

## METODOLOGÍA ALTERNA DE MUESTREO Y ANÁLISIS DE RACIMOS DE PALMA DE ACEITE

### Notas del Director

El objeto final de un cultivo de palma es la producción de aceite por unidad de área, si bien la producción total por hectárea anual es importante, también lo es conocer su comportamiento a través del año, con el objeto de ver si hay una producción uniforme o hay variaciones en la misma.

Frecuentemente los propietarios de las plantas de beneficio se quejan por las caídas en la extracción del aceite y lo primero que se hace es revisar lo que está pasando en el proceso. Esto es muy importante hacerlo, sin embargo, se debe analizar con detenimiento, cómo está llegando la materia prima a la planta y cuál es la conformación de los racimos, porque ello influye grandemente en la cantidad y variación del aceite que se está produciendo. Este elemento es importante también para los productores de fruta, porque en últimas lo que ellos están produciendo es aceite y tienen que ver si hay variación dentro del contenido de aceite de la fruta que están cosechando. Esto indica que se debe hacer monitoreos del contenido de aceite de los racimos tanto a nivel de lotes de producción, como de plantas extractoras, con el objeto de tener una idea clara del potencial de aceite que éstos tienen.

La metodología para la determinación del contenido de aceite de los racimos que se ha venido haciendo es costosa y consume bastante tiempo. CENIPALMA viendo la importancia que tiene tanto para el palmero productor de fruta como para el procesador, el conocimiento de la variación en el contenido de aceite de los racimos, diseñó una metodología para lograr en poco tiempo este propósito, que servirá para hacer los correctivos necesarios tanto en campo como en la planta. En este CENIAVANCES se presentan detalles de esta metodología.

Pedro León Gómez Cuervo  
Director Ejecutivo



**L**a tasa de extracción de aceite (TEA) es el índice bajo el cual se evalúa cotidianamente la eficiencia del proceso de extracción en las plantas de beneficio primario. Este índice expresa como porcentaje, la relación másica entre el aceite extraído y el peso de los racimos procesados, sin que ello signifique que durante el proceso se logre extraer todo el aceite contenido en los racimos, marcando así un porcentaje de pérdidas

asociado con la eficiencia del proceso. Es común encontrar variaciones en la TEA, a pesar de mantener un control estricto sobre las pérdidas de aceite en el proceso, sin que exista una explicación clara sobre las causas que originaron estas fluctuaciones. De otro lado, los departamentos agrónomos evalúan diariamente la cantidad de racimos cosechados sin tener conocimiento sobre la calidad de los mismos, a pesar de que existen problemas del cultivo que se ven reflejados en la conformación de los racimos. Si se tiene en cuenta que la TEA obtenida en las plantas

está influenciada principalmente por la eficiencia del proceso de extracción y la calidad del fruto cosechado (Gan L.T. 1998), se puede plantear que el control de pérdidas en planta y calidad en tolvá de los racimos procesados, aseguran mejores niveles de extracción de aceite, en la medida en que permiten identificar y plantear soluciones directas a los factores que inciden negativamente. La herramienta concreta para estudiar estas inquietudes se basa en la realización de análisis de racimos, que identifiquen la composición y variación de sus componentes principales, de modo que puedan ser asociados con diversos factores que determinan la calidad del racimo (expresado como cantidad y calidad de aceite), la producción de racimos en campo y la TEA en planta.

La metodología para el análisis de racimos fue propuesta inicialmente por Blaak *et al.* 1963, y posteriormente modificada por varios trabajos como los de Lim and Toh 1985 y Rao *et al.* en 1983, en los cuales se realizaron algunas modificaciones para aumentar el nivel de precisión del análisis, debido a la tendencia a presentar resultados erróneos por falta de representatividad en los muestreos y pérdidas de humedad. Estos aspectos favorecían la amplia diferencia presentada entre el potencial de aceite estimado por la metodología y la tasa de extrac-

\* Inv. Aux. Edgar Eduardo Yáñez; Inv. Asist. Jesús Alberto García N.; Área de Procesos y Usos. Cenipalma A.A. 252171. Bogotá, Colombia; Sergio Amaya Cárdenas, Director Extractora El Roble. Santa Marta, Colombia

ción obtenida en planta. Unido a este hecho, existen operaciones tediosas e intensas que incrementan el tiempo y costo del análisis, lo que hace muy difícil su implementación a escala comercial. Al revisar las metodologías convencionales se encuentra que las etapas que más influyen en el tiempo de análisis son el secado del mesocarpio y el proceso de extracción de aceite Soxhlet. Estos procesos fueron estudiados con el propósito de buscar alternativas que permitan estimar en forma representativa los resultados sin perder precisión en los mismos.

## SECADO DEL MESOCARPIO

En forma convencional, el secado del mesocarpio se realiza en hornos de resistencia eléctrica con temperaturas controladas de 105-115°C. Dependiendo del tipo de horno, el diseño interno del mismo, la cantidad y conformación de la muestra, el tiempo de secado empleado en los laboratorios está entre 18 y hasta 36 horas. El excesivo tiempo de secado radica en el sistema de calentamiento empleado en estos hornos, los cuales se basan en la transferencia de calor por convección y una parte por radiación, además de la gran cantidad de muestra empleada (100-150 gr) y los grandes trozos de mesocarpio obtenidos en el despulpado. Estos aspectos no permiten una eficiente y rápida transferencia de la energía necesaria para eliminar el agua dentro del mesocarpio, incrementando así el tiempo de análisis.

### Calentamiento por Microondas

Para facilitar el proceso de secado se planteó la utilización de un horno microondas doméstico, el cual permite elevar la temperatura de la muestra rápidamente por medio de la incidencia directa de las microondas sobre las moléculas de agua. Existen varios tipos de respuesta de los materiales a la incidencia de las microondas. En el caso del agua, por ser molécula polar la rotación dipolo-dipolo ocasiona fricción molecular entre los átomos de hidrógeno, generando de esta forma el calentamiento de la misma (Ong et al, Porim Bulletin 35). Basados en estos conceptos, se realizaron ensayos comparativos de secado de mesocarpio en hornos microondas y hornos eléctricos, para lo cual fue necesario establecer en primera instancia, los parámetros requeridos en el horno microondas. Esta primera fase es necesaria cada vez que se quiere utilizar las microondas para secar diversos materiales, ya que cada uno posee diferentes propiedades dieléctricas, las cuales son las responsables de permitir que el material sea calentado por este tipo de onda.

Con este propósito se evaluó una técnica con un horno microondas doméstico, con las siguientes características técnicas: marca Goldstar, una fuente de Energía de 120 V (~), 60 Hz, con una potencia entregada de 800 W y Frecuencia de 2450 Hz. En dichos ensayos se evaluaron varios niveles de energía aplicada y tiempos de exposición, para lo cual se emplearon muestras de mesocarpio de frutos externos e internos. En las Figuras 1 y 2 se puede apreciar el comportamiento del mesocarpio durante el secado de cuatro muestras, para un nivel medio de potencia o nivel cinco. Estas curvas muestran como disminuye el peso de la muestra por evaporación del agua, encontrándose que luego de 10 minutos de secado su peso permanece constante. Esto significa que para ambos, mesocarpio externo e interno, el tiempo de secado en un horno microondas a potencia media es de 15 minutos, manteniendo un margen de seguridad por variaciones del equipo.

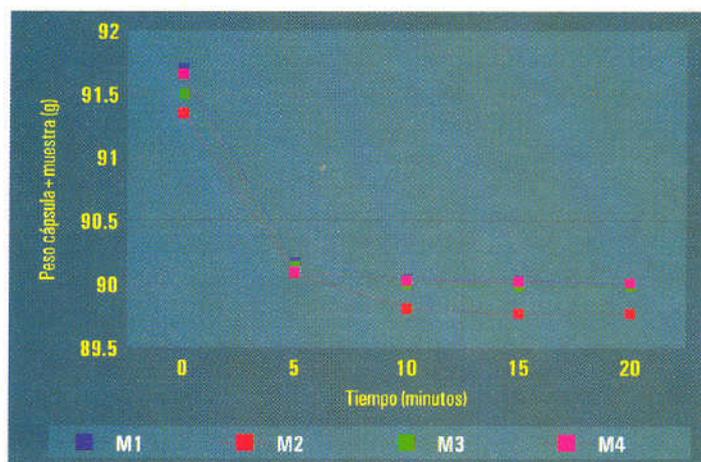


Figura 1. Comportamiento del secado de cuatro muestras (M) de mesocarpio de frutos externos, usando horno de microondas

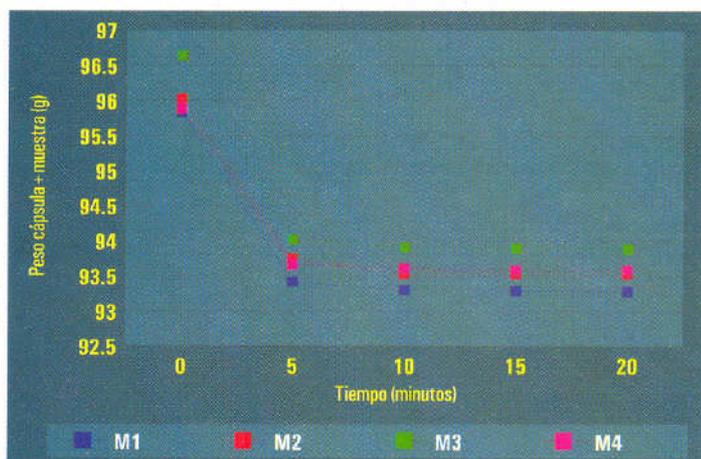


Figura 2. Comportamiento del secado de cuatro muestras (M) de mesocarpio de fruto interno, usando horno de microondas

Luego de establecer los parámetros de secado en el horno microondas, se procedió a realizar una comparación estadística, que permitiera corroborar que los resultados obtenidos por el horno microondas eran similares al horno convencional. La Tabla 1 presenta los promedios de humedad calculados para varias muestras en ambos tipos de hornos, donde se aprecia que al realizar una prueba de t, no existen

Tabla 1. Comparación resultados de secado en horno microondas y horno convencional por prueba de t

Variable	Promedio humedad	# datos	Desviación estándar	Error estándar
Frutos externos				
H. convencional	31.245	4	1.0617	0.5309
H. microondas	29.553	4	0.8685	0.4342
Significancia p= 0.3746				
Frutos internos				
H. convencional	50.154	4	0.8756	0.4378
H. microondas	47.090	4	2.2228	1.1114
Significancia p= 0.0801				

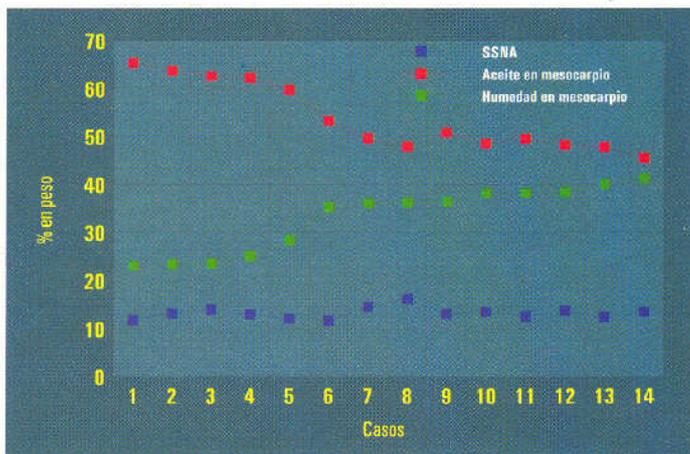


Figura 3. Relación entre los componentes del mesocarpio

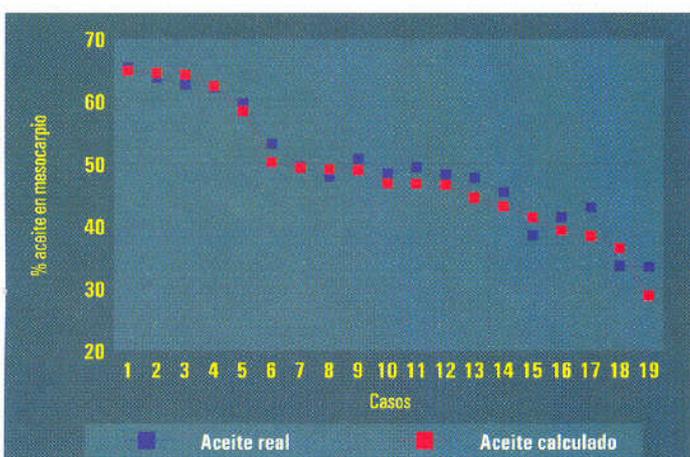


Figura 4. Ajuste entre los valores de aceite en mesocarpio obtenido por el modelo y por el método Soxhlet

## ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE ACEITE EN MESOCARPIO

El procedimiento de extracción de aceite por el método *soxhlet*, es un análisis bien conocido en los laboratorios de las plantas de beneficio de palma de aceite. Esta técnica tiene las desventajas de la duración del proceso y un alto consumo de solvente durante la extracción.

Con el propósito de buscar alternativas para estimar el contenido de aceite en mesocarpio, se estudiaron los componentes principales del mismo (agua, aceite y sólidos secos no aceitosos o ssna), determinando como se encuentran relacionados. Khalid 1996, estudió la relación entre las propiedades dieléctricas del mesocarpio y su contenido de aceite, determinando una relación matemática que permite estimar este último a partir de la capacidad dieléctrica del mesocarpio.

Estas propiedades son presentadas por materiales polares, que en el caso del mesocarpio están debidas básicamente al contenido de agua en el mismo.

La relación entre los componentes principales del mesocarpio se muestra en la Figura 3, donde se puede apreciar el comportamiento uniforme de los SSNA y por tanto la estrecha relación entre el agua y el aceite del mismo. Estos conceptos permitieron plantear un modelo matemático lineal entre el aceite y el agua del mesocarpio, basados en su relación proporcional inversa. Dicho modelo ha sido evaluado y validado en varias plantaciones del país, sin que se presenten variaciones considerables en la precisión de sus resultados.

Esta relación se presenta a continuación como un modelo lineal muy sencillo con solo una variable independiente, que para éste caso es el porcentaje de humedad del mesocarpio.

$$\text{Aceite/Mesocarpio fresco} = 82.3791 - (0.95005 \times \text{Humedad})$$

$$r^2 = 0.9377 \quad P = 0.0000$$

n = 604 Casos

En el modelo anterior se observa el buen grado de ajuste ( $r^2 = 0.9377$ ) de los datos estimados, el cual se puede apreciar gráficamente en la Figura 4, donde se presentan los valores de aceite en mesocarpio obtenidos por el método *Soxhlet* y los estimados por el modelo matemático.

Para la formulación del modelo, es conveniente realizar un mínimo de 28 análisis por grupo homogéneo de racimos (material, edad, etc.), utilizando el método *soxhlet* y posteriormente obtener un modelo propio para manejar las constantes particulares del material evaluado. Actualmente, Cenipalma continua realizando varias evaluaciones a nivel nacional del modelo matemático, para estudiar posibles variaciones del mismo. Adicionalmente, dentro de este proyecto se evalúa la representatividad de los muestreos en el análisis, cálculo del potencial de aceite en el racimo y métodos de muestreo de racimos en tolva, para conformar una herramienta integral de evaluación de la calidad del racimo a procesar.

## BIBLIOGRAFIA

GAN LIAN TIONG. 1998. Critical operational Challenges for Maximising Oil Extractions in Oil Palm. The Planter, K.L., 74 (870): 487-499.

BLAAK, G., SPARNAAIJ, L.L. and MENENDEZ, T. 1963. Breeding and inheritance in the oil palm *elaeis guineensis Jacq* Part II Methods of bunch quality analysis. J.W.Afr.Inst.Oil Palm Res., 4, 146.

LIM, K.H. and TOH, P.Y. 1985. The accuracy and precision of bunch analysis. Symposium impact of the pollinating weevil on the Malaysian oil palm industry. Kuala Lumpur, 21-22.

RAO, V. 1983. Occasional Paper No. 9. PORIM.

KHALID, ZAKARIA. 1996. Variación de las propiedades dieléctricas del mesocarpio de la palma de aceite con el contenido de humedad y la madurez del fruto a diferentes frecuencias.

DONG THEAN HUAT, Ab. GAPOR Md. TOP. Applications of microwave technologies and their potential assimilation in the palm oil industry. PORIM Bulletin 35.

diferencias significativas. Estos resultados soportan la validación del uso del horno microondas para el secado de mesocarpio del fruto.

### Procedimiento de secado en horno microondas

Con el propósito de optimizar el proceso de secado es recomendable despulpar el fruto en forma de rebanadas, de manera que la muestra de mesocarpio a secar, sea lo más fina posible para facilitar el proceso de calentamiento y evaporación del agua. El secado del mesocarpio debe iniciarse una vez se realice el despulpado, debido a que las pérdidas de humedad pueden alcanzar hasta un 18% en peso durante dos horas.

Se puede utilizar una cápsula de porcelana de 100 ml previamente lavada y seca. Se introduce la cápsula en el horno microondas y se seca a potencia máxima durante 2 min, tomando su peso al final del secado. A continuación se mezcla el mesocarpio obtenido previamente para tomar en forma representativa 10 gr, con precisión a la centésima de gramo, iniciando el secado de la muestra de acuerdo con los parámetros establecidos (15 min a potencia 5). Inmediatamente después del secado se registra el peso de la cápsula con la muestra en caliente (proceso recomendable en caso de no poseer un desecador), de lo contrario, se debe dejar enfriar la cápsula con la muestra en el desecador para registrar su peso.

## DESARROLLO DEL RACIMO Y FORMACIÓN DE ACEITE EN DIFERENTES ÉPOCAS DEL AÑO



En la zona Norte se registra una disminución generalizada en la tasa de extracción de aceite (TEA) en las plantas beneficiadoras de fruto de palma durante los meses de diciembre, enero y febrero. Hasta ahora, no se cuenta con una explicación de lo ocurrido, lo que induce a que se especule sobre las posibles causas que pueden afectar la disminución en la TEA. CENIPALMA inició estudios con el fin de determinar los factores que intervienen en el proceso de formación de aceite y composición física del racimo, teniendo en cuenta además los criterios de cosecha utilizados y la variabilidad del desprendimiento de frutos, según la época del año. El estudio se lleva cabo en la plantación Los Guayabos, localizada en el corregimiento de Tucurínca, de la Zona Bananera (Magdalena). Para el experimento se utilizó material comercial ASD Costa Rica, siembra 1987. Se marcaron inflorescencias en los meses de noviembre de 1998; enero, marzo, julio, septiembre, noviembre de 1999 y enero y marzo de 2000. En cada época se tomaron cuatro racimos, a partir de las doce semanas de desarrollo. Se les determinó la composición física y el contenido de aceite hasta las 23 semanas. Adicionalmente, se determinó el comportamiento en el desprendimiento de frutos, y al momento de la maduración, se realizaron cosechas según el número de frutos sueltos (1; 2 - 5; 6 - 10 y más de once frutos). El porcentaje de aceite por mesocarpio seco (Ac/Ms) en las épocas tempranas de desarrollo es insignificante, presentando un incremento repentino después de las 16 semanas, el cual se extiende en promedio hasta las 20 semanas. Para las semanas siguientes el incremento es casi nulo. En las cosechas según el número de frutos sueltos no hubo diferencias en el porcentaje de Ac/Ms, lo que indica que bajo circunstancias normales, la abscisión de cualquier fruto, representa la terminación de varios procesos de síntesis incluyendo a todos los frutos del racimo. Sin embargo, entre épocas se encuentran diferencias significativas, siendo los racimos cosechados en el mes de junio (marcados en enero - 99) los que presentaron los valores más altos de Ac/Ms. Las diferencias ocurridas se dieron como una respuesta a las condiciones ambientales.

Rodrigo Ruiz Romero, Ing. Agr.; Edgar Yáñez Angarita, Ing. Químico. Cenipalma, A.A. 079, Santa Marta, Colombia

## EXPERIENCIAS DE CLARIFICACIÓN DE MEZCLAS LÍQUIDAS EN OTRAS INDUSTRIAS

Desde los comienzos del siglo XX, la industria del petróleo comenzó a utilizar la acción de campos eléctricos para la separación de agua y solución salina del hidrocarburo, como un proceso, previo a cualquier otra operación, buscando prevenir la corrosión y deshidratar al máximo antes de entrar a destilaciones y craqueo, con las características de tener una separación rápida y eficiente. Los estudios que se hicieron condujeron a la patente de Cottrell y Speed de 1911, a la cual se refieren todavía hoy los investigadores y expertos de este tema. De ese entonces hasta ahora, los separadores electrostáticos también llamados electrocoalescedores han mantenido su vigencia e, inclusive han dado paso a su aplicación en otras industrias, con un mayor y mejor conocimiento de los mecanismos físicoquímicos involucrados en la electroseparación debidos a los desarrollos recientes en investigación y en la exploración en otras industrias.

La técnica de electroclarificación, tiene unos desarrollos en investigaciones recientes que la hacen de un interés extraordinario. No solo por su sencillez desde el punto de vista técnico, sino por los resultados de eficiencia en la separación de agua y en los cortos tiempos empleados en dicho proceso, comprobados al estudiar el aumento del diámetro del volumen medio de la gota (VMD) para mezclas en reposo y en movimiento. Esto se entiende, si se tiene en cuenta que la electroclarificación potencia la separación del agua y su aglutinamiento en gotas mayores en los momentos iniciales cuando el proceso es muy lento, permitiendo a continuación que la acción del campo gravitatorio manifieste su influencia con mayor rapidez.

La búsqueda del perfeccionamiento de esta técnica ha llevado a encontrar otros campos de aplicación como son los alimentos, en una doble aplicación, tanto para recuperación de productos deseables como para el tratamiento de aguas residuales, con la condición de presentar una complejidad muchísimo mayor en su composición química y una mayor labilidad que el petróleo o el aceite de palma. Teniendo en cuenta las similitudes que presenta el aceite de palma con otras, se vería altamente recomendable la aplicación de esta técnica en su procesamiento, con la seguridad de acercarnos cada día más al uso de nuevas tecnologías en nuestro sector industrial con los consiguientes beneficios que conllevan para la industria y para nuestra sociedad en general.

Ayuso E., Luque J., Zumaeta N. Ingeniería de producción agroindustrial. Facultad de ingeniería. Universidad de la Sabana. Chia, Colombia

Director  
**Pedro León Gómez Cuervo**  
Coordinación Editorial:  
**Oficina de Comunicaciones de Fedepalma**  
Diseño y Diagramación:  
**Bilma Camargo, Cenipalma**  
Impresión  
**Editorial Kimpres. Tel.: 2601680**  
Esta publicación contó con el apoyo del  
**Fondo de Fomento Palmero**