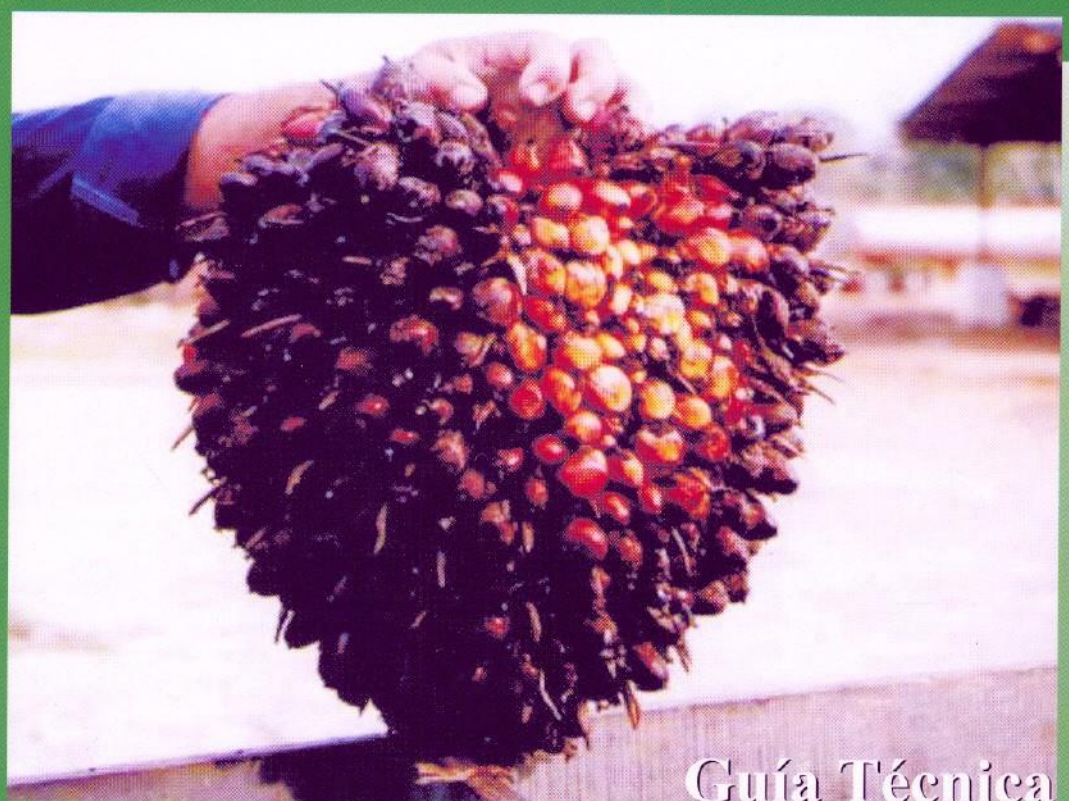
Guía para el Análisis de Racimos de Palma de Aceite

Este material es el resultado de los cursos y talleres sobre temáticas relacionadas con extracción de aceite en el marco de capacitaciones tituladas: "Tendencias de la producción en función del clima" comprendidas dentro del Convenio de Cooperación N° 00152 entre Cenipalma - Fedepalma - SENA y SAC.



SENA

cenipalma

SAC

Guía para el Análisis de Racimos de Palma de Aceite

Guía para el Análisis de Racimos de Palma de Aceite

© Publicación del Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma)
Impresión cofinanciada por el Convenio SENA - SAC - Fedepalma Nº 000152 y el Fondo de Fomento Palmero

Textos
Edgar Eduardo Yáñez Angarita
Jesús Alberto García Núñez
Carlos Alberto Fernández Botia
Carolina Rueda Barrios
Fotos: Pedro Nel Franco

Coordinación Editorial - Diagramación
Angélica Peña Rocha –Transferencia de Tecnología, Cenipalma

Impresión
Kronos Impresores

Cenipalma
Calle 21 N° 42C – 47
PBX: 2088660 Fax: 3681152
Email: bogota@cenipalma.org
www.cenipalma.org

Octubre 2006
Bogotá D.C.

ISBN: 978-958-96153-9-3

Contenido

INTRODUCCIÓN....5

1. MATERIALES Y REACTIVOS....7

2. MUESTREO DE RACIMOS (GARCÍA ET AL, 2000)....7

3. COMPONENTES DEL RACIMO DE PALMA DE ACEITE....8

4. ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN FÍSICA DEL RACIMO....9
   4.1. Desespigado....9
   4.2. Conformación de la muestra de espigas....10
   4.3. Desfrutado y conformación de muestra....10
   4.4. Despulpado....11

5. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE ACEITE EN MESOCARPIO....12
   5.1. Conformación de las muestras de mesocarpio y nuez....12
   5.2. Secado del mesocarpio y de las nueces....12
   5.3. Determinación de aceite en mesocarpio....13

6. CÁLCULOS....14
   6.1. Otros cálculos de interés....15

7. RECOMENDACIONES GENERALES....16

AGRADECIMIENTOS....17

BIBLIOGRAFÍA....18

ANEXO 1.
FORMATO PARA REGISTRO DE DATOS EN EL ANÁLISIS
DE RACIMOS....19

ANEXO 2.
SECADO DE MUESTRAS CON HORNO MICROONDAS
(CURVA DE SECADO)....20

ANEXO 3.
EXTRACCION DE ACEITE EN MESOCARPIO POR EL
METODO SOXHLET....21

INTRODUCCIÓN

Dada la necesidad de identificar y conocer los factores que generan cambios en la tasa de extracción de aceite, la División de Procesos y Usos de Cenipalma ha estudiado varios aspectos dentro y fuera de la planta de beneficio que pueden ocasionar dichas fluctuaciones. Uno de ellos, son los cambios en los componentes del racimo que determinan su potencial de aceite.

Metodologías existentes para medir el potencial de aceite en los racimos, implican imprecisiones y altos costos de realización por mano de obra, materiales, reactivos y especialmente el tiempo involucrado en el análisis que puede alcanzar hasta tres días. La metodología propuesta por Cenipalma se basa en la optimización de los procedimientos, haciendo más precisos sus resultados, incluyendo además el uso de un modelo matemático que permite obtener resultados del análisis en un tiempo total de tres horas aproximadamente.

Con este propósito y dado el interés del gremio en conocer esta herramienta, Cenipalma ha recopilado en esta guía los procedimientos, cálculos y aspectos a tener en cuenta durante la realización de un análisis de racimos.

La guía básicamente documenta de manera sencilla cómo hacer un análisis de racimos y cómo registrar la información para estimar el potencial de aceite con el cual han sido cosechados.

Esperamos que la información aquí consignada sea de utilidad a todo el gremio palmicultor y permita subir un escalón más en el desarrollo del conocimiento e igualmente mejorar la eficacia y eficiencia de toda la operación de beneficio de la palma de aceite.

ANÁLISIS DE RACIMOS DE PALMA DE ACEITE

Elaeis Guineensis

1. MATERIALES Y REACTIVOS

Los siguientes elementos deben tenerse disponibles para realizar el análisis de racimos:

MATERIALES (Fig. 1)
Báscula hasta de 50 kg (dependiendo del peso promedio de racimos).
Báscula hasta 150 gramos (precisión a la décima de gramo)
Hachuela, cuchillos, pala, tabla de madera o acrílico, horno microondas, equipo soxhlet de 250 ml, papel filtro, mortero, cápsulas de porcelana, pinzas, desecador, guantes.

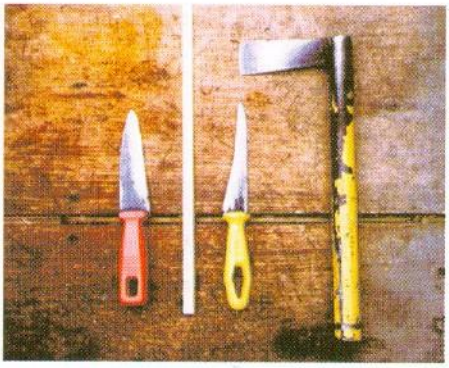


Figura 1. Algunos materiales usados para el análisis de racimos.

REACTIVOS
Como solvente para extracción de aceite puede emplearse hexáno, éter de petróleo (60-80) ó tricloroetileno.

2. MUESTREO DE RACIMOS (García et al, 2000)

Para viajes de 8 – 10 toneladas de RFF, seleccione 28 racimos tomando una cuerda con una longitud total que cubra diagonalmente la pila de racimos descargados en tolva. Realice 14 nudos equiespaciados en la cuerda y luego tiéndala en diagonal sobre la pila de racimos, seleccionando los racimos que queden bajo los nudos.

Repita la operación pero cruzando la cuerda por la diagonal opuesta, sacando igualmente los racimos bajo los nudos. Valore el grado de maduración de los 28 racimos, para disponer de un promedio de maduración del fruto. Pese todos los racimos y calcule el peso promedio. De los 28 racimos retire seis que tengan el peso más próximo al promedio (la variación aceptable es de + / - 500 g) y su estado de maduración sea óptimo. Tenga a mano planillas para registrar la información requerida.

Recomendaciones:

- Si se caen frutos durante la manipulación de los seis racimos estos se deben recoger pues hacen parte de la muestra.
- Registrar el número de alvéolos vacíos en cada racimo.
- Antes de pesar los racimos verifique la longitud del pedúnculo, asegurando el

corte rasante sobre la base del racimo. En caso de ser necesario cortar el excedente de pedúnculo y registrar su peso.

Registros:

Es necesario registrar la información pertinente a la procedencia de la muestra como se sugiere en el formato anexo (Anexo 1). Este formato reúne la siguiente información de: fecha, plantación, lote, hora de inicio y fin del análisis, responsable del análisis, material genético de los racimos, peso de los racimos (Kg), número de alvéolos vacíos y frutos sueltos.

3. COMPONENTES DEL RACIMO DE PALMA DE ACEITE

Con el propósito de aclarar y manejar un solo lenguaje para la realización de los análisis de racimos, se presenta a continuación una descripción general de los componentes mas importantes del racimo, sin pretender mostrar un estudio fisiológico del mismo.

Figura 2. Pedúnculo de racimo palma de aceite.

Pedúnculo: Eje central del racimo donde van soportadas las espigas con fruto. (Fig. 2) de la misma forma en ***Espigas:*** soporte donde se encuentran adheridos los frutos y flores abortadas. (Fig. 3) y en ***Frutos:*** estos se pueden clasificar en frutos normales, (externos e internos), partenocárpicos y flores abortadas. Fig. 4 (Porla, 1995)

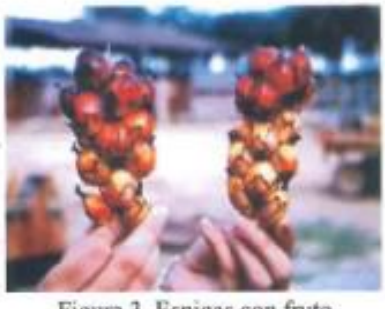


Figura 3. Espigas con fruto.

Figura 4. Clasificación de frutos.

- Frutos Externos: frutos ubicados en la parte apical de la espiga y de coloración rojiza e intensa. Normalmente corresponden a las 3 o 4 últimas capas de frutos en las espigas.
- Frutos Internos: frutos ubicados hacia la parte basal de la espiga y de coloración mas amarilla.
- Frutos Partenocárpicos: frutos de apariencia normal ligeramente alargados y de bajo peso (menor a 4 gramos) que pueden poseer coloración amarilla o rojiza y que no contienen semilla.
- Flores Abortadas: flores no fecundadas de color amarillo claro.

Para facilitar la clasificación de los frutos normales, debe tenerse en cuenta no solo la coloración de estos, sino adicionalmente su ubicación dentro de la espiga. Figura 5.

Figura 5. Separación de frutos externos e internos.

4. ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN FÍSICA DEL RACIMO

4.1. Desespigado

Este proceso se refiere a la separación de las espigas del pedúnculo del racimo, para permitir su homogenización y cuarteo. Luego del muestreo de racimos en tolva, los seis racimos seleccionados son desespigados, separando y pesando los pedúnculos y las espigas de cada uno de ellos. Estos registros permiten determinar el porcentaje de espigas para cada racimo (% de Espigas/**RFF**), factor que será utilizado en el cálculo del potencial de aceite (Figs. 6 y 7)

Recomendaciones:

- Separe las espigas del pedúnculo utilizando una hachuela, tratando de no realizar incisiones sobre el pedúnculo y las espigas.
- Corte las espigas sobre la base del pedúnculo.
- Pese el pedúnculo una vez haya retirado todas las espigas.

Figura 6. Desespigado de racimos.

Registros:

- Peso de pedúnculos (g)
- Peso de espigas (g) = peso de racimo peso pedúnculo

4.2. Conformación de la muestra de espigas.

Las espigas con frutos obtenidas de cada racimo son mezcladas y cuarteadas con una pala de forma separada, hasta obtener una muestra de aproximadamente 3500 gramos. Posteriormente se mezclan las seis muestras de espigas de 3500 g y se homogenizan para cuartear y obtener una muestra final de 3500 gramos aprox.

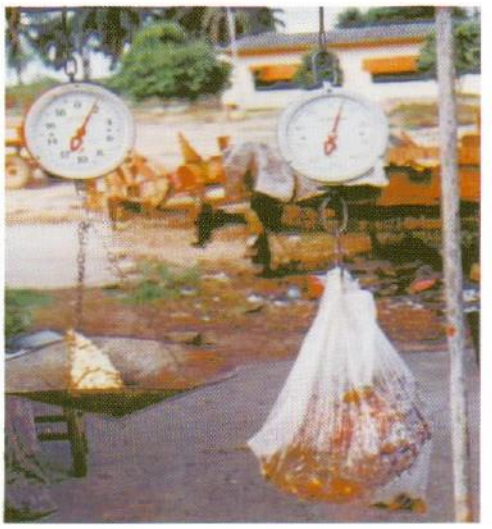


Figura 7. Pesaje de pedúnculo y espigas.

Recomendaciones:

- En lo posible realizar el proceso de desespigado y cuarteo sobre una superficie lisa y limpia, impidiendo incorporar impurezas durante la colección de la muestra.
- El proceso de homogenización de las espigas realizado con la pala, debe ser cuidadoso para evitar el desprendimiento y pérdidas de fruto.

Registros:

- Peso de la submuestra de espigas
- Número de espigas
- Número de alvéolos vacíos en las espigas
- Número de frutos sueltos

4.3. Desfrutado y conformación de muestra

Remover todos los frutos desde su base en las espigas usando un cuchillo y cuidando de no retirar parte del fruto (Fig 8). A medida que retire los frutos desprenda las brácteas (lámina vegetal que cubre la base del fruto sobre la espiga) y clasifíquelos según se mostró en el numeral 3, como frutos externos, internos, partenocárpicos y abortados. (PORLA, 1995).

Posterior a la clasificación de los frutos, realizar conteo de frutos y determinar el peso de cada grupo.

Registros:

- Número de frutos según el grupo
- Peso de los frutos (g) de cada grupo

Luego de desfrutar las espigas y clasificar los frutos, se inicia el proceso de conformación de muestra. Esta muestra se genera solo con frutos normales, de los cuales será extraído y cuantificado su aceite. Para ello, se deben eliminar los frutos con heridas y proceder a un cuarteo hasta obtener aproximadamente 200 gramos de muestra de cada grupo (externos e internos). Finalmente, se realiza un conteo de los frutos incluidos en cada grupo de muestra.

Figura 8. Separación de frutos de las espigas.

Recomendaciónes:

- Verifique el grupo al que pertenece cada uno de los frutos una vez los retire de la espiga, para evitar ser mezclados. Este aspecto incide notablemente en el potencial calculado.
- Obtenga el peso promedio del fruto en cada grupo (externo e interno), para ser comparado con el promedio obtenido cuando se realizó el desfrutado de todas las espigas de la muestra de 3500 g. Si la diferencia en los pesos promedios es superior a 0,5 g, debe repetir el cuarteo.
- Cuando se obtenga la muestra de 200 gramos de fruto, el peso no debe ser exacto necesariamente. El peso puede estar incluido en un rango de + / - 10 g, es decir, entre 190 y 210 gramos. Esto se hace para evitar la manipulación de la muestra, incluyendo o retirando frutos para ajustar el peso.

Registros:

- Peso de frutos externos e internos (g)
- Número de frutos externos e internos

4.4. Despulpado

Este proceso se refiere a retirar el mesocarpio (pulpa) del fruto, hasta dejar completamente limpia la nuez. Para cada grupo de frutos (externos e internos), se retira el mesocarpio con un cuchillo en forma de rebanadas delgadas, con el fin de facilitar su secado. Finalmente, se elimina cualquier excedente realizando un raspado sobre la nuez (Fig 9)

Registros:

- Peso de la nuez de los frutos externos
- Peso de la nuez de los frutos internos

Figura. 9. Despulpado de los frutos.

Recomendaciones:

- Durante el despulpado evitar al máximo contacto con el aceite del fruto para minimizar las pérdidas.
- Cuidar de no cortar trozos gruesos de mesocarpio que dificultan el secado.
- Realizar el despulpado sobre una base o soporte liso (no poroso) que no absorba aceite.
- No acumule la muestra por mas de 15 minutos antes del secado, para evitar pérdidas de humedad lo que generaría resultados erróneos.
- El peso de mesocarpio para cada grupo, se calcula por diferencia entre el peso de los frutos y el peso de sus respectivas nueces.

5. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE ACEITE EN MESOCARPIO.

5.1. Conformación de las muestras de mesocarpio y nuez

Pesar previamente 4 cápsulas de porcelana secas. Realizar un cuarteo separado a la muestra de mesocarpio de frutos externos e internos hasta obtener 10 g aproximadamente. Colocar cada muestra en cápsulas diferentes y proceda a secar.

Tomar las nueces de los frutos externos e internos y hacer un cuarteo hasta obtener 15 g aproximadamente por separado. Colocar cada muestra en una cápsula diferente.

Registros:

- Peso de mesocarpio frutos internos (g)
- Peso de mesocarpio frutos externos (g)
- Peso de nueces frutos internos (g)
- Peso de nueces frutos externos (g)

5.2. Secado del mesocarpio y de las nueces

Tomar las cápsulas con las muestras del mesocarpio (externo e interno) y seguir el procedimiento para el secado con el horno microondas. Las nueces deben secarse en el horno eléctrico preferiblemente. Para el secado del mesocarpio con el horno microondas, debe obtener previamente curva de secado (Anexo 2), para establecer los parámetros de operación del equipo, que normalmente operan a potencia media durante

15 minutos. En caso de no poseer horno microondas, realizar el secado en horno eléctrico a 105 °C durante 6 horas aproximadamente. En ambos casos (microondas y eléctrico) se debe verificar peso constante al final del proceso de secado.

Terminado el secado de las muestras, colóquelas en el desecador durante 10 minutos para permitir su enfriamiento y obtener finalmente su peso.

Recomendaciones:

- Recuerde usar cápsulas limpias y secas almacenadas en el desecador antes de cargar y pesar las muestras a secar.

Registros:

- Peso de mesocarpio fresco y seco de frutos externos (g)
- Peso de nueces frescas y secas de frutos externos (g)
- Peso de mesocarpio fresco y seco de frutos internos (g)
- Peso de nueces frescas y secas de frutos internos (g)

5.3. Determinación de aceite en mesocarpio

La determinación del contenido de aceite es un proceso bien conocido en los laboratorios de plantas de beneficio, quienes emplean el método soxhlet. Dicho análisis tiene la desventaja del excesivo tiempo necesario para obtener los resultados (alrededor de 15 horas) y del consumo de solvente durante el desarrollo de la prueba. Cenipalma ha desarrollado una metodología (Yáñez, et al 2000), basada en la correlación lineal entre el contenido de agua y aceite en el mesocarpio. Esta correlación se ha demostrado en estudios precedentes, en los cuales se logró obtener un modelo matemático de la siguiente forma:

$$\text{Aceite/Mesocarpio fresco} = 82.3791 - (0.95005 * \text{Humedad})$$
$$R2 = 0.9377 \qquad P = 0.0000$$

De esta manera, es posible estimar el contenido de aceite en mesocarpio fresco sin realizar el método soxhlet. Como se mencionó anteriormente, es muy importante realizar el secado de la muestra de forma inmediata, ya que la pérdida de humedad desfavorece el grado de ajuste (R2) del modelo matemático. Con el modelo anterior, es posible estimar el contenido de aceite en el mesocarpio a partir del contenido de agua, valor obtenido a partir del secado en el horno microondas que puede tardar alrededor de 15 minutos.

Este modelo matemático aplica bajo condiciones recomendadas para la mediación de la humedad del mesocarpio y un tiempo inferior a 15 minutos entre el despulpado y el secado de muestra. El modelo es el resultado de una regresión matemática con alta significancia estadísticas, que como tal, presenta resultados muy próximos a los reales. Este debe ser utilizado como herramienta para agilizar y reducir los costos del procedimiento, que permitan estudiar las variaciones del potencial y obtener rangos ajustados del mismo para un grupo de racimos.

6. CÁLCULOS

Luego de obtener la información básica durante los muestreos de cada componente del racimo, se presenta a continuación una guía para los cálculos de las variables reportadas en el formato del anexo 1, con los cuales se estima el potencia de aceite.

Potencial de aceite en frutos externos

Porcentaje en peso de espigas en el racimo. (A)

$$\% \text{ Espigas / REF} = \frac{\text{Peso de espigas} * 100\%}{\text{Peso de los racimos}}$$

Porcentaje en peso de frutos externos en espigas. (B)

$$\% \text{ Frutos externos / espigas} = \frac{(\text{Peso de frutos externos}) * 100\%}{\text{Peso de la submuestra de espigas}}$$

Porcentaje en peso de mesocarpio en frutos externos. (D)

$$\% \text{ Mesocarpio / frutos externos} = \frac{(\text{Peso de frutos externos - peso de nueces}) * 100\%}{\text{Peso de frutos externos}}$$

Porcentaje de humedad en mesocarpio de frutos externos. (E)

$$\% \text{ Humedad mesocarpio frutos externos} = \frac{(\text{Peso mesocarpio húmedo F. externos - peso mesocarpio seco F. externos}) * 100\%}{\text{Peso muestra mesocarpio húmedo F. externos}}$$

Porcentaje de aceite en mesocarpio fresco de frutos externos. (F)

$$\% \text{ Aceite mesocarpio frutos externos} =$$

$$82{,}37 - (0{,}95 * \% \text{ Humedad mesocarpio f. externos})$$

Porcentaje de aceite en racimo externo. (G)

$$\% \text{ Aceite / Racimo externo} = (A) * (B) * (D) * (F)$$

Potencial de aceite en frutos internos

Porcentaje en peso de frutos internos en espigas. (H)

$$\% \text{ Frutos internos / espigas} = \frac{(\text{Peso de frutos internos}) * 100\%}{\text{Peso de la submuestra de espigas}}$$

Porcentaje en peso de mesocarpio en frutos internos. (I)

$$\% \text{ Mesocarpio / frutos internos} = \frac{(\text{Peso de frutos internos - peso de nueces}) * 100\%}{\text{Peso de frutos internos}}$$

Porcentaje de humedad en mesocarpio de frutos internos. (J)

$$\% \text{ Humedad mesocarpio frutos internos} = \frac{(\text{Peso mesocarpio humedo F. internos - peso mesocarpio seco F. internos}) * 100\%}{\text{Peso muestra mesocarpio húmedo f. internos}}$$

Porcentaje de aceite en mesocarpio fresco de frutos internos. (K)

% Aceite frutos internos / mesocarpio =

82,37 – (0,95 * % Humedad mesocarpio f. internos)

Porcentaje de aceite en racimo interno. (L)

% Aceite / Racimo interno = (A) * (H) * (I) * (K)

Potencial de aceite total en el racimo

$$\text{Potencial} = \underset{(G)}{(\text{aceite / racimo})_{\text{externo}}} + \underset{(L)}{(\text{aceite / racimo})_{\text{interno}}}$$

6.1. Otros cálculos de interés

Eficiencia de polinización (Fruit Set)

$$\text{Eficiencia de polinización} = \frac{\#\text{ Frutos normales} * 100\%}{(\#\text{ Frutos totales})}$$

Frutos normales = # Frutos externos + # Frutos internos
Frutos totales = # Frutos externos + # Frutos internos +
Frutos partenocárpicos + # Flores abortadas

Pedúnculo en el racimo.

$$\% \text{ F. ext. en espigas} = \frac{\text{Peso de la submuestra de espigas}}{\text{Peso de frutos externos} * 100\%}$$

Frutos externos en espigas.

Frutos externos en el racimo. (M)

$$\% \text{ F. ext / RFF} = \% \text{ F. externos en espiga} * A * 0{,}01$$

Frutos internos en espigas.

$$\% \text{ F. int. en espigas} = \frac{\text{Peso de frutos internos} * 100\%}{\text{Peso de la submuestra de espigas}}$$

Frutos internos en el racimo. (N)

$$\% \text{ F. int / RFF} = \text{F. interno en espiga} * A * 0{,}01$$

7. RECOMENDACIONES GENERALES

- El tiempo entre la cosecha y el análisis del racimo no debe superar las seis horas. (Rao, et al 1983)
- En caso de analizar racimos sobremaduros, la estimación del contenido de aceite en mesocarpio debe realizarse por el método convencional soxhlet (Anexo 3)
- Cuando se realicen análisis de racimos sobremaduros, debe tenerse en cuenta la pérdida de frutos sueltos y humedad que ocasionan una subestimación del potencial de aceite.
- Si el racimo se toma en campo, recopilar los frutos sueltos, de lo contrario, es necesario contar alvéolos vacíos.
- Evitar el maltrato a los racimos, por golpes y cortes de los frutos.
- Marcar adecuadamente cada racimo.
- Evaluar el rango, precisión y exactitud de las balanzas.
- Poseer herramientas adecuadas para el análisis. Tipo de hacha, cuchillos, espátula, etc. Personal capacitado en la técnica.
- Diligenciar el formato adecuado para el registro de la información.
- En caso de observar impurezas inorgánicas en la submuestra de espigas, determinar su peso e incluir en el registro.
- Durante el despulpado obtener rebanadas y no trozos de mesocarpio.
- Para hacer el seguimiento al potencial en las plantas de beneficio se debe muestrear al menos el 15% de los racimos que llegan a tolva haciendo un muestreo considerando proporcionalmente al menos el 80% del fruto que ingresa a la planta.
- Es necesario la interacción entre el personal de la planta de beneficio y de campo para la interpretación, seguimiento y ejecución de labores que se desprendan de la información obtenida de estos análisis.

AUTORES

Edgar Eduardo Yáñez Angarita
Jesús Alberto García Núñez
Carlos Alberto Fernández Botia
Carolina Rueda Barrios
Fotos: Pedro Nel Franco

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Extractora el Roble en especial al Ing. Sergio Amaya y a los laboratoristas Juan Miranda y Edilberto Pacheco, por su valioso apoyo para el desarrollo de la técnica de análisis de racimos y evaluación de este documento. Así mismo, al ingeniero Francisco Granados, presidente del comité asesor nacional de plantas de beneficio y a los directores de planta de la Zona Central por su apoyo durante la validación de esta metodología.

BIBLIOGRAFÍA

- GARCÍA. J.;YÁÑEZ, E. 2000. Aplicación de la metodología alterna para el análisis de racimos y muestreo de racimos en tolva. PALMAS, vol 21 No Especial Tomo 1.
- LIM, K.H. and TOH, P.Y. The accuracy and precision of bunch analysis. Symposium impact of the pollinating weevil on the Malaysian oil palm industry. Kuala Lumpur, 21-22 February 1984.
- ONG THEAN HUAT, Ab. GAPOR Md. TOP. 1997. Applications of microwave technologies and their potential assimilation in the palm oil industry. PORIM Bulletin 35, pág 12 - 26.
- PORIM, 1986. Palm oil factory process handbook part 3, Laboratory and milling control.
- PORLA. 1995. Fresh Fruit Bunch Grading Manual.
- RAO, V.; SOH, A.; CORLEY, R.; LEE, C; RAJANAIDU, N.;TAN, Y.; CHIN, C.; LIM, K.; TAN, S.; LEE, T.; NGUI, M. 1983. A critical reexamination of the method of bunch quality análisis in oil palm breeding. PORIM occasional paper, N 9.
- SAID ISMAIL, B.J. WOOD and TAN SWEE TIAN. An investigation of the oil palm bunch analysis technique as a guide to actual oil content. Symposium impact of the pollinating weevil on the Malaysian oil palm industry. Kuala Lumpur, 21-22 February 1984.
- YÁÑEZ, E.; GARCÍA. J.; 2000. Metodología alterna para el análisis de racimos de palma de aceite. PALMAS, vol 21 No Especial Tomo 1.

ANEXO 2. SECADO DE MUESTRAS CON HORNO MICROONDAS. (Curva de secado)

La curva de secado es un procedimiento para establecer los parámetros de operación de un horno microondas doméstico, como horno de secado en laboratorio, dadas las características de operación de las microondas. (Ong, et al, 1997; PORIM, 1986)

Metodología

Toda muestra a la que se desee hacer curva de secado debe tener muestra testigo en horno eléctrico. La muestra a secar se divide en 2 porciones (aproximadamente 10 g cada una), una para horno eléctrico y otra para el microondas.

MUESTRA TESTIGO:

Tomar en una cápsula de porcelana previamente tarada, un peso exacto 10 g de la muestra (mesocarpio) a secar e introducirla en un horno eléctrico a 105 °C por espacio de 2 a 3 horas. Al finalizar el secado retirar la muestra y colocarla durante 10 minutos en el desecador. Posteriormente, pese la cápsula con la muestra y registre su peso. Colocar nuevamente la cápsula en el horno y dejarla por 30 minutos. Al cabo del segundo periodo de secado, retirar la cápsula y colocarla en el desecador durante 10 minutos. Pesar de nuevo y registrar su peso. Si la diferencia entre los pesos registrados es mayor a 0,1 g. debe dejar la muestra en horno por otros 30 minutos, hasta conseguir la condición anterior. Una vez la muestra esta seca se calcula su humedad así:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso inicial de muestra (gr)}}{\text{Peso final de muestra seca (gr)}} * 100\%$$

MUESTRA EN MICROONDAS:

Un peso exacto de la segunda porción de muestra (mesocarpio) debe colocarse en una cápsula de porcelana previamente tarada. Se introduce la cápsula en el microondas y se aplica una potencia media por un periodo de 1 minuto, al cabo del cual se pasa al desecador y se deja enfriar por 5 minutos para pesar finalmente. Repetir esta operación hasta garantizar que no existan diferencias entre los valores de peso registrados superior a 0,1 g, continuando la operación dos o tres ciclos de secado adicional Posteriormente se calcula la humedad de manera similar al anterior.

Construir una gráfica de peso de muestra versus el tiempo de análisis, hasta establecer el comportamiento asintótico del peso de muestra (peso constante). Si la muestra no presentó modificación alguna diferente al secado, la potencia usada puede emplearse para secar este material, caso contrario repetir con una potencia inferior. Con relación al tiempo de secado, se localiza la asíntota de la gráfica (cuando el peso se vuelve constante) y se lee el tiempo sobre el eje, otorgando un 15% adicional para establecer el tiempo de secado de la muestra.

La humedad establecida por el horno microondas debe ser similar a la obtenida con el horno eléctrico, para lo cual puede emplearse una prueba de "t" para verificarlo estadísticamente de un grupo de al menos 5 pares de muestras.

ANEXO 3. EXTRACCION DE ACEITE EN MESOCARPIO POR EL METODO SOXHLET.

1. Procedimiento

Tomar por aparte las muestras de mesocarpio de frutos externos e internos que salen del secado y a cada una realizar lo siguiente:

- Macerar la muestra de mesocarpio seco en un mortero hasta obtener partículas muy finas.
- Pese 2 servilletas y 5 gramos aproximadamente de la muestra macerada.
- Envolver la muestra en papel filtro en forma de cartucho de modo que no pueda salirse.
- Pesar un balón o matraz, colocar la muestra en una columna de extracción y adicione 250 ml de solvente (hexano, tricloroetileno o éter de petróleo), y monte la muestra en el equipo soxhlet a temperatura adecuada según el reactivo que utilice.
- Realizar la extracción de aceite.
- Detener la extracción cuando el solvente se mantenga incoloro durante dos o tres ciclos de operación por el sifón.
- Realizar la recuperación del solvente y pesar el aceite extraído.

Registros:

- Peso de muestra de mesocarpio seco de fruto externo (g)
- Peso de muestra de mesocarpio seco de fruto interno (g)
- Peso de aceite extraído a frutos externos (g)
- Peso de aceite extraído a frutos internos (g)

2. Cálculos

Para los frutos externos:

- **Aceite en mesocarpio seco de frutos externos**

$$\% \text{ Aceite en mesocarpio f. externos} = \frac{\text{Peso del aceite en mesocarpio f. externos} * 100\%}{\text{Peso muestra mesocarpio seco aceitoso f. externos}}$$

La humedad establecida por el horno microondas debe ser similar a la obtenida con el horno eléctrico, para lo cual puede emplearse una prueba de "t" para verificarlo estadísticamente de un grupo de al menos 5 pares de muestras.

ANEXO 3. EXTRACCION DE ACEITE EN MESOCARPIO POR EL METODO SOXHLET.

1. Procedimiento

Tomar por aparte las muestras de mesocarpio de frutos externos e internos que salen del secado y a cada una realizar lo siguiente:

- Macerar la muestra de mesocarpio seco en un mortero hasta obtener partículas muy finas.
- Pese 2 servilletas y 5 gramos aproximadamente de la muestra macerada.
- Envolver la muestra en papel filtro en forma de cartucho de modo que no pueda salirse.
- Pesar un balón o matraz, colocar la muestra en una columna de extracción y adicione 250 ml de solvente (hexano, tricloroetileno o éter de petróleo), y monte la muestra en el equipo soxhlet a temperatura adecuada según el reactivo que utilice.
- Realizar la extracción de aceite.
- Detener la extracción cuando el solvente se mantenga incoloro durante dos o tres ciclos de operación por el sifón.
- Realizar la recuperación del solvente y pesar el aceite extraído.

Registros:

- Peso de muestra de mesocarpio seco de fruto externo (g)
- Peso de muestra de mesocarpio seco de fruto interno (g)
- Peso de aceite extraído a frutos externos (g)
- Peso de aceite extraído a frutos internos (g)

2. Cálculos

Para los frutos externos:

- **Aceite en mesocarpio seco de frutos externos**

$$\% \text{ Aceite en mesocarpio f. externos} = \frac{\text{Peso del aceite en mesocarpio f. externos} * 100\%}{\text{Peso muestra mesocarpio seco aceitoso f. externos}}$$

- **Aceite en mesocarpio fresco de frutos externos. (1)**

$$\% \text{ Aceite en mesocarpio fresco f. ext} = \frac{\text{Peso del aceite en mesocarpio f. externos} * 100\%}{\text{Peso muestra mesocarpio húmedo f. externos}}$$

Para los frutos internos:

- **Aceite en mesocarpio seco de frutos internos.**

$$\% \text{ Aceite en mesocarpio f. internos} = \frac{\text{Peso del aceite en mesocarpio f. internos} * 100\%}{\text{Peso muestra mesocarpio seco aceitoso f. internos}}$$

- **Aceite en mesocarpio fresco de frutos internos. (3)**

$$\% \text{ Aceite en mesocarpio fresco f. int} = \frac{\text{Peso del aceite en mesocarpio f. internos} * 100\%}{\text{Peso muestra mesocarpio húmedo f. internos}}$$

¿Qué es Cenipalma?

El Centro de Investigación en Palma de Aceite - Cenipalma, fue creado por la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite - Fedepalma, inició actividades en enero de 1991 y de él son miembros los afiliados de la Federación. Tienen como objetivo primordial, buscar, de manera sostenible y con enfoque prospectivo, la mayor eficiencia productiva de la Agroindustria de la Palma de Aceite, en los ámbitos nacional e internacional, atendiendo las necesidades y demandas de los productores en forma equitativa.

Los principios que rigen la política de investigación de Cenipalma son: la eficiencia, la equidad, la sostenibilidad, el pragmatismo, el contenido social y económico, la integralidad, la interdisciplinariedad, la apertura, la concertación, la gremialidad y la cooperación.

Estos principios van acompañados de condicionantes para la estructura institucional del Centro como los siguientes: desarrollar investigación y transferencia productivas; mantener una dimensión adecuada de la institución; participar en esquemas virtuales de investigación; ser flexible y dinámico; conservar una estructura plana y descentralizada; institucionalizar la planificación, el seguimiento y la evaluación; interiorizar el concepto de proyecto como unidad de gestión técnica y administrativa; y practicar la concertación.

ISBN 958961539-2

Cenipalma Calle 21 No. 42C - 47. PBX 208 86 60 Fax: 368 11 52
Email: bogota@cenipalma.org - Bogotá D.C. - Colombia