

Contenido de aceite en el racimo y mesocarpio del fruto de la palma de aceite, y algunos de sus factores fisiológicos y agronómicos*

Oil Content in Oil Palm Fruit Mesocarp and Bunch, and Some of its Related Physiological and Agronomical Factors

Joshua Mathews

Lee A.K.

Clarence P.J.

Chung M.Y.

Rao S.**

Resumen

Los principales componentes del racimo que están altamente correlacionados con la proporción aceite/racimo fueron el porcentaje de aceite en mesocarpio, contenido de humedad en el mesocarpio, proporción fruta/racimo, aceite en mesocarpio seco y grosor de mesocarpio. Aunque el análisis no incluye la relación entre ácidos grasos libres (AGL) y la síntesis del aceite, la evaluación del número de frutos sueltos contra la proporción aceite/racimo en 401 racimos de palmas en un rango de edad entre 4 y 17 años, por un período de 12 meses, indica que existe una tendencia cuadrática creciente de relación curvilínea en la formación de aceite en el racimo y se encontró que se requieren 7 frutos sueltos por kilogramo de racimo para maximizar el aceite en un racimo.

Racimos grandes (más de 20 kilogramos) requieren más de 100 frutos sueltos para maximizar el aceite. Los nutrientes N, P, K, Ca y Mg del mesocarpio tienen una correlación negativa con la formación de aceite; se observó una disminución en la concentración de nutrientes, cuando se reduce el contenido de humedad en el mesocarpio. Desde el punto de vista agronómico, la pérdida de nutrientes en el mesocarpio de racimos maduros fue más baja que la presentada en racimos no maduros. La concentración de nutrientes foliares no tiene relación directa con la formación de aceite en el mesocarpio. Los cationes foliares totales (CFT) muestran una relación lineal con el grosor del mesocarpio. Niveles en extremo altos o bajos de Mg y Ca en las hojas, medidos como proporción de CFT, producen mesocarpios delgados y niveles en extremo altos de K, expresados como proporción de CFT, también muestran mesocarpios delgados a costa de la formación de una nuez grande.

Palabras clave

Palma de aceite, aceite del mesocarpio, cationes foliares totales, nutrientes del mesocarpio.

Summary

The main bunch components highly correlated to oil to bunch were in the order of the percentages of oil to mesocarp, moisture content in the mesocarp, fruit to bunch, oil in

* Tomado de *The Planter*, Kuala Lumpur. 2004. 80 (938):273 -294

Traducido por Fedepalma.

** IOI Corporation Berhad, IOI Research Centre Sabah, WDT 164,90009 Sandakan, Sabah, Malasia Oriental.

dry mesocarp and mesocarp thickness. Although the analysis does not include the relationship of free fatty acid (ffa) with oil synthesis, the assessment made on the number of detached fruits against oil to bunch on 401 bunches of palm ages ranging from 4 to 17 for a period of 12 months indicates that there is a quadratic increasing trend of curvilinear relationship in oil formation in the bunch and found that it takes about seven loose fruits per kg of bunch to maximise oil in a bunch. Large bunches (more than 20kg) require more than 100 loose fruits per bunch to maximise oil. Nutrients N, P, K, Ca, Mg analysed in the mesocarp have negative correlation to oil formation or there was a decline in nutrient concentrations, when there is a reduction in mesocarp moisture content. Agronomically, the nutrient loss in mesocarp of ripe bunches was lower than that of the unripe bunches. None of the leaf nutrient concentrations has any direct relationship with oil formation in the mesocarp. The total leaf cations (TLC) show a linear relationship to mesocarp thickness. Extremely high/low Mg and Ca levels in oil palm leaves, measured as proportion of TLC, shows thin mesocarp and extremely high K expressed as proportion of TLC also shows thin mesocarp at the expense of large nut formation.

Introducción

El criterio para racimo maduro de *Elaeis guineensis* está en gran parte determinado por el número de frutos desprendidos antes de la cosecha (Hartley, 1988). El número de frutos desprendidos para establecer el estándar mínimo de madurez (EMM). con frecuencia determinado de manera arbitraria, varía de plantación a plantación dependiendo de la disponibilidad de mano de obra, el terreno, la edad de la palma, intervalos de cosecha, etcétera. Ya con anterioridad se ha establecido una correlación lineal entre el número de frutos desprendidos en los racimos o el porcentaje en peso de frutos sueltos y porcentaje de aceite en el mesocarpio (Dufrane y Berger, 1957).

Southworth (1977 y 1979) ha considerado que se requiere cerca del 20% de frutos desprendidos del racimo, o 4.4 frutos desprendidos por kilogramo de racimo, para maximizar la cantidad de aceite sin comprometer la calidad. Ariffin *et al.* (1985). Rajanaidu *et al.* (1985) y Ariffin *et al.* (1991) han redefinido el EMM como, «cualquier señal de fruto suelto o un fruto suelto por racimo sin importar el contenido de aceite en el fruto».

Ensayos con fertilizantes realizados por Foster *et al.* (1988), Porabowo y Foster (1998) y Goh y Hårdter (2003), a través de comunicaciones personales con el doctor Foster han mostrado que los fertilizantes potásicos reducen la relación aceite/racimo y aumentan el tamaño de la nuez, mientras que el magnesio mejora la proporción aceite/racimo a través de un mayor grosor de mesocarpio. Chew (1996) ha indicado que racimos muy grandes de palmas viejas tienen bajo contenido de aceite. Lim y Chan (1996) con base en sus análisis de racimo en 11 palmas durante un período de 25 años reportaron que la proporción aceite/racimo no disminuye con la edad.

Sambanthamurthi *et al.* (1998) demostraron la máxima concentración de aceite con nivel constante de ácidos grasos libres, actividad enzimática reducida o constantemente alta de acetil-CoA carboxilasa (ACCCase) dependiente de luz y alto nivel de caroteno en mesocarpio seco a aproximadamente 20 semanas después de antesis en las posiciones internas, medias y externas de los frutos del racimo.

Sharma (1998) observó bajo contenido de aceite en el mesocarpio de los frutos internos del racimo compa-

rados con los frutos de la parte media y más externa en racimos grandes. Sharma *et al.* (1999) reportaron que un cambio en el EMM de 2 a 5 frutos desprendidos por kilogramo de racimo a 10 frutos desprendidos por racimo reduce pérdidas en términos de frutos sueltos no recogidos. Corley y Law (2001) demostraron un aumento en el aceite del mesocarpio en tres clones, con relación al mayor número de frutos desprendidos en un racimo. Sus hallazgos fueron confirmados por Rao *et al.* (2001).

En vista de los variados hallazgos se iniciaron trabajos para estudiar los factores fisiológicos y agronómicos que afectan el contenido de aceite en los racimos, particularmente en las condiciones de Sabah. El trabajo se realizó para elaborar políticas para el Grupo IOI y cambiar el estándar actual de un fruto suelto por un número más apropiado de frutos sueltos dependiendo de la edad de la palma, el terreno, disponibilidad de mano de obra, etcétera. Los factores y relaciones estudiadas fueron:

a. Componentes del racimo que afectan la proporción aceite/racimo

b. Comportamiento de nutrientes en el contenido de aceite en el mesocarpio

c. Relación entre la proporción aceite /racimo, o cualquier componente del racimo con la nutrición de la palma.

Materiales y métodos

Para el estudio realizado de julio de 2002 a junio de 2003, se seleccionaron palmas ténera de 4 a 17 años en varios sitios de Sandakan, Sabah. Los lotes, las plantaciones y localización del estudio se muestran en la Tabla 1. En cada lote se seleccionaron nueve palmas en la parte interna del campo en un esquema de 3 x 3.

El total de las 135 palmas seleccionadas de 15 sitios fueron marcadas y se cosecharon racimos en la segunda semana de cada mes por un período de 12 meses. En un año, un total de 401 racimos se cosecharon de cero (por lo general color rojo) a diferentes números de frutos sueltos por racimo. Se contó el número total de frutos desprendidos antes y después de la cosecha, y los frutos fáciles de desprender de los racimos cosechados.

Tabla 1 Detalles de las parcelas experimentales

Lote no.	Plantación	Año siembra	Material siembra	Ubicación	Tipo de suelo (FAO)
98E	Sg. Sapi	1998	Chemara	Sandakan	Stom (Haplic Alfisols)
96E	Luangmanis	1996	Ulu Dusun	Sandakan	Bombalai (red) (Eutric Cambisols)
95K	Luangmanis	1995	Ulu Dusun	Sandakan	Nami (Haplic Acrisols)
94A	Luangmanis	1994	Ulu Dusun	Sandakan	Stom (Haplic Alfisols)
92H	Luangmanis	1992	Ulu Dusun	Sandakan	Kumansi (Haplic Acrisols)
95A	Leepang 2	1995	IOI	Kinabatangan	Inanam (Gleyic Acrisols)
96S	Leepang 2	1996	Chemara	Kinabatangan	Kumansi (Haplic Acrisols)
95D	Permodalan 1	1995	IOI	Kinabatangan	Buran (Gleyic Luvisols)
95A	Permodalan 1	1995	IOI	Kinabatangan	Kumansi (Haplic Acrisols)
85X	Morisem 1	1985	Chemara	Kinabatangan	Inanam (Gleyic Acrisols)
85A	Morisem 1	1985	Chemara	Kinabatangan	Kumansi (Haplic Acrisols)
90A	Morisem 3	1990	Chemara	Kinabatangan	Kumansi (Haplic Acrisols)
90C	Morisem 3	1990	Chemara	Kinabatangan	Tg. Lipat (Haplic Acrisols)
95C	Syarimo 2	1995	Mix IOI/OPRS	Kinabatangan	Kumansi (Haplic Acrisols)
95F	Syarimo 2	1995	Mix IOI/OPRS	Kinabatangan	Buran (Gleyic Luvisols)

La definición de frutos desprendidos en un racimo sigue siendo la misma definición dada por Southworth (1977), o sea, cualquier fruto ya sea caído o que pueda ser con facilidad desprendido con la mano se considera como fruto suelto.

Los racimos cosechados fueron pesados y los frutos fueron separados de los racimos. Los frutos fértiles y partenocárpicos se pesaron por separado y luego se mezclaron. Aproximadamente 500 gramos de una mezcla de frutos fértiles y partenocárpicos de la parte externa, media e interna se pesaron y el mesocarpio se separó completamente de la nuez. El mesocarpio separado se pesó y se secó el mismo día a 105°C en un horno memmert durante 24 horas, y luego se hizo un análisis del aceite (*método soxhlet*). Todo el procedimiento, desde la cosecha hasta la colocación del mesocarpio en el horno se hizo en tres horas.

Se hizo un análisis de nutrientes a parte del mesocarpio seco incluyendo nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), magnesio (Mg) y calcio (Ca) usando los métodos descritos por Ng y Lancaster (1970). Cada mes, a la cosecha de los racimos, se recolectaron muestras de la hoja 17 de las mismas palmas (3 x 3) y se analizó el contenido de N, P, K, Mg y Ca. Los nutrientes foliares, en especial, K, Mg y Ca se sometieron al análisis de catión foliar total (CFT) desarrollado por Foster (2003).

Se recolectaron muestras de suelo de las áreas cosechadas, dependiendo de la profundidad del suelo al comienzo del experimento para la identificación del tipo de suelo. La clasificación del suelo se hizo con base en la versión propuesta y actualizada de la taxonomía unificada de suelos para Malasia Peninsular, Sabah y Sarawak (Paramanathan, 2002).

Resultados

Efecto de los componentes del racimo en la proporción aceite/racimo

Los resultados del análisis de los 401 racimos durante un período de 12 meses y los componentes de racimo que tuvieron alta correlación con el porcentaje de aceite se muestran en las figuras la a le.

Los principales componentes de un racimo que están estrechamente correlacionados con el porcentaje de aceite en el racimo (AR%) fueron los porcentajes de aceite en el mesocarpio húmedo (+0.74), contenido de humedad en el mesocarpio (-0.64), frutos en el racimo (+0.57), contenido de aceite en el mesocarpio seco (+0.54) y la cantidad de mesocarpio en el fruto (+0.34). En comparación, el aceite en el mesocarpio húmedo tiene una correlación más estrecha que la del aceite en el mesocarpio seco contra el porcentaje de contenido de aceite en el racimo.

Total de frutos desprendidos del racimo como un criterio para madurez máxima

El enfoque de determinar el EMM de un racimo al evaluar el número de frutos desprendidos se ha venido practicando en muchas plantaciones. El total de frutos desprendidos por racimo, que ha sido clasificado y trazado contra el porcentaje promedio de aceite en el mesocarpio húmedo y el porcentaje de aceite en racimo, se resume en la Figura 2.

El peso promedio de racimo para los 401 racimos estudiados fue de 16,2 kilogramos. La relación cuadrática indica que hubo un incremento progresivo en el porcentaje promedio de aceite/racimo (AR) desde cero frutos desprendidos hasta un total máximo de 111-120 frutos desprendidos, por ejemplo, aproximada-

mente 7 frutos desprendidos por cada kilogramo de racimo.

En este estudio, el promedio esperado de AR fue de 25,33% con aproximadamente siete frutos desprendidos por kilogramo de racimo. También se observó una tendencia similar en formación de aceite en el mesocarpio húmedo con respecto a un incremento en el total de frutos desprendidos en el racimo.

Contenido de aceite en el mesocarpio del fruto y racimo, y algunos de sus factores fisiológicos y agronómicos

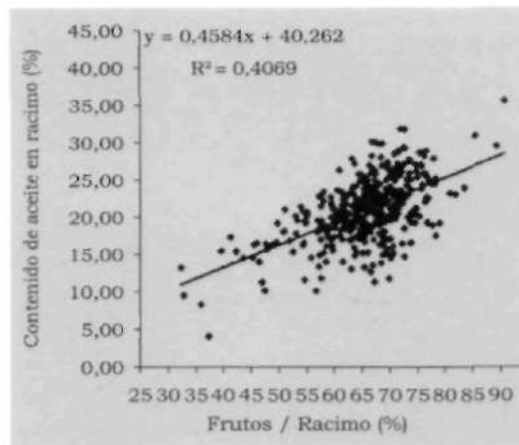


Figura 1c Análisis de regresión de frutos en racimo (%) y contenido de aceite en racimo (%)

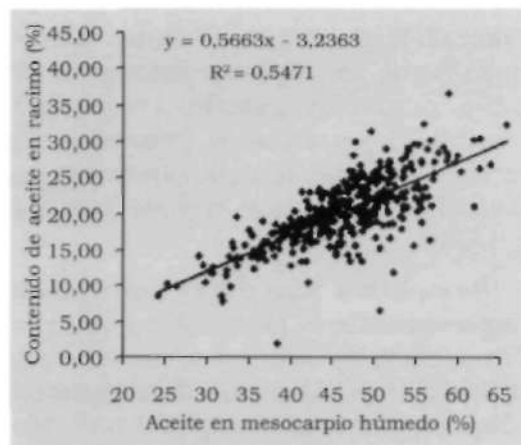


Figura 1a Análisis de regresión de aceite en mesocarpio (%) y contenido de aceite en racimo (%)

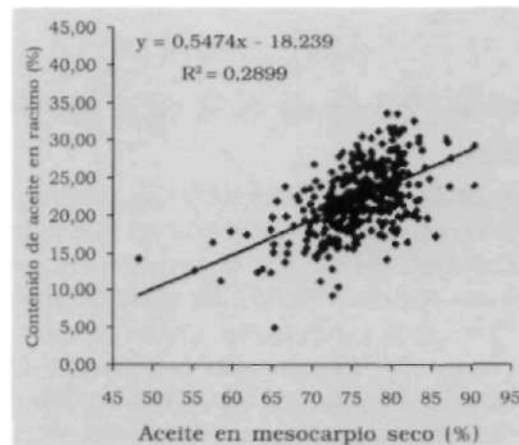


Figura 1d Análisis de regresión de aceite en mesocarpio seco (%) y contenido de aceite en racimo (%)

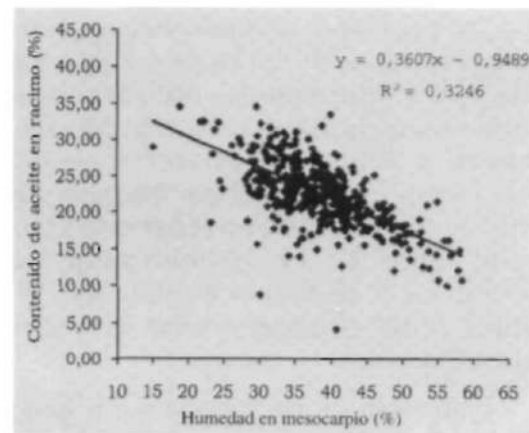


Figura 1b Análisis de regresión de humedad en mesocarpio (%) y contenido de aceite en racimo (%)

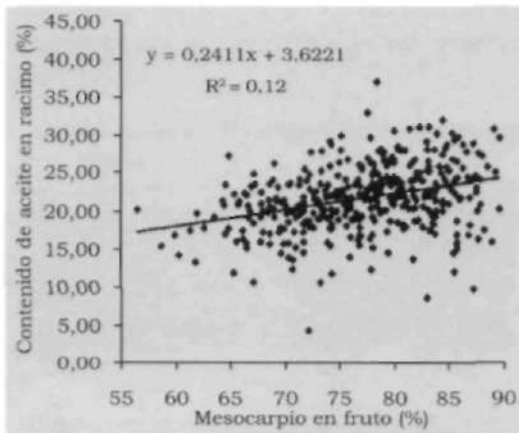


Figura 1e Análisis de regresión de mesocarpio en fruto (%) y contenido de aceite en racimo (%)

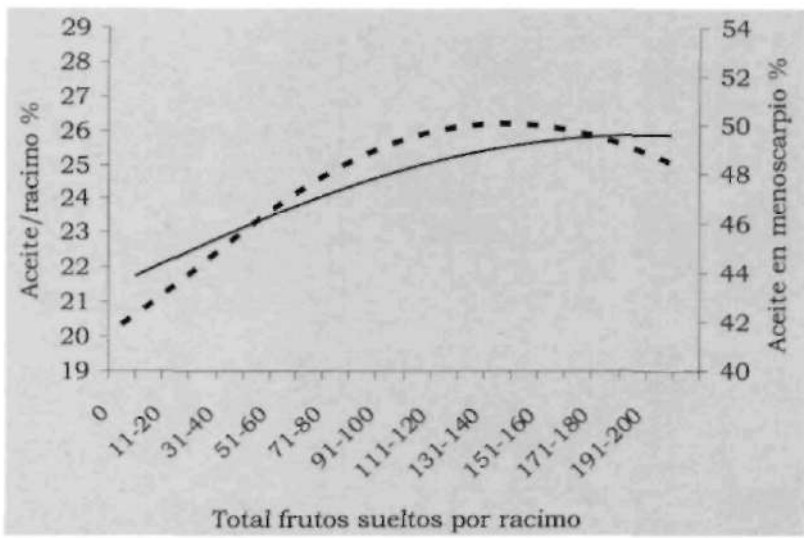


Figura 2 Porcentaje aceite/racimo y porcentaje de aceite en mesocarpio vs total de frutos sueltos en el racimo

Relación de porcentaje de AR con el peso de racimo

Se observó una correlación positiva entre el peso de racimo y la edad de la palma (+0.58) y el porcentaje de frutos fértiles (+0.23). Se observó una correlación negativa entre el porcentaje de mesocarpio en fruto y el peso del racimo (-0.33). Esto se debió a la presencia de un alto porcentaje de frutos fértiles en racimos grandes, donde el mesocarpio de los frutos más internos estaba compactado y fue obvio en la correlación negativa observada entre el porcentaje de frutos fértiles en el racimo y el porcentaje

de mesocarpio en el fruto (-0.41). El valor de la correlación parece ser más bajo (-0.20) entre el porcentaje del total de frutos (inclusive partenocárpicos) y el porcentaje de mesocarpio en el fruto. Existe una tendencia general de los frutos en racimos pequeños a tener un mesocarpio grueso, que hasta cierto punto está relacionada con la mayor proporción de formación de frutos partenocárpicos, en comparación con racimos grandes, como se muestra en la Tabla 2.

La formación de frutos partenocárpicos en racimos grandes fue de aproximadamente 5%, mientras que en racimos pequeños fue de 8%. El porcentaje promedio de frutos partenocárpicos fue aproximadamente de 8,5% en racimos grandes comparado con 12,7% en racimos pequeños. El grosor del mesocarpio en racimos pequeños fue mayor que en racimos grandes.

Se observó una ligera correlación negativa entre el peso del racimo y el porcentaje de aceite en mesocarpio húmedo (-0,13) y por consiguiente una relación similar con el contenido de aceite en el racimo (-0,13). No se observó una relación significativa entre el peso del racimo y el porcentaje de aceite en el mesocarpio seco.

La relación aceite/racimo con respecto al peso del racimo y el total de frutos desprendidos por racimo se muestra en la Tabla 3. Aunque los datos en la Tabla 3 no están completos, en todas las categorías de peso de racimo se observa una tendencia general creciente en el porcentaje de aceite en el racimo, a medida que se incrementa el número total de frutos desprendidos por racimo.

Los racimos de menos de 5 kilogramos tenían bajo contenido de aceite. También se observó bajo contenido de aceite en racimos de

Tabla 2 Peso promedio de racimo (kg), frutos fértiles/racimo %, frutos partenocárpicos/racimo %, frutos partenocárpicos/total frutos % y mesocarpio/fruto %

	Peso racimo (kg)	Frutos fértiles/racimo (%)	Frutos partenocárpicos/racimo (%)	Frutos partenocárpicos/total frutos (%)	Mesocarpio /fruto (%)
Promedio (pequeño)	13.50	56.9	7.9	12.7	78.6
CV	10.82	7.4	30.5	33.5	32.0
Promedio (grande)	23.10	57.4	5.1	8.5	74.0
CV	11.65	6.0	28.0	28.2	3.0

Tabla 3 Relación entre aceite/racimo %, total de frutos desprendidos en un racimo y peso de racimo

Peso racimo (kg)	<5	5,1-10,0	10,1-15,0	15,1-20,0	20,1-25,0	>25,1
Número total de Frutos desprendidos	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
0	15,55	20,34	22,41	20,23	21,19	20,17
1-10	16,00	23,94	24,21	20,86	20,19	19,54
11-50	14,80	22,95	23,11	21,81	20,34	18,98
51-100	-	21,27	23,42	25,53	21,54	21,44
101-150	-	27,17	23,23	24,70	-	23,32
151-200	-	24,95	24,10	23,74	24,20	22,23
201-300	22,13	31,87	-	25,07	23,68	23,27
301-400	-	31,53	23,45	-	21,78	25,51
>401	-	27,52	23,70	24,90	27,06	22,42

más de 20 kilogramos, y aún con 100 frutos desprendidos por racimo no hubo diferencia en el porcentaje de aceite en racimo comparado con racimos dentro de la misma categoría de peso sin frutos desprendidos. Esto implica que los racimos de más de 20 kilogramos requerirían más de 100 frutos desprendidos para desarrollar el contenido de aceite en el racimo.

Efecto de las concentración de nutrientes del mesocarpio en el aceite y humedad del mesocarpio

Las concentraciones promedio de nutrientes en el mesocarpio se muestran

en la Tabla 4. La concentración promedio de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y calcio y su relación con el aceite en el mesocarpio se muestra en las figuras 3a a 3e. El promedio de todos los nutrientes mostró una correlación linear y negativa con el aceite del mesocarpio. Esto indica que cuando el contenido de aceite en el mesocarpio aumenta, las concentraciones de N, P, K, Mg y Ca se reducen.

En otro estudio realizado en palmas de seis años de edad, se recolectaron muestras de mesocarpio de 66 racimos de varios tamaños y en

Tabla 4 Tabla 4. Concentración de nutrientes en mesocarpio en racimos de diferentes tamaños y estados de madurez en palmas de 6 años de edad

Madurez de racimo		Número de racimos muestreados	No. hoja promedio de posición de racimo	Humedad en mesocarpio (%)	Aceite de mesocarpio (%)	Materia seca (%)				
						N	P	K	Mg	Ca
Número de frutos desprendidos	Tamaño moderado y negro	20	31	85,85	0,21	1,47	0,200	2,57	1,10	0,84
	Tamaño grande y negro	15	34	81,90	3,14	1,08	0,129	2,01	0,56	0,80
	Color morado	10	36	61,69	20,39	0,86	0,068	0,95	0,26	0,31
	Color rojizo naranja (sin frutos desprendidos)	9	38	40,07	43,83	0,45	0,052	0,67	0,22	0,15
Con Frutos desprendidos	Frutos desprendidos (1 -10) racimo	6	39	39,43	45,85	0,41	0,053	0,37	0,15	0,13
	Frutos desprendidos (11-50) racimo	6	40	34,5	50,65	0,33	0,044	0,29	0,13	0,07

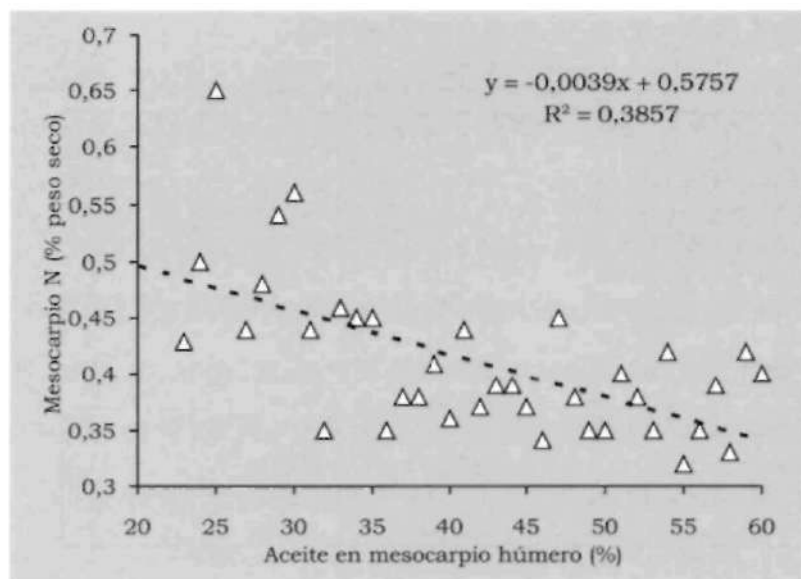


Figura 3a % aceite mesocarpio vs % N en mesocarpio

diferentes estados de color y madurez y se analizó la concentración de nutrientes en el mesocarpio.

La tendencia de la concentración de nutrientes en el mesocarpio, como se muestra en la Tabla 4 fue similar a la de las figuras 3a a 3e. Los datos muestran que hay una pérdida de nutrientes del mesocarpio para N. P.

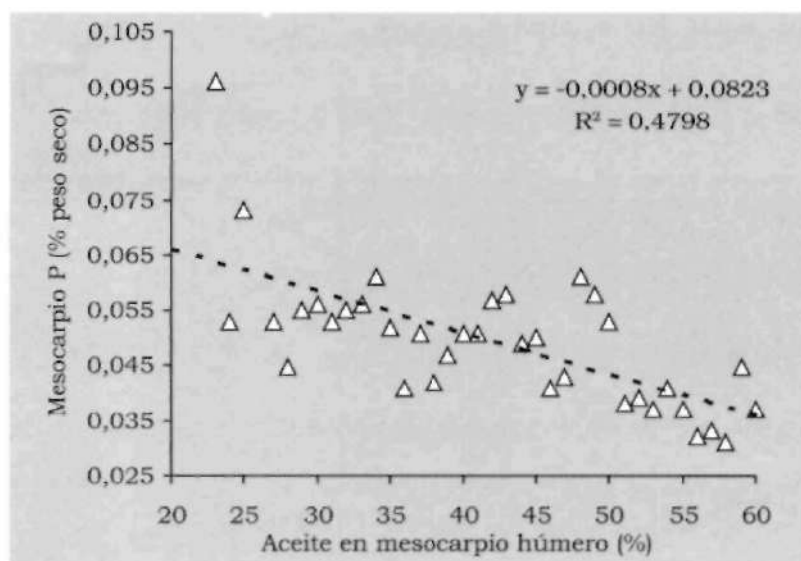


Figura 3b % aceite mesocarpio vs % P en mesocarpio

K, Mg y Ca, a medida que la fruta madura con mayor acumulación de aceite. Con relación a la humedad en el mesocarpio, la concentración de nutrientes mostró una correlación lineal y positiva. La pérdida de nutrientes contra el contenido de aceite y humedad en el mesocarpio indica que la pérdida de humedad y la acumulación de aceite es un fenómeno natural y el aumento de aceite en el mesocarpio está relacionado con el número total de frutos desprendidos del racimo.

Efecto de la madurez y los nutrientes del mesocarpio en relación con la agronomía

Extracción de nutrientes en términos de formación de aceite en el mesocarpio

La extracción de nutrientes del mesocarpio de racimos cosechados a concentraciones de aceite de 40 y 55% en el mesocarpio se muestra en la Tabla 5.

El análisis de los datos de peso de racimo, porcentaje de frutos por racimo y proporción mesocarpio/fruto se tomó de la Tabla 2. Los nutrientes que se espera sean extraídos del mesocarpio a 40 y 55% de contenido de aceite se derivan de las ecuaciones de regresión en las figuras 3a a 3e.

Por lo general, el análisis muestra que los racimos de color morado a rojizo sin frutos sueltos contienen aproximadamente 40% de aceite en el mesocarpio y los racimos con contenido de aceite por encima de 25% normalmente contienen más del 50% en contenido de aceite en el mesocarpio.

Aunque hubo mayor pérdida de nutrientes en el mesocarpio de racimos pequeños que en racimos grandes, las diferencias fueron menos del 10% a niveles similares de contenido

de aceite. Esta pequeña variación en contenido de nutrientes en racimos grandes y pequeños se debió a la diferencia en tamaño del mesocarpio. La cantidad esperada de pérdida de nutrientes del mesocarpio a 40% de contenido de aceite fue más alta que en frutos con 55% de contenido de aceite. La cantidad de N, P, K, Mg y Ca extraída del mesocarpio con 40% de aceite fue 14%, 25, 29, 44 y 39%, respectivamente, más alta que en racimos con 55% de aceite de mesocarpio.

Efecto de los nutrientes foliares en el aceite y componentes del racimo

Se tomaron muestras de la hoja 17 en cada muestreo de cada lote y se analizó su relación con el aceite. Antes de evaluar el efecto del contenido de nutrientes foliares en los componentes de aceite/racimo, es esencial conocer el programa de aplicación de fertilizantes en los lotes mencionados en la Tabla 1 durante los últimos cuatro años y el estado nutritivo del suelo en cada lote. Durante los últimos cuatro años la aplicación anual de fertilizantes fue de 0.8 a 1.1 kilogramo de N como sulfato de amonio, cloruro de amonio o nitrato de amonio, 1.8 a 2.0 kilogramo de K como muriato de potasa, 0.14 a 0.35 kilogramo de P por palma (como roca fosfórica con 12.5 a 14% P).

Pero en ninguno de los lotes se aplicó fertilizante magnésico en los últimos cuatro años. El Mg, de acuerdo al análisis foliar, fue absorbido principalmente del Mg del suelo. Los nutrientes del suelo, en especial, CEC y cationes intercambiables Ca, K y Mg de los lotes experimentales a varias profundidades (con base en la presencia de material parental) hasta una profundidad máxima de 100 cm (para suelos profundos) se muestran en la Tabla 6.

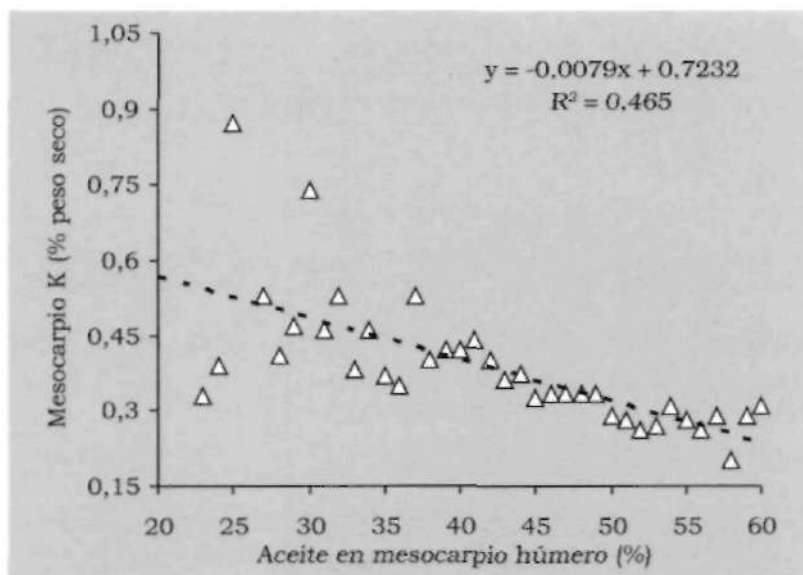


Figura 3c % aceite mesocarpio vs % K en mesocarpio

Se estudiaron 7 tipos diferentes de suelo en 15 sitios seleccionados al azar. Por lo general, la mayoría de las muestras de suelo eran ricas en calcio, magnesio y potasio.

La relación entre el aceite de mesocarpio y el contenido foliar de N, P, K, Mg y Ca no fue significativa. Tal vez, el desarrollo de aceite en el

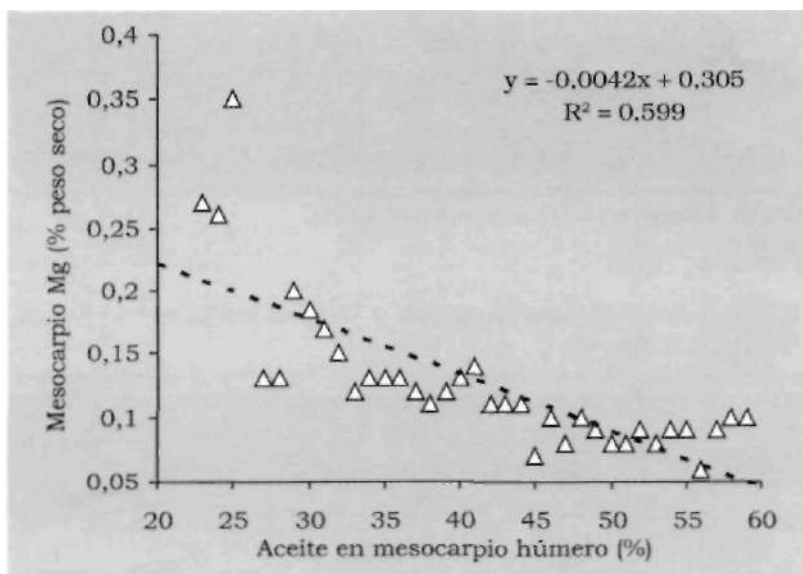


Figura 3d % aceite mesocarpio vs % Mg en mesocarpio

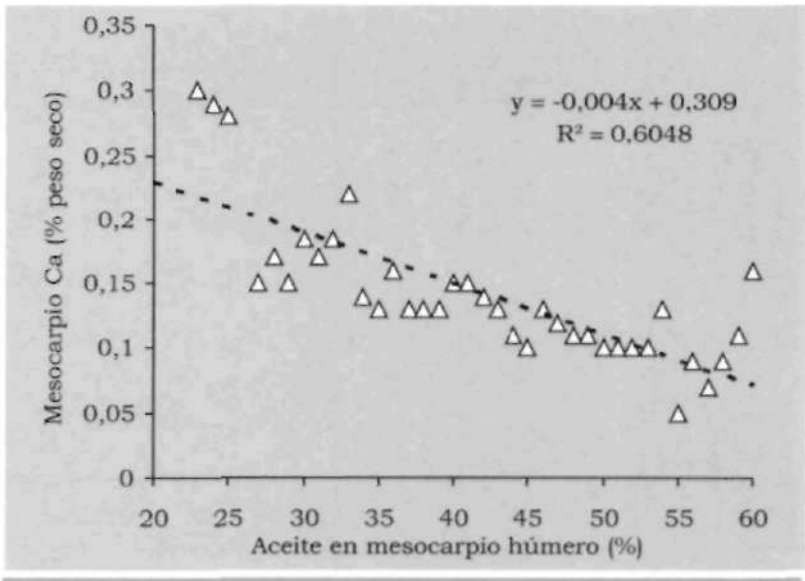


Figura 3e % aceite mesocarpio vs % Ca en mesocarpio

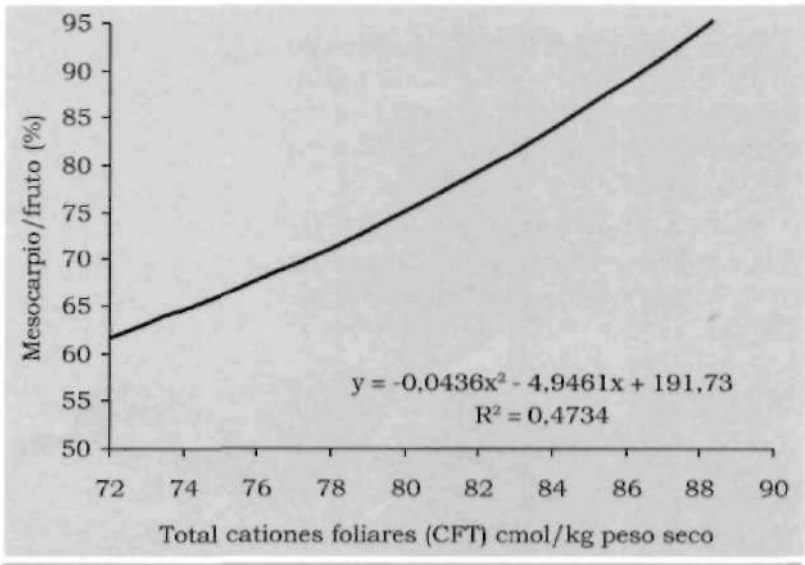


Figura 4 Relación entre CFT y % mesocarpio/fruto

Tabla 5 Extracción de nutrientes esperada a través del mesocarpio con 40 y 55% de aceite de palma para diferentes pesos de racimo (de la Tabla 2)

Peso promedio racimo (Kg)	Fruto/racimo (%)	Mesocarpio/fruto (%)	Mesocarpio/fruto (%)	Remoción esperada de nutrientes (Kg) A través del mesocarpio por tonelada de racimo de fruta fresca				
				N	P	K	Mg	Ca
13.5	64.8	78.6	40.0	2.16	0.244	2.06	0.72	0.76
13.5	64.8	78.6	55.0	1.86	0.183	1.46	0.40	0.46
23.1	62.5	74.0	40.0	1.96	0.222	1.87	0.66	0.69
23.1	62.5	74.0	55.0	1.69	0.167	1.32	0.37	0.42

mesocarpio fue influenciado por otros factores, como por ejemplo la madurez de los frutos. El grosor del mesocarpio es uno de los componentes del contenido de aceite en racimo que muestra una significativa relación curvilínea con el total de cationes foliares y la proporción individual de K, Mg y Ca con CFT (cationes foliares totales) como se muestra en las figuras 4 y 5a a 5c.

La relación del contenido de N y P con la proporción fruto/mesocarpio fue insignificante. Por tanto, no se darán más explicaciones con respecto a la relación entre N y P y el grosor del mesocarpio. Se observó una fuerte relación cuadrática lineal entre el CFT y el porcentaje de mesocarpio, que a su vez influencia la proporción aceite/racimo (Figura 4). El nivel de Mg, como proporción de CFT y el porcentaje de mesocarpio mostró una ligera relación cuadrática curvilínea. El contenido foliar muy alto o muy bajo de Mg y Ca en palma de aceite puede causar bajo contenido de mesocarpio en el fruto (figuras 5b y 5c). Altos niveles de K, usando el método de CFT, mostró una reducción en el mesocarpio de los frutos (Figura 5a) debido al gran tamaño de la nuez.

Discusión

En este estudio, los importantes componentes de racimo que afectan el contenido de aceite en racimos de fruta fresca de cultivos comerciales de

Tabla 6 Estado nutricional del suelo en lotes experimentales

Lote No.	Tipo de suelo (FAO)	Año de siembra	Estado	Profundidad muestra suelo (cm)	Promedio ponderado	Promedio ponderado cationes intercambiables		
					(c mol/kg suelo) %	(c mol/kg suelo) K	(c mol/kg suelo) Ca	(c mol/kg suelo) Mg
98E	Stom (Haplic alfisol)	1998	Sg. Sapi	0-100	12,16	0,37	1,83	1,67
96E	Bombalai (red) (Eutric Cambisol)	1996	Luangmanis	0-45	29,69	0,95	13,32	2,77
95K	Nami (Haplic Acrisol)	1995	Luangmanis	0-55	3,50	0,15	0,92	0,33
94A	Stom (Haplic Alfisol)	1994	Luangmanis	0-100	9,81	0,19	0,88	0,20
92H	Kumansi (Haplic Acrisol)	1992	Luangmanis	0-60	15,93	0,36	1,88	0,76
95 A	Inanam (Gleyic Acrisol)	1995	Leepang 2	0-100	13,52	0,59	1,04	0,85
96S	Kumansi (Haplic Acrisol)	1996	Leepang 2	0-80	13,96	0,23	0,71	0,21
95D	Buran (Gleyic Luvisol)	1995	Permodalan 1	0-100	10,74	0,23	3,75	1,67
95 A	Kumansi (Haplic Acrisol)	1995	Permodalan 1	0-70	9,73	0,23	0,98	0,50
85X	Inanam (Gleyic Acrisol)	1985	Morisem 1	0-100	10,71	0,26	1,14	1,23
85 A	Kumansi (Haplic Acrisol)	1985	Morisem 1	0-75	9,98	0,18	1,36	0,63
90 A	Kumansi (Haplic Acrisol)	1990	Morisem 3	0-75	7,73	0,18	0,95	0,21
90 C	Tg. Lipat (Haplic Acrisol)	1990	Morisem 3	0-100	7,73	0,25	0,42	0,21
95 C	Kumansi (Haplic Acrisol)	1995	Syarimo 2	0-60	9,96	0,44	0,72	2,37
95F	Buran (Gleyic Luvisol)	1995	Syarimo 2	0-100	11,18	0,29	2,89	2,45

ténera fueron porcentaje de aceite en mesocarpio, humedad en mesocarpio, formación de fruto en el racimo, aceite en mesocarpio seco y grosor de mesocarpio. El porcentaje de aceite y contenido de humedad en el mesocarpio parecen ser los componentes principales en la relación aceite/racimo, que está en gran parte determinada por la madurez del fruto.

Sin embargo, dentro de una población de nueve palmas de cada lote y edad, ninguna de las palmas ténera se comportó en forma idéntica en cuanto a formación de aceite en el mesocarpio con respecto al número total de frutos desprendidos del racimo, como se muestra en la Tabla 7.

La amplia variación para la tasa de síntesis de aceite dentro de una población de palmas probablemente se debe a la tendencia por más heredabilidades en sentido amplio que en sentido restringido, indicando la presencia de variación genética no aditiva (Corley y Tinker, 2003). Esto

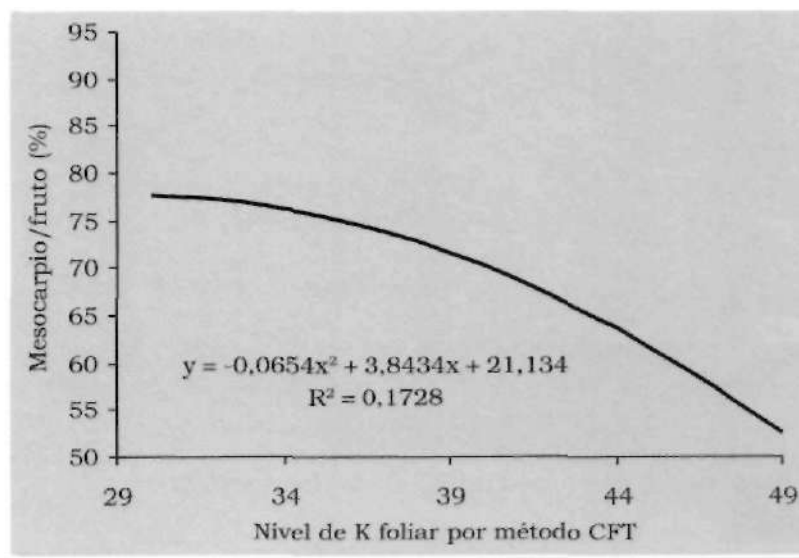


Figura 5a Relación entre % de K (CFT) y % de mesocarpio/fruto

también puede deberse a diferencias ambientales, distintos tamaños de racimo y diferentes estados de madurez dentro de cada categoría.

El desarrollo de los frutos en el racimo por lo general está determinado por factores como eficiencia de la

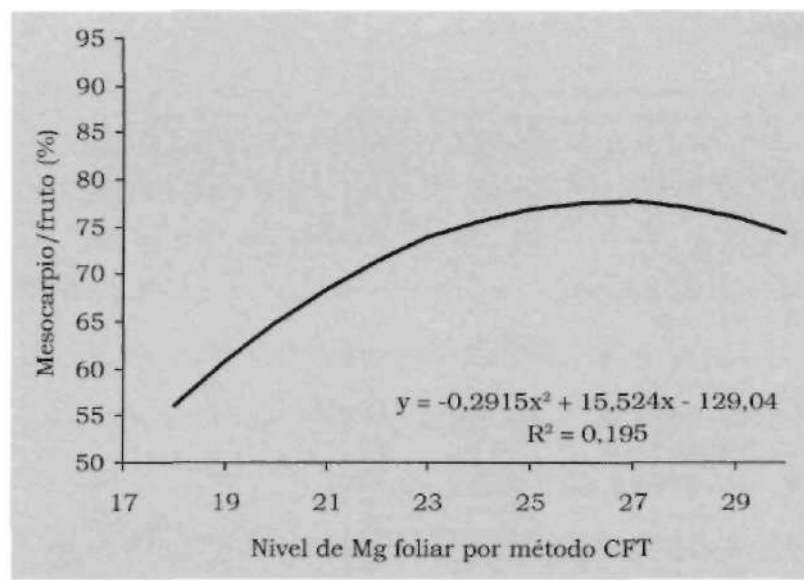


Figura 5b Relación entre % de Mg (CFT) y % de mesocarpio/fruto

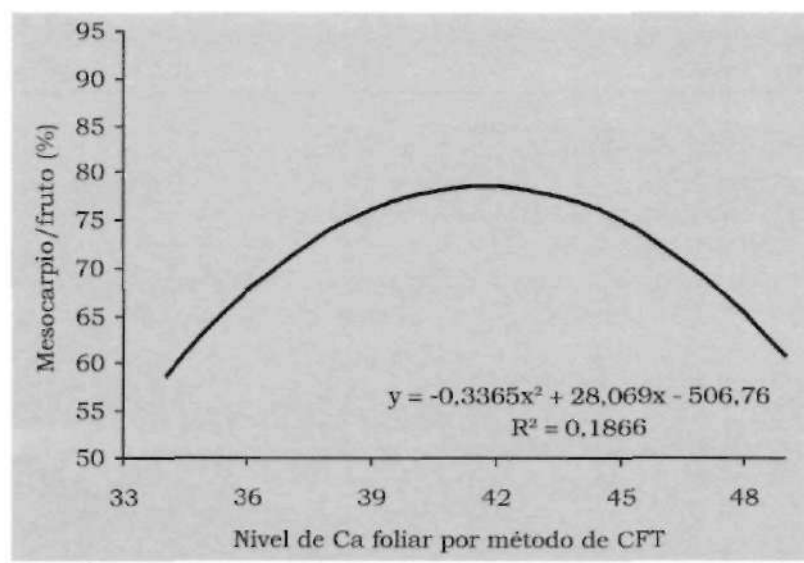


Figura 5c Relación entre % de Ca (CFT) y % de mesocarpio/fruto

polinización, proporción de sexos y medio ambiente. Las palmas jóvenes tienden a tener una alta relación de sexos, lo que causa el desarrollo de más frutos partenocárpico. En este estudio, durante ciertos meses, la relación fruto/racimo estuvo por debajo de 35%, especialmente en palmas jóvenes. Se ha reportado que la baja relación fruto/racimo se debe a las siguientes razones:

- La baja población de gorgojos que es un efecto de la proporción de sexos de los materiales de siembra modernos
- Gorgojos altamente infestados con nematodos
- Alta precipitación que afecta la actividad de los gorgojos y la viabilidad del polen a aproximadamente cinco o seis meses antes de cosechar los racimos (Donough *et al.*, 1996; Hoongy Donough, 1998; Rao y Law, 1998; Basri *et al.*, 2003).

La relación fruto partenocárpico/racimo en racimos pequeños fue más alta que en racimos grandes. Los racimos pequeños tienden a tener una mejor relación mesocarpio/fruto tal vez debido al más amplio espacio para desarrollo del mesocarpio. También existen variaciones considerables en la relación mesocarpio/fruto dentro de los materiales de siembra ténera.

Dufrane y Berger (1957) suministraron hechos acerca de la maduración y formación de ácidos grasos libres (AGL) en racimos de palma de aceite demostrando una relación lineal entre el número de frutos desprendidos y el porcentaje de aceite en el mesocarpio en un promedio de peso de racimo de 4,8 kilogramos. En sus estudios, un aumento en el número de frutos sueltos de 5 a 74 (2-46% de frutos sueltos) aumentó el aceite en el mesocarpio en tan sólo 5%.

Su estudio llevó a la elaboración de la ecuación $Y = 45,2 + (0,415 x/p)$, donde, «45,2» es el aceite en el mesocarpio calculado en el racimo sin frutos desprendidos, «Y» es el aceite esperado en el mesocarpio, «x» el número de frutos sueltos y «p» el peso promedio de racimo. Por tanto, la ecuación indica que el número de frutos sueltos requeridos para lograr alto contenido de aceite en el mesocarpio sería mayor para racimos grandes.

Ng y Southworth (1973) observaron el máximo contenido de aceite en el mesocarpio a aproximadamente 30% de frutos desprendidos de racimos de palmas dura y ténera de 5, 8 y 11 años de edad. Por razones prácticas, para optimizar la cantidad y la calidad del aceite, Southworth (1977) recomendó cosechar los racimos lo más cerca posible a 20% de frutos sueltos sobre el total de frutos del racimo, que es equivalente a 4,4 frutos sueltos por cada kilogramo de racimo. La línea cuadrática curvilínea para aceite/racimo contra el número de frutos sueltos observada en este trabajo fue similar a la de los hallazgos de Ng y Southworth (1973) y Southworth (1977).

Chew (1996) observó un fenómeno común de frutos compactos con mesocarpio delgado en la capa más interna de las inflorescencias en comparación con la capa externa de frutos en racimos grandes de palmas viejas. La evidencia gráfica indica que el contenido de aceite en el mesocarpio seco en racimos polinizados por gorgojos en forma natural no aumenta de manera significativa después de 30 días de la maduración del racimo. Aquí, la formación de aceite se expresa en mesocarpio, seco sin indicar el estándar usado para determinar la madurez ni por color de fruto ni por número de frutos desprendidos, ni número de días después de antesis.

En este estudio no se observó ninguna correlación significativa entre el peso del racimo y el contenido de aceite en el mesocarpio seco (+0.01). La observación hecha por Sharma (1998) a través de su método de componente dividido de análisis de racimo con dos a cinco frutos sueltos por kilogramo de racimo, indica que hay una reducción en el aceite de mesocarpio y grosor de mesocarpio y un aumento en humedad en frutos de las capas internas en comparación con

Tabla 7 Ejemplos de variación en formación de aceite en mesocarpio en palmas ténera seleccionadas

Lote No./ (plantación)	Palma No./	% promedio de aceite en mesocarpio con respecto al número total de frutos desprendidos por racimo (promedio de 3 racimos)				
		0 (red)	1-20	21-40	41-60	61-80
85 B	8	29,52	40,71	-	-	-
(Morisem 1)	6	41,30	-	-	-	51,56
94 A	2	44,96	45,00	-	-	-
(Luangmanis)	4	35,76	41,32	-	-	-
	9	48,19	54,27	-	-	-
98E	1	37,95	42,29	-	-	-
(Sg. Sapi)	2	50,29	52,28	-	-	-
	4	38,40	42,03	42,79	-	-
	5	39,70	46,35	-	-	-

los frutos de las capas externas. El fenómeno es más prominente cuando el peso de racimo aumenta, causando por tanto, una baja relación aceite/racimo y soporta los hallazgos de Chew (1996).

Aunque Sharma (1998) indicó que el rango promedio de frutos desprendidos fluctuó entre 92 y 132 para pesos promedio de racimo entre 24,5 y 32,5 kilogramos en 1973 y 1982 a los 25 y 16 años, respectivamente, no hubo indicaciones sobre el número de frutos desprendidos para comparación cuando las mismas palmas tenían 9-12 años con peso promedio de racimo entre 18,4 y 19,0 en 1973 y 16,4 kilogramos en 1982.

Según este estudio, si el peso de racimo es de aproximadamente 32,5 kilogramos, se requiere un promedio total de 228 frutos desprendidos en un racimo para maximizar el aceite. Con 228 frutos desprendidos el contenido de ácidos grasos libres puede aumentar. Sin embargo, aún si el número de frutos sueltos por racimo se estima de acuerdo con la fórmula de Southworth (1977), los racimos con peso promedio de 32,5 kilogramos requerirían 143 frutos desprendidos en comparación con el promedio de 94 frutos desprendidos estudiado por

Sharma (1998). Esta reducción de 49 frutos desprendidos por racimo equivale a una diferencia de más o menos 52% de frutos sueltos.

En este estudio tampoco se observó un aumento apreciable en la relación aceite/racimo para racimos de más de 20 kilogramos para un total de hasta 100 frutos desprendidos por racimo. Por tanto, no se puede afirmar que los racimos grandes tienen una baja relación aceite/racimo. Aunque los frutos de las capas más internas tienen una menor proporción mesocarpio/fruto (como se observó en este estudio), puede que se requiera de más tiempo para formar aceite en el delgado mesocarpio de los racimos grandes. Para lograr una alta proporción de aceite/racimo en racimos grandes, puede ser necesario tener más frutos sueltos, de acuerdo con el peso del racimo.

Es un hecho que no es práctico recolectar en forma comercial un gran número de frutos sueltos del suelo, en especial, cuando la mayoría de las plantaciones se enfrentan a una escasez de mano de obra. La operación es demasiado laboriosa y el estudio de tiempo y movimiento realizado por Gan *et al.* (1994) en palmas de 14 años de edad indica que un obrero gasta aproximadamente 56% (Por ejemplo, 68 segundos/total 122 segundos) de su tiempo en recolectar y cargar frutos sueltos con un estándar mínimo de madurez entre 1 y 10 frutos sueltos a intervalos de cosecha de 10 a 12 días. Si el estándar mínimo de madurez se eleva a más de 100 frutos sueltos por racimo para palmas altas de 20 años de edad, se podría imaginar la dificultad para recolectar altos porcentajes de frutos sueltos.

A pesar del incremento en los costos puede ser necesario un cambio radical en el sistema de manejo de palmas altas. Una forma de lograrlo puede ser reduciendo la proporción

de hectáreas por cosechador de 1:15 hectáreas a 1:10 hectáreas para palmas altas, con incentivos especiales para cosechar racimos maduros, o contratando trabajadores que se dediquen exclusivamente a recolectar frutos sueltos y pagarles de acuerdo con la productividad.

Estos cambios traerán grandes beneficios para las plantaciones cuando los precios del aceite de palma estén a RM1815/tonelada o más. Desde el punto de vista práctico, el estudio realizado y las políticas sugeridas por Sharma *et al.* (1999) tienen sentido. Si la extracción de aceite no aumenta con 100 frutos desprendidos para racimos grandes, entonces sería mejor cosechar racimos con 10 frutos desprendidos por racimo. En estos dos extremos de 10 y 100 frutos sueltos por racimo, no se debe esperar un aumento apreciable en la relación aceite/racimo.

Ariffin (1985), Rajanaidu *et al.* (1985). Ariffin (1990) y Ariffin *et al.* (1991) estudiaron la formación de aceite en el mesocarpio con base en evidencias bioquímicas, en especial, la composición de ácidos grasos, clorofila y contenido de caroteno, métodos de teñido y flotación. En términos bioquímicos, la disminución de ácido linoleico (C18:2) a 10,5% del porcentaje total de ácidos grasos, la ausencia de clorofila y la coloración de rojo de la mezcla de Sudan III: cloruro férrico en aceite, indican la síntesis completa del aceite en el fruto.

Estos hallazgos llevaron al concepto de cualquier señal de frutos sueltos en un racimo como estándar mínimo de madurez. En su evaluación, se concluyó que desde el momento en que comienza el desprendimiento de frutos en un racimo de cualquier peso, no hubo aumento en la proporción de aceite en el mesocarpio seco en frutos de las capas internas o externas.

Sambanthamurthi *et al.* (1998) también indicó en sus estudios en cuatro palmas que no se observó aumento significativo en el contenido de aceite después de 20 semanas de antesis en frutos de las capas internas, medias y externas. Ellos sugirieron que la selección de aceite con alto contenido de caroteno puede resultar en la selección de alta proporción de aceite en el mesocarpio y mostraron que los niveles de ácido linoleico (C18:2) de 9.2% del ácido graso total a 22 semanas después de antesis, fue mucho menor que 10,5% dado por Ariffin *et al.* (1991).

Rajanaidu *et al.* (1985) y Bealing (1987) concluyeron que cualquier aumento en la tasa de extracción del racimo se debía a la pérdida de humedad en los frutos del racimo, internos o externos, en la medida en que el número de frutos sueltos aumentaba. Corley y Law (2001) realizaron evaluaciones adicionales a los estudios de Rajanaidu *et al.* (1985) y Bealing (1987), y describieron que el valor «aceite» aparece tanto en el numerador como en el denominador de la proporción de aceite/mesocarpio seco, en tanto el aceite ocupa una porción importante del mesocarpio seco y un cambio sustancial en el contenido de aceite causa un cambio muy pequeño en la relación.

Ariffin (1990) en su experimento de flotación mostró la distribución y flotación de tejido de mesocarpio con 28% de contenido de aceite. El enfoque de corte y flotación del mesocarpio no tiene valor en la identificación del estándar de madurez de fruto, ya que el tejido del mesocarpio con más del 28% de aceite puede flotar en agua, cuando en condiciones reales el aceite del mesocarpio puede alcanzar un máximo ligeramente por encima de 60%.

En apariencia el aceite es sintetizado a partir de los asimilados traslo-

cados de afuera del fruto (Crombie y Hardman. 1958) a través de la fotosíntesis. Se observó una significativa correlación positiva entre la reducción en contenido de azúcar y el porcentaje de aceite en el mesocarpio seco (Sambanthamurthi, 1998) sugiriendo que la fotosíntesis no es un factor limitante para el rendimiento de aceite y no todos los productos fotosintéticos pueden ser convertidos en aceite presumiblemente debido a algunas limitaciones en el sistema enzimático de la biosíntesis de lípidos.

Esta explicación se dio dentro del contexto de haze, donde se reportó la actividad reducida de la enzima acetyl-CoA carboxylase (ACCase) dependiente de luz. Debido al suministro de asimilados, Corley y Law (2001) indicaron que es razonable creer que la síntesis del aceite puede continuar en el resto de los frutos no desprendidos aún después de ocurrir la primera abscisión de frutos en el racimo.

En sus estudios en tres clones 926, 975 y 997 también observaron la pérdida de humedad en el mesocarpio con el aumento de la maduración y si se pierde humedad en el estado de madurez, se puede esperar el aumento de aceite y de otros sólidos. Pero los estudios mostraron que los sólidos no relacionados con aceite permanecieron constantes en dos clones y se redujeron en el otro. Al mismo tiempo, si el cambio en humedad aumenta el aceite en el mesocarpio, se esperaría una reducción en el peso promedio del fruto, pero el peso del fruto tiende a aumentar. El peso real de aceite por fruto y por racimo aumenta de manera significativa en la medida en que progresa la maduración con respecto al número de frutos desprendidos.

Sambanthamurthi *et al.* (1998), con base en la limitada información recolectada, indicaron que no hubo corre-

Se observó que el contenido de nutrientes en el mesocarpio disminuye a medida que el aceite se acumula y el contenido de humedad en el mesocarpio se reduce

lación entre el aceite de mesocarpio y el contenido de minerales, aunque Mg^{2+} aumenta de manera significativa la actividad de beta-cetoacil-ACP sintasa II en el mesocarpio. Así mismo, sus estudios sobre minerales se limitaron a racimos de 20 a 22 semanas después de antesis, o sea, 140 a 154 días con un estrecho margen de maduración de mesocarpio dentro del número limitado de análisis.

En este estudio, se observó una reducción gradual en las concentraciones de N, P, K, Ca y Mg, con el aumento en contenido de aceite y la disminución de la humedad en el fruto. El mecanismo parece ser un fenómeno natural durante la senescencia del fruto. Las hojas de la palma también tienen un mecanismo similar para la reducción de N, P, K Mg y aumento del nivel de Ca en hojas viejas debido a la lignificación de las células. La reducción de la concentración de Ca en el mesocarpio se observa por el ablandamiento del mesocarpio debido a la producción de aceite. La reducción de nutrientes en el mesocarpio es parte del proceso de producción de aceite en el fruto. Desde el punto de vista agronómico, más nutrientes se exportan en racimos no maduros que en racimos maduros durante la cosecha.

En los ensayos realizados con fertilizantes, y dependiendo del tipo de suelo, la fertilización alta en potasio redujo la proporción aceite/racimo en suelos sedentarios (Foster, 1988; Tarmizi *et al.*, 1998) pero aumentó la proporción aceite/racimo en suelos de turba (Zin *et al.*, 1993). El efecto de una baja proporción aceite/racimo en la fertilización con K se debió a un aumento en el tamaño de la nuez y una baja proporción mesocarpio/fruto.

Dumortier (2003) en ensayos de mejoramiento de palmas dura autopolinizadas y ténera indicó que los altos rendimientos de aceite y pal-

miste estaban correlacionados con el Mg foliar ($r=0,56$). Estudios adicionales realizados por Prabowo y Foster (1999) en tres de sus seis ensayos de palma de aceite en Sumatra (material parental de suelos de dos fueron riolita y una arenisca) de 1996 a 1997 mostraron un aumento en la proporción nuez/fruto o palmiste/fruto con fertilización potásica y la condición inversa con fertilización magnésica en otros dos ensayos (suelo derivado de riolita y arenisca).

En su análisis de regresión, se encontró que el potasio foliar y del raquis estaba altamente relacionado (de manera negativa) con la proporción mesocarpio/fruto, donde la relación del nivel de K del raquis es ligeramente mayor con la proporción mesocarpio/fruto. El aumento del Mg foliar de 0,12 a 0,24% aumentó la proporción mesocarpio/fruto.

En este trabajo se debe tener en cuenta que los 15 lotes estudiados no fueron de lotes experimentales sin tratamiento elemental. El nivel foliar observado para magnesio elemental puede ser el efecto de los niveles de Mg en el suelo. Fertilizantes N, P y K se aplicaron en forma comercial. En este estudio, se observó una fuerte relación positiva de CFT con la proporción mesocarpio/fruto y por tanto una mejor proporción aceite/racimo. La relación entre las concentraciones de nitrógeno y fósforo foliar y la proporción mesocarpio/fruto fue insignificante.

Aunque la relación de K, Mg y Ca foliar como una proporción de CFT contra la relación mesocarpio/fruto puede no ser tan fuerte como la observada por los otros autores, hay una tendencia cuadrática curvilínea que indica que se requieren mantener todos los tres nutrientes catiónicos en la parte superior de las palmas para lograr una proporción óptima de mesocarpio/fruto. Niveles muy altos

o muy bajos de K, Mg y Ca reducen la proporción mesocarpio/fruto a costa de un mayor tamaño de nuez.

Corley y Law (2001) también indicaron que estudios anteriores de la proporción aceite/racimo realizados en África se hicieron en palmas polinizadas por gorgojos y los datos sobre clones se obtuvieron antes de la introducción de gorgojos en Malasia. Los gorgojos han mejorado la proporción palmiste/racimo o fruto/racimo, pero no hay evidencia que demuestre que hubo cambios en la fisiología de la maduración.

Rao *et al.* (2001) estudiaron el proceso de maduración de frutos en el racimo, mientras el racimo está todavía en la palma. En su estudio, se pudo observar que hubo un aumento en el aceite del mesocarpio y una disminución en el contenido de humedad, que se estabiliza dos semanas después del primer desprendimiento de frutos.

Los hallazgos de Corley y Law (2001) y Rao *et al.* (2001) inspiraron a unas pocas compañías en la industria palmera de Malasia para mejorar la decreciente tasa de extracción de aceite (TEA) a través de la cooperación y coordinación entre las gerencias de las plantas de beneficio y de las plantaciones en Sabah para lograr una TEA de 21.76% en 2001 a 24,11% (8 meses) en 2003 (Tay, 2003).

Una campaña similar realizada en marzo de 2001 por la gerencia del Grupo IOI para cosechar racimos maduros y lograr siete toneladas de aceite crudo de palma por hectárea mejoró la TEA de las siete plantas de beneficio en Sabah de 20,34% (anterior al período de la campaña enero 2000-febrero 2001) a 22,63 y 22,41% en 2002 y 2003, respectivamente (Figura 6) o sea un incremento general en la TEA de más del 10% en 2002 y 2003 (Lee, 2003).

Antes de 2001, los racimos no maduros (sin frutos sueltos) cosechados llegaban hasta 45% y después de la campaña, el nivel de racimos no maduros cosechados cayó a menos de 15%. En gran medida, la eficiencia de una planta de beneficio en extracción de aceite ha jugado un papel importante (eficiencia del 93%). Aún se requieren de mayores esfuerzos para lograr una TEA mayor en el Grupo, incrementando el estándar mínimo de madurez de cinco frutos desprendidos.

Conclusión

Los importantes componentes de racimo que afectan el contenido de aceite fueron aceite en mesocarpio (%), humedad en mesocarpio (%), formación de frutos en el racimo (%), porcentaje de aceite en mesocarpio seco y grosor del mesocarpio. Se observó una relación cuadrática en la formación de aceite en el mesocarpio y en la proporción aceite/racimo, en la medida en que el número de frutos sueltos por racimo aumenta en pal-

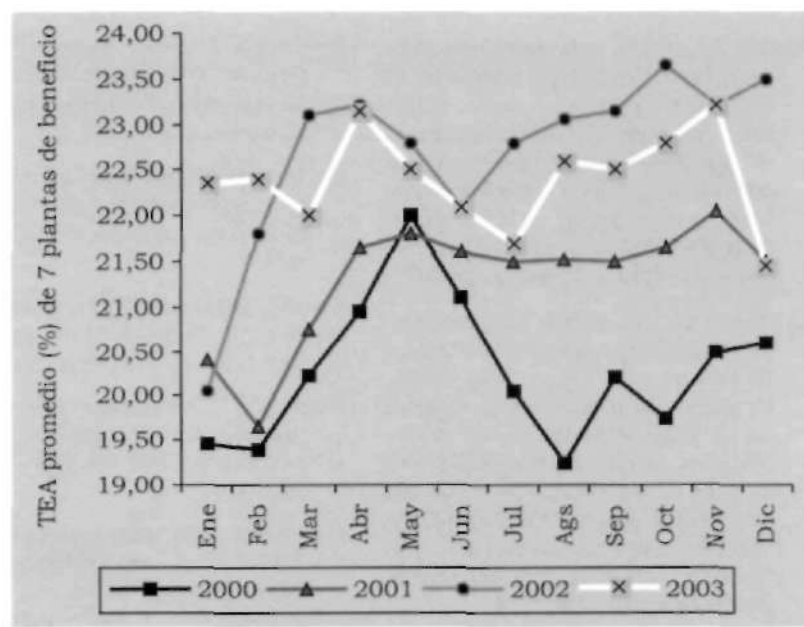


Figura 6 TEA mensual promedio (%) para 7 plantas de beneficio en IOI Sabah

mas ténera. Se observó que el número de frutos sueltos requerido para maximizar el aceite en el racimo fue de aproximadamente siete frutos desprendidos por kilogramo de racimo.

También se observó que el contenido de nutrientes en el mesocarpio disminuye a medida que el aceite se acumula y el contenido de humedad en el mesocarpio se reduce. Desde el punto de vista agronómico, se extraen más nutrientes del mesocarpio con bajo contenido de aceite que del mesocarpio con alto contenido de aceite. Como otros hallazgos, es evidente que la proporción mesocarpio/fruto es más baja en racimos grandes. No se observó un aumento apreciable en la

proporción aceite/racimo en racimos grandes de 20 o más kilogramos con 100 frutos sueltos por racimo en comparación con racimos del mismo peso sin frutos sueltos.

Para mejorar el contenido de aceite en racimos grandes se requieren más de 100 frutos sueltos (dependiendo del peso del racimo). Un aumento en el total de cationes foliares mostró un aumento en el grosor del mesocarpio. Con relación a nutrientes individuales, como proporción del total de cationes foliares, niveles muy altos o muy bajos de Mg y Ca causan una baja proporción de mesocarpio/fruto y una situación similar se observó con altos niveles de K.

Bibliografía

- Ariffin, AA. 1985. The biochemical aspects of ripeness standard. *In: Proceedings of the Symposium on Impact of the Pollinating Weevil of on the Malaysian oil in palm Industry*. Palm oil Research Institute Malaysia. Kuala Lumpur. 165-176.
- Ariffin, AA. 1990. A simple floatation technique to gauge ripeness of oil palm fruits and their maximum oil content. *In: Proceedings of the 1989 International Palm Oil Development Conference (Jalani Sukaimi et al., eds)*. Palm Oil Research Institute Malaysia Kuala Lumpur. 87-91.
- Ariffin, AA; Rosnah Mat Soom. Mohamadiah Banjari. W Zailan. W Ornar, and Chen. KW. 1991. Ripeness standard; any sing of loose fruit and with one loose fruit per bunch as the minimum standard. *In: Proceedings of the 1991 International Oil Palm Conference (Agriculture)*. Palm Oil Research Institute of Malaysia, Kuala Lumpur. 120-129.
- Basri. MW; Norman, HK; Jackson. TA and Zulkifli, M. 2003. Occurrence of parasitic nematode *Elaeolenchus parthenonema* in the pollinating weevil, *elaeidobius kamerunicus* and this possible implication on fruit set. *In: Proceedings of the PIPOC 2003 International Oil Palm Congress (Agriculture)*. Malaysian Palm Oil Board (MPOB), Putra Jaya. 425-446.
- Bealing, FJ. 1987. Annual Research Report, 1986 Palm Oil Research Institute of Malaysia Kuala Lumpur. 1-16.
- Corley, RHV and Law. IH. 2001. Ripening harvesting and oil extraction. *The Planter*. 77(906): 507-524.
- Corley. RHV and Tinker, PB. 2003. *The Oil Palm*. 4th edition, Blackwell Science Ltd. Oxford England.
- Chew, PS. 1996. Industry's low OER problem-Impact outlook and implications. *The Planter*. 72(841): 203-219.
- Crombic. WM and Hardman. EE. 1958. Fat metabolism in the West African oil palm [*Elaeis guineensis*]. 3. Fatty acid formation in the maturing exocarp. *Journal of Experimental Botany*. (9):247-253.
- Donough. CR; Chew. KW and Law. IH. 1996b. Effect of fruit set on OER and KER: results from studies at Pamol estates (Sabah) Sdn Bhd. *The Planter*. 72(841):203-219.
- Dumortier. F. 2003. Breeding for high yielding progenies at Dami OPRS. *In: Proceedings of the PIPOC 2003 International Palm Oil Congress (Agriculture)*. Malaysian Palm Oil Board (MPOB). Putra Jaya. 51-74.
- Dufrane. M and Berger, J.L. 1957. Etude sur la recolte dans les palmerales. *Bull. Agric. Congo Belgue*. 48. 581.
- Foster. HL, 2003. Assessment of oil palm fertiliser requirements. *Oil Palm Management for Large and Sustainable Yields (Fairhurst, T H. and Hardter. R, eds)*. Potash and Phosphate Institute (PPI) & Potash and Phosphate Institute of Canada (PPIC) and International Potash Institute (IPI). 231-253.
- Foster, HL, Tayeb Dolmt. M and Gurmit. S. 1988b. The effect of fertilisers on oil palm bunch components in Peninsular Malaysia. *In:*

- Proceedings of the 1987 International Oil Palm Conference Progress and Prospects (Abdul Halim Hassan, Chew. P S Whood. B J and Pushparajah, E, eds). Palm Oil Research Institute of Malaysia. Kuala Lumpur. 294-304.
- Gan, LT; Ho. Cy; Chew. JS; Lam. KS and Kee. TT. 1994. Recent developments in harvesting practices to maximize labour productivity, oil yields and profits Management for Enhanced Profitability in Plantations (Chee KH. ed). Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur. 315-336.
- Goh. KJ and Hárder. R. 2003. General oil palm nutrition. Oil Palm: Management for Large and Sustainable Yields (Fairhurst. TH and Hárter R. eds). Potash and Phosphate Institute of Canadá (PPIC) and International Potash Institute (IPI). 205-207.
- Hartley. CWS. 1988. The Oil Palm (*Elaeis guineensis* jacq). 3rd edition. Longman Scientific and technical. England. 452-459.
- Hoong. HW and Donough. CR. 1998. Recent trend in oil extraction rate (OER) and kernel extraction rate (KER) in sabah. The Planter. 74 (865): 181-202
- Lee. AK. 2003. IOI Sabah milis. Monthly oil mili performance review. IOI Internal Monthly Progress Report for December 2003.
- Lim. K and Chan. KW. 1996. Bunch components studies over past decades. In: Proceedings in 1996 International Conference «Oil and Kernel production in Oil Palm- A Global perspective (N Rajanaidu. IE Henson and B Jalani, eds). Palm Oil Research Institute of Malaysia. Kuala Lumpur. 133-150.
- NG. KT and Southworth. A. 1973. Optimum time of harvesting oil palm fruit. In: *Adixines in Oil Palm Cultivation* (R L Wastie and D A Earp. eds). Incorporated Society of Planters. Kuala Lumpur. 439-461.
- NG. SK and Lancaster. LA. 1970. Manual methods of plant analysis. Analytical Chemistry División, Rubber Research Institute of Malaysia.
- ParamananLhan, S. 2002. Training course on soil survey and management of tropical soils. Felda Agricultural Services Sdn. Bhd. And Param Agricultural Soil Surveys (M) Sdn . Bhd. 13-17th May 2002 Trolak Country Reson, Trolak, Perak.
- Prabowo, NE. and Foster. HL. 1999. Variation in oil palm and kernel extraction rates of oil palm north Sumatra due to nutritional climatic factors. Malaysian Oil Science and Technology, 8(2/999): 50-56.
- Rajanaidu, N; Tan, YP and Rao, V. 1985. Harvesting and estimation of oil in a bunch. In: Proceedings of the Symposium on Impact of the Pollinating Weevil on the Malaysian Oil Palm Industry. Palm Oil Research Institute of Malaysia. Kuala Lumpur. 177-186.
- Rao, V; Gómez. M; Cayawat, N; Chia. CC and Lim CC. 2001. Some factors influencing oil / bunch OER and KER. In: Proceedings of the PIPOC 2003 International Palm Oil Congress (Agriculture). Malaysian Palm Oil Board.
- Rao, V and Law, IH. 1988. The problem of poor fruit set in parts of East Malaysia. The Planter. 74 (870): 463-483
- Sambanthamurthi, R; Chang. KC and Tan, YA. 1998. Biochemical factors that affect oil accumulation in oil palm. In: Proceedings of the National Seminar on Opportunities for maximizing production through Better OER and Offshore Investment in Oil Palm. Palm Oil Research Institute of Malaysia. Kuala Lumpur. 208-217.
- Sharma. M; Singh. G; Toh, TS and Singh, T. 1999. Optimizing on FFB. oil OER and oil quality. In: Proceeding of the 1999 International Palm Oil Congress (Agriculture). Palm Oil Research Institute of Malaysia, Kuala Lumpur. 124-140.
- Sharma, M. 1998. Palm age, bunch weight and its impact on OER. In: Proceedings of the National seminar on Opportunities for maximizing production through Better OER and Offshore Investment in Oil Palm. Palm Oil Research Institute of Malaysia, Kuala Lumpur. 208-217
- Southworth. A. 1977. Harvesting a practical approach to the optimization of oil quantity and quality. In: International developments in Oil Palm (Earp, D A and Newall. W eds). Incorporated Society on Planters. Kuala Lumpur. 467-477.
- Southworth. A. 1979. Field factors affecting quality. The Planter, 55 (642):440-451
- Tarmizi, AM; Hamdan, AB; Zin. AA and Mohd Tayeb. D. 1998. The effects of N. P and K ferilizers on oil palm bunch components. In: Proceedings of the National Seminar on Opportunities for Maximizing Production through Better OER and Offshore Investment in Oil Palm. Palm Oil Research Institute of Malaysia. Kuala Lumpur. 218-230.
- Tay. CL. 2003. Efforts of achieving high OER. Uie Asia palm oil milis experience. A Dialogue Session with the Honorable Minister of Primary Industries Incorporating a Seminar on Productivity Improvement in Palm Oil Milling. Malaysian Palm Oil Board (MPOB). 9th October 2003.
- Zin. ZZ; Hamdan. AB and Gurmit. S. 1993. Palm oil extraction rates in Peninsular Malaysia; the effect of fertilizers. In: Proceedings of the National Seminar on Palm Oil Extraction Rate: Problems and issues (Ariffin, D and Jalani. B S. eds). Palm Oil Research Institute of Malaysia. Kuala Lumpur. 91-96.