

Medición del potencial industrial de aceite en racimos de fruta fresca utilizando la metodología **masa que pasa al digestor (MPD)**

Paso a paso para su implementación en planta de beneficio



Programa de Procesamiento

Desarrollo de Competencias Laborales en la Agroindustria de la Palma de Aceite en Colombia

Kennyher Caballero Blanco
Mabel Ospina Gallo
Íngrid Liliana Cortés Barrero
Jesús Alberto García Núñez

Medición del potencial industrial de aceite en racimos de fruta fresca utilizando la metodología masa que pasa al digestor (MPD)

Publicación de la Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma, con el apoyo del Fondo de Fomento Palmero, administrado por Fedepalma.

Alexandre Patrick Cooman

Director General de Cenipalma

Hernán Mauricio Romero Angulo

Director de Investigación

Jorge Alonso Beltrán Giraldo

Director de Extensión

Juan Carlos Vélez Zape

Líder de Formación y Capacitación

Autores

Kennyher Caballero Blanco

Auxiliar de investigación

Mabel Ospina Gallo

Auxiliar de Investigación

Ingrid Liliana Cortés Barrero

Auxiliar de Investigación

Jesús Alberto García Núñez

Coordinador Programa de Procesamiento

Coordinación editorial

Yolanda Moreno Muñoz

Fotografías

Archivo fotográfico Cenipalma

Diseño y diagramación

Fredy Johan Espitia Ballesteros

Impresión

Estudio 45-8 S.A.S.

ISBN digital: 978-958-8360-88-1

ISBN impreso: 978-958-8360-90-4

Mayo de 2022

Cenipalma

Calle 98 No. 70-91, piso 14.

PBX: (57+601) 313 8600

Bogotá, D.C., Colombia

www.cenipalma.org

Contenido

Lista de abreviaturas	5
Presentación	7
Introducción	8
Unidad I	
Definiciones	11
Unidad II	
Potencial de aceite por MPD	15
Etapa 1. Componentes del racimo en planta de beneficio	18
Etapa 2. Contenido de aceite en frutos	23
Tasa de extracción de aceite estimada	25

Unidad III	
Implementación del MPD paso a paso	27
Recepción	30
Desfrutación	34
Laboratorio	43
Unidad IV	
Procedimientos matemáticos	53
Bibliografía	70
Anexos	72

Lista de abreviaturas

Ac/Fn	Aceite en los frutos normales (%)
Ac/Fpac	Aceite en los frutos partenocárpicos aceitosos (%)
Ac/Fpnac	Aceite en los frutos partenocárpicos no aceitosos (%)
Ac/Imp	Aceite impregnado en las impurezas (%)
Ac/MPD	Aceite en MPD (%)
Ac/MPD_{Fn}	Aceite en MPD de los frutos normales (%)
Ac/MPD_{Fpac}	Aceite en MPD de los frutos partenocárpicos aceitosos (%)
Ac/MPD_{Fpnac}	Aceite en MPD de los frutos partenocárpicos no aceitosos (%)
Ac/MPD_{Imp}	Aceite en MPD de las impurezas (%)
Ac/RFF_{MPD}	Aceite en el racimo por MPD (%)
AMFFn	Aceite en el mesocarpio fresco de los frutos normales (%)
AMFFpnac	Aceite en el mesocarpio fresco de los frutos partenocárpicos no aceitosos (%)
AMSFn	Aceite en el mesocarpio seco de los frutos normales (%)
AMSFpac	Aceite en el mesocarpio seco de los frutos partenocárpicos aceitosos (%)
AMSFpnac	Aceite en el mesocarpio seco de los frutos partenocárpicos no aceitosos (%)

AcImpS	Aceite impregnado en las impurezas secas (%)
Fn/MPD	Frutos normales en MPD (%)
Fn/RFF	Frutos normales en el racimo (%)
Fpac/MPD	Frutos partenocárpicos aceitosos en MPD (%)
Fpac/RFF	Frutos partenocárpicos aceitosos en el racimo (%)
Fpnac/MPD	Frutos partenocárpicos no aceitosos en MPD (%)
Fpnac/RFF	Frutos partenocárpicos no aceitosos en el racimo (%)
HFpac	Humedad en los frutos partenocárpicos aceitosos (%)
HFpnac	Humedad en los frutos partenocárpicos no aceitosos (%)
HImp	Humedad en las impurezas (%)
HFn	Humedad en los frutos normales (%)
Imp/MPD	Impurezas en MPD (%)
Imp/RFF	Impurezas en el racimo (%)
MFn	Mesocarpio en el fruto normal (%)
MPD/RFF	MPD en el racimo (%)
Ph	Pérdida de humedad del racimo en la esterilización (%)
PhRFF	Pérdida de humedad en el racimo (%)
Tusa/RFF	Tusa en el racimo (%)

Presentación

Unos de los principales mecanismos para identificar las oportunidades de mejora en la agroindustria de la palma de aceite, es la caracterización de la materia prima y el análisis de la incidencia que esta pueda tener sobre el desempeño del proceso de extracción de aceite. Por esta razón, la Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma, ha venido trabajando en el desarrollo de nuevas metodologías o adaptación de las existentes, para facilitar su implementación en las plantaciones y plantas de beneficio. Al hacerlas más sencillas, rápidas y flexibles, se obtienen resultados más cercanos a la realidad para la toma de decisiones.

La presente cartilla tiene como objetivo, dar a conocer la metodología para la medición del potencial de aceite denominada masa que pasa al digestor (MPD), la cual se ajusta a cualquier clase de racimos (*E. guineensis* e híbridos O×G), para la determinación tanto del potencial como de la composición física, y puede ser utilizada por las plantas de beneficio que empleen un proceso de extracción convencional. Se basa en la caracterización de frutos esterilizados, tomados entre el trayecto que comprende la salida del tambor desfrutador y la entrada a los digestores. Esta metodología ha sido probada industrialmente en las zonas Oriental y Suroccidental, y permite a las plantas de beneficio categorizar diferentes proveedores, con la capacidad técnica para establecer las características de los racimos y frutos que se cosechan y se procesan, y afrontar y resolver de manera eficiente los factores que pueden afectar el rendimiento en la producción de aceite.

Alexandre Patrick Cooman
Director General
Cenipalma

Introducción

Una de las grandes limitantes en la agroindustria palmera colombiana es el escaso control que existe sobre la calidad de la materia prima (racimos de fruta fresca, RFF) que ingresa a las plantas de beneficio. Esto conlleva a que la información generada a partir de RFF procesados, no sea suficiente para explicar su impacto en el desempeño del proceso de extracción de aceite (tasa de extracción de aceite, TEA). Por ello, el Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma, ha desarrollado y/o adaptado metodologías que permiten la caracterización física de los racimos (*fruit set*, mesocarpio a fruto, aceite a racimo, etc.) y química de sus aceites (perfil de ácidos grasos, vitaminas, contaminantes, etc.), entre las que destacan el análisis de racimo convencional y su metodología alterna (Prada & Romero, 2012; Yáñez *et al.*, 2000), y el sistema de medición de caudal de aceite con vertedero con y sin automatización (Nieto *et al.*, 2011; De Hart & Meneses, 2019). Sin embargo, a pesar de las mejoras que se han realizado en los últimos años a los procedimientos existentes, como la adaptación de la resonancia magnética nuclear (NMR, por su sigla en inglés) para reducir los tiempos de respuesta y sustituir la extracción por solvente (método Soxhlet) (Flores *et al.*, 2019), aún se requiere una metodología sencilla, rápida y flexible con la que se obtengan resultados representativos, con poca demanda de recursos físicos, humanos y tecnológicos, que a su vez sea tan versátil que pueda aplicarse a cualquier clase de racimo, independiente del cultivar de origen (híbrido interespecífico OxG o *E. guineensis*), sin la necesidad de hacer cambios en su estructura metodológica.

Por ello, el objetivo de esta cartilla es desarrollar detalladamente el análisis MPD (masa que pasa al digestor) como una metodología de fácil ejecución, que puede ser ampliamente utilizada por las plantas de beneficio y las plantaciones, para contribuir con la trazabilidad del proceso y caracterizar los racimos cosechados y procesados. La MPD se basa en tomar muestras de la masa de frutos esterilizados, en el trayecto entre la salida del tambor desfrutador y la entrada al digestor; para caracterizarlos físicamente, obtener información relevante sobre la composición del racimo y de sus frutos (mesocarpio a fruto, aceite a mesocarpio, almendra a fruto, etc.), y así cuantificar el potencial de aceite (Mathews *et al.*, 2004; Rincón *et al.*, 2013). La información que proporciona el análisis MPD permite correlacionar la incidencia de múltiples aspectos que afectan positiva o negativamente dicho potencial,

que se refleja al final en la TEA de las plantas de beneficio, como por ejemplo, factores edafoclimáticos, el estado fitosanitario de las palmas, el riego, la clase de polinización empleada (polen y/o ácido 1-naftalenacético, ANA), etc. (Ayala & Romero, 2019; Acevedo *et al.*, 2000).

La MPD es una metodología que se desarrolló en Malasia en 1992, implementada por la empresa Golden Hope, con la que se demostró que el descenso en un punto porcentual de la TEA, para ese año de producción, se explicaba por una disminución del porcentaje de mesocarpio sobre fruto normal a MPD, reducción en el contenido de aceite a MPD e incremento en el porcentaje de impurezas en el mismo componente (Chong & Shawaluddin, 1993). Para el 2003, la MPD fue aplicada por primera vez en Colombia, por las plantas de beneficio Agroince Ltda. y Cía S.C.A. e Inversora La Paz S.A., como método para determinar el potencial de aceite y su relación con la TEA (Cadena, 2004; Coronado, 2003). La adopción de esta metodología en el gremio se dificultó debido a los inconvenientes logísticos que representaba el cálculo de la pérdida de humedad de los racimos, lo que obligaba a pesar las vagonetas con fruto a la entrada y salida de la esterilización, para obtener valores confiables. En la actualidad, las investigaciones realizadas por Cenipalma (Caballero *et al.*, 2019) han permitido corregir esta limitante, con una metodología más práctica y de fácil uso. La principal ventaja de la MPD se presenta desde la óptica del muestreo, ya que con poco esfuerzo físico y recurso humano, es posible evaluar diferentes volúmenes de RFF que pueden ir desde un racimo hasta un *batch*¹ compuesto por cientos de racimos. Por ejemplo, para analizar la carga de un camión que llega a una planta con 10 t de RFF, la MPD considera muestras de frutos de todos los racimos que conforman el *batch* de análisis, lo que se facilita dado el desgrane mecánico al que son sometidos todos los racimos en el tambor desfrutador. Así se garantiza la homogenización, se reducen sesgos y se obtiene información confiable para la toma de decisiones (Caballero *et al.*, 2019; Durán *et al.*, 2004).

Como resultado de lo anterior, el potencial de aceite obtenido por MPD es mucho más cercano a la TEA (para comparar estos valores, las pérdidas de aceite generadas por efluentes, fibras y nuez, se tienen que descontar del potencial de aceite por MPD y deben sumarse las pérdidas por condensados²). En este sentido, estudios previos (Caballero *et al.*, 2019) demuestran que las diferencias encontradas entre estos dos parámetros no superan el punto porcentual, en comparación con las metodologías convencionales con las

1 El termino *batch* o lote hace referencia al peso de racimos de fruta fresca correspondiente a la capacidad de transporte de un camión.

2 La pérdida de aceite por condensados se suma cuando la planta de beneficio los emplea como agente de dilución. Si se envían al STAR, estos no se tienen en cuenta en el balance.

que se pueden registrar hasta cinco puntos porcentuales (García, 2017). Por último, la metodología puede ser implementada como herramienta que oriente la negociación para la compra de racimos de fruta fresca en función de su contenido de aceite.

La primera unidad de esta cartilla se enfoca en dar a conocer las definiciones de los conceptos utilizados en la metodología MPD para el análisis de racimos de *E. guineensis* e híbridos O×G. En la segunda, se explica el saber de la metodología, es decir, los fundamentos matemáticos basados en los balances de masa utilizados en las etapas de proceso, y las ecuaciones empleadas para su solución. La tercera describe el hacer, se muestra el paso a paso para implementar la metodología en la planta: el análisis de los tiempos de muestreo, la selección del punto de muestreo, el cálculo de la pérdida de humedad y el tamaño de la muestra. La cuarta y última unidad expone, a través de un ejemplo, los procedimientos matemáticos para obtener los resultados de los componentes del racimo y sus frutos, al igual que la información que genera la MPD para cada uno de los componentes que conforman el racimo.



UNIDAD

I

Definiciones



MPD

La masa que pasa al digestor o MPD, hace referencia a la masa de fruta suelta esterilizada aceitosa que sale del tambor desfrutador y que se dirige al digestor. Está compuesta por frutos normales, partenocárpicos aceitosos, partenocárpicos no aceitosos e impurezas.

Frutos normales esterilizados de *E. guineensis*



Frutos partenocárpicos aceitosos esterilizados de *E. guineensis*



Fotos: Mayra Rojas Vergara

Frutos normales
aceitosos esterilizados



Frutos partenocárpicos
aceitosos esterilizados



Frutos partenocárpicos
no aceitosos esterilizados



Impureza



Frutos normales esterilizados

Esta denominación se refiere a aquellos frutos que forman semillas, es decir, contienen nuez y en ella cuesco y almendra. De acuerdo a la posición sobre la raquilla, pueden ser internos o externos (Forero *et al.*, 2012).

Frutos partenocárpicos aceitosos esterilizados

Estos frutos son producto del desarrollo de las paredes del ovario sin fecundación, no presentan semilla, y por tanto no tienen cuesco ni almendra. Son de menor tamaño que los frutos normales (Forero *et al.*, 2012).

Frutos partenocárpicos no aceitosos esterilizados

Se encuentran en el basal de la raquila y, al igual que los frutos partenocárpicos aceitosos, se forman del desarrollo del ovario sin fecundar y no presentan semilla. Son de menor tamaño que los frutos normales, de coloración blanca y no contienen aceite antes de su esterilización (Forero et al., 2012).

Impurezas esterilizadas

En la MPD se considera como impureza las brácteas pedunculares, las laminillas vegetales que cubren la base del fruto sobre la raquila, las tusas, las espigas y otros materiales extraños no oleaginosos.

Frutos partenocárpicos no aceitosos de *E. guineensis*



Foto: Jhon Ulloa Acosta

Impurezas esterilizadas de *E. guineensis*



Foto: Mayra Rojas Vergara



UNIDAD

||

Potencial de aceite
por MPD



El potencial de aceite por MPD se divide en dos etapas principales. La primera consiste en la evaluación de los componentes del racimo, labor que se desarrolla en la planta de beneficio; y la segunda, en la cuantificación del contenido de aceite de los frutos, actividad ejecutada en el laboratorio. Para determinarlo es necesario dividir el proceso de extracción en fases unitarias, haciendo énfasis en aquellas en donde se desarrolla la metodología, y de esta manera poder plantear los balances de masa. La Figura 1 muestra el esquema generalizado de las etapas en una planta de beneficio que extrae aceite de palma crudo (APC) y almendras. En este se destacan las primeras cuatro: recepción, esterilización, volteo y desfrutación, en las que se centran los fundamentos metodológicos y conceptuales de la MPD.

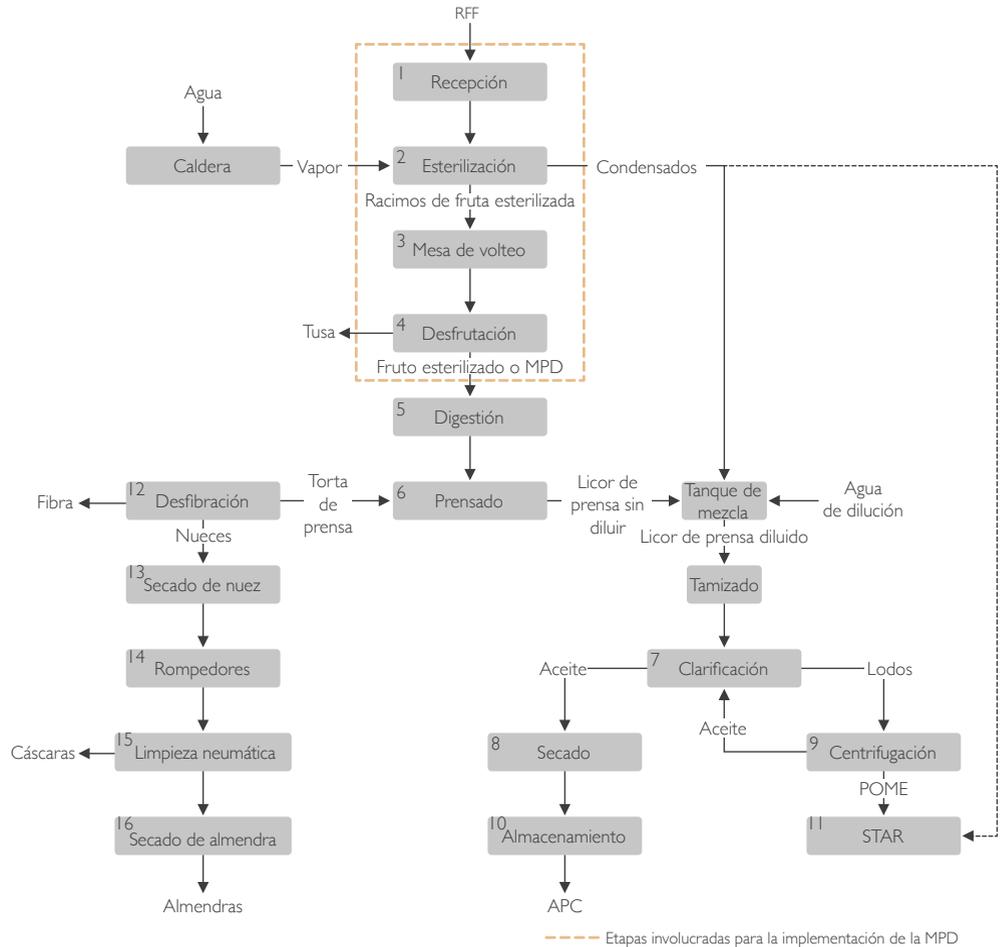


Figura 1. Esquema general del proceso de extracción de aceite de palma crudo y almendras

Etapa I. Componentes del racimo en planta de beneficio

Recepción

Constituye el punto de partida de la metodología MPD. Los RFF de análisis ingresan transportados por camiones o contenedores que provienen del campo, producto de la cosecha. Luego, son depositados en la tolva de la planta de beneficio para ser evaluados en torno a su madurez (maduro, verde, sobremaduro y podrido) y conformación, según el tipo de cultivar (*E. guineensis* e híbrido OxG) (Cala *et al.*, 2011). Esta evaluación es una guía útil para relacionar la calidad de los racimos con el potencial de aceite que se obtendrá de los mismos al final del proceso. Durante el análisis se debe registrar información sobre los proveedores de fruto, que permita su caracterización y trazabilidad, por ejemplo tipo de cultivar, año de siembra, lote, etc. (Anexo I).

En la recepción, los racimos son acondicionados en vagonetas para ser conducidos a la etapa de esterilización, sin sufrir transformaciones físicas (Figura 2).



Figura 2. Etapa de recepción: a) descargue; b) calificación; c) acondicionamiento de los racimos en vagonetas

Esterilización

Los racimos dispuestos en la tolva, compuestos por tusas, frutos y humedad, una vez esterilizados cambian sus condiciones físicas. Al entrar en contacto con el vapor saturado dentro del esterilizador, se produce una pérdida parcial de su humedad inicial. La Figura 3 muestra la diferencia en la altura de la pila de racimos en una vagoneta, antes y después de ser esterilizados. La pérdida de humedad afecta el proceso de desfrutación, facilitando la separación mecánica de los frutos de su soporte natural (espigas) por el ablandamiento de la unión entre ellos. Su cuantificación, que se describe en el capítulo siguiente, es fundamental para calcular el potencial de aceite a través de la metodología MPD.

Otros de los objetivos de la esterilización son:

- Inactivar la lipasa
- Ablandar los tejidos del mesocarpio
- Deshidratar parcialmente las almendras contenidas en las nueces para facilitar su recuperación en la palmistería
- Coagular las proteínas
- Hidrolizar y descomponer el material mucilaginoso (gomas)



Figura 3. Reducción de altura de las pilas de racimos, debido a la pérdida de humedad por el proceso de esterilización; a) racimos de fruta fresca; b) racimos de fruta esterilizados

El condensado que se genera en esta etapa puede ser utilizado para diluir el licor de prensa en la clarificación o ser enviado hacia el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR) (Figura 1). La disposición final debe tenerse en cuenta cuando se desee comparar el potencial de aceite por MPD con la TEA. Si se emplea como agente de dilución, es preciso considerar la pérdida de aceite que genera para sumarla a la MPD. Si se envía al STAR, esta pérdida no tendrá ningún efecto en la TEA. Por lo tanto, la pérdida de aceite presente en los condensados de esterilización, no se debe sumar ni restar al potencial de aceite por MPD.

Para determinar el potencial de aceite por la MPD, es fundamental cuantificar la pérdida de humedad de los racimos durante la esterilización, por lo tanto, la metodología descrita en esta cartilla solo es aplicable cuando se utiliza la esterilización horizontal.

Mesa de volteo

Durante esta etapa, las vagonetas cargadas de racimos esterilizados son conducidas a un tambor de volteo para vaciar su contenido a un transportador que los dirige al desfrutador. La operación se realiza mediante pequeñas paradas, con el fin de reducir la impregnación de aceite en las tusas y alimentar el equipo de manera homogénea.

Como parte fundamental de la metodología, es necesario determinar el tiempo promedio de volteo de las vagonetas, definido como el transcurrido desde el embarque en el tambor de volteo hasta su descarga total. Esta medición se requiere para establecer el tiempo total de muestreo, que inicia en la recepción y termina con la desfrutación.

Desfrutación

Es la etapa final de la metodología en la planta de beneficio. El desprendimiento de los frutos es el resultado de un proceso mecánico generado al interior de un tambor, que propicia la rotación y posterior impacto de los racimos. La masa de frutos sueltos esterilizados o MPD obtenida, es conducida a través de elevadores de cangilones y/o sinfines hacia los digestores, pasando por

el punto de muestreo que se ubica en el trayecto de estas dos fases. Mientras, por otro lado, se transportan las tusas a través de bandas y se depositan en contenedores o camiones para su posterior traslado a campo u otros procesos de transformación (Ramírez et al., 2015). En esta etapa se obtienen dos flujos másicos de salida: MPD y tusas (Figura 1).

Para hallar el potencial de aceite por MPD, se requiere calcular dos variables: la cantidad de masa aceitosa de los racimos después de su esterilización (MPD/RFF) y el contenido de aceite que aporta la masa esterilizada (Ac/MPD), es decir:

$$\frac{Ac}{RFF_{MPD}} (\%) = \frac{\frac{MPD}{RFF} (\%) \times \frac{Ac}{MPD} (\%)}{100} \quad \text{[Ecuación 1]}$$

Donde:

Ac/RFF_{MPD} : porcentaje de aceite en el racimo por MPD

MPD/RFF : porcentaje de MPD o frutos sueltos esterilizados

Ac/MPD : porcentaje de aceite de la masa de frutos esterilizados a MPD

Se advierte que cuantificar la masa de MPD a la salida del tambor desfrutador (MPD/RFF), no es una labor fácil. Sin embargo, si partimos de la premisa antes mencionada, en la que un racimo está compuesto por frutos o MPD, tusa y humedad, es posible definir la MPD con base en las variables anteriores. Matemáticamente, se expresa como:

$$RFF (kg) = tusa (kg) + MPD (kg) + Ph (kg) \quad \text{[Ecuación 2]}$$

Donde:

Ph : pérdida de humedad del racimo en la esterilización

MPD : masa de frutos sueltos esterilizados

Con base en la anterior ecuación se deduce que:

$$MPD \text{ (kg)} = RFF \text{ (kg)} - tusa \text{ (kg)} - Ph \text{ (kg)} \quad \text{[Ecuación 3]}$$

Al dividir la Ecuación 3 por RFF, se encuentra la relación que existe entre la MPD, la tusa y la pérdida de humedad, es decir:

$$\frac{MPD}{RFF} \text{ (\%)} = 100 \text{ (\%)} - \frac{Ph}{RFF} \text{ (\%)} - \frac{tusa}{RFF} \text{ (\%)} \quad \text{[Ecuación 4]}$$

Donde:

$\frac{Ph}{RFF}$: porcentaje de pérdida de humedad a racimo

$\frac{tusa}{RFF}$: porcentaje de tusa a racimo

La importancia de la Ecuación 4 radica en que la relación tusa/RFF es un valor típico medido diariamente por las plantas de beneficio, que junto al de la pérdida de humedad (Ph/RFF), calculada en la etapa de esterilización, puede dar solución a la primera variable del potencial de aceite por MPD de la Ecuación 1.

Se recomienda no asumir como constante ninguna de las variables de las ecuaciones anteriores (como por ejemplo cantidad de tusas y pérdida de humedad), debido a que cada cambio en estas afecta la calidad en los resultados obtenidos y posteriormente la toma de decisiones.

Etapa 2. Contenido de aceite en frutos

Laboratorio

Una vez tomada la muestra de MPD, se lleva al laboratorio para determinar la cantidad de aceite que aporta cada componente que la conforma, es decir, frutos normales (Fn), frutos partenocárpicos (Fpac), frutos partenocárpicos no aceitosos (Fpnac) e impurezas (Imp). En esta etapa, el mesocarpio de los frutos y las impurezas se separan en pequeñas fracciones. El contenido de aceite de las fracciones se determina realizando una extracción con solvente en un sistema Soxhlet.

De esta manera, el aceite a MPD (Ac/MPD) se expresa como:

$$\frac{Ac}{MPD} (\%) = \frac{Ac}{MPD_{Fn}} (\%) + \frac{Ac}{MPD_{Fpac}} (\%) + \frac{Ac}{MPD_{Fpnac}} (\%) + \frac{Ac}{MPD_{Imp}} (\%) \quad \text{[Ecuación 5]}$$

Donde

$\frac{Ac}{MPD_{Fn}}$: porcentaje de aceite de los frutos normales esterilizados a MPD

$\frac{Ac}{MPD_{Fpac}}$: porcentaje de aceite de los frutos partenocárpicos aceitosos esterilizados a MPD

$\frac{Ac}{MPD_{Fpnac}}$: porcentaje de aceite de los frutos partenocárpicos no aceitosos esterilizados a MPD

$\frac{Ac}{MPD_{Imp}}$: porcentaje de aceite impregnado de las impurezas esterilizadas a MPD

La determinación del porcentaje de aceite de cada componente está dada por:

$$\frac{Ac}{MPD_K} (\%) = \frac{\frac{Ac}{K} (\%) * \frac{K}{MPD} (\%)}{100} \quad \text{[Ecuación 6]}$$

Donde:

K: es el subíndice que hace referencia a cualquier componente de MPD (Fn, Fpac, Fpnac e Imp).

$\frac{Ac}{MPD_K}$: porcentaje de aceite del componente K a MPD

$\frac{Ac}{K}$: porcentaje de aceite en el componente K

$\frac{K}{MPD}$: porcentaje del componente K a MPD

Aprovechando la Ecuación 5, es posible encontrar la solución a la segunda variable del potencial de aceite (el contenido de aceite que tiene los frutos) de la Ecuación 1.

La combinación de las ecuaciones 4 y 5 permite hallar el potencial de aceite por MPD.

Tasa de extracción de aceite estimada

El potencial de aceite y la tasa de extracción de aceite (TEA), aunque se expresan en las mismas unidades (Ac/RFF) y están relacionadas, son conceptualmente diferentes. La primera hace referencia a la máxima cantidad de aceite que tienen los racimos, según su estado de madurez. La segunda es la porción de aceite que se puede extraer a esos racimos, como resultado de su procesamiento. Por ello, cuando la planta de beneficio busca comparar el potencial de aceite de un proveedor por MPD con la TEA (este valor será una estimación, ya que no representa la TEA de un día de producción), debe tener en cuenta que durante el procesamiento se presentan pérdidas en las diferentes etapas, asociadas a los subproductos del proceso de extracción: tusas, frutos adheridos, fibras, nueces, condensados de esterilización y efluentes (POME, por su sigla en inglés), que se vinculan con la TEA. Debido a que no todas las anteriores pérdidas de aceite se relacionan directamente con la MPD, como por ejemplo las tusas, donde su relación es de forma indirecta con el potencial de aceite estimado con la metodología porque la pérdida de aceite ocurre antes del muestreo de la MPD, por tanto, la siguiente expresión es utilizada para comparar la TEA y la MPD:

$$\text{TEA}_{\text{estimada}} = \text{potencial de aceite por MPD} + \text{pérdidas en condensados} \\ - \text{pérdidas en fibras} - \text{pérdidas en efluentes} - \text{pérdidas en nuez} \quad [\text{Ecuación 7}]$$

Recuerde que la pérdida en los condensados solo tiene efecto cuando se emplea como agente de dilución.

Por último, se aclara nuevamente que la metodología MPD no estima la TEA de un día de producción de la planta de beneficio. Este ejercicio solo es válido cuando se ajustan las condiciones del proceso para calcular la TEA para un *batch* de RFF de un proveedor.

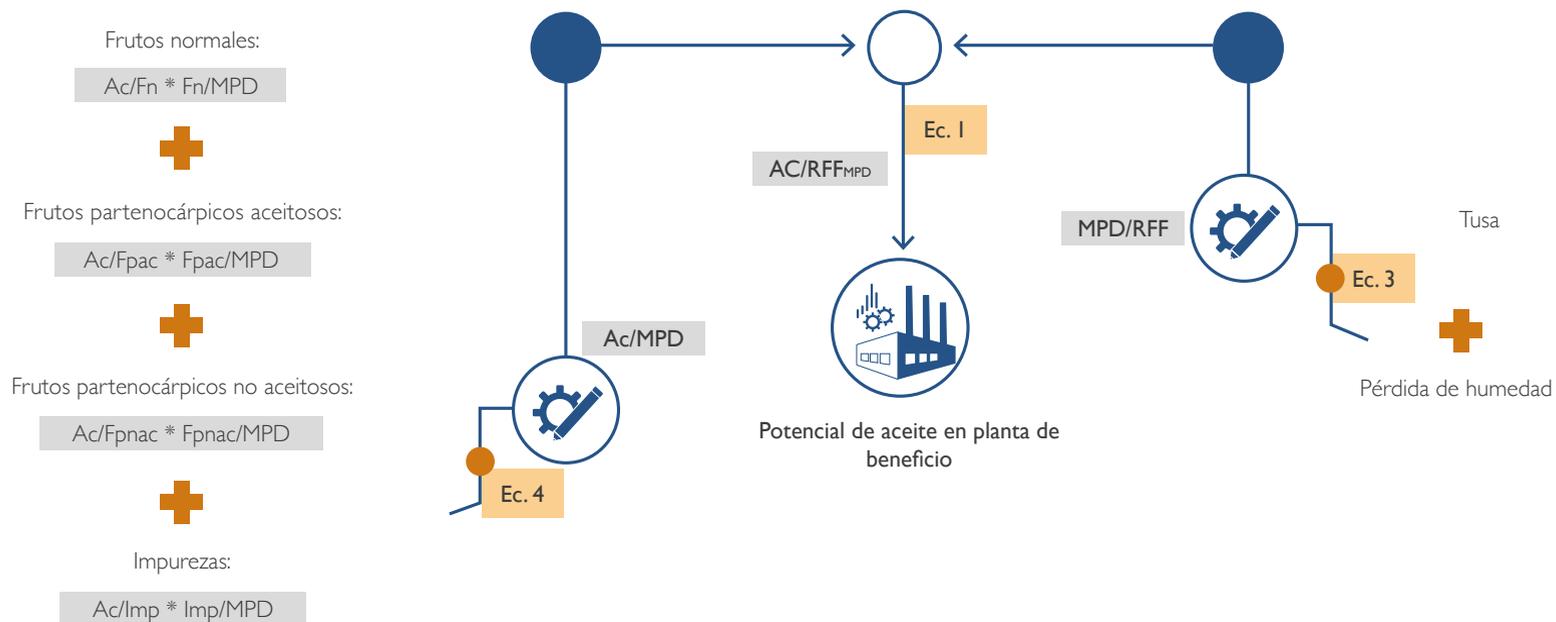


Figura 4. Descripción gráfica de la solución del potencial de aceite por MPD en planta de beneficio, basado en sus fundamentos teóricos



UNIDAD

III

Implementación del MPD
paso a paso



En la Unidad II se describió el saber de la MPD y la información necesaria para comprender los fundamentos conceptuales, es decir, el porqué de la metodología. Esta sección se dedica al hacer; explicando el paso a paso que se debe llevar a cabo para implementarla en la planta, lo que permite analizar un *batch* de RFF. El diagrama de flujo de la Figura 5, muestra la estructura que se desarrollará en esta unidad.

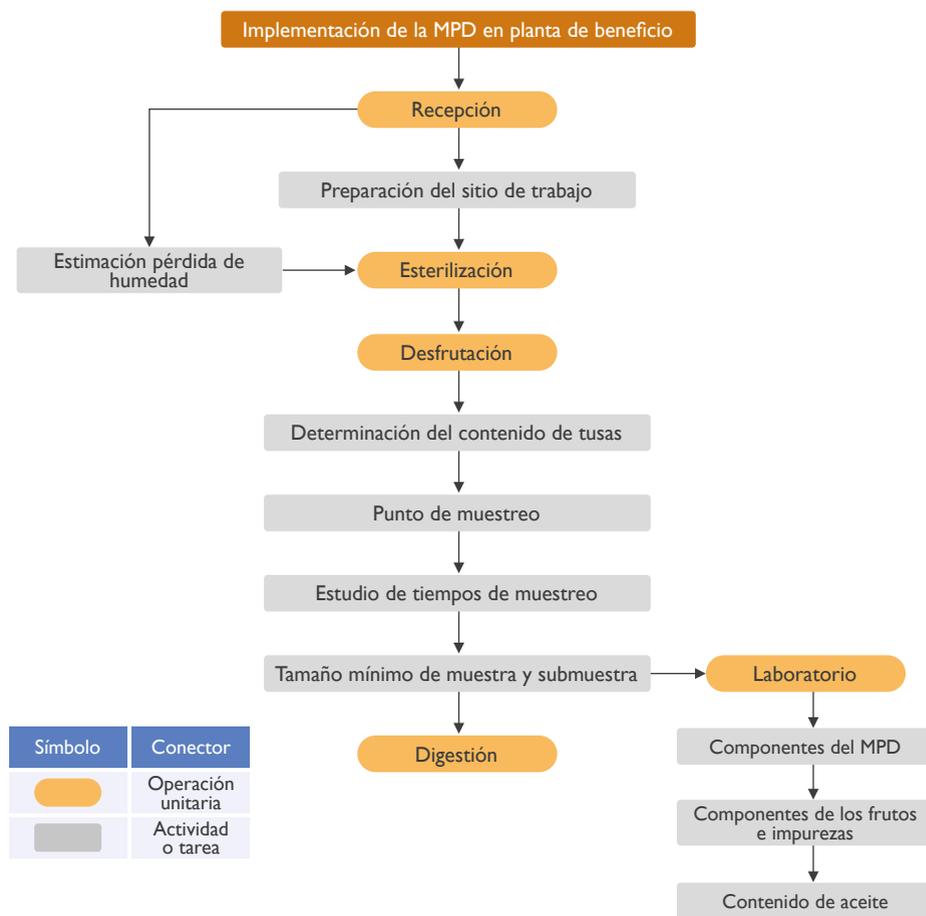


Figura 5. Representación esquemática de la estructura metodológica a desarrollar para la implementación de la MPD en planta de beneficio

Recepción

Preparación del sitio de trabajo

Para garantizar la trazabilidad de la determinación del potencial de aceite contenido en los RFF, el *batch* de racimos a evaluar se debe organizar en la tolva, evitando que se mezcle con racimos de otros proveedores. Con esta medida, se reducen las variaciones externas que puedan comprometer la confiabilidad de los resultados. Igualmente, las vagonetas que reciben los racimos para su posterior esterilización, tienen que estar rotuladas. Luego de llenarlas se debe estimar su peso promedio (Ecuación 8).

$$\text{Peso promedio de la vagoneta con fruto (kg)} = \frac{\text{Peso de los racimos del batch (kg)}}{\text{Número de vagonetas}} \quad (\text{Ecuación 8})$$



La Figura 6 muestra el paso a paso.

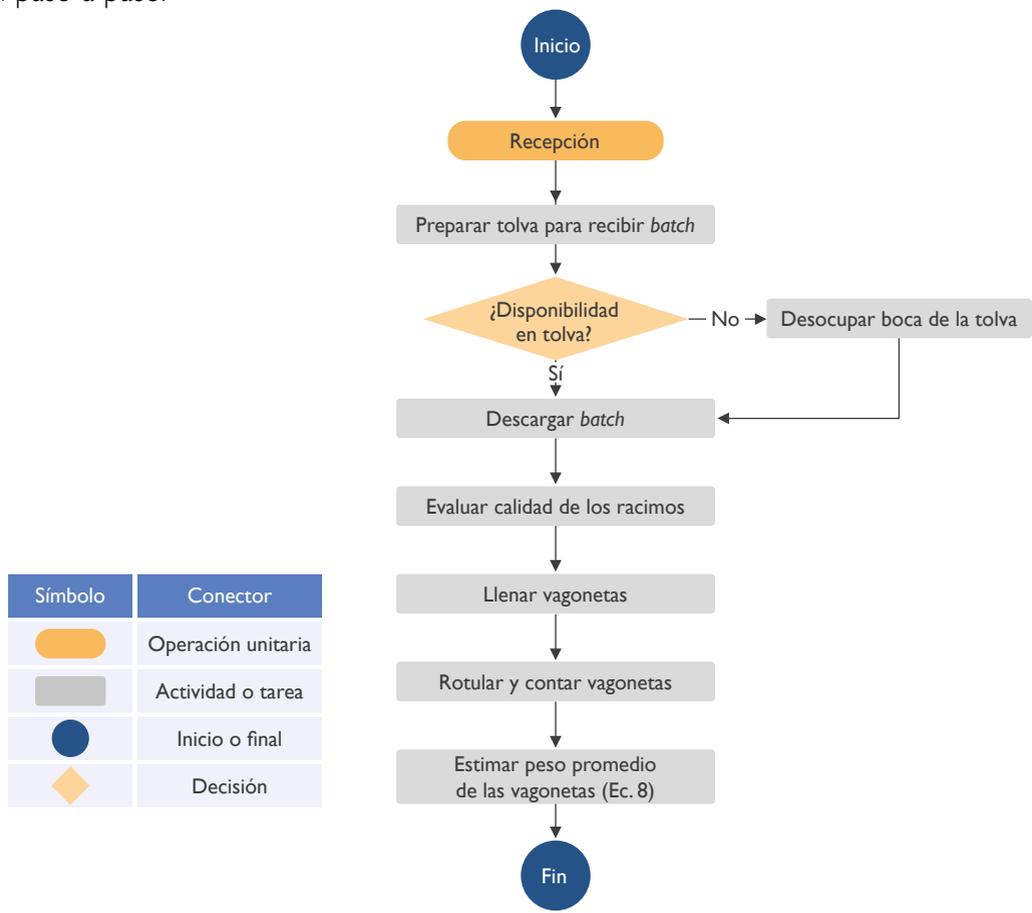


Figura 6. Representación esquemática del paso a paso a desarrollar en la recepción para la implementación de la MPD

Estimación de la pérdida de humedad

Con los racimos organizados en la tolva, se procede a determinar la pérdida de humedad (Ph), definida como la diferencia en el peso de 10 racimos antes y después de ser sometidos al proceso de esterilización. Estos se eligen aleatoriamente en la tolva, utilizando algún elemento que elimine el sesgo, como por ejemplo el método de la cuerda (Prada & Romero, 2012; García & Yáñez, 2000). Los racimos seleccionados, deben ser pesados¹ y distribuidos en la parte superior de una o de todas las vagonetas que conforman el *batch* de análisis (Figura 7). Una vez esterilizados, se pesan nuevamente para calcular el porcentaje de pérdida de humedad (Ph/RFF).

$$Ph/RFF (\%) = \frac{\text{Peso de racimos frescos (kg)} - \text{Peso de racimos cocidos (kg)}}{\text{Peso de racimos frescos (kg)}} \times 100 (\%) \quad \text{[Ecuación 9]}$$

Recuerde que la cantidad mínima requerida para determinar la pérdida de humedad en la esterilización (Ph) es de 10 racimos; si se desea utilizar una mayor cantidad de racimos, esto no afectará los resultados.

¹ En el pesaje de los racimos se utilizan lonas de polipropileno enmalladas, para evitar retenciones de humedad.



Figura 7. Pesaje y distribución de los racimos para determinar la pérdida de humedad (Ph)

Desfrutación

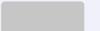
Determinación del contenido de tusa

El registro del peso de las tusas del *batch* se facilita debido a que la totalidad de este subproducto es medido por las plantas de beneficio. Para su cuantificación es necesario contar con recipientes del tamaño adecuado, como contenedores o zorras (Figura 8), que permitan establecer su peso en la báscula. El porcentaje se determina relacionando el peso de las tusas obtenidas con el peso de RFF del *batch* evaluado. La Figura 9 muestra el resumen del paso a paso.

$$Tusa/RFF (\%) = \frac{\text{Peso de las tusas (kg)}}{\text{Peso de los racimos del batch (kg)}} \times 100 (\%) \quad \text{[Ecuación 10]}$$



Figura 8. Vehículo dispuesto para determinar el peso de las tusas

Símbolo	Conector
	Operación unitaria
	Actividad o tarea
	Inicio o final
	Actividad de control

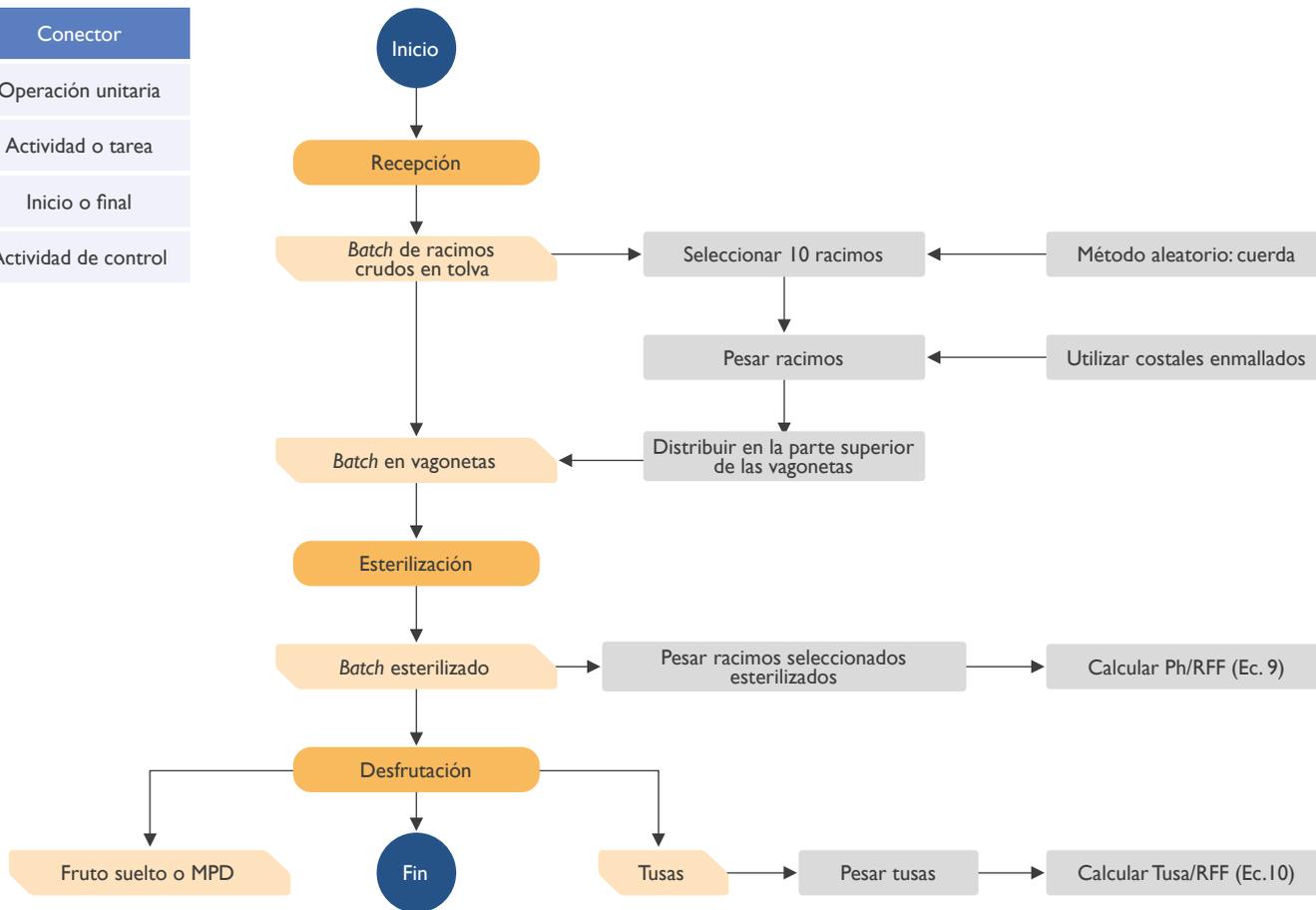


Figura 9. Representación esquemática del paso a paso para determinar la pérdida de humedad y el contenido de tusa, para la implementación de la MPD en la planta de beneficio

Punto de muestreo

Para tomar las muestras de la MPD, el punto de muestreo debe estar localizado en el trayecto definido entre la salida del tambor desfrutador y la alimentación a los digestores. Para su ubicación se deben tener en cuenta las siguientes características:

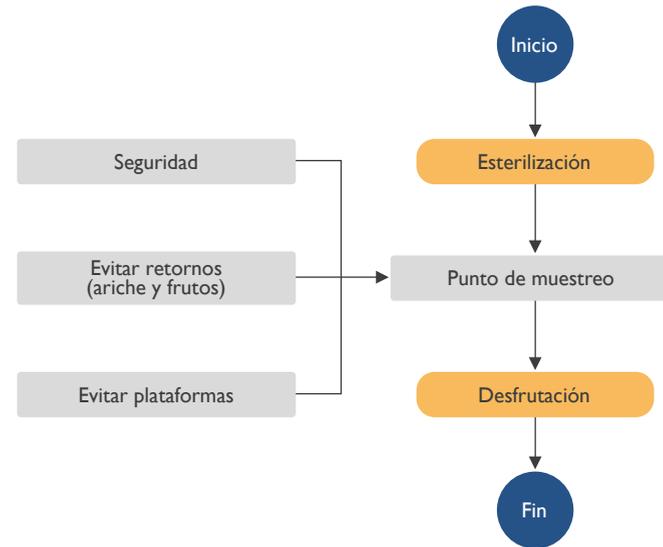
- **Accesibilidad.** Es preferible que esté a un metro sobre el suelo (evitando hacerlo sobre plataformas), y en zonas amplias para facilitar la manipulación, cuarteo, pesaje de la muestra, así como la utilización de elementos de laboratorio como balanzas, recipientes, etc.
- **Representatividad.** El punto debe considerar las características generales de la MPD, evitando el retorno de frutos del llenado de digestores y/o el ariche (residuo aceitoso compuesto por fibras), que proviene del tamiz del licor de prensa.
- **Seguridad.** El punto y su entorno tienen que garantizar la seguridad e integridad física de la(s) persona(s) que toma(n) las muestras, minimizando el riesgo de atrapamiento por equipos en movimiento, caídas debido a superficies lisas (escaleras) o quemaduras (presencia de vapor).

En la Figura 10 se señala la posible ubicación del punto de muestreo para una planta de referencia, teniendo en cuenta las características anteriormente mencionadas: i) que esté entre el desfrutador y la alimentación a los digestores, ii) a un metro del suelo para minimizar el riesgo de accidentes y facilitar el cuarteo, iii) que considere el retorno de los frutos que provienen del llenado de los digestores, que pueden afectar la representatividad del muestreo.



Figura 10. Selección y ubicación del punto de muestreo para la MPD sobre el sinfín transversal. Accesibilidad, representatividad y seguridad

La Figura 11 muestra el resumen para establecer el punto de muestreo.



Símbolo	Conector
	Operación unitaria
	Actividad o tarea
	Inicio o final

Figura 11. Representación esquemática de las condiciones que debe cumplir el punto de muestreo, para su establecimiento entre las etapas de desfrutación y digestión



Estudio de tiempos para el muestreo de la MPD

Para el muestreo de la MPD, se debe establecer el tiempo que transcurre entre la recepción de los RFF y la llegada de los frutos sueltos esterilizados al punto de muestreo. Al estimar el tiempo de permanencia del *batch* en cada una de las etapas involucradas con la MPD (Figura 12), se determina el momento exacto en el que se deben tomar las muestras, permitiendo el volteo continuo de las vagonetas sin interrumpir el proceso de extracción de aceite.

En la etapa de recepción, se mide el tiempo que tardan los racimos en ser descargados a las vagonetas (tiempo A). En la de esterilización, el transcurrido desde el momento en que las vagonetas ingresan al autoclave, hasta que se cumple el ciclo y el traslado a la zona de volteo (tiempo B). En la desfrutación se contabilizan dos tiempos. Primero (tiempo C), el transcurrido desde que se inicia el volteo de la vagoneta, hasta que los frutos esterilizados llegan al punto de muestreo. Segundo (tiempo D), el que tardan todos los frutos de la vagoneta en pasar por el punto de muestreo (este define la frecuencia del muestreo). Para su estimación, se deben efectuar por lo menos cinco registros o más, dependiendo de la variabilidad que presenten los datos considerando el tipo de cultivar a analizar (híbrido OxG o *E. guineensis*).

Realizar este estudio permite tomar muestras de MPD sin alterar el avance normal del proceso de extracción de aceite, y ofrece la posibilidad a las plantas de beneficio de desarrollar automatizaciones sobre el punto de muestreo, reduciendo los requerimientos de mano de obra.

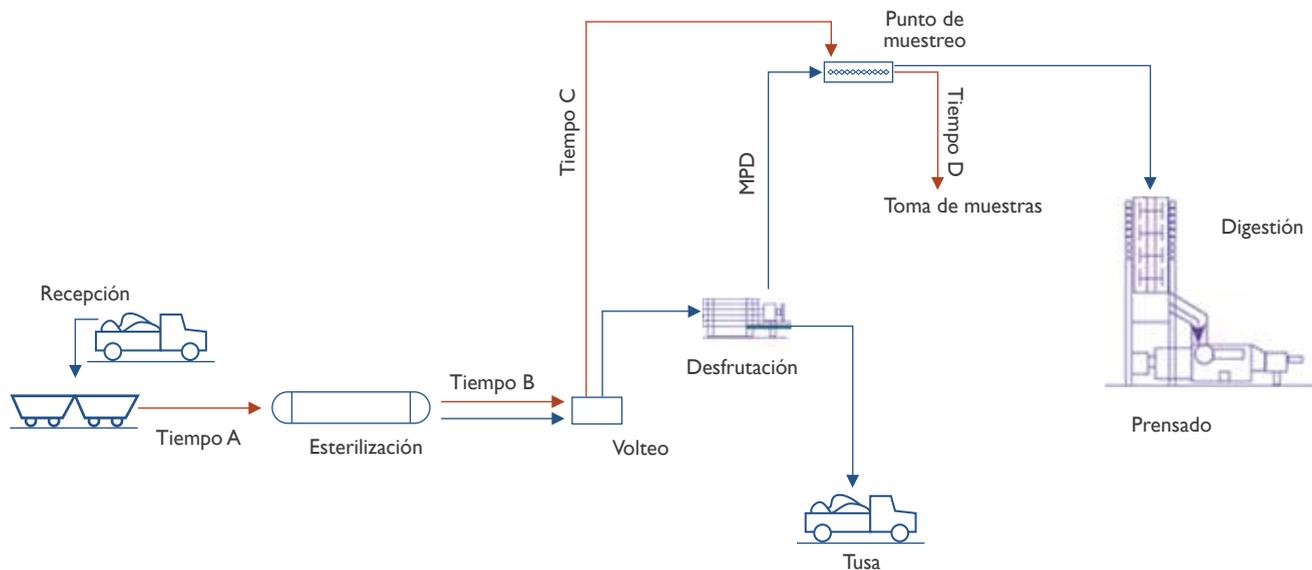


Figura 12. Representación gráfica de los tiempos para la toma de muestras de MPD, desde la recepción hasta el punto de muestreo (editado de Guayazán et al., 2013)

A modo de ejemplo, la Tabla I presenta el estudio de tiempos para las etapas del proceso de la Figura 12. Con base en esa información, se puede afirmar que, desde el descargue de los racimos en la tolva, hasta la llegada de las muestras de MPD de la primera vagoneta al punto de muestreo, el personal a cargo tiene 137,3 minutos (tiempo transcurrido del punto A hasta el C de la Figura 12) y 8,02 minutos para tomar las muestras por cada vagón del *batch* de análisis (tiempo D). Es decir, se requieren 146 minutos para hacer el muestreo completo del primer vagón de estudio.

Tabla I. Resultados del estudio de tiempos para la aplicación de la metodología MPD en una planta de beneficio (desde la recepción hasta el punto de muestreo - caso de referencia)

Etapa		Estudio de tiempos (min)
Recepción	Tiempo A	25
Esterilización	Tiempo B	110
Desfrutación	Tiempo C	2,30
	Tiempo D	8,02
Tiempo total de muestreo primer vagón		145,32

Tamaño mínimo de muestra y submuestra de la MPD

En la desfrutación, los frutos se separan de los racimos esterilizados resultando tusas y frutos sueltos o MPD. De este último se toma un tamaño mínimo de muestra, que corresponde al 1 % del peso promedio de cada vagoneta que conforma el *batch* de análisis (Ecuación 8). Definido el tamaño mínimo, se debe establecer la frecuencia de muestreo, entendida como el número de submuestras que se deben tomar en el tiempo D (el que tarda la MPD en pasar por el punto de muestreo, Figura 12). Por vagoneta se recomienda tomar cuatro submuestras.

La Figura 13 presenta un ejemplo para determinar el tamaño mínimo de muestra de la MPD y su frecuencia de muestreo, para un *batch* de RFF de 12 toneladas, distribuidas en tres vagonetas con un peso promedio de 4 t de RFF. De acuerdo con lo anterior, el tamaño debe ser de 40 kg por vagón (1 % del peso promedio del mismo). Para definir la frecuencia se utiliza el tiempo D de la Tabla I, es decir, cada dos minutos se toman cuatro submuestras de 10 kg durante ocho minutos, hasta completar el tamaño mínimo de muestra del vagón. Esta actividad se repite para cada vagón, obteniendo al final una muestra compuesta de 120 kg de MPD.

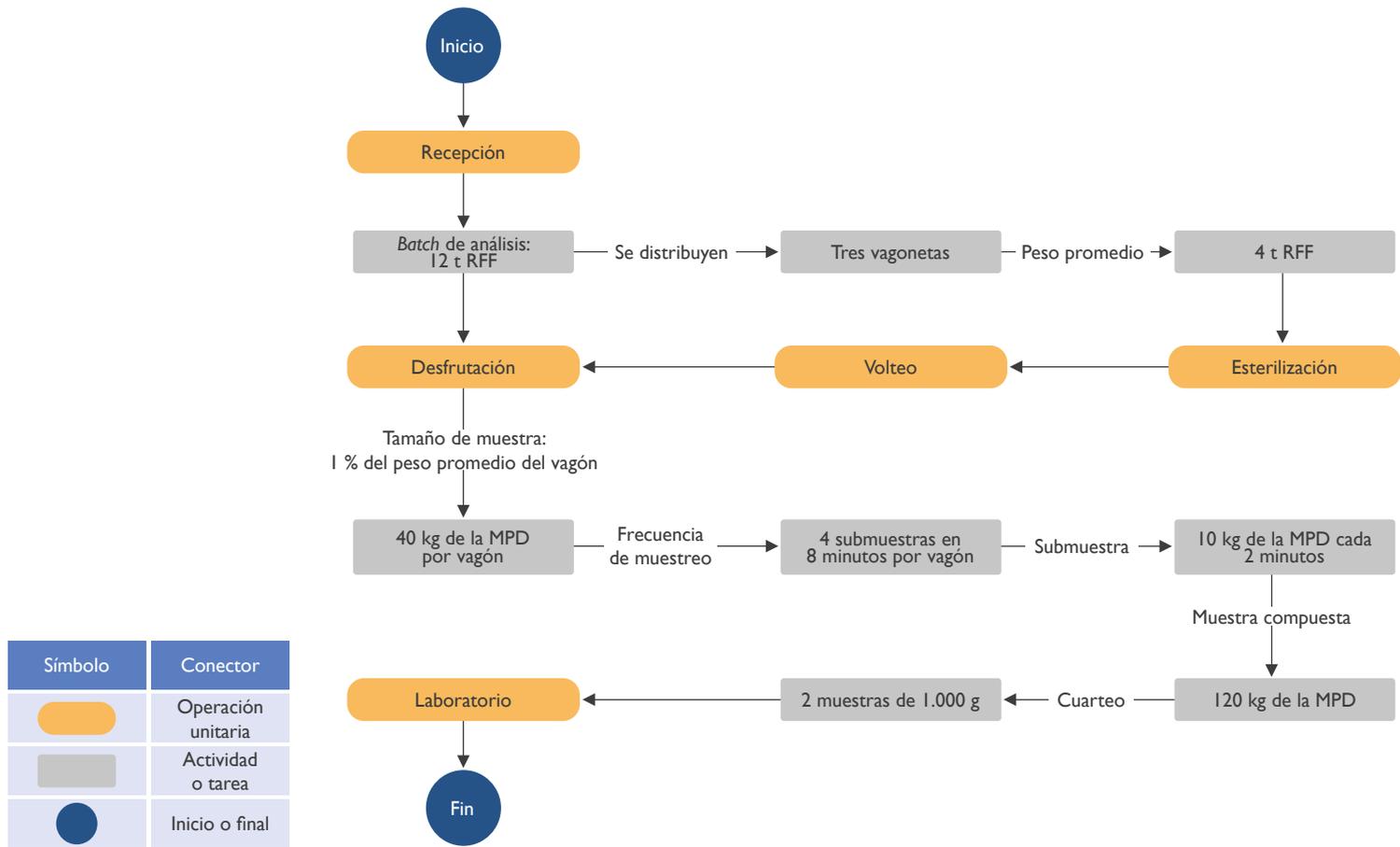


Figura 13. Tamaño mínimo de muestra y frecuencia de muestro para una *batch* de 12 toneladas de RFF

Una vez formada la muestra compuesta, se homogeniza y se cuartea (se recomienda eliminar dos cuartos de forma diagonal). El proceso se repite hasta obtener dos submuestras de la MPD de aproximadamente 1.000 g, que representan todas las características del *batch*. Posteriormente, estas se llevan al laboratorio para su análisis (Figura 14).



Figura 14. Muestra compuesta de la MPD: a) homogenización; b) cuarteo; c) submuestras de 1.000 g

En todos los análisis es indispensable la homogenización y cuarteo de la muestra, para garantizar representatividad en la submuestra. Por ello, en muchos casos, habrá que realizar más de un cuarteo hasta asegurar que se toman todas las características que representan a la población, es decir los RFF del *batch* analizado.

Laboratorio

El análisis de laboratorio se divide en tres fases. En la primera se determinan los componentes de la MPD, para lo cual se establecen las distribuciones porcentuales, tanto en número como en peso de los frutos normales, partenocárpicos aceitosos, partenocárpicos no aceitosos e impurezas. En la segunda, los componentes del fruto e impurezas, es decir, el peso promedio del fruto, la distribución porcentual en peso del mesocarpio fresco, hueso y almendra en los frutos e impurezas. En la tercera, el contenido de aceite en el mesocarpio fresco e impurezas.

Componentes de la MPD

Cada submuestra que se lleva al laboratorio es analizada individualmente. El procedimiento inicia separando de las submuestras los componentes que las conforman: frutos normales, partenocárpicos aceitosos, partenocárpicos no aceitosos e impurezas. Durante el proceso algunos frutos tendrán brácteas adheridas, que se deben retirar para pasar a formar parte de las impurezas. Los frutos normales se cuentan, se pesan y se calcula su peso promedio; los demás componentes solo se pesan (Figura 15). Esta información se registra en el formato de trabajo del Anexo 2.



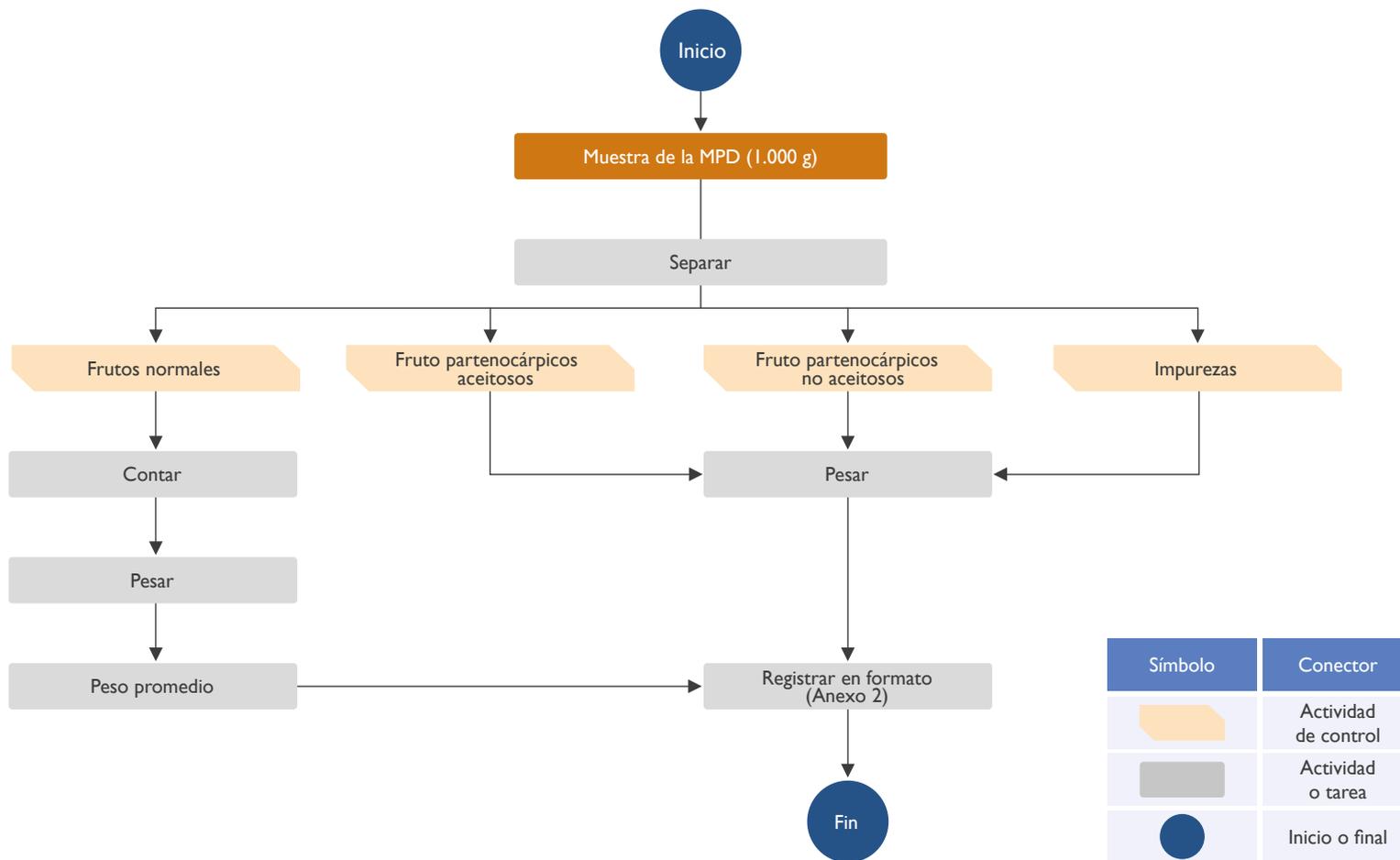


Figura 15. Procedimiento para obtener los componentes de la MPD

Componentes de los frutos e impurezas

El objetivo ahora es tomar muestras de cada componente, con el tamaño suficiente para que representen las submuestras de 1.000 g que provienen de la MPD.

Frutos normales (Fn)

Los frutos normales ya separados, pesados y contados, se homogenizan y se cuarteán para obtener una muestra de unos 200 g. De esta, nuevamente se cuentan, se pesan y se determina su peso promedio. Para garantizar su representatividad, se debe utilizar el siguiente criterio: el peso promedio de estos frutos normales no debe ser superior o inferior al 5 % del peso promedio de los frutos normales de la submuestra de 1.000 g (Ecuación 11). La Tabla 2 presenta un ejemplo.

$$\text{Criterio de muestreo (\%)} = \frac{\text{Peso medio de los Fn (muestra de 1.000 g)} - \text{peso medio de los Fn (muestra de 200 g)}}{\text{Peso medio de los Fn (muestra de 1.000 g)}} \times 100 (\%) \quad [\text{Ecuación 11}]$$

Tabla 2. Criterio de muestreo para los frutos normales en la metodología MPD

Componentes de la MPD (muestra de 1.000 g)	
Peso medio de los frutos normales (g)	5,5
Componentes de los frutos normales (muestra de 200 g)	
Peso medio de los frutos normales (g)	5,24
Criterio de muestreo (%)	4,73

Una vez cumplido el criterio anterior, la muestra de frutos se despulpa hasta que las nueces queden completamente limpias y se pesan. Posteriormente, el mesocarpio fresco se homogeniza y se toma una muestra de 50 g aproximadamente. Esta se deposita en una cápsula de porcelana o en un recipiente de aluminio previamente pesado, que deberá llevar el debido rotulado.

La muestra de mesocarpio se seca, ya sea en el horno microondas o en el eléctrico. Al utilizar el microondas, inicialmente se debe obtener la curva de secado para establecer los parámetros de operación del equipo, que normalmente se trabaja a potencia media, durante 15 minutos, hasta tener peso constante. En el caso del eléctrico, se tiene que operar a 105 °C por un tiempo superior a 10 horas. Después del secado, la muestra se introduce en un desecador para permitir que se enfríe sin ganancia de humedad del medioambiente, y finalmente se obtiene su peso seco.

Las nueces limpias se depositan en un recipiente de secado o en un molde de aluminio, que se rotula de forma similar a la empleada para la muestra de mesocarpio. Luego se llevan al horno durante toda la noche a 105 °C. Al día siguiente se sacan y se dejan reposar a temperatura ambiente. Seguidamente, se parten las nueces y se retiran las almendras. El cuesco se recolecta y se pesa. Para calcular la proporción de este y de almendra en el fruto, se debe tener en cuenta la pérdida de humedad del cuesco por efectos del secado de la nuez (Figura 16). Se ha determinado que en promedio, el valor de la relación de masa entre cuesco fresco/seco para varios tipos de palmas, es constante con el valor del factor asociado a los cálculos de 1,16 (Prada & Romero, 2012).

Toda la información generada por los frutos normales, se registra en el formato de trabajo del Anexo 3.

En el caso de frutos que presentan cuesco y no poseen embrión (almendra), estos formarán parte de los frutos partenocárpicos, sean o no aceitosos.

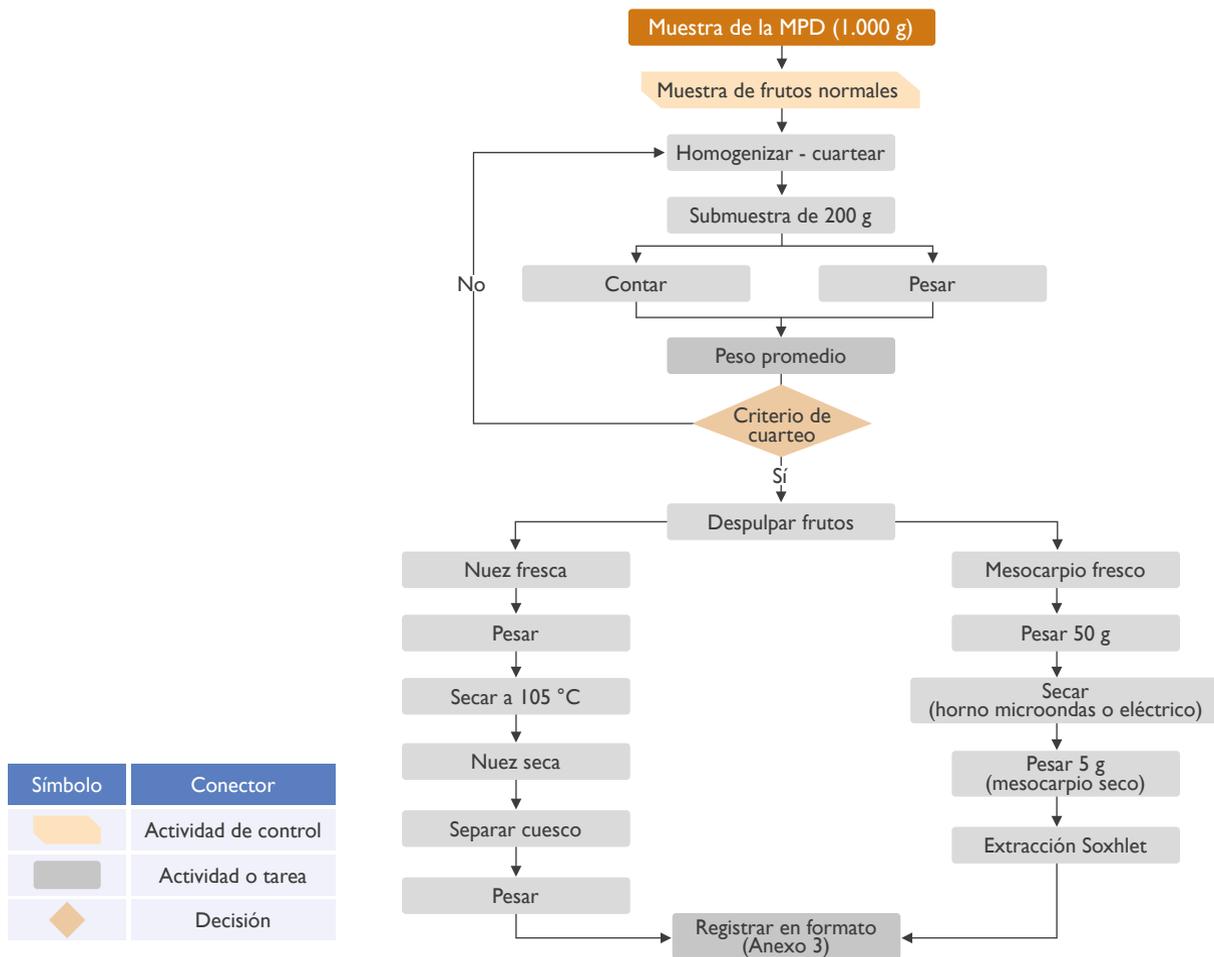


Figura 16. Representación esquemática del procedimiento para obtener los componentes del fruto normal



Foto: Yenny Martínez

Frutos partenocárpicos aceitosos (Fpac)

Los frutos partenocárpicos aceitosos separados, limpios y pesados de la muestra de 1.000 g de la MPD, se homogenizan y se cuartean hasta obtener una porción de 50 g aprox. Esta se despulpa y nuevamente se homogeniza. Luego se registra su peso, empleando para ello una cápsula de porcelana o un molde de aluminio previamente pesados. Los datos se anotan en el formato de trabajo del Anexo 4. La cápsula se identifica con el nombre de la muestra, de manera que permita diferenciarla del mesocarpio de los demás frutos, y se lleva al horno eléctrico o de microondas para iniciar su secado, tal como se indicó para los frutos normales

Frutos partenocárpicos no aceitosos (Fpnac)

Los frutos partenocárpicos no aceitosos se deben homogenizar y cuartear hasta obtener una muestra de 50 g aproximadamente. Esta se despulpa, pesa y seca, del mismo modo al descrito en el procedimiento para los frutos partenocárpicos aceitosos. La información generada se registra en el formato de trabajo del Anexo 5.

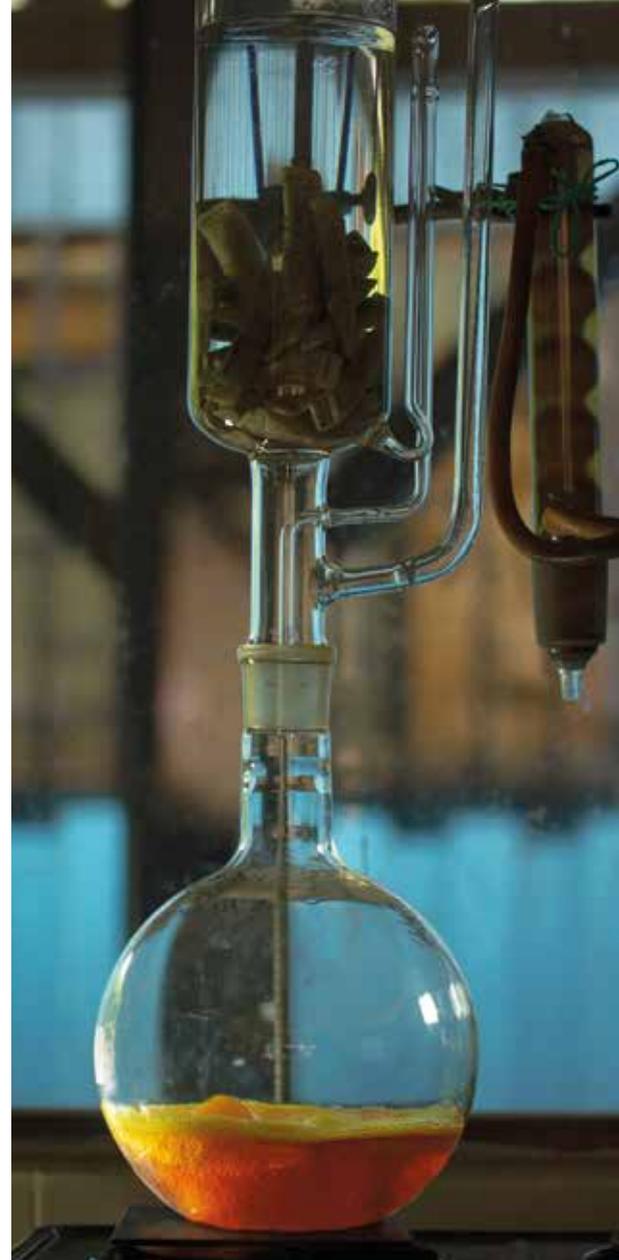
Impurezas (Imp)

Con las impurezas se realizan los procesos de homogenización, pesado y secado indicados anteriormente. Los datos se anotan en el formato de trabajo del Anexo 6.

Contenido de aceite en mesocarpio e impurezas

Se refiere al uso del sistema Soxhlet para determinar el aceite en el mesocarpio. El proceso consiste en tomar aproximadamente 5 g de muestra seca de todos los componentes (frutos normales, partenocárpicos aceitosos, partenocárpicos no aceitosos e impurezas). Estos se depositan en un dedal de papel de celulosa, que a su vez se ubica dentro de la campana Soxhlet. El aceite de las muestras se extrae pasando solvente caliente a través del sistema que recolecta la mezcla de aceite-solvente en el balón de vidrio. Al final, el solvente se recupera y el aceite contenido en el balón se cuantifica por diferencia de peso (el del balón con aceite extraído de las muestras - el de balón antes de iniciar la extracción). Aunque el método anterior es preciso, solo permite analizar una muestra por equipo; sin embargo, cuando sea necesario analizar muchas muestras, se sugiere el uso de un sistema de extracción múltiple (ver anexo 7). En este procedimiento, las muestras de mesocarpio se colocan en dedales de papel celulosa, los cuales se cierran para formar sobres que permiten colocar varias muestras en el cuerpo del Soxhlet y realizar su extracción simultáneamente. En este caso el aceite se determina por la pérdida de masa del mesocarpio aceitoso, que se coloca en el sobre de papel celulosa. Los datos generados se registran en los formatos de trabajo respectivos.

La Figura 17 presenta el resumen esquemático para determinar los componentes de los frutos y las impurezas. Igualmente, los procedimientos descritos se pueden encontrar en la Unidad III de la Guía de muestreo y análisis de racimos en el cultivo de la palma de aceite (Prada & Romero, 2012). Se aclara que los recuadros de color naranja representan los pasos en los que se obtiene los componentes de la MPD, los azules, los que determinan la composición de los frutos y los marrón, el contenido de aceite en el mesocarpio.



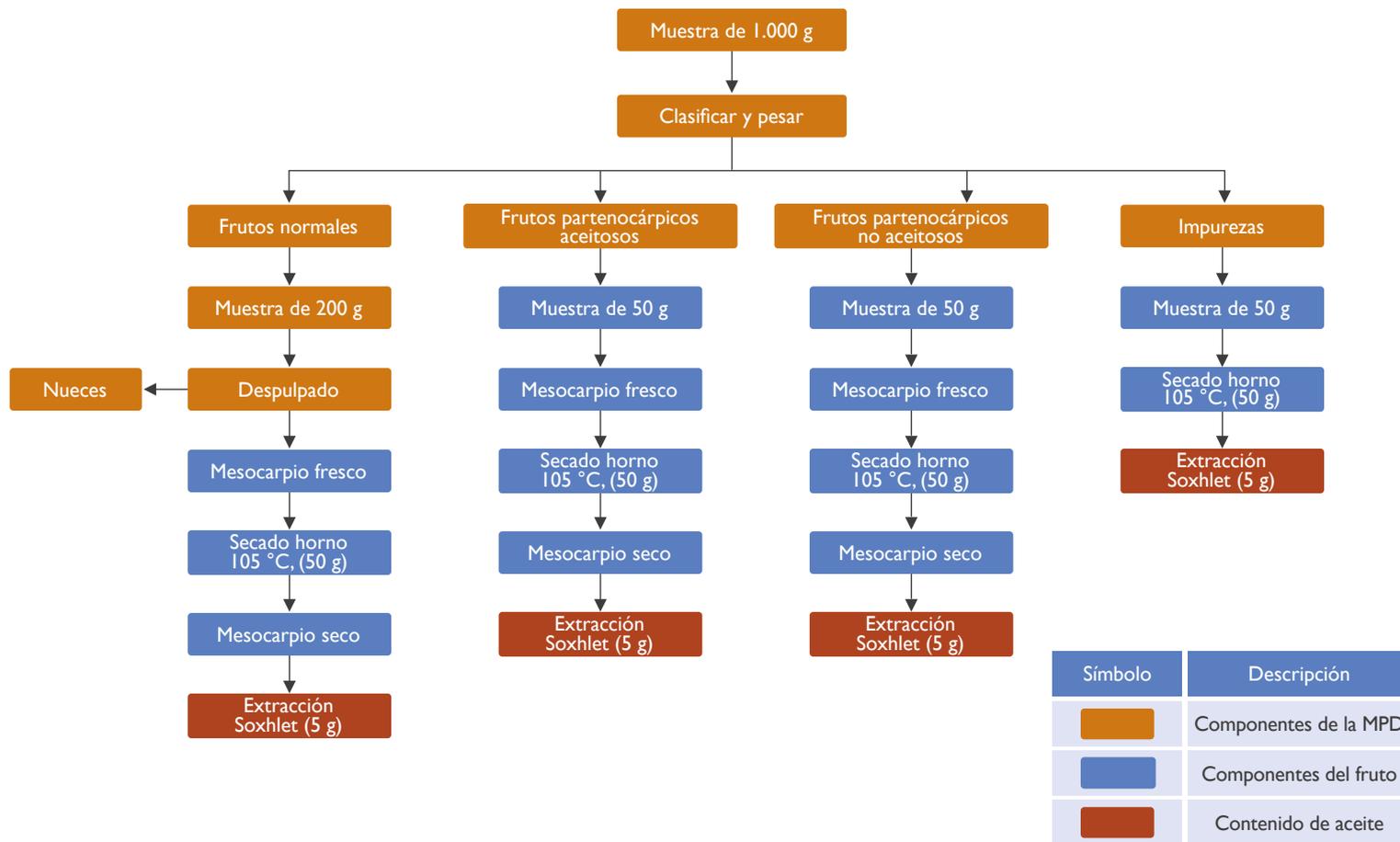


Figura 17. Representación esquemática del procedimiento recomendado para determinar los componentes de la MPD y sus frutos e impurezas (tomado de Prada & Romero, 2012)

En la Figura 18 aparece el paso a paso resumido para implementar la metodología MPD en la planta de beneficio.

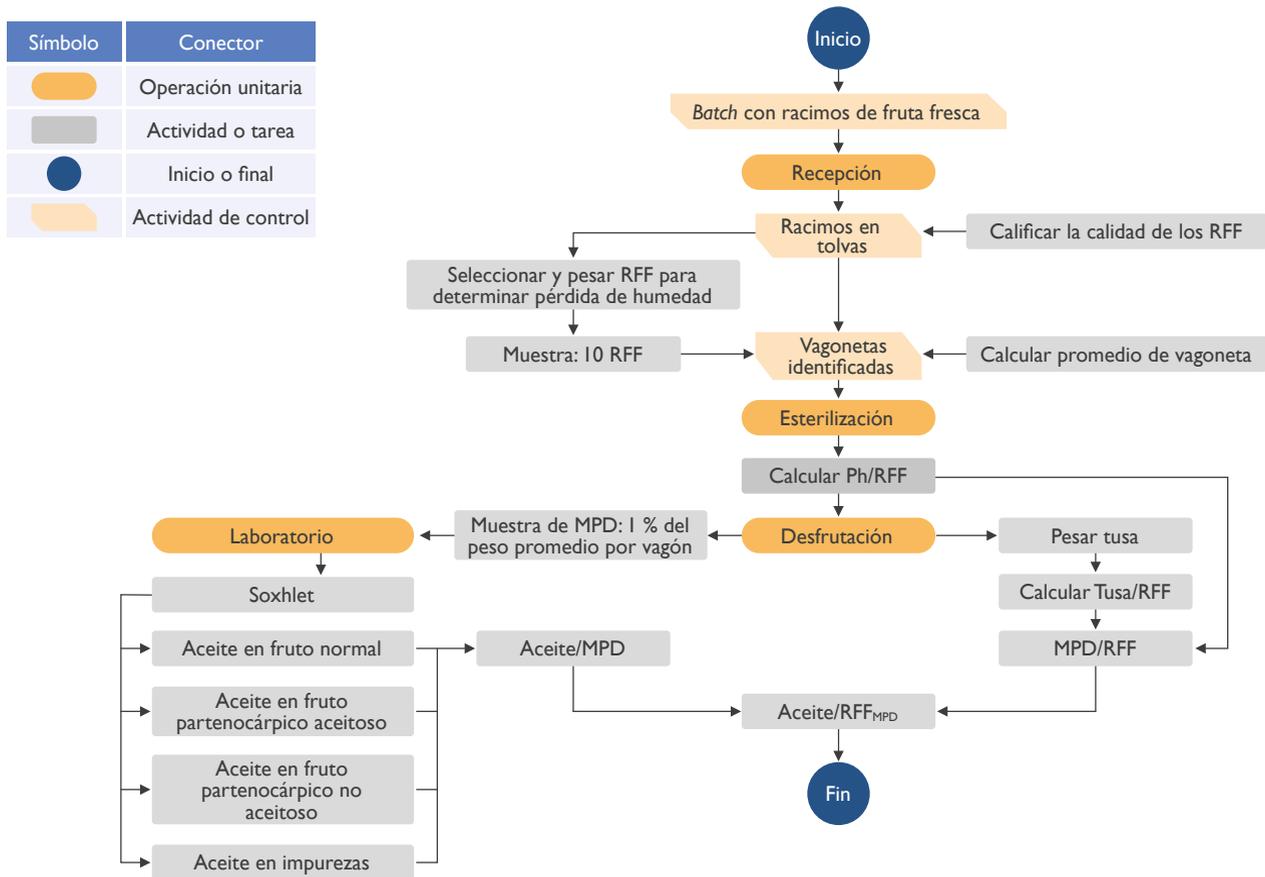


Figura 18. Resumen de los pasos para determinar el potencial de aceite y los componentes del racimo, aplicando la metodología MPD en planta de beneficio

N FRUTO MPD

2020	06-09-2020	07-0		
ore	Casanare	Casana		
is	Guinensis	Guinensi		
	4	5		
	1	2	1	2
VAL		VALOR	VALOR	VALC
145	12	26	170	240
694.026	735.84	6	793.241	945.
-	-	-		
72.877	128.434	109.692	66.	
151.196	184.806	140.308	154.5	
918.099	1049.08	880.326	1	

UNIDAD IV

Procedimientos matemáticos



Con el propósito de entregar una idea de la información que se puede obtener con la metodología MPD, a partir de un ejemplo práctico se presenta el instructivo para calcular los componentes de la MPD, que constituyen el primer paso para estimar el potencial de aceite.

En la Tabla 3 se expone toda la información recogida después de realizar el paso a paso descrito en la Unidad III para un *batch* de análisis. El objetivo ahora es orientar al lector para que pueda realizar los cálculos aplicando la metodología y, a su vez, diseñe su propio formato para la captura de datos, de acuerdo con sus necesidades.

Tabla 3. Ejemplo de datos para el análisis de racimos en palmas *E. guineensis* (incluye los de extracción usando el sistema Soxhlet)*.

Nomenclatura		Cultivar: <i>E. guineensis</i>	Fecha	-
		Proveedor	-	
		Ítem	Unidades	Valor
		Lluvia	mm	-
Peso de 10 racimos	Pérdida de humedad esterilización	Peso en tolvas	kg	16,220
		Número de vagonetas	N.A	17
		Peso promedio de las vagonetas	kg	954
		Peso de racimos crudos	kg	119,98
		Peso de racimos esterilizados	kg	100,35

Nomenclatura	Cultivar: <i>E. guineensis</i>		Fecha	-
	Proveedor		-	
	Ítem		Unidades	Valor
	Lluvia		mm	-
		Tusa		
1		Peso de tusas	kg	3.221
		Submuestras		
		Rotulación	N.A	M1 M2
2	Muestras de 1.000 g	Composición racimo	Peso MPD (1.000 g)	g 737,44 814,52
3			Número de frutos normales	N.A 77 84
4			Peso medio de frutos normales	g 6,91 6,98
5			Peso de frutos normales	g 532,21 586,29
6			Peso de frutos partenocárpicos aceitosos	g 0,00 0,00
7			Peso de frutos partenocárpicos no aceitosos	g 58,12 95,60
8			Peso de impurezas	g 147,11 132,63

Nomenclatura	Cultivar: <i>E. guineensis</i>		Fecha	-			
	Proveedor		-				
	Ítem		Unidades	Valor			
	Lluvia		mm	-			
			Análisis de componentes: frutos normales				
9	Muestra de 200 g frutos normales	Composición frutos normales	Peso de frutos normales (200 g)	g	189,62	183,64	
10			Número de frutos normales	N.A	28,00	26,00	
11			Peso medio de frutos normales	g	6,77	7,06	
12			Criterio de muestreo**	%	2,02	1,20	
13			Peso de nueces frescas	g	28,54	31,59	
14			Peso del cuesco seco	g	13,72	14,85	
15			Aceite en mesocarpio	Peso de cápsula vacía	g	3,92	3,94
16				Peso del mesocarpio húmedo	g	49,49	51,76
17	Peso de cápsula + mesocarpio seco	g		39,32	42,79		
18	Peso del papel	g		1,42	1,43		
19	Muestra de 200 g frutos normales	Aceite en mesocarpio	Peso de muestra seca aceitosa	g	5,00	5,01	
20			Peso del gancho	g	0,06	0,06	
21			Peso final del cartucho seco	g	2,64	2,75	

Nomenclatura	Cultivar: <i>E. guineensis</i>		Fecha	-		
	Proveedor		-			
	Ítem	Unidades	Valor			
	Lluvia	mm	-			
Análisis de componentes: partenocárpicos no aceitosos						
22	Muestra de 50 g de frutos partenocárpicos no aceitosos	Aceite en mesocarpio	Peso de cápsula vacía	g	3,88	3,97
23			Peso del mesocarpio húmedo	g	50,53	50,08
24			Peso de cápsula + mesocarpio seco	g	22,22	20,43
25			Peso del papel	g	1,39	1,42
26			Peso de muestra seca aceitosa	g	5,01	5,01
27			Peso del gancho	g	0,06	0,06
28			Peso final del cartucho seco	g	4,25	4,76

Nomenclatura	Cultivar: <i>E. guineensis</i>		Fecha	-		
	Proveedor		-			
	Ítem		Unidades	Valor		
	Lluvia		mm	-		
Análisis de componentes: impurezas						
29	Muestra de 50 g de impurezas	Aceite impregnado	Peso de cápsula vacía	g	3,90	3,94
30			Peso de impurezas húmedas	g	51,58	52,84
31			Peso de cápsula + impurezas secas	g	38,25	36,78
32			Peso del papel	g	1,59	1,50
33			Peso de muestra seca aceitosa	g	5,01	5,01
34			Peso del gancho	g	0,06	0,03
35			Peso final del cartucho seco	g	4,23	3,95

* No se registra el análisis por componentes de frutos partenocárpicos aceitosos, porque el número es pequeño y no aporta una cantidad significativa de aceite. Sin embargo, para los análisis de racimos de cultivares híbridos OxG, se debe considerar esta clase de frutos.

** El criterio de muestreo en el análisis de componentes de los frutos normales (muestra de 200 g), debe cumplir con que el valor de su peso promedio no sea superior o inferior al 5 % de los de la submuestra (1.000 g). Para el ejemplo presentado en esta Tabla, el resultado en la muestra de 1.000 g de M1 fue de 6,91 g, entonces el criterio de muestreo en el peso promedio de la muestra de 200 g de los frutos normales no deber ser menor o mayor de 0,35 g, es decir, el peso promedio de la nueva muestra de frutos normales debe estar entre 6,56 y 7,26 g.

La nomenclatura utilizada en la Tabla 3 coincide con la que se utiliza para el cálculo de los parámetros que permitan estimar el aceite a racimo y otras variables de calidad en la formación del racimo.

I. Para el ejemplo propuesto, inicialmente se determinan los componentes a MPD, a saber:

Indicador	Sigla/Unidad	Fórmula
Fruto normal a MPD	$F_n/MPD, \%$	$\frac{F_n}{MPD} = \frac{(5)}{(2)} \times 100$
Fruto partenocárpico aceitoso a MPD	$F_{pac}/MPD, \%$	$\frac{F_{pac}}{MPD} = \frac{(6)}{(2)} \times 100$
Fruto partenocárpico no aceitoso a MPD	$F_{pnac}/MPD, \%$	$\frac{F_{pnac}}{MPD} = \frac{(7)}{(2)} \times 100$
Impureza a MPD	$Imp/MPD, \%$	$\frac{Imp}{MPD} = \frac{(8)}{(2)} \times 100$

Nota: Si se multiplica cada componente a MPD por la Ecuación 3, se establecen las relaciones de estos a RFF, es decir: F_n/RFF , F_{pac}/RFF , F_{pnac}/RFF e Imp/RFF .

2. Ahora se determina la relación mesocarpio a fruto normal

Indicador	Sigla/Unidad	Fórmula
Mesocarpio a fruto	MF _n , %	$MF_n = \frac{(9) - (13)}{(9)} \times 100$

Nota: Para los demás frutos (partenocárpicos aceitosos y no aceitosos) este valor es 100 por ciento debido a que no poseen nueces.

3. Luego, se halla la humedad para cada componente a MPD

Indicador	Sigla/Unidad	Fórmula
Humedad en fruto normal	HF _n , %	$HF_n = \frac{(16) - [(17) - (15)]}{(16)} \times 100$
Humedad en fruto partenocárpico no aceitoso	HF _{pnac} , %	$HF_{pnac} = \frac{(23) - [(24) - (22)]}{(23)} \times 100$
Humedad en impurezas	HImp, %	$H_{Imp} = \frac{(30) - [(31) - (29)]}{(30)} \times 100$

4. A continuación, se establece el aceite en mesocarpio seco (Soxhlet)

Indicador	Sigla/Unidad	Fórmula
Aceite en mesocarpio seco de fruto normal	AMSF _n , %	$AMSF_n = \frac{(19) - [(21) - (20) - (18)]}{(19)} \times 100$
Aceite en mesocarpio seco de fruto partenocárpico no aceitoso	AMSF _{pnac} , %	$AMSF_{pnac} = \frac{(26) - [(28) - (27) - (25)]}{(26)} \times 100$
Aceite en impureza seca	Aclmp _S , %	$Aclmp_S = \frac{(33) - [(35) - (34) - (32)]}{(33)} \times 100$

5. Una vez determinado el aceite de cada componente en base seca, se procede a calcularlo en base húmeda.

Indicador	Sigla/Unidad	Fórmula
Aceite en mesocarpio fresco de fruto normal	AMFF _n , %	$AMFF_n = AMSF_n \times \frac{(17) - (15)}{(16)}$
Aceite en mesocarpio fresco de fruto partenocárpico no aceitoso	AMFF _{pnac} , %	$AMFF_{pnac} = AMSF_{pnac} \times \frac{(24) - (22)}{(23)}$
Aceite impregnado en impurezas	AFI _{mp} , %	$AFI_{mp} = Aclmp_S \times \frac{(31) - (29)}{(30)}$

6. Luego se calcula la cantidad de aceite a fruto

Indicador	Sigla/Unidad	Fórmula
Aceite en fruto normal	Ac/Fn, %	$\frac{Ac}{Fn} = AMFFn \times MFn$
Aceite en fruto partenocárpico no aceitoso	Ac/Fpnac, %	$\frac{Ac}{Fpna} = AMFFpna$
Aceite en impurezas	Ac/Imp, %	$\frac{Ac}{Imp} = AFImp$

1. Aplicando la Ecuación 6, se determina el porcentaje de aceite que aporta cada componente a MPD, y con su posterior sumatoria se obtiene el aceite de toda la masa esterilizada a MPD, es decir, Ac/MPD.
2. Finalmente, la combinación del MPD/RFF (Ecuación 4) y Ac/MPD (Ecuación 5) da el valor de aceite a racimo a MPD, es decir, Ac/RFF_{MPD} (Ecuación 1).

La Tabla 4 muestra los resultados del análisis de racimo de *E. guineensis*, obtenidos a partir de la información de la Tabla 3.

Tabla 4. Resultados de la determinación de análisis de racimo mediante la MPD para *E. guineensis*

Análisis de racimo y su potencial de aceite por MPD	Resultados
Pérdida de humedad a racimo, % (Ph/RFF)	16,36
Tusa a racimo, % (Tusa/RFF)	19,86
MPD a racimo, % (MPD/RFF)	63,78
Fruto normal a MPD, % (Fn/MPD)	72,17
Fruto partenocárpico aceitoso a MPD, % (Fpac/MPD)	0
Fruto partenocárpico no aceitoso a MPD, % (Fpnac/MPD)	7,88
Impureza a MPD, % (Imp/MPD)	19,95
Fruto normal a racimo, % (Fn/RFF)	46,03
Fruto partenocárpico no aceitoso a racimo, % (Fpnac/RFF)	5,03
Impurezas a racimo, % (Imp/RFF)	12,72
Fruto partenocárpico aceitoso a racimo, % (Fpac/RFF)	0
Mesocarpio a fruto normal, % (MFn)	84,95
Humedad en fruto normal, % (HFn)	28,47

Análisis de racimo y su potencial de aceite por MPD	Resultados
Humedad en fruto partenocárpico no aceitoso, % (HFpnac)	63,7
Humedad en impurezas, % (HImp)	33,4
Humedad en fruto partenocárpico aceitoso, % (HFpac)	0
Aceite en mesocarpio seco de fruto normal, % (AMSFn)	76,84
Aceite en mesocarpio seco de fruto partenocárpico no aceitoso, % (AMSFpnac)	44,05
Aceite en impureza seca, % (AcImpS)	48,45
Aceite en mesocarpio fresco de fruto normal, % (AMFFn)	54,96
Aceite en fruto partenocárpico no aceitoso, % (Ac/Fpnac)	15,99
Aceite en impurezas, % (Ac/imp)	32,27
Aceite en fruto normal, % (Ac/Fn)	46,69
Aceite en MPD de fruto normal, % (Ac/MPD _{Fn})	33,7
Aceite en MPD de fruto partenocárpico no aceitoso, % (Ac/MPD _{Fpnac})	1,26
Aceite en MPD de impureza, % (Ac/MPD _{Imp})	6,44
Aceite en MPD total, % (Ac/MPD)	41,39
Aceite a racimo, % (Ac/RFF _{MPD})	26,4

La Tabla 5 muestra los valores promedio y rangos encontrados para racimos de cultivares *E. guineensis* e híbridos OxG (Coari x La Mé), evaluados en plantas de beneficio de las zonas Oriental y Suroccidental.

Tabla 5. Valores promedios y rangos encontrados en los análisis de racimos aplicando la metodología MPD

Parámetros	RFF <i>E. guineensis</i> (n = 60)			RFF híbrido OxG (n = 37)		
	Prom.	Mín.	Máx.	Prom.	Mín.	Máx.
Composición MPD						
Frutos normales en MPD, % Fn/MPD	83	70	92	26	11	43
Fruto partenocárpico no aceitoso a MPD, % Fpnac/MPD	3	1	13	4	0	19
Impureza en MPD, % Imp/MPD	13	5	29	11	5	23
Frutos partenocárpico no aceitosos en MPD, % Fpac/MPD	-	-	-	57	34	76
Aceite en MPD de los frutos normales, % Ac/MPD _{Fn}	33	26	45	12	5	20
Aceite en MPD de los frutos partenocárpico no aceitosos, % Ac/MPD _{Fpnac}	4	1	8	1	0	4
Aceite en MPD de las impurezas, % Ac/MPD _{Imp}	4	1	8	1	0	4
Aceite en MPD de fruto partenocárpico aceitoso, % Ac/MPD _{Fpac}	-	-	-	36	18	52
Aceite en MPD, % Ac/MPD	38	30	48	47	32	65

Parámetros	RFF <i>E. guineensis</i> (n = 60)			RFF híbrido O _x G (n = 37)		
	Prom.	Mín.	Máx.	Prom.	Mín.	Máx.
Composición racimo						
Aceite en el racimo por MPD, % Ac/RFF _{MPD}	26	20	34	25	20	32
Frutos normales en racimo, % Fn/RFF	57	45	65	17	7	27
Frutos partenocárpicos aceitosos en racimo, % Fpac/RFF	-	-	-	37	22	50
Frutos partenocárpicos no aceitosos en racimo, % Fpnac/RFF	2	1	9	3	0	13
Impurezas en racimo, % Imp/RFF	9	3	18	7	4	15
MPD en racimo, % MPD/RFF	68	55	75	56	40	65
Pérdida de humedad a racimo, % Ph/RFF	12	6	16	16	10	23
Composición fruto normal						
Peso medio de frutos, g PMFn	6	4	8	7	6	8
Almendra a fruto, % AFn	10	6	15	8	12	4
Mesocarpio en fruto, % MFn	73	59	83	63	51	81
Humedad en mesocarpio, % HFn	25	20	35	14	7	22

Parámetros	RFF <i>E. guineensis</i> (n = 60)			RFF híbrido OxG (n = 37)		
	Prom.	Mín.	Máx.	Prom.	Mín.	Máx.
Cuesco en fruto, % CFn	11	8	15	12	8	18
Aceite en mesocarpio fresco, % AMFFn	55	44	63	76	62	86
Aceite en fruto, % Ac/Fn	40	30	51	47	34	69
Composición fruto partenocárpico aceitoso						
Aceite en fruto partenocárpico aceitoso, % Ac/Fpac	-	-	-	76	36	90
Humedad en fruto partenocárpico aceitoso, % HFpac	-	-	-	18	5	27
Composición fruto partenocárpico no aceitoso						
Aceite impregnado en fruto partenocárpico no aceitoso, % Ac/Fpnac	12	6	21	18	1	66
Humedad en fruto partenocárpico no aceitoso, % HFpnac	67	59	76	51	9	71
Composición impureza						
Aceite impregnado en impurezas, % Ac/Imp	29	20	39	19	1	47
Humedad en impurezas, % HImp	36	29	47	34	24	49

Lo anterior, reafirma lo que se ha mencionado a lo largo de este documento: con la metodología MPD, además de estimar el potencial de aceite, también se obtienen los valores para los parámetros que permiten evaluar la incidencia de los factores agronómicos sobre dicho potencial, como son: aceite a racimo ($Ac/RFF, \%$); frutos normales a racimo ($Fn/RFF, \%$); frutos partenocárpicos aceitosos a racimo, ($Fpac/RFF, \%$); frutos partenocárpicos no aceitosos a racimo ($Fpnac/RFF, \%$); impurezas a racimo ($Imp/RFF, \%$); peso medio del fruto normal ($PMFn, g$); almendra a fruto normal ($AFn, \%$), mesocarpio a fruto normal ($MFn, \%$), frutos normales a MPD ($Fn/MPD, \%$), aceite impregnado de impurezas a MPD ($Ac/MPD_{imp}, \%$), entre otros. Es decir, se establecen los criterios que describen tanto la cantidad de aceite como la de la formación de los racimos y sus frutos, lo mismo que la composición de estos a MPD.

Un factor inicial de éxito para realizar correctamente los cálculos y obtener calidad en la información de los análisis de racimo, es la toma de datos de alta calidad.

Bibliografía

- Acevedo, N. J., Buriticá, P., García, J. A., & Galvis, N. (2000). Valoración económica de las pérdidas en aceite generadas por la Pudrición del cogollo en los Llanos Orientales de Colombia. *Palmas*, 21 (2), 53-62.
- Ayala, I., & Romero, H. M. (2019). Cultivares híbridos OxG y la reactivación productiva de zonas problema con PC. XV Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite.
- Caballero, K., Cortés, Í. L., Ramírez, N. E., & García, J. A. (2019). Masa que pasa al digestor (MPD) como metodología para la estimación del potencial de aceite industrial. *Palmas*, 40(Especial, Tomo II), 29-38.
- Cadena, O. (2004). Métodos para la estimación del potencial de aceite y su relación con la tasa de extracción de aceite en planta (TEA). *Palmas*, 25 (Especial, Tomo II), 509-518.
- Cala, S. L., Yáñez, E. E., & García, J. A. (2011). Manual de procedimientos de laboratorio en plantas de beneficio. Bogotá, Colombia: Cenipalma.
- Coronado, L. E. P. (2003). Implementación de los análisis MPD (*Mass passing to digester*) como herramienta de control para la estimación del potencial de aceite en la planta extractora de aceite de palma africana. Agroince Ltda.
- Chong, L., & Shawaluddin, T. (1993). Recent trends in OER in relation to MPD analyses in golden hope mills. *Palm Oil Engineering Bulletin*, 36, 4-10
- De Hart, C., & Meneses, E. (2019). MPIA: una tecnología que genera información confiable de la extracción de CPO por proveedor, permitiendo maximizar la rentabilidad del negocio a través de mejores decisiones gerenciales. Memorias, XV Reunión Técnica Nacional de Palma Aceite.
- Durán, Q., Sierra, R. G. A. & García N. J. A. (2004). Potencial de aceite en racimos de palma de aceite de diferente calidad y su influencia en el potencial y extracción de aceite en la planta de beneficio. *Palmas*, 25(2), 501-508.

- Flores, D. W., Carvalho, A. S., Azevedo, S. P., Colnago, L. A., & Consalter, D. M. (2019). Uso de resonancia magnética en la investigación del potencial de aceite en frutas, su composición y pérdidas. *Palmas*, 40 (Especial, Tomo II), 20-28.
- Forero, D. C., Hormaza, P. A., Moreno, L. P. & Ruiz, R. (2012). Generalidades sobre la morfología y fenología de la palma de aceite. Bogotá, Colombia: Cenipalma.
- García, J. A. (2017). Cerrando la brecha entre potencial de aceite y la TEA. XIII Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite.
- García, J. A., & Yáñez, E. E. (2000). Aplicación de la metodología alterna para análisis de racimos y muestreo de racimos en tolva. *Palmas*, 21 (Especial), 303-311.
- Guayazán, J., Herrera, F. J., Montero, J. C., & García, J. A. (2013). Metodología para calcular el tiempo de residencia en plantas de beneficio. *Palmas*, 34(2), 35-39.
- Mathews, J., Lee, A. K., Chung, M. Y., Clarence, P. J., & Rao, S. (2004). Contenido de aceite en el racimo y mesocarpio del fruto de la palma de aceite, y algunos de sus factores fisiológicos y agronómicos. *Palmas*, 25(4), 11-29.
- Nieto, D. I., Yáñez, E. E., García, J. A., & González, A. (2011). Medición del potencial industrial de aceite en plantas de beneficio usando sistemas de medición de caudal tipo vertederos : diseño y operación. *Boletín Técnico*, 28.
- Prada, F., & Romero, H. M. (2012). Muestreo y análisis de racimos en el cultivo de la palma de aceite. Bogotá, Colombia: Cenipalma.
- Ramírez, N. E., Arévalo S. A., & García, J. A. (2015). Inventario de la biomasa disponible en plantas de beneficio para su aprovechamiento y caracterización fisicoquímica de la tusa en Colombia. *Palmas*, 36(4), 41-54.
- Rincón, S. M., Hormaza, P. A., Moreno, L. P., Prada, F., Portillo, D. J., García, J. A., & Romero, H. M. (2013). Uso de las etapas fenológicas de los frutos y características fisicoquímicas del aceite para determinar el momento de cosecha óptimo en híbridos interespecíficos de palma OxG. *Palmas*, 34(2), 21-33.
- Yáñez, E. E., García, J. A., & Amaya S. (2000). Metodología alterna para el análisis de racimos de palma de aceite. *Palmas*, 21 (Especial, Tomo I), 295-302.

Anexos

Anexo I. Formato para la caracterización de racimos en tolva

Fecha											
Ensayo		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ítem	Unidades	Valor									
Proveedor	n.a										
Cultivar	n.a										
Peso neto RFF	Kg										
Número de vagonetas	n.a										
Promedio vagoneta	kg										
Peso racimos crudos, kg	1										
	2										
	3										
	4										
	5										

Continúa

Fecha											
Ensayo		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ítem	Unidades	Valor									
Peso racimos crudos, kg	6										
	7										
	8										
	9										
	10										
Peso racimos esterilizados, kg	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
	6										
	7										
	8										
	9										
	10										

Anexo 2. Formato para la caracterización de muestras de MPD

Fecha											
Proveedor											
Cultivar											
Ensayo		1		2		3		4		5	
Muestra (1.000 g c/u)		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Ítem	Unidades	Valor									
Número de frutos normales	N.A										
Peso de frutos normales	(g)										
Peso de frutos partenocárpicos aceitosos	(g)										
Peso de frutos partenocárpicos no aceitosos	(g)										
Peso de impurezas	(g)										
Peso MPD	(g)										

Anexo 3. Formato para la caracterización de frutos normales

Fecha											
Proveedor											
Cultivar											
Ensayo		1		2		3		4		5	
Muestra		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Ítem	Unidades	Valor									
Peso frutos normales	(g) Aprox. 200 g										
Número de frutos normales	N.A										
Peso de nueces frescas	(g)										
Peso de cuesco seco	(g)										
Peso cápsula vacía	(g)										
Peso mesocarpio húmedo	(g) Aprox. 50 g										

Continúa

Fecha											
Proveedor											
Cultivar											
Ensayo		1		2		3		4		5	
Muestra		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Ítem	Unidades	Valor									
Peso cápsula + mesocarpio seco	(g)										
Peso papel	(g)										
Peso muestra	(g) Aprox. 5 g										
Peso de gancho	(g)										
Peso final del cartucho	(g)										

Anexo 4. Formato para la caracterización de frutos partenocárpicos aceitosos

Fecha											
Proveedor											
Cultivar											
Ensayo		1		2		3		4		5	
Muestra		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Ítem	Unidades	Valor									
Peso cápsula vacía	(g)										
Peso mesocarpio húmedo	(g) Aprox. 50 g										
Peso cápsula + mesocarpio seco	(g)										
Peso papel	(g)										
Peso muestra	(g) Aprox. 5 g										
Peso de gancho	(g)										
Peso final del cartucho	(g)										

Anexo 5. Formato para la caracterización de frutos partenocárpicos no aceitosos

Fecha											
Proveedor											
Cultivar											
Ensayo		1		2		3		4		5	
Muestra		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Ítem	Unidades	Valor									
Peso cápsula vacía	(g)										
Peso mesocarpio húmedo	(g) Aprox. 50 g										
Peso cápsula + mesocarpio seco	(g)										
Peso papel	(g)										
Peso muestra	(g) Aprox. 5 g										
Peso de gancho	(g)										

Anexo 6. Formato para la caracterización de impurezas

Fecha											
Proveedor											
Cultivar											
Ensayo		1		2		3		4		5	
Muestra		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Ítem	Unidades	Valor									
Peso cápsula vacía	(g)										
Peso mesocarpio húmedo	(g) Aprox. 50 g										
Peso cápsula + mesocarpio seco	(g)										
Peso papel	(g)										
Peso muestra	(g) Aprox. 5 g										
Peso de gancho	(g)										
Peso final del cartucho	(g)										

Anexo 7. Ejemplo de cómo construir un sistema Soxhlet para múltiples muestras, (editado de la Guía metodológica *Muestreo y análisis de racimos en el cultivo de la palma de aceite* de Prada & Romero, 2012)

Las especificaciones que se brindan en el presente anexo para la fabricación del sistema Soxhlet de múltiples muestras son sugeridas y pueden cambiar de acuerdo con las necesidades y proveedores de cada una de las zonas del país. Estas especificaciones se usaron para el diseño y construcción del sistema Soxhlet que se utiliza en el Campo Experimental Palmar de la Vizcaína, de Cenipalma.

Balón: Es preferible usar un balón fondo redondo de vidrio de boro-silicato con boca esmerilada de 45/40 y capacidad de 4 l (Figura A.1)



Figura A.1. Ejemplo de balón y plancha de calentamiento usado en sistema Soxhlet de múltiples muestras.

Cuerpo del Soxhlet: Se solicitó la fabricación de un cuerpo con conexión al balón 45/40. La capacidad del cuerpo fue de 2 l. El diámetro y la entrada superior del cuerpo debe ser de boca esmerilada y de al menos un diámetro igual o mayor a 90 mm (Figura A.2), para que las muestras se puedan introducir con la mano, de manera fácil y ordenada (Figura A.3). De lo contrario se pierde capacidad de extracción.

Con un cuerpo de 2 l de capacidad, se pueden colocar hasta 100 paquetes de muestras de 5 g de mesocarpio por lote de extracción, los cuales pueden durar hasta (36 h).

Condensador: Para este sistema fue necesario construir un adaptador desde la boca del cuerpo del Soxhlet al condensador (Figura A.4). El adaptador tiene una conexión esmerilada al tamaño del diámetro del cuerpo del Soxhlet y en la parte superior, una conexión esmerilada para conectar al condensador. El condensador usado fue de bolas, con una conexión esmerilada y debió construirse un poco más largo que los convencionales usados en laboratorio para que logre enfriar de manera eficiente.



Figura A.2. Ejemplo de conexiones entre el cuerpo y el condensador del sistema Soxhlet de múltiples muestras.



Figura A.3. Llenado del sistema Soxhlet de múltiples muestras.

Plancha de calentamiento: Esta fue construida a medida para que se ajustara al fondo redondo del balón (Figura A.4). Este sistema es más eficiente en el ahorro de energía, pues disminuye las pérdidas de calor debido a que el balón se ajusta dentro de la plancha.

Las planchas de calentamiento también se pueden conseguir importadas de marcas comerciales. En este caso, llevan un recubrimiento interior de fibra de vidrio para que el balón descansa suavemente.



Figura A.4. Ejemplo de sistema Soxhlet de múltiples muestras con sistema de enfriamiento y recirculación de agua para los condensadores.

Esta publicación es propiedad del Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma, por tanto, ninguna parte del material ni su contenido, ni ninguna copia del mismo puede ser alterada en forma alguna, transmitida, copiada o distribuida a terceros sin el consentimiento expreso de Cenipalma. Al realizar la presente publicación, Cenipalma ha confiado en la información proveniente de fuentes públicas o fuentes debidamente publicadas. Contiene recomendaciones o sugerencias que profesionalmente resultan adecuadas e idóneas con base en el estado actual de la técnica, los estudios científicos, así como las investigaciones propias adelantadas. A menos que esté expresamente indicado, no se ha utilizado en esta publicación información sujeta a confidencialidad ni información privilegiada o aquella que pueda significar incumplimiento a la legislación sobre derechos de autor. La información contenida en esta publicación es de carácter estrictamente referencial y así debe ser tomada y está ajustada a las normas nacionales de competencia, Código de Ética y Buen Gobierno de la Federación, respetando en todo momento la libre participación de las empresas en el mercado, el bienestar de los consumidores y la eficiencia económica.

Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma
Bogotá, D.C. - Colombia
www.cenipalma.org