

Efecto del clima y la edad de la palma de aceite sobre la variación de algunos componentes del racimo en coto, Costa Rica*

The effect of climate and oil palm age on variation in some bunch components in Coto, Costa Rica

FRANCISCO STERLING, CRISTÓBAL MONTOYA, AMANCIO ALVARADO¹

R E S U M E N

Los registros de los análisis de racimos efectuados entre 1990 y 1995, en nueve progenies tipo Tenera de origen Deli dura x AVROS, en un ensayo de prueba de progenies localizado en el suroeste de Costa Rica, mostraron que existe un comportamiento cíclico en la tasa de extracción de aceite y en la relación almendra a racimo. Se notó que la varianza observada en la variable "aceite a racimo" fue causada principalmente por los cambios en la eficiencia de la polinización (establecimiento de fruto) y, en menor magnitud, por la varianza mostrada por las variables "aceite a mesocarpio" y "mesocarpio a fruto". Las diferencias registradas en la variable "frutos a racimo", en una misma progenie durante diferentes épocas del mismo año, evidencian el efecto cíclico del clima sobre la eficiencia de la polinización, especialmente debida a la reducida producción y viabilidad del polen, además de la reducción en el tamaño de la población de insectos polinizadores, que usualmente se vio entre septiembre y noviembre. Estos cambios explican la baja proporción de frutos a racimo observadas en los racimos maduros cosechados entre febrero y mayo. Las variaciones en precipitación y radiación solar unas pocas semanas antes de la cosecha coincidieron, respectivamente, con cambios en la variable "aceite a mesocarpio", en los racimos cosechados entre febrero y mayo y entre julio y septiembre. Estos resultados muestran que la clasificación de las progenies realizada según los datos obtenidos durante el quinto año después de la siembra, tienen una relación más estrecha, que cualquiera de los otros años del estudio, que incluyó datos desde el año tres al siete. Más aún, en el año cinco, las tres variables determinantes más importantes para la relación aceite a racimo ("aceite a mesocarpio", "mesocarpio a fruto" y "frutos a racimo"), tuvieron la varianza más pequeña. Durante el quinto año, un mínimo de 80 y un máximo de 151 racimos, en progenies de palma de aceite representadas por los menos por 36 palmas, deben ser analizados para lograr una exacta representación de los parámetros de calidad de los racimos.

S U M M A R Y

Bunch analysis records from 1990 to 1995 for nine Deli dura x AVROS progenies, from a progeny test trial located in southwestern Costa Rica, showed a cyclical behavior in the oil extraction rate and the kernel to bunch ratio. It was noted that the variance observed in the variable "oil to bunch" was caused mainly by changes in pollination efficiency (fruit set) and, to a lesser degree, by the variance shown by the variables

* Tomado de: ASD Oil Palm Papers No. 16, p. 19-30. 1997. Trabajo presentado en The International Conference on Oil and Kernel Production in Oil Palm -A Global Perspective. Sep 28-1996 Kuala, Lumpur, Malaysia.

Traducido por: Fedepalma

1 ASD de Costa Rica. P.O. Box 30-1000. San José, Costa Rica.

"oil to mesocarp" and "mesocarp to fruit". The differences recorded in the variable "fruit to bunch" in a single progeny, during different periods of the same year, showed the cyclical effect of climate on pollination efficiency, particularly due to the reduced production and viability of pollen, in addition to the reduced size of the pollinating insect population which was usually seen between September and November. These changes explained the low proportion of fruit to bunch seen in mature bunches harvested between February and May. Variation in precipitation and sunlight a few weeks before harvest coincided respectively with changes in the variable "oil to mesocarp" in bunches harvested between February and May, and between July and September. These results showed that the ranking of progenies done according to data obtained during the fifth year after planting has a closer relation than any other year in the study, which included data from year three to year seven. Furthermore, in year five, the three most important determining variables for oil to bunch ["oil to mesocarp", "mesocarp to fruit", and "fruit to bunch") had the smallest variance. During the fifth year, a minimum of 80 and a maximum of 151 bunches, in oil palm progenies represented by at least 36 palms, should be analyzed in order to obtain a faithful representation of the quality parameters of the bunches.

Palabras claves: Palma de aceite, Racimo, Características agronómicas, Clima, Edad, Mejoramiento, Selección

INTRODUCCIÓN

La tasa de extracción de aceite y la tasa de extracción de almendras son índices de uso común para medir la eficiencia de una operación de palma de aceite. Estos parámetros son útiles como indicadores de los costos de operación; sin embargo, ellos no muestran el nivel de productividad real de la plantación, pues no miden ni la eficiencia de la cosecha, ni otros factores ambientales que impiden lograr rendimientos óptimos.

En una plantación comercial, la productividad depende de las condiciones ambientales, del potencial de rendimiento del material genético plantado y de la eficiencia administrativa y agronómica con que se maneja la plantación.

La optimización del rendimiento de aceite y almendras depende de la producción de racimos y de su calidad, del crecimiento vegetativo (que determina la vida útil de la plantación) y de la capacidad del cultivo para tolerar competencia inter-palmas y otros factores externos perjudiciales, tales como enfermedades y déficit hídrico.

Debido al alto grado de heredabilidad de algunos de los componentes del racimo, el mejoramiento de la calidad de los racimos se ha usado como herramienta para aumentar el potencial de rendimiento. Varios autores (Rao et al. 1983; Link y Toh 1985) han mencionado desventajas de este método estándar, entre las cuales ellos mencionan la introducción de un sesgo sistemático positivo durante la toma de muestras, de las que posteriormente se toman submuestras.

Otra desventaja comúnmente asociada con este método es el alto grado de variabilidad mostrada por algunos componentes del racimo, lo cual hace necesario realizar un alto número de análisis para conseguir la caracterización adecuada de una progenie. Este factor también aumenta apreciablemente el número de muestras necesario para describir y seleccionar palmas individuales.

Este artículo revisa las fuentes de variación que afectan los principales parámetros de selección relacionados con los racimos de la palma de aceite. Se analizan los efectos de estas fuentes de variación sobre las tasas de extracción de aceite y almendra. Además se determinan el tamaño mínimo de la muestra y del período de evaluación para describir y seleccionar progenies de manera más precisa, utilizando las características del racimo como criterio de selección.

MATERIALES Y MÉTODOS

En septiembre de 1987, nueve progenies de origen Deli dura (BM8 x BM20) cruzadas con pisíferas de origen AVROS (BM119/7) se plantaron en la Estación Experimental del Programa de Investigación de Palma de ASD, en el suroeste de Costa Rica. El área se caracteriza por poseer suelos de origen aluvial, profundos y de buena fertilidad, y por una baja radiación solar y una alta precipitación pluvial (3.800 mm/año).

Mensualmente, de cada progenie se cosecharon y se analizaron 25 racimos maduros (Blaak et al. 1963). El estudio comenzó en agosto de 1990, 39 meses después de plantados los materiales genéticos en el campo, y se

prolongó hasta junio de 1996. Los racimos se cosecharon cuando mostraron un grado de madurez definido por el desprendimiento natural de tres a cinco frutos.

A partir de los datos obtenidos entre septiembre de 1990 y agosto de 1995 se estimó la varianza anual para cada variable, y se obtuvieron los valores máximos y mínimos. Las variables estudiadas fueron: "peso promedio del fruto", "peso promedio del racimo", "total de frutos por racimo", "frutos fértiles por racimo", "mesocarpio a fruto", "aceite a mesocarpio", "almendra a fruto" y "aceite a racimo".

Se estudiaron las tendencias de las variables a corto y mediano plazo. Las progenies se clasificaron en cada uno de los cinco años del estudio, usando como criterio la magnitud de la variable "aceite por palma por año (OPAY)". Con la información correspondiente a todo el período se hizo una clasificación final de las progenies, utilizando la variable OPAY, y se usó para calcular los valores de los índices de "Spearman rho", que posteriormente se utilizaron para comparar las diferentes clasificaciones de las progenies realizadas durante los distintos años del estudio.

Para determinar las principales fuentes de variación se utilizó el procedimiento estadístico conocido como "análisis de regresión múltiple escalonado" (SAS-stepwise), usando como variable dependiente la relación "aceite a racimo" y los otros componentes del racimo como las variables independientes.

El tamaño de la muestra para el año cinco se obtuvo usando las unidades individuales de muestreo para la variable "aceite por palma por año"; se estableció un nivel de confianza de 95% y una precisión de 5% alrededor del promedio. El tamaño de la población inicial se fijó en 12 racimos por palma y 36 individuos por progenie, y se asumió una relación promedia de sexos de 0,8. Así, la muestra estándar para una progenie en el quinto año fue de 346 racimos.

RESULTADOS

Edad de las palmas, clima y componentes del racimo

El rendimiento y el peso promedio del racimo aumentaron con la edad de las palmas, y este comportamiento se estabilizó cuando las palmas alcanzaron los nueve años de edad (Fig. 1 -2). La varianza del tamaño de los frutos mostró pocos cambios con la

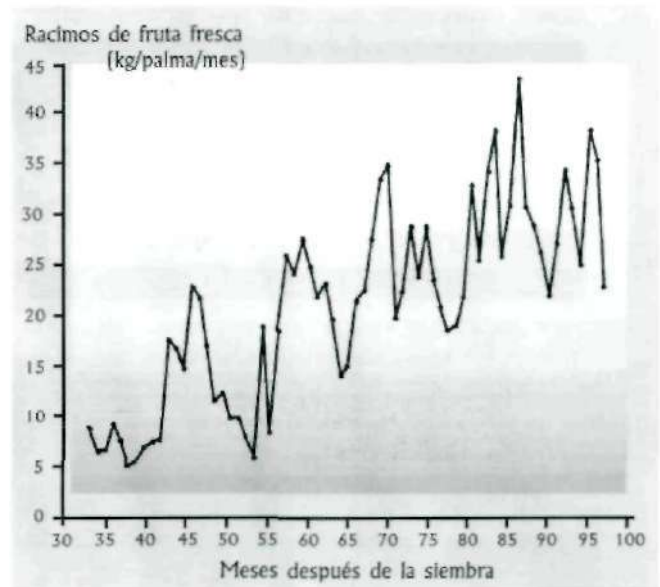


Figura 1. Efecto de la edad sobre el rendimiento de racimos de fruta fresca en progenies Deli x AVROS. Coto, Costa Rica.

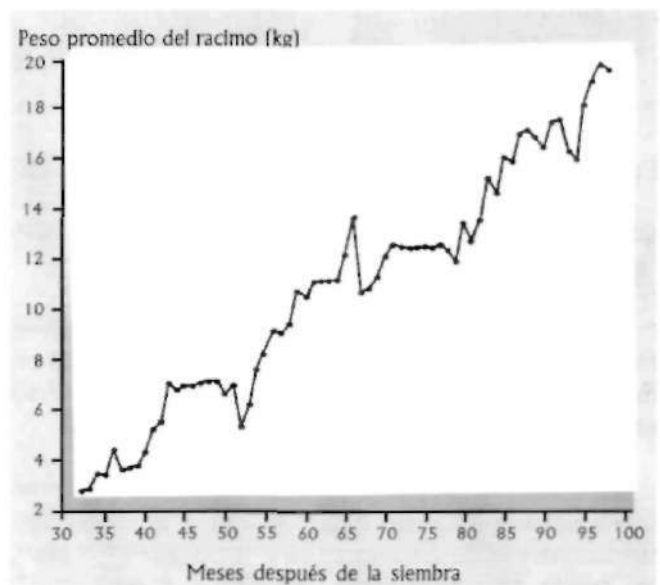


Figura 2. Variación con la edad del tamaño del racimo, en progenies Deli x AVROS. Coto, Costa Rica.

edad de las palmas (Tabla 1). Sin embargo, existió un gran efecto estacional relacionado con los cambios del clima (Tabla 2).

El valor promedio de la variable "frutos a racimo" disminuyó con la edad de las palmas y también varió significativamente en respuesta a los cambios estacionales del clima. La relación "mesocarpio a fruto" estuvo inversamente relacionada con la relación "frutos a racimo".

Tabla 1. Variación de algunos componentes del racimo con la edad de la palma en progenies Deli x AVROS. Coto, Costa Rica.

Edad (año)	Fruto a racimo	Mesocarpio a fruto	Aceite a mesocarpio	Almendra a fruto	Aceite a racimo	Peso promedio del racimo (kg)
1990 (3)	71,3	84,8	43,8	5,8	26,5	7,1
1991 (4)	71,8	85,3	45,9	5,8	28,1	9,5
1992 (5)	71,6	85,0	46,8	6,1	28,3	13,7
1993 (6)	70,1	82,4	47,5	7,4	27,2	12,7
1994 (7)	69,6	82,7	49,9	7,6	27,6	19,8
1995 (8)	69,9	82,8	48,9	7,2	28,1	

Tabla 2. Fluctuación estacional en algunos componentes del racimo en una progenie Deli x AVROS. Coto, Costa Rica.

Mes	Fruto a racimo	Peso promedio del fruto	Mesocarpio a fruto	Aceite a mesocarpio	Almendra a fruto	Aceite a racimo	Peso promedio del racimo
Enero	70,8	11,2	84,1	47,6	6,9	28,7	12,1
Febrero	68,4	11,4	84,8	46,4	6,3	27,6	9,5
Marzo	68,3	12,3	84,0	45,1	6,8	26,7	10,1
Abril	66,8	12,9	84,7	46,6	6,1	27,5	10,4
Mayo	68,1	11,4	84,9	47,0	6,1	27,3	9,4
Junio	68,5	10,3	83,4	48,4	6,7	27,8	10,4
Julio	69,3	10,6	83,7	48,2	6,7	28,2	10,6
Agosto	69,0	9,6	81,9	46,3	7,8	26,2	10,4
Septiembre	68,0	9,9	82,9	45,7	7,3	26,3	10,6
Octubre	69,5	10,4	83,7	46,1	6,9	27,3	11,4
Noviembre	71,2	9,3	83,8	47,8	6,8	28,7	11,3
Diciembre	71,0	9,3	81,6	48,8	7,6	28,6	13,2

Esta segunda variable tuvo un comportamiento estuvo relacionada en forma negativa con la variable "almendra a fruto".

El contenido de aceite en el mesocarpio aumentó en forma consistente a partir del tercer año y alcanzó un máximo alrededor del quinto. Se observó un leve efecto estacional relacionado con los cambios climáticos.

La relación "aceite a racimo" aumentó en forma gradual hasta el quinto año (Tabla 1). Los principales determinantes de la varianza en este parámetro fueron, en orden de importancia: "aceite a mesocarpio", "mesocarpio a fruto", "frutos fértiles a racimo" y la edad de la palma.

Fuentes de variación y su influencia sobre la determinación del tamaño de la muestra

En el año cinco se observaron los valores más bajos en las variables "aceite a mesocarpio" y "aceite en el racimo" (Fig. 3). En la Figura 4, las relaciones "total de frutos a racimo" y "frutos fértiles" mostraron sus puntos máximos en el año cuatro, a partir del cual declinaron.

Las variables "almendras a fruto" y "mesocarpio a frutos fértiles" tuvieron una varianza constante durante los años tres, cuatro y cinco, y un aumento significativo en el año seis (Fig. 5).

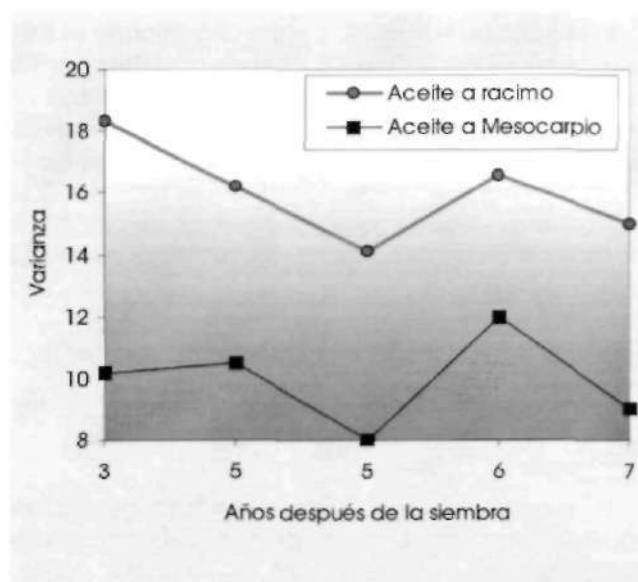


Figura 3. Varianza anual de "aceite a mesocarpio" y "aceite a racimo" Coto, Costa Rica.

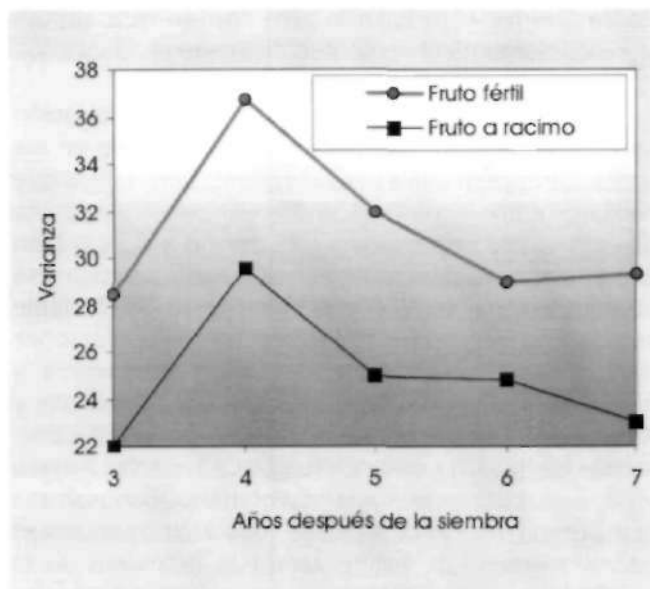


Figura 4. Varianza anual para "fruto fértil" y "total de frutos a racimo"

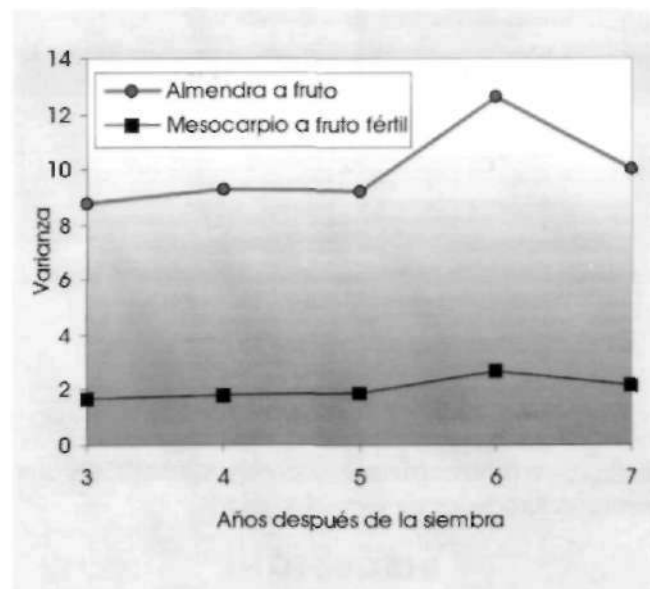


Figura 5. Varianza anual para la "almendra a fruto" y "mesocarpio a fruto fértil".

La varianza en la variable "peso promedio del racimo" mostró un aumento constante que empezó con la cosecha de los primeros racimos y duró hasta el año seis y luego disminuye en el año siete (Fig. 6), mientras que en la "peso a fruto" tuvo su pico en el año cuatro y un valle en el año seis. No hubo un periodo o año específico en el que las varianzas fueran simultáneamente las más bajas para todas las variables en consideración.

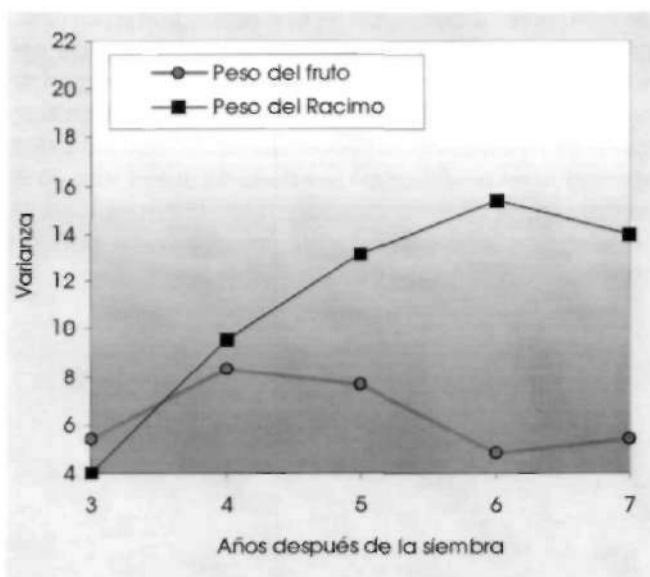


Figura 6. Varianza anual del peso del fruto y del peso del racimo. Coto, Costa Rica.

El análisis de regresión mostró que el 49,1% de la varianza en la variable "aceite a racimo" se debió a la varianza de la variable "aceite a mesocarpio", el 37,9% se debió al efecto de la varianza del "total de frutos por racimo" y el 12,5% fue explicado por la varianza, debida al "mesocarpio a fruto". La variable "aceite a mesocarpio" mostró un valle en el año cinco, la "total de frutos por racimo" tuvo su pico máximo en el año cuatro, y la "mesocarpio a fruto" en el año seis. Así, en el año cinco se observaron las variaciones más bajas para las tres variables más importantes en la determinación del contenido de aceite en el racimo.

La prueba de correlación de Spearman mostró que más que en ningún otro año, el año cinco tuvo la clasificación de progenies que correspondía más estrechamente a la ordenación de las progenies obtenida con los datos analizados y agrupados para todos los siete años (Tabla 3).

El tamaño de muestra en el año cinco, que permitió una descripción válida de los principales componentes del racimo, considerando un marco de referencia de muestreo de 346 racimos bajo las condiciones descritas, fue de 151 racimos para la progenie con la más alta variación, asociado con la variable "producción de aceite por palma por año"; de 99 racimos cuando el estudio se realizó en la progenie testigo y de 80 racimos para la progenie con la variación más baja. El resultado

Tabla 3. Valores de Spearman transformados.

Años	r_{rho}	Significancia
3	0,332	N.S.
4	1,071	**
5	1,946	**
6	1,422	**
7	1,946	**

r_{rho} = Medida de la importancia de relación entre variables. Harbor y Runyon (1973).

** = Nivel de significancia $p=99\%$.

del muestreo anterior tuvo una confianza del 95% y una precisión alrededor de la media del 5%.

DISCUSIÓN

Se ha documentado que las tasas de extracción de aceite y almendra están sujetas a variaciones cíclicas causadas, principalmente, por los cambios estacionales del clima y por los cambios en la edad de la palma (Sparnaaij 1962; Henson 1993).

El contenido de aceite en el mesocarpio es determinado principalmente por el grado de madurez del racimo, y por otros factores externos relacionados con la variación hereditaria causada por el origen genético del material sembrado, así como también por factores climáticos, como radiación solar y déficit hídrico en las semanas previas a la maduración del racimo (Azis 1985; Siregar 1976; Henson 1993). En este estudio, el contenido de aceite en el mesocarpio se redujo en abril y septiembre. La primera reducción puede vincularse con el estrés hídrico causado por el déficit hídrico acumulado de 280 mm, el cual, por lo general, se registra en el primer trimestre del año en esta región. La segunda caída en el contenido de aceite en el mesocarpio está asociada con la disminución de la radiación solar, que regularmente tiene lugar entre julio y septiembre. Finalmente, la edad

de la palma representa otro factor que afecta significativamente el contenido de aceite en el racimo.

La variable "fruta a racimo" mostró una variación grande, tanto entre palmas individuales como en los datos correspondiente a una sola palma, con valores que oscilaron entre 40 y 84%. Las diferencias en los valores de esta variable en períodos del mismo año, sugieren diferencias en la eficiencia de polinización, las cuales se pueden explicar tanto por la escasez de polen viable como por la reducción en el tamaño de las poblaciones de los insectos polinizadores entre septiembre y noviembre (Alvarado y Sterling 1996; Chinchilla y Richardson 1989). Los cambios anotados se reflejaron sobre las tasas de extracción registradas entre febrero y mayo, cuando los racimos cosechados mostraron una baja proporción de frutos fértiles. Este mismo período de pobre polinización, extrapolando al momento de la cosecha, coincide con los bajos valores observados en las variables "almendra a fruto" y "mesocarpio a fruto", entre febrero y mayo.

Adicionalmente, la proporción de fruto a racimo se bajó, y el peso del racimo se aumentó con la edad de la palma. Este comportamiento, previamente explicado por Lim y Toh (1985) y Henson (1993), está determinando que los racimos de mayor peso tienen, generalmente, mayor número de espiguillas, así como también más flores por espiguilla.

Finalmente, debido al hecho que la mayor estabilidad en la varianza en los principales parámetros determinantes de la variable "producción de aceite por palma por año" se observó en el año cinco, este período debe ser necesariamente incluido en los estudios de selección de progenies de palma de aceite. Estos resultados mostraron que el ordenamiento de progenies hecho con los datos obtenidos en el año cinco después de la siembra en el campo tuvieron una relación más estrecha con la clasificación realizada usando los datos del período completo del estudio (del año tres al año siete).

BIBLIOGRAFIA

- ALVARADO, A.; STERLING. F. 1996. Variación estacional en la tasa de extracción de aceite en el cultivo de la palma de aceite. ASD Oil Palm Papers (Costa Rica) (En prensa).
- AZIZ, A.A. 1985. The biochemical aspects of ripeness standard. *In*: Symposium on Impact of the Pollinating Weevil on the Malaysian Oil Palm Industry. Proceedings. PORIM. Kuala Lumpur. p.165-176.
- BLAAK. G. et al. 1963. Breeding and inheritance in the oil palm *Elaeis guineensis* Jacq. Part II. Methods of bunch quality analysis. Journal of the West African Institute for Oil Palm Research (Nigeria) v.4. p.146-155.
- CHINCHILLA C.M.; RICHARDSON. D.L. 1989. Situación actual de los insectos polinizadores y la polinización de la palma de aceite. Boletín Técnico OPO-United Brands (Costa Rica) v.3 no.2, p.29-48.
- HARBOR, A.; RUNYON. R. 1973. Estadística General. Fondo Educativo Interamericano, México, p.214-217,324.
- HENSON, Y.E. 1993. Factors determining mesocarp oil to bunch ratio in the oil palm: Aphysiological perspective. *In*: National Seminar on Palm Oil Extraction Rate: Problems and Issues. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. p.27-35.
- LIM, K.H.; TOH. P.Y. 1985. The accuracy and precision of bunch analysis. *In*: Symposium on Impact of the Pollinating Weevil on the Malaysian Oil Palm Industry. Proceedings. PORIM. Kuala Lumpur. p.91-109.
- RAO. V. et al. 1983. A critical reexamination of the method of bunch quality analysis in oil palm breeding. Inst. Pengelidikan Minyak Kelapa Sawit Malaysia. PORIM. Kuala Lumpur, Occasional Paper No.9.28p.
- SIREGAR, I. M. 1976. Assessment of ripeness and crop quality control. *In*: Malaysian International Agricultural Oil Palm Conference. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. p.711-715.
- SPARNAAIJ, L.D., 1969. Oil Palm (*Elaeis guineensis*) *In*: F.P. Fewerda; F. Wit (Eds.). Outlines of Perennial Crop Breeding in the Tropics. Miscelaneous papers in Agricultura (Holanda) v.4. p.339-387.