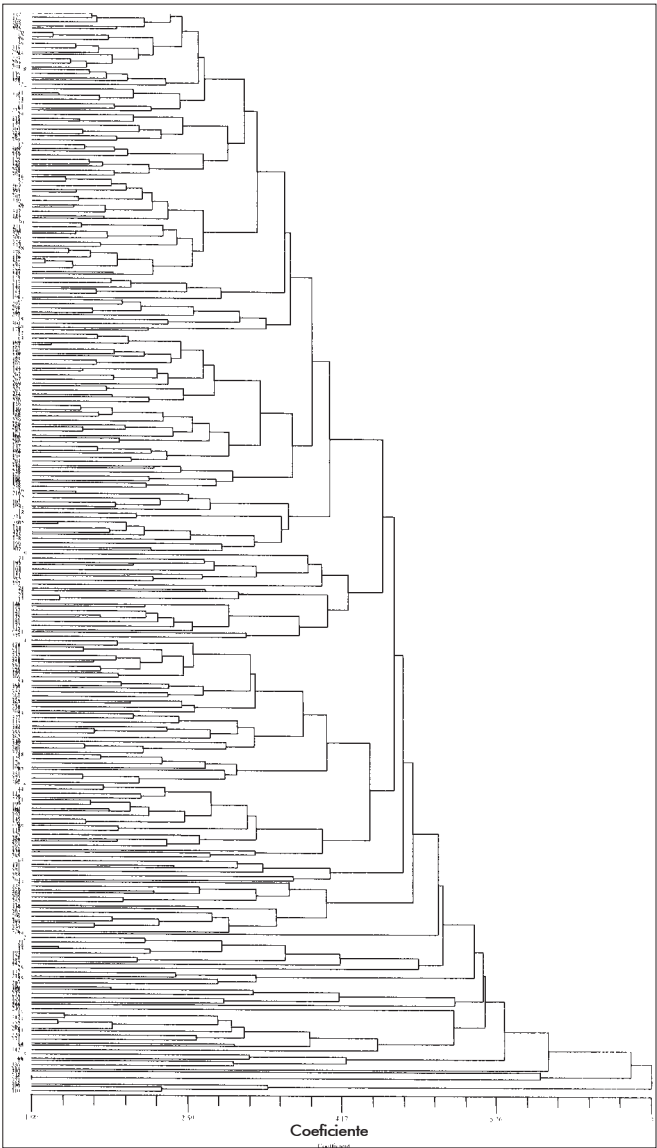


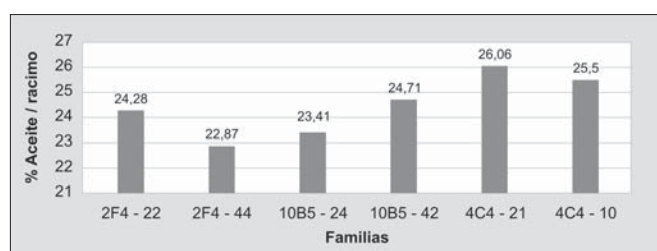
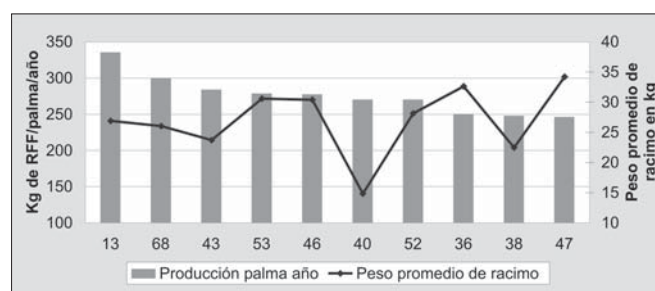
Figura 3

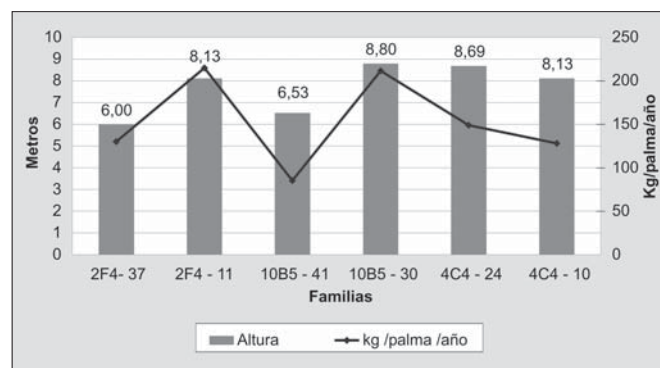
Dendrograma de las palmas tipo Dura seleccionadas, con base en doce características morfoagronómicas

Tabla  
6

Selección de palmas individuales y cruzamientos DxD

|    | Progenitores        |                     | Características de interés                                                                        | Distancia genética<br>(índice de Jaccard) |
|----|---------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1  | Lote 2F4- Palma 9   | Lote 10B5- Palma 22 | Peso de racimo (41 kg (ppr) x 39,86 kg (ppr), 264,32 kg/palma/año)                                | 0,52                                      |
| 2  | Lote 10B5- Palma 42 | Lote 4C4- Palma 18  | Aumento de aceite/racimo (24,71% aceite / racimo x 21,75 % aceite/racimo)                         | 0,54                                      |
| 3  | Lote 4C4- Palma 26  | Lote 10B5- Palma 42 | Alta producción de racimos x aceite/racimo (254,4 kg/palma/año x 24,71% aceite/racimo)            | 0,52                                      |
| 4  | Lote 2F4- Palma 20  | Lote 2F4- Palma 5   | Aumento de aceite/racimo (24,57% aceite / racimo x 22,35 % aceite/racimo)                         | 0,54                                      |
| 5  | Lote 2F4- Palma 6   | Lote 4C4- Palma 21  | Alta producción x aceite/racimo (268,15 kg/palma/año x 26,06% aceite/racimo)                      | 0,47                                      |
| 6  | Lote 2F4- Palma 11  | Lote 2F4- Palma 45  | Alta producción de racimos x aceite/racimo (214,77 kg/palma/año x 22,92% aceite/racimo)           | 0,56                                      |
| 7  | Lote 2F4- Palma 22  | Lote 4C4- Palma 21  | Aumento de aceite/racimo ( 26,06% aceite / racimo x 24,28 % aceite/racimo)                        | 0,57                                      |
| 8  | Lote 2F4- Palma 5   | Lote 2F4- Palma 45  | Aumento de aceite/racimo (22,92% aceite / racimo x 22,35 % aceite/racimo)                         | 0,58                                      |
| 9  | Lote 4C4- Palma 24  | Lote 10B5- Palma 24 | Aumento de aceite/racimo (25,34% aceite / racimo x 23,41 % aceite/racimo)                         | 0,54                                      |
| 10 | Lote 2F4- Palma 44  | Lote 4C4- Palma 10  | Aumento de aceite/racimo (22,87% aceite / racimo x 25,3 % aceite/racimo)                          | 0,54                                      |
| 11 | Lote 2F4- Palma 22  | Lote 2F4- Palma 37  | Altura x producción (6 m x 24,28% aceite/racimo)                                                  | 0,58                                      |
| 12 | Lote 2F4- Palma 39  | Lote 10B5- Palma 41 | Fijar altura (7,87m x 6,53m)                                                                      | 0,58                                      |
| 13 | Lote 2F4- Palma 37  | Lote 10B5- Palma 41 | Fijar altura (6 m, 26 kg (ppr) x 6,53 m)                                                          | 0,52                                      |
| 14 | Lote 2F4- Palma 28  | Lote 10B5- Palma 18 | Fijar altura (6,40m x 7,72m)                                                                      | 0,58                                      |
| 15 | Lote 10B5- Palma 23 | Lote 2F4- Palma 37  | Fijar altura (8 m x 6 m, 26 kg (ppr))                                                             | 0,60                                      |
| 16 | Lote 10B5- Palma 22 | Lote 4C4- Palma 21  | Alta producción x aceite/racimo (264 kg/palma/año x 26,06% aceite/racimo)                         | 0,47                                      |
| 17 | Lote 10B5- Palma 30 | Lote 2F4- Palma 45  | Alta producción x aceite/racimo (211,42 kg/palma/año x 280,15 kg/palma/año, 22,92% aceite/racimo) | 0,56                                      |
| 18 | Lote 10B5- Palma 3  | Lote 4C4- Palma 21  | Alta producción x aceite/racimo (202,42 kg/palma/año x 26,06 % aceite/racimo)                     | 0,47                                      |
| 19 | Lote 2F4- Palma 20  | Lote 10B5- Palma 41 | Altura x producción (235,7 kg/palma/año x 6,53 m)                                                 | 0,52                                      |

Figura  
4 Palmas individuales seleccionadas por contenido de aceite en el racimoFigura  
5 Palmas individuales seleccionadas por producción total de racimos y peso medio de racimo



**Figura 6** Palmas individuales tipo Dura seleccionadas por lento crecimiento del estípide

## Conclusiones

- Los componentes del rendimiento fueron afectados en forma altamente significativa por los factores ambientales presentes en las zonas Central y Norte
- La variabilidad genética existente en las poblaciones seleccionadas se concentró en seis grupos
- Población élite con palmas individuales de producción entre 218 y 335 kg/palma/año y aceite en racimo entre 20 y 28,7%
- Obtención de 19 cruzamientos Dx D, tendientes a la implantación del segundo ensayo de progenies Dx D. 🌴

## Bibliografía

CHEAH, S.C.; WOOL, K.C. 1993. Application of molecular marker techniques in oil palm tissue cultures. Proc of ISOPB. Int. Sym. On Recent Development in oil palm Tissue Culture and Biotechnology. Kuala Lumpur, Malasia, p.163-170.

JAGOE, R.B. 1952. Deli oil palm and early introductions of *Elaeis guineensis* to Malaya. Malaya Agriculture J. 35, p.4-11.

HARTLEY, C.W.S. 1988. The Oil Palm 3 Ed. Longman Scientific Publications Harlow, Essex. London, p.761.

NEEL, N. 1978. Unbiased measures of genetic identity and genetic distance. Genetics 89, p.583-590.

KANG, M.S. 1994. Applied Quantitative Genetics. Development of agronomy. Louisiana State University. USA, 157p.

KULARATNE, R.S.; SHAH, F.H.; RAJANAIDU, N. 2000. Investigation of genetic diversity in African natural oil palm populations and Deli Dura using AFLP

markers. Int. Sym. On oil palm Genetic Resources and Utilization. MPOB, Malaysia.

KUSHAIRI, B.D. 1998. Genetic variation for bunch yield, bunch quality and morphophysiological traits in oil palm breeding populations. Thesis PhD. University Kebangsaan, Malaysia Bangi, 194p.

MAYES, S.; MARSHALL, D.F.; CORLEY, R.H.V. 1997. Construction RFLP genetic Linkage map for oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Genome 40, p.116-122.

MALYSIAN OIL PALM BOARD-MOPB. 2001. Advances in oil palm research. Vol 1/Editors Yusoff Basiron, Jalani, B.S. and Chang, K.W., 782p.

RAFII, B.Y. 1996. Genotype x Environment interaction and stability analysis in 40 oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) progenies over six locations. Thesis PhD. University Kebangsaan, Malaysia, Bangi, 301p.

RAJANAIDU, N.; JALANI, B.S.; RAO, V.; KUSHAIRI, A.D. 1993. Genotype-environment interaction (GE) studies in oil palm (*Elaeis guineensis*) progenies. Proc. Of the 1991. ISOPB International Workshop on Genotype – Environment Interaction Studies in Perennial tree Crops. PORIM/ISOPB, p.12-32p.

RAJANAIDU, N.; JALANI, B.S.; DOMINGOS, M. 1991. Collection of oil palm (*Elaeis guineensis*) germplasm in Angola. ISOPB newsletter 8(2), p.2-3.

RAJANAIDU, N.; RAO, V. 1988. Oil palm genetic collection: Their performance and use to the industry. Proc. of 1.987 Int. Oil Palm: Palm oil conference in agriculture, Malaysia, p.59-85.

RAJANAIDU, N.; SAPURAH, R.; RAO, V.; ZAKRI, A.H.; EMBI, M.N. 1993. Isoenzyme variation in Nigeria Oil palm (*Elaeis guineensis*) germplasm. Proc. of the ISOPB. Int. Sym. On Recent Development in oil palm Tissue Culture and Biotechnology. Kuala Lumpur, Malasia, p.209-216.

RAJANAIDU, N.; MAIZURA, I.; CHEAH, S.C. 2000. Screening of oil palm natural populations using RAPD and RFLP molecular markers. Int. Sym. On Oil Palm Genetic Resources and Utilization. MPOB, Malasia.

RAJANAIDU, N.; JALANI, B.S.; KUSHARI, D.; RAFII, M.; MOHD, D.A.; MAIZURA, I.; ARIFFIN, D. 1999. Breeding strategies for the oil palm planting materials PS1 and PS2 and future PS series. In: Proc. of seminar on PS1 and PS2 Oil Palms Materials. MPOB, Malasia, p.76-90.

RAO, C.R. 1964. The used and interpretation of principal component analysis in applied research, Sankhya A, 26, p.329-358p.

SAS INSTITUTE INC. 1989. SAS/STAT User's Guide, Version 6, Fourth Edition Vol 1. Cary NC: SAS Institute. Inc., 943p.

THOMAS, R.L.; WATSON, I.; HARDON, J.J. 1969. Inheritance of some components of yield in Deli Dura variety of oil palm Euphytica 18, p.92-100p.