

Un método exacto y preciso para determinar la relación aceite a racimo en palma de aceite*

An accurate and precise method of determining oil to bunch ratio in oil palm

Chan, K.S., Soh, A.C. y Chew, P.S. 1

RESUMEN

Este artículo describe un método sencillo del balance de aceite para determinar las relaciones aceite a racimo (A/R) y palmiste a racimo (P/R), en el cual se elimina el tedioso proceso manual de remover el mesocarpio, cortando la fruta longitudinalmente en dos mitades. Después de secar y retirar el palmiste seco, el mesocarpio seco y la cuesco se reducen a finas partículas, utilizando una trituradora eléctrica que también homogeniza la muestra, lo cual conduce a una mayor exactitud en la determinación del aceite. La comparación de este método con el método rutinario de análisis de racimos de Blaak demostró que el método de Blaak proporcionó resultados de A/R que eran superiores a los del método del balance de aceite, por un promedio del 15% del A/R promedio. Por otro lado, las cifras de A/R y P/R obtenidas mediante el método del balance de aceite estaban estrechamente de acuerdo con las tasas de extracción de aceite y de palmiste en la planta extractora, después de tener en cuenta las pérdidas durante la cosecha y el procesamiento. El análisis de regresión lineal mostró que la relación A/R disminuía a medida que el peso del racimo aumentaba, debido principalmente a una disminución en el contenido de aceite en los frutos. Los resultados de un ejercicio de muestreo verificaron que el método del balance de aceite fue exacto, en el cual los valores calculados diferían de los valores reales por casi 1% para A/R y el 2% para el P/R. Se obtuvo una mayor precisión con muestras de frutos tomadas de todos los frutos que habían sido desprendidos de las espiguillas después de tres días, comparadas con frutos de muestras de espiguillas intactas, tomadas el primer día. Después de cuantificar los coeficientes de variación (CV) de las relaciones de los componentes del racimo, se calcularon los coeficientes de variación o las precisiones de los cálculos de A/R y P/R utilizando distintos sistemas de muestreo.

SUMMARY

This paper describes a simple oil balance method for the determination of oil to bunch (O/B) and kernel to bunch (K/B) whereby the tedious manual process of removing the mesocarp is eliminated by cutting the fruit longitudinally into two halves. After drying and removing the dried kernels, the dry mesocarp and shell are reduced into fine particles using an electric grinder which also homogenizes the sample leading to greater accuracy in oil determination. Comparison of this method with the routine Blaak's bunch analysis method showed that Blaak's method gave O/B results which were higher than those of the oil balance method by an average of 15% of the mean O/B. On the other hand, the O/B and K/B figures obtained by the oil balance method agreed closely with the mill oil and kernel extraction rates after taking into account harvesting and processing losses. Linear regression analysis showed that O/B decreased as bunch weight increased mainly due to a decreasing oil content of the fruits. The results of a sampling exercise verified that the oil balance

*Tomado de: Journal of Oil Palm Research (Malasia) v. 11 no.1, p.11-22. 1999. Traducción realizada por Fedepalma. 1 Applied Agricultural Research Sdn Bhd. c/o P.O. Box Sg. Buloh, 47000 Sg Buloh, Selangor, Malasia.

method was accurate with the estimates differing from the true values by about 1% unit for O/B and 2% units for K/B. Greater precision was obtained with fruit samples taken from all the fruits which had been stripped from the spikelets after three days compared to fruits from intact spikelet samples taken on the first day. After quantification of the coefficients of variation (CV) of the bunch component ratios, the CVs of precisions of estimating O/B and K/B using different sampling systems were computed

PALABRAS CLAVES: Palma de aceite, Racimo, Caracteres de rendimiento, Características agronómicas, Métodos.

INTRODUCCIÓN

Las cifras de la relación aceite a racimo (A/R) obtenidas mediante el método de análisis de racimos de Blaak et al. (1963) rara vez están de acuerdo con las tasas de extracción de aceite (TER) de las plantas extractoras de aceite de palma, aun después de descontar las pérdidas de aceite durante el procesamiento (Hor et al. 1996). Lim y Toh (1984) demostraron que el método de Blaak tendía a sobrestimar la relación aceite a racimo (A/R), debido a errores sistemáticos positivos en las diferentes relaciones de los componentes del racimo utilizadas para calcularla. Para superar el sesgo introducido por la pérdida de humedad en cada paso del proceso analítico, los autores propusieron un método basado sólo en la cantidad de aceite y palmiste producido. Se esperaba que este fuera mejor que el método de balance de la masa total porque las discrepancias de peso debido a pérdidas por humedad podrían ser pasadas por alto. Sin embargo, la técnica consume mucho tiempo y, por lo tanto, no es práctica para grandes cantidades de racimos de gran tamaño, ya que involucra mucho tiempo el remover manualmente el pericarpio en un número sumamente grande de frutos.

Este artículo describe un método para calcular el contenido de aceite y palmiste en los frutos basado en la cantidad producida y el cual elimina el tedioso proceso de remover el pericarpio manualmente.

EXPERIMENTAL

Procedimientos de Muestreo y Prueba

La Figura 1 muestra un diagrama esquemático del procedimiento de muestreo. El peso del racimo de

fruta fresca (FFF) se registró inmediatamente después de la cosecha. Luego, el racimo fue tajado con una hacha para separar las espiguillas del pedúnculo. Después de desechar el pedúnculo y los desperdicios, todas las espiguillas y los frutos sueltos se mezclaron completamente y se dividieron en cuatro partes. Después de pesar cada cuarta parte, se tomó una muestra de un octavo (1/8) (muestreo aleatorio estratificado, basado en el tamaño de las espiguillas por estrato) de cada cuarta parte y se dejó a un lado.

Tres días después, todos los frutos de las cuatro muestras de espiguillas y las cuatro cuartas partes se desfrutaron y se pesaron. El peso de todos los frutos (de tres días de edad) se dividió por el peso de todas las espiguillas (peso inicial), lo cual dio la relación entre fruto a espiguilla (F/E) del racimo. Un esquema del muestreo alternativo consistía en obtener muestras de frutos de todas las cuartas partes cuando habían sido desfrutadas después de tres días de almacenamiento. Así, los dos procedimientos de muestreo de frutos fueron: obtener muestras de frutos mientras todavía estaban intactos en las espiguillas y tomar muestras de frutos separados de las espiguillas después de tres días.

Los frutos de cada muestra se cortaron en mitades longitudinalmente y se secaron en un horno a 80°C durante una noche. Después de secarlos, los frutos se pesaron para determinar la relación fruto seco a fruto fresco (FS/F). Luego se separaron los palmistes, se pesaron y se obtuvo la relación palmiste seco a fruto (PS/F), así como la relación mesocarpio seco y cuesco a fruto (MSC/F). El mesocarpio seco y el cuesco de las dos mitades de los frutos se molieron en un molino eléctrico. Se tomaron dos porciones de pruebas de alrededor de 10 g cada una y se secaron durante una noche para retirar cualquier

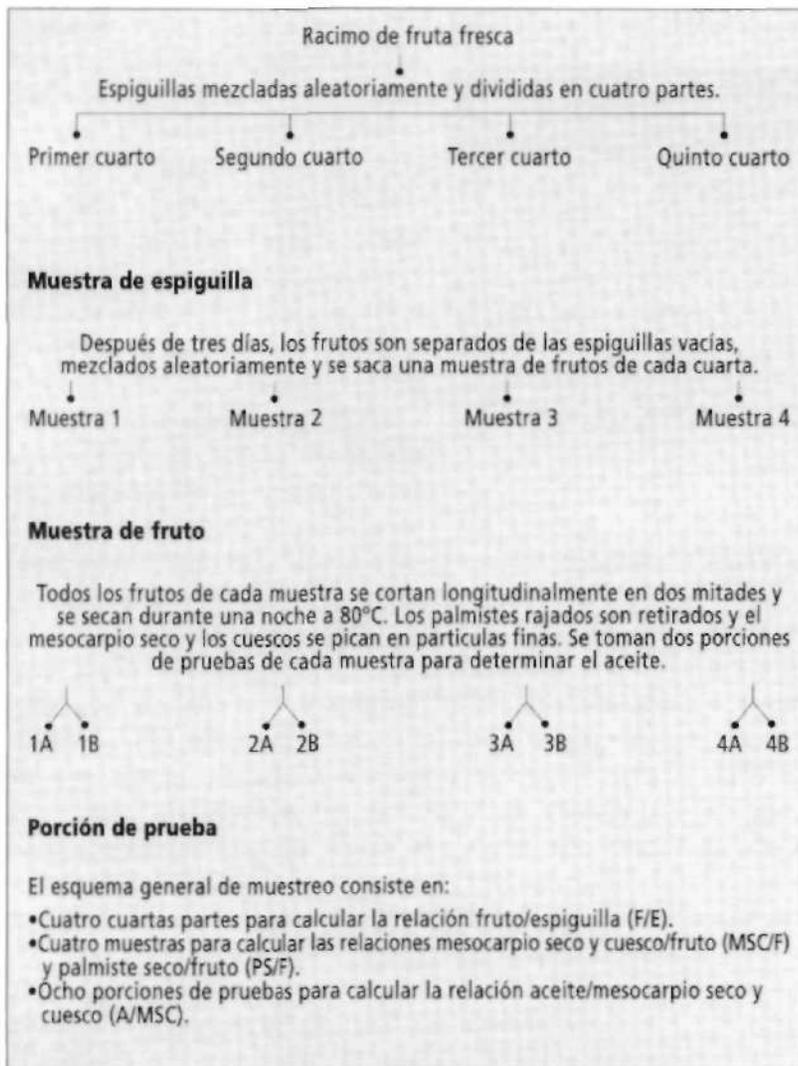


Figura 1. Esquema de muestreo para determinar la relación aceite a racimo (A/R).

humedad restante. La relación aceite a mesocarpio seco y cuesco (A/MSC) se determinó utilizando el método de extracción de Soxhlet.

Se realizaron tres experimentos utilizando este procedimiento.

Experimento 1: Comparación entre el Método del Balance de Aceite y el Método de Blaak, para calcular las relaciones A/R y P/R.

Se tomaron veintiocho racimos de 10-20 kg de peso de diferentes progenies dura x pisífera (D x P). Después de tomar muestras para el análisis de racimos de Blaak, el resto de las espiguillas se utilizó para el nuevo procedimiento descrito antes.

Experimento 2: Comparación entre el cálculo de las relaciones A/R y P/R mediante el Método del Balance de Aceite y las tasas de extracción de aceite de la planta extractora.

Aproximadamente se cosecharon seis racimos por semana de campos comerciales (Chemara DxP) sembrados en 1970-73 y 1976-77 y se analizaron con el Método del Balance de Aceite desde febrero hasta abril de 1996. La norma de madurez mínima para la cosecha fue de un fruto suelto por racimo y sólo se utilizaron racimos que estuvieran sanos. Todos los frutos sueltos se recogieron y se incluyeron en el peso del racimo. En total se tomaron 45 racimos con pesos que fluctuaron entre 26 y 60 kg.

Experimento 3: Verificación de la exactitud del método.

Otros 21 racimos de las siembras comerciales (Chemara DxP) de la plantación Tuan Mee se tomaron como muestra siguiendo los mismos criterios de calidad del fruto. El peso de los racimos fluctuó entre 17 y 27 kg. Adicionalmente a los análisis de frutos de muestras de espiguillas intactas y muestras de frutos separados, el resto de los frutos de todas las cuartas partes también se analizó para determinar los valores reales

(del racimo entero) de las relaciones de los componentes del racimo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento 1: Comparación entre el Método de Blaak y el Método del Balance de Aceite.

Los resultados de la relación A/R del Experimento 1 obtenidos mediante el Método del Balance de Aceite (A/R2) y el Método de Blaak (A/R1) se resumen en la Tabla 1. El Método de Blaak produjo cifras más

Tabla 1. El Método del Balance de Aceite vs. el Método de Blaak para determinar la relación aceite a racimo (A/R) (Experimento 1)

	PESO DE RACIMO (Kg)	MÉTODO DEL BALANCE DE ACEITE (X) % A/R ₂	MÉTODO DE BLAAK (Y) % A/R ₁	DIFERENCIA (X - Y)
Rango	10,4 - 19,7	14,9 - 29,5	16,5 - 33,9	-0,7 - +9,9
Promedio	13,8	22,1	25,4	3,3***
CV%	16,6	16,9	17,6	66,2
Valor de t en parejas n=28				8,0***

*** Significativo al nivel del 0,1%
n= número de racimos
CV%= coeficiente de variación.

altas de la relación A/R, comparadas con las del Método del Balance de Aceite, con diferencias que fluctuaron entre -0,7 y 9,9%. La diferencia intermedia de 3,3% fue altamente significativa. En un ejercicio similar realizado por Lim y Toh (1984), la diferencia fue del 3,7%. En este ejercicio, la A/R promedia (AR1) excedió la AR2 promedia por un 15%. El análisis de regresión lineal mostró una regresión altamente significativa entre los dos conjuntos de valores de la relación A/R con un valor de $R = 0,856$. La relación A/R2 (y) y A/R1 (x) fue representada por la ecuación $y = 2,57 + 1,034 x$.

Experimento 2: Comparación entre los estimativos de las relaciones A/R y P/R por el Método del Balance de Aceite y las tasas de extracción de aceite y de palmiste de la planta extractora.

El valor promedio de la relación A/R2 obtenido del Experimento 2 se presenta en la Tabla 2. Con el fin de compararlo con la tasa de extracción de aceite promedia en la planta extractora de aceite de palma de Tuan Mee durante el período, sólo se utilizaron racimos que pesaban de 26 a 40 kg, ya que su peso promedio (35,1 kg) estaba cerca al peso promedio

del racimo de la cosecha actual en la planta extractora. Según Chan (1981), la pérdida de aceite debido al procesamiento fue en promedio de alrededor del 8% del aceite recuperado. También hubo necesidad de tener en cuenta la pérdida de aceite debida a la pérdida de frutos sueltos durante la cosecha. El Instituto de Investigaciones de Aceite y Oleaginosas (IRHO), como rutina, utiliza un factor de 0,855 para tener en cuenta las pérdidas en el campo y en la planta extractora

al convertir la relación A/R1 del laboratorio a las tasas de extracción de aceite de la planta extractora. Al multiplicar la relación A/R2 (22,6%) por 0,855, da una tasa de extracción de aceite de 19,3%, lo cual concuerda estrechamente con la cifra de la planta extractora. En cuanto a las cifras de P/R2, el valor promedio fue similar a la tasa de extracción de palmiste de la planta extractora, aun sin hacer correcciones por pérdidas, porque el contenido de humedad del palmiste de la planta extractora fue un 5-6% más alto que el palmiste seco del Método del Balance de Aceite.

Una regresión lineal de peso de racimo (x) contra su relación A/R2 (y) mostró una regresión altamente

Tabla 2. Cálculos de las relaciones aceite a racimo (A/R) y palmiste a racimo (P/R) mediante los Métodos de Balance vs. las tasas de extracción de aceite y de palmiste en la planta extractora. (Experimento 2)

	MÉTODO DEL BALANCE DE ACEITE			RESULTADOS EN LA PLANTA EXTRACTORA		
	PESO DEL RACIMO (Kg)	A/R ₂ ^a (%)	P/R ₂ ^b (%)	MES	TEA ^c (%)	TEP ^d (%)
Promedio	35,1*	22,6	7,00	Feb	19,30	7,07
SE	0,64	0,50	0,20	Mar	19,55	7,02
CV%	12,3	15,0	19,6	Abr	18,79	6,77
n	45					

* excluye racimos > 40 Kg.
n= número de racimos.
CV%= coeficiente de variación.
^a A/R= relación aceite a racimo.

^bP/R= relación palmiste a racimo.
S.E.= error estándar del promedio.
^cTEA= tasa de extracción de aceite.
^dTEP= tasa de extracción de palmiste.

significativa con un valor de R de -0,426. Sus relaciones podrían ser representadas por la ecuación $y = 29,6 - 0,205 x$. El coeficiente de regresión negativo significa que la relación A/R2 (y) disminuyó a medida que el peso del racimo (x) aumentaba. La relación A/R2 se obtuvo del producto de la relación fruto a racimo (F/R) y la relación aceite a fruto (A/F).

No hubo una regresión significativa entre el peso de un racimo y la relación F/R, pero si una regresión altamente significativa entre el peso del racimo (x) y la relación A/F (y) representada por la ecuación $y = 50,44 - 0,362 x$, con un valor de R de -0,482. Por lo tanto, el fenómeno de una relación A/R más baja, al aumentar el peso del racimo, se podría explicar por la disminución en el contenido de aceite de los frutos a medida que el racimo se vuelve más grande. La disminución en el contenido de aceite podría ser una consecuencia de un mesocarpio más delgado o del contenido de aceite en el mesocarpio, o ambos.

Experimento 3: Verificación de la exactitud del Método del Balance de Aceite.

La exactitud del Método del Balance de Aceite se verificó al comparar los valores promedios calculados de las relaciones de los componentes del racimo obtenidos de las muestras, contra los valores reales al analizar el racimo entero.

Los datos para las relaciones fruto seco/fruto (FS/F), mesocarpio seco y cuesco/fruto (MSC/F) y palmiste seco/fruto (PS/F) se muestran gráficamente en las Figuras 2 a 7. Las representaciones gráficas y los análisis de regresión lineal parecen indicar que las muestras de frutos proporcionan cálculos más exactos de las relaciones FS/F, MSC/F y PS/F que las muestras de espiguillas.

La comparación de los resultados en la Tabla 3 mostró que para la relación FS/F, el valor promedio de las muestras de espiguillas se diferenciaba del valor real en un

0,74% y la Prueba de t en parejas mostró que la diferencia fue altamente significativa. Sin embargo, para muestras de frutos, la diferencia fue muy pequeña y no significativa. Presumiblemente cuando se retiraron las muestras de espiguillas intactas de la cuarta parte a granel durante tres días, ellas perdieron más humedad y produjeron una relación FS/F más alta. Además, es mejor tomar muestras de frutos separados, ya que es probable que se obtenga una muestra más representativa.

Para la relación MSC/F, la diferencia promedio para las muestras de espiguillas fue de 0,19% y fue ligeramente más baja que la diferencia promedio de 0,36% para las muestras de fruto. Para la relación PS/F, la diferencia promedio de la muestra de espiguillas fue del 0,22%, pero para las muestras de frutos, la diferencia promedio fue negativa a -0,19%. En vista de que la relación $FS/F = MSC/F + PS/F$ y como se obtuvo una diferencia promedio positiva para la relación MSC/F, por lo tanto se esperaba una diferencia promedio negativa para la relación PS/F, ya que la relación FS/F en las muestras de frutos fue bastante constante. Un examen de la desviación estándar (SD) de las diferencias mostró que las muestras de frutos daban una variación más baja que las muestras de

Tabla 3. Comparaciones de las diferencias entre los valores reales de los componentes del fruto vs. sus valores calculados derivados de muestras de espiguillas y frutos.

	FS/F% ^(a)		MSC/F% ^(a)		PS/F% ^(a)	
	*VALOR REAL=69,65		*VALOR REAL=69,65		*VALOR REAL=9,79	
	MUESTRA DE ESPIGUILLA	MUESTRA DE FRUTO	MUESTRA DE ESPIGUILLA	MUESTRA DE FRUTO	MUESTRA DE ESPIGUILLA	MUESTRA DE FRUTO
Valor promedio	70,40	69,71	60,04	60,21	10,01	9,60
Diferencia promediad	0,74**	0,06	0,19	0,36**	0,22	-0,19*
SD (Diferencia)e	1,07	0,65	1,26	0,55	0,17	0,40
Valor de t en parejasd	3,17**	0,42	0,73	3,08**	1,42	2,18*
n=21						

n = número de racimos.

a= Valor real = valor del racimo entero.

b =FS/F = fruto seco/fruto fresco, MSC/F = mesocarpio seco y cuesco/fruto, PS/F = palmiste seco/fruto.

c = Diferencia promedia = valor promedio de las muestras - valor promedio real.

d =* significativo al 5% ** significativo al 1%, utilizando la prueba de t en parejas.

e=S.D. (Diferencia) = desviación estándar de diferencia de promedios.

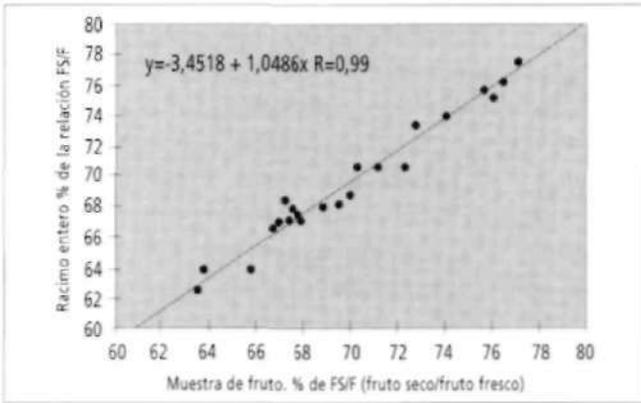


Figura 2. Valor real del % de la relación FS/F (fruto seco/fruto fresco) del racimo entero vs. el valor calculado de la muestra de fruto.

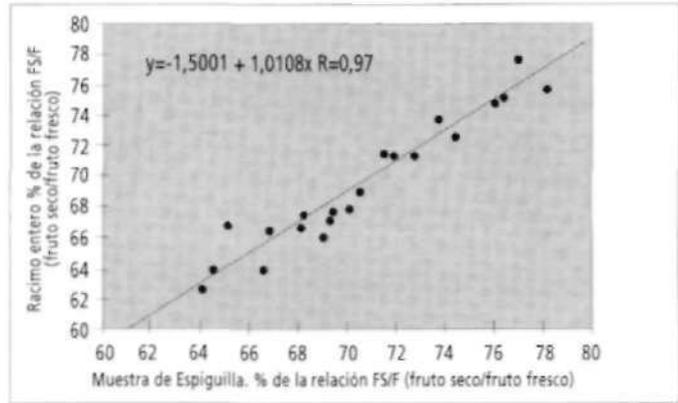


Figura 3. Valor real del % de la relación FS/F (fruto seco/fruto fresco) del racimo entero vs. el valor calculado de la muestra de la espiguilla.

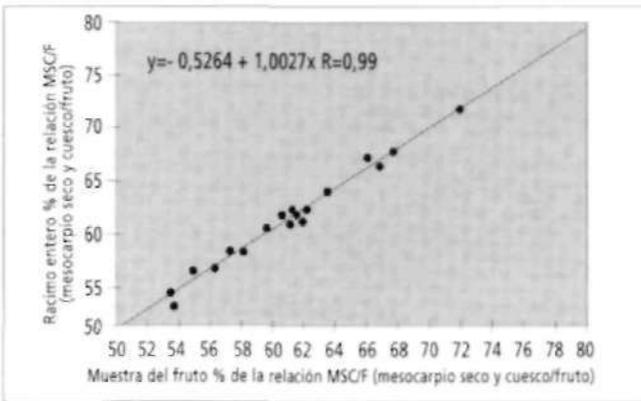


Figura 4. Valor real del % de la relación MSC/F (mesocarpio seco y cuesco/fruto) del racimo entero vs. el valor calculado de una muestra de fruto.

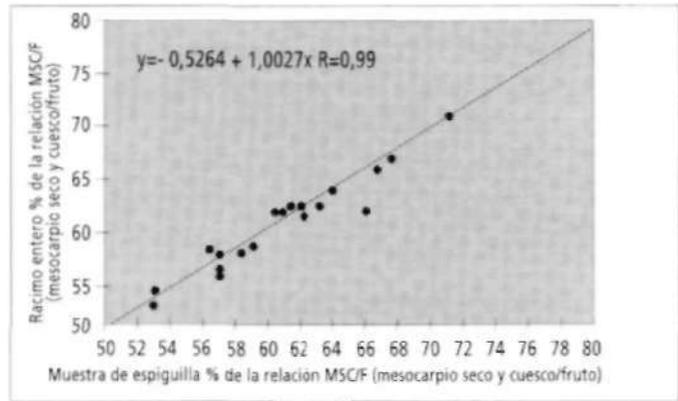


Figura 5. Valor real del % de la relación MSC/F (mesocarpio seco y cuesco/fruto) del racimo entero vs. el valor calculado de la muestra de la espiguilla.

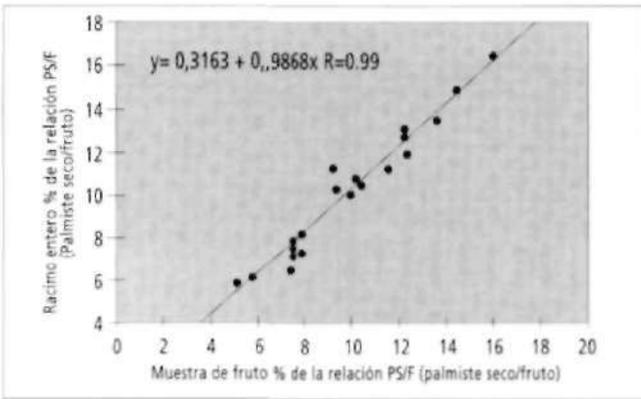


Figura 6. Valor real del % de la relación PS/F (Palmiste seco/fruto) del racimo entero vs. el valor calculado de la muestra del fruto.

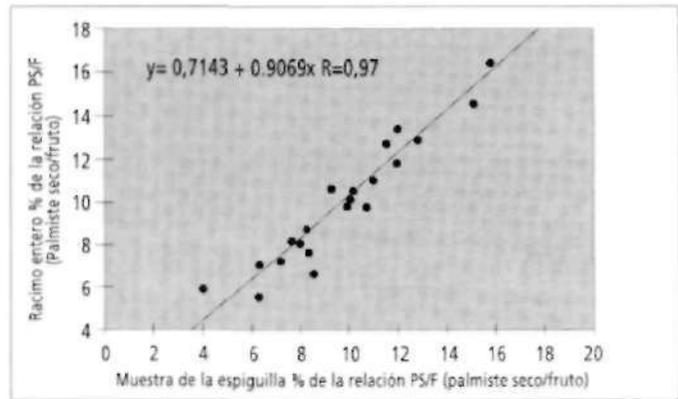


Figura 7. Valor real del % de la relación PS/F (Palmiste seco/fruto) del racimo entero vs. el valor calculado de la muestra de la espiguilla.

espiguillas. La desviación estándar más baja condujo a valores de t significativos por la diferencia entre el promedio de la muestra de fruto y el promedio real. Sin embargo, las diferencias fueron pequeñas y aceptables.

La Tabla 4 compara los valores reales de los porcentajes de la relación de aceite/mesocarpio seco y cuesco (A/MSC%) con valores calculados de los dos tipos de muestras. Los resultados mostraron una buena concordancia entre el valor real de la relación AMSC

Tabla 4. Comparaciones de los valores reales de la relación aceite a mesocarpio seco y cuesco (A/MSC) con los valores calculados obtenidos de varias muestras.

RACIMO No.	VALOR REAL ^a % A/MSC	MUESTRA DE LA ESPIGUILLA ^b		PORCIÓN DE LA PRUEBA DE LA ESPIGUILLA ^c		MUESTRA DEL FRUTO ^d		PORCIÓN DE LA PRUEBA DEL FRUTO ^e	
		PROMEDIO	S.D.	PROMEDIO	S.D.	PROMEDIO	S.D.	PROMEDIO	S.D.
1	65,7	65,7	0,43	65,7	0,78	-	-	n.d.	-
2	66,0	66,0	0,75	66,2	0,72	-	-	n.d.	-
3	72,6	72,6	0,53	72,1	0,93	72,6	0,27	72,9	0,50
4	67,1	67,4	0,41	67,2	0,45	67,0	0,22	67,3	0,40
5	53,0	52,3	1,40	52,8	1,40	52,8	0,69	53,3	0,54
6	66,5	66,7	0,20	67,3	0,94	66,8	0,18	66,5	0,29

Notas:

S.D. = desviación estándar.

a =Determinado mediante la extracción de todo mesocarpio seco y cuesco del racimo entero.

b =Promedio de cuatro muestras de espiguillas tomadas de las cuatro cuartas partes.

c =Promedio de 8 porciones de pruebas tomadas de las cuatro muestras de espiguillas.

d =Promedio de cuatro muestras de frutos tomadas de las cuatro cuartas partes.

e =Promedio de ocho porciones de pruebas tomadas de las cuatro muestras de frutos.

y los valores promedios calculados de las espiguillas y muestras de frutos, así como sus porciones de prueba. La principal razón para esta estrecha concordancia podría ser la mejor homogenización del mesocarpio seco y el cuesco al molerlos. La comparación de las desviaciones estándar (SD) mostró que la variación entre muestras/porciones de pruebas en un racimo fue más baja en muestras de frutos que en muestras de espiguillas, de nuevo, debido probablemente a la naturaleza más representativa de las muestras de frutos.

Finalmente, en la Tabla 5 se compararon las verdaderas relaciones A/R2 y P/R2 con sus valores calculados de las muestras de fruto. Para los seis racimos probados, los valores de t en parejas no mostraron diferencia significativa entre los valores reales y los calculados de

las relaciones A/R2 y P/R2. La diferencia promedia fue de + 0,3% para la relación A/R2 y de -0,12% para la relación P/R2. En términos relativos, resultaron ser +1,3% y -1,9% del promedio real de las relaciones A/R2 y P/R2, respectivamente. En términos de exactitud, el Método del Balance de Aceite pareció ser muy bueno.

En otras palabras, cuando se obtiene un parámetro al multiplicar varios componentes y los coeficientes de variación (CV) de los componentes individuales son pequeños, su coeficiente de variación es aproximadamente igual a la suma de los coeficientes de variación de los componentes individuales. Los coeficientes de variación para calcular las relaciones

A/R y P/R, utilizando diferentes sistemas de muestreo se resumen en la Tabla 8.

RACIMO No. & PESO (KG)	A/R			P/R		
	REAL	CALCULADO	DIFERENCIA	REAL	CALCULADO	DIFERENCIA
1 17,32	24,5	25,1	0,6	6,30	6,04	-0,26
2 17,70	23,9	23,9	0,2	6,14	5,90	-0,24
3 23,51	23,3	23,0	-0,3	4,34	4,28	-0,06
4 20,10	26,5	27,1	0,6	7,80	7,70	-0,10
5 26,69	16,6	16,1	0,5	7,54	7,26	-0,28
6 25,30	24,0	24,2	0,2	6,46	6,70	-0,24
Promedio	23,0	23,3	0,3	6,43	6,31	-0,12
(%)	(100)	(101,3)	(1,3)	(100)	(98,1)	(-1,9)
Valor de t en parejas			2,1 n.s.			1,5 n.s.

n.s. = no significativo a nivel del 5%.

Tabla 8. Coeficientes de variación (CV%) para calcular los componentes de racimo y fruto individuales, utilizando diferentes esquemas de muestreo.

F/E		MSC/F		A/MSC		PS/F		A/R*	P/R**
No. DE CUARTAS PARTES	CV %	No. DE MUESTRA	CV %	No. DE MUESTRA	CV %	No. DE MUESTRA	CV %	CV %	CV %
1	1,94	1	2,10	2	1,39	1	6,10	5,43	8,04
2	1,12	2	1,48	4	0,98	2	4,31	3,58	5,43
3	0,65	3	1,21	6	0,80	3	3,52	2,66	4,17
4	0	4	1,05	8	0,69	4	3,05	1,74	3,05

* CV (A/R) = CV (F/E) + CV (MSC/F) + CV (A/MSC)

** CV (P/R) = CV (F/E) + CV (PS/F)

$$A/R = \left\{ \frac{\text{Peso total de la espiguilla (E)}}{\text{Peso del racimo (R)}} \times \frac{F}{S} \times \frac{MSC}{F} \times \frac{A}{MSC} \right\} \times 100\% \dots (1)$$

$$P/R = \left\{ \frac{\text{Peso total de la espiguilla (E)}}{\text{Peso del racimo (R)}} \times \frac{F}{S} \times \frac{PS}{F} \right\} \times 100\% \dots (2)$$

En vista de que las relaciones A/R y P/R se obtuvieron al multiplicar varios componentes (Ecuaciones 1 y 2), el coeficiente de variación de cada uno se calculó como sigue:

Promedio \bar{x} , $\bar{x} \pm t S_x$, en donde S_x = desviación estándar de \bar{x} .

Promedio \bar{y} , $\bar{y} \pm t S_y$, en donde S_y = desviación estándar de \bar{y} .

t = desviado normal de la probabilidad deseada.

Promedio \bar{xy} , $\bar{xy} \pm t (S_x/x + S_y/y) + t^2 S_x/x S_y/y$.

$= \bar{xy} [1 \pm t (CV_x + CV_y) + t^2 CV_x CV_y]$.

Cuando CV_x , CV_y son pequeños, la ecuación se puede aproximar a

$\bar{xy} = \bar{xy} [1 \pm t (CV_x + CV_y)]$
 por lo tanto, $CV_{xy} = CV_x + CV_y$

PRECISIÓN DEL MUESTREO Y LAS PRUEBAS

De los análisis de racimo de 66 racimos que pesaban entre 17 y 60 kg en los Experimentos 2 y 3, se determinaron los coeficientes de variación de las relaciones de los componentes del racimo (Tabla 6). Para el cálculo de la relación entre el fruto y la espiguilla (F/E) de las cuatro cuartas partes del racimo se utilizó una corrección

Tabla 6. Coeficientes de variación (CV) de relaciones de los componentes del racimo derivados de análisis de muestras del Experimento 2 y el Experimento 3.

	PS/F ^a	MSC/F ^b	A/MSC ^c
Valor promedio	10,4	58,8	64,1
CV (%)			
Entre racimos	24,9	7,8	10,2
Entre muestras	6,1	2,1	1,1
Entre porción de prueba	-	-	1,2

a PS/F = palmiste seco/fruto

b MSC/F = mesocarpio seco y cuesco/ fruto

c A/MSC = aceite/mesocarpio seco y cuesco

de población limitada (Cochran 1953) para corregir los coeficientes de variación en la Tabla 7. Con el coeficiente de variación de las relaciones de componentes del racimo así cuantificados fue posible computar la precisión de calcular las relaciones A/R y P/R, utilizando las ecuaciones como se muestra más abajo.

Tabla 7. Coeficientes de variación (CV) de fruto a espiguilla (F/S) calculados de cuatro cuartas partes del racimo, después de corrección a población limitada (FPC).

NÚMERO DE CUARTAS PUTILIZADAS PARA EL CÁLCULO	% DE CV DESPUÉS DE CORRECCIÓN A POBLACIÓN LIMITADA (FPA ^a)
1	1,94
2	1,12
3	0,65
4	0

^a Coeficientes de variación derivados de un análisis de varianza= 2,24%

Coeficientes de Variacion corregido= $\frac{2,24}{n} \times \frac{N-n}{N}$

donde N= 4 y n= No. de cuartas partes utilizadas para el cálculo.

La precisión fue satisfactoria para la relación A/R, pero más deficiente para la relación P/R cuando se utilizó una cuarta parte del racimo para hacer el cálculo. Una mejor precisión se obtuvo cuando se utilizaron dos cuartas partes del racimo.

CONCLUSIÓN

Se encontró que el Método del Balance de Aceite para determinar las relaciones A/R y P/R en racimos de fruta fresca dio resultados exactos. El muestreo de frutos, de frutos separados de las espiguillas después de tres días, dio una muestra más representativa que el muestreo de espiguillas intactas en el primer día. La precisión fue satisfactoria para la relación A/R, pero más deficiente para la relación P/R, cuando una cuarta parte del racimo se utilizó para el cálculo. Se obtuvo una mejor precisión cuando se utilizaron dos cuartas partes del racimo.

La comparación de cifras de la relación A/R obtenidas mediante el Método de Blaak y el Método del Balance de Aceite mostró que el primero tendía a dar un cálculo más alto que el segundo, por un promedio de alrededor del 15%. Los valores de las relaciones A/R y P/R obtenidos por el Método del Balance de Aceite parecían estar más acordes con las tasas de extracción de aceite y palmiste de la planta extractora, después de tener en cuenta las pérdidas en la cosecha y el procesamiento. El análisis de regresión lineal mostró que la relación A/R disminuía a medida que el peso del racimo aumentaba, debido a una disminución del contenido de aceite de los frutos.

Se debe señalar que este método proporciona cálculos exactos y precisos de los contenidos de aceite y de palmiste en el racimo de uso principalmente para calcular las tasas de extracción en la planta extractora. El método no proporciona cálculos imparciales de componentes de fruto/racimo (F/R), mesocarpio/fruto (M/F), espiguilla/fruto (E/F), palmiste/fruto (P/F) y aceite/mesocarpio seco (A/MS) que son de interés al palmicultor en la selección de palmas para las cuales el Método de Blaak fue

originalmente destinado. Sin embargo, con algunas modificaciones, puede ser posible adaptar este método para uso en la rutina de mejoramiento de plantas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la compañía Applied Agricultural Research Sdn. Bhd. por el permiso para publicar este artículo y a sus colegas por sus útiles discusiones. Es altamente agradecida la cooperación del Gerente de la plantación Tuan Mee y los consejos sobre estadística del Sr. Choo Chee Sing, del PORIM.

BIBLIOGRAFÍA

- Blaak, G.; Sparnaaij, L.D.; Menendez, T. 1963. Breeding and inheritance in oil palm. Part II. Methods of bunch quality analysis. *Journal of the West African Institute for Oil Palm Research (Nigeria)* v.4, p. 146-155.
- Chan, K.S. 1981. The estimation of mill oil losses. *The Selangor Planter's Association Journal (Malasia)*.
- Cochran, W.G. 1953. *Sampling Techniques*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Hor, T.Y.; Soh, A.C.; Chan, K.S.; Chew, P.S.; Goh, K.J. 1996. Studies on oil palm bunch characteristics' effects on oil extraction ratio. In: Rajanaidu, N.; Henson, L.E.; Jalani, B.S. (Eds.). *International Conference on Oil and Kernel Production in Oil Palm -A Global Perspective*. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. p.229-255.
- Lim, K.H.; Toh, P.Y. 1984. The accuracy and precision of bunch analysis. *Workshop Proceedings No.8*. PORIM, Kuala Lumpur, p.91-109.