

Factores que afectan la pérdida de aceite impregnado en tusas en plantas de beneficio de palma de aceite*

Factors Affecting the Loss of Impregnated Oil in Empty Bunches in Palm Oil Mills

Jesús A. García N.¹;
Edgar E. Yáñez A.²;
Guido A. Sierra R.³

Resumen

Cenipalma ha liderado en el sector palmero colombiano trabajos tendientes a la disminución de la pérdida de aceite impregnado en tusa, en los cuales se ha determinado la influencia de factores tales como: la presión, el tiempo del proceso de esterilización, el grado de maduración de los racimos de fruta fresca (RFF) y la relación entre la pérdida de aceite en tusa con el proceso de desfrutado. Dando continuidad a estas actividades, en el presente trabajo se evaluó la incidencia de los siguientes aspectos operacionales y agronómicos sobre la impregnación del aceite en tusa: la altura de llenado de las vagonetas, la dosificación de RFF al desfrutador, la capacidad de prensado, el tipo de material genético de palma de aceite procesado, el corte en "V" del pedúnculo del racimo y el procesamiento de racimos con fruto suelto. Estos factores se evaluaron en seis plantas de beneficio de la Zona Central colombiana. La reducción de las pérdidas de aceite impregnado en tusa estuvo entre 0,13 y 0,25 % aceite/RFF. La práctica de un ensayo global con algunos de los factores evaluados generó una reducción en la pérdida del 0,36% aceite/RFF.

Summary

In the Colombian oil palm sector, Cenipalma is the leader in research studies aimed at reducing the loss of impregnated oil in empty bunches, which is affected by factors such as pressure, sterilization processing time, degree of ripeness of fresh fruit bunches (FFB), and the relation between loss of oil in empty bunches and the fruit-separation process. Following up on these issues, this study evaluated the influence of the following operational and agronomical aspects on the impregnation of oil in empty bunches: filling level in cargo wagons, feeding rate to the fruit-separator machine, press capacity, type of genetic material, V-cut on the bunch peduncle, and processing of bunches with loose fruits. These factors were evaluated in 6 palm oil mills in the Colombian Central Zone. The reduction in loss of impregnated oil in empty bunches was between 0.13% and 0.25% oil/FFB. A trial incorporating some of the evaluated factors showed a loss reduction of 0.36% oil/FPB.

Palabras Claves

Aceite de palma, TEA, Pérdidas por procesamiento, Tusas, Esterilización, Procesamiento, Plantas extractoras.

* Este trabajo contó con el apoyo y seguimiento del Comité Asesor Regional de Plantas de Beneficio de la Zona Central, 2001-2002.

1 Investigador Asistente. Cenipalma. Area de Procesos y Usos. Calle 21 No.42C-47 Bogota, Colombia, email: jesus.garcia@cenipalma.org

2 Investigador Auxiliar Cenipalma. Area de Procesos y Usos. Calle 21 No. 42C-47. Bogota, Colombia, email: edgar.yanez@cenipalma.org

3 Estudiante Ingeniería Química. Universidad Industrial de Santander.

Recibido: 12 de agosto 2002. Aprobado; 17 de marzo 2003

Antecedentes y Justificación

Desde la implementación de los balances de pérdidas de aceite en las plantas de beneficio en Colombia, se determinó que la impregnación de aceite en tusa es el factor de mayor incidencia sobre la pérdida total del proceso de extracción (García et al. 2000). Debido a esto se han desarrollado varios proyectos tendientes a identificar la incidencia de factores de operación en la esterilización y el desfrutado de los racimos sobre la impregnación de aceite en tusas.

Un primer trabajo en este sentido fue la evaluación en la pérdida de aceite impregnado en tusa de las presiones y los tiempos de sostenimiento empleados durante el proceso de esterilización. Este trabajo se realizó bajo condiciones controladas de maduración de racimos. Se notó que a mayor tiempo de sostenimiento y mayor presión en esta etapa, ocurría un aumento en la pérdida de aceite (Fernández 1998).

En un segundo trabajo realizado en tres plantas de beneficio de la Zona Central, se evaluó la pérdida de aceite en tusa relacionada con la calidad de los racimos (verde, maduro y sobremaduro) a diferentes tiempos de sostenimiento durante la esterilización. Se observó que a mayor grado de maduración y mayor tiempo de sostenimiento había un incremento en la pérdida de aceite impregnado en tusa (Fuentes 2000).

En forma paralela se realizó un seguimiento al proceso de impregnación de aceite en tusa desde la esterilización hasta la salida de ésta en el tambor desfrutador. Se pudo establecer que, bajo condiciones normales de esterilización y maduración de los racimos de fruta fresca (RFF), la mayor incidencia en la pérdida de aceite se presentaba en la sección de desfrutado de los racimos

y que la pérdida no dependía exclusivamente de las condiciones del proceso de esterilización (Yáñez et al. 2000).

A pesar de los aspectos antes mencionados, continuaron existiendo diferencias marcadas en la pérdida por impregnación de aceite en tusas entre algunas plantas de beneficio de la Zonas Oriental, Central y Norte que no eran manejadas con los conceptos evaluados. Por esta razón se realizó el proyecto objeto de este artículo, en el que se evaluaron otros aspectos que podrían estar afectando la pérdida de aceite en tusa.

Materiales y Métodos

El trabajo se desarrolló en seis plantas de beneficio de la Zona Central, tres de ellas ubicadas en la región de Puerto Wilches y las otras tres en el Sur del Cesar. El proyecto se ejecutó entre los meses de agosto de 2001 y febrero de 2002, con un cronograma individual por planta de un mes de trabajo. El estudio incluyó varios factores sugeridos en conjunto entre Cenipalma y el Comité Asesor de Plantas de Beneficio de la Zona, que se consideraron pudieran afectar la impregnación de aceite en tusas durante el proceso. Estos factores fueron:

- Procesamiento de racimos con fruto suelto separado.
- Procesamiento de racimos con corte del pedúnculo en "V".
- Capacidad de procesamiento de la planta de beneficio.
- Dosificación de racimos al desfrutador.
- Tipo de material genético procesado (Material IRHO y PAPÚA).
- Altura de llenado en la vagoneta de esterilización.

Los factores se evaluaron de manera independiente en cada una de

El corte en "V" de los racimos permitiría disminuir las pérdidas de aceite dentro de las plantas de beneficio.

las plantas de beneficio, teniendo siempre el respectivo testigo. Para todos los casos, se trabajó con la calidad de fruto que normalmente se procesa en las plantas de la zona.

Para cada uno de los tratamientos se midieron variables como aceite/ssna (aceite sobre sólidos secos no aceitosos), ssna/tusa (sólidos secos no aceitosos sobre tusa), fruto adherido en tusa y humedad, bajo los procedimientos establecidos en el Manual de Laboratorio de Cenipalma (Cenipalma 2000). En cada evaluación se realizaron cuatro repeticiones en cada una de las plantas. Para el diseño estadístico, cada planta de beneficio se tomó como un bloque. La distribución de los tratamientos en los bloques fue con un diseño completamente al azar.

Procesamiento de racimos con fruto suelto separado

En este ensayo se evaluaron tandas de esterilización sin incluir el fruto suelto y como testigo, con el mismo tipo de material cosechado, se evaluaron tandas con la presencia normal de fruto suelto. La separación del fruto suelto de los racimos se hizo en el campo o directamente durante el cargue de las vagonetas.

Las condiciones operativas de las tandas de esterilización fueron similares, tanto para el tratamiento como para el testigo. Luego de realizar la esterilización y el desfrutado de los racimos, se procedió a obtener, según el procedimiento descrito en el Manual de Laboratorio de Cenipalma, la muestra de tusas que sería evaluada para medir el aceite impregnado y el porcentaje de fruto adherido en las tusas.

Procesamiento de racimos con corte del pedúnculo en "V"

A una cantidad de racimos se le hizo el corte en "V", de tal manera que se

completara una tanda de esterilización. En la cuarta vagoneta se colocaron ocho racimos marcados, con el fin de poder seleccionarlos a la salida del tambor desfrutador y determinar la cantidad de aceite impregnado en la tusa.

Como testigo, con el mismo tipo de racimos, se corrió otra tanda de esterilización sin efectuar el corte del pedúnculo en "V". De igual manera, se colocaron los ocho racimos marcados en la cuarta vagoneta para determinar la impregnación de aceite y el porcentaje de fruto adherido en las tusas.

Capacidad de procesamiento en la planta

Esta evaluación fue concebida para evaluar la incidencia de los cambios en la capacidad de procesamiento en la planta, ocasionados permanentemente por disponibilidad de fruta y programación de proceso, así como la establecida cuando se realizan ampliaciones escalonadas en la capacidad de prensado con respecto a las de esterilización y desfrutado, entre otras.

Los ensayos consistieron en evaluar la incidencia del cambio en la capacidad de prensado en la planta sobre la pérdida de aceite impregnado en tusas, dado el cambio en la velocidad de alimentación de RFF al desfrutador y el flujo de los mismos en este proceso. Para ello se tomó la capacidad máxima o convencional de proceso como tratamiento de referencia y posteriormente se redujo con base en la infraestructura de cada planta, de modo que las reducciones se encontraron entre el 30 y el 50% de la capacidad convencional.

El muestreo de tusas se realizó en forma similar a los demás tratamientos. a la salida del desfrutador, bajo el procedimiento descrito en el Manual de Laboratorio de Cenipalma, evaluando el aceite impregnado y el fruto adherido en las tusas.

Dosificación de racimos al desfrutador

La variación en la dosificación de racimos puede entenderse como el cambio en la velocidad de los racimos alimentados o el cambio en el flujo de los mismos, que considera el número de ellos en una sola tanda por unidad de tiempo. Dada la factible variación existente en los dosificadores de racimos en el proceso de desfrutado, estos ensayos se plantearon para identificar la frecuencia óptima de alimentación en cada una de las plantas de beneficio evaluadas. Esto significa que se realizaron ensayos a diferentes velocidades de alimentación o frecuencias de paradas según el sistema establecido en cada planta. Para ello se calculó la velocidad óptima del dosificador a partir del promedio del peso y el volumen de los racimos procesados, con base en la capacidad de prensado en la planta.

Tipo de material genético procesado

Con base en ensayos previos realizados por Cenipalma (Fuentes 2000), se sugirió la evaluación de la impregnación de aceite en tusas en los materiales genéticos IRHO y PAPÚA. Para estos dos materiales se realizaron tandas paralelas de esterilización y desfrutado de fruto proveniente de la misma plantación y edad. El muestreo fue similar al planteado anteriormente.

Altura de llenado en la vagoneta de esterilización
 Como un aspecto complementario a la capacidad de la planta, se evaluó el tamaño de la vagoneta en una misma planta, al llenarla a diferentes alturas o capacidades, para dar un perfil de evaluación entre el 50 y el 100% de la capacidad total. Lo anterior se basa en las diferencias empíricas observadas para la pérdida de aceite en tusas entre plantas de alta, mediana y baja capacidad de procesamiento. Los porcentajes de la capacidad total de la vagoneta se relacionaron con alturas específicas para así poder obtener datos comparables entre plantas.

Para el tratamiento testigo se dispuso el 100% de la capacidad de la vagoneta, estableciendo los tratamientos de evaluación a un 50% de la misma. Las tusas evaluadas se ubicaron en el fondo de la vagoneta en todos los tratamientos, realizando su marcaación con azul de metileno con el fin de extraerlas al final del proceso de desfrutado.

Resultados y Discusión

Procesamiento de racimos con fruto suelto separado

La influencia de los frutos sueltos incluidos en el transporte y descargue de los racimos en la tolva sobre la pérdida de aceite en tusas se evaluó, bajo la hipótesis de que existe un intercambio de aceite entre los frutos y los racimos por maceración en el transporte hasta la planta de beneficio, durante el descargue de la tolva a la vagoneta y posteriormente en el desfrutado de los racimos esterilizados. En las Tablas 1 y 2 se puede apreciar la comparación estadística de la pérdida de aceite impregnado en tusa por planta evaluada y por el tratamiento aplicado, respectivamente.

La Tabla 1 muestra la variación existente en la pérdida de aceite en

Tabla 1 Aceite impregnado en tusa por planta en los ensayos de fruto suelto

Planta	Aceite impregnado (% aceite/ssna)
5	10.44 a*
4	8.78 b
3	7.29 c
1	7.10 c

* Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente al nivel del 5%.

Nota: Los datos son el promedio de las repeticiones en cada una de las plantas en los ensayos con fruto suelto y sin fruto suelto.

tusa entre las plantas de la Zona Central, según determinaciones realizadas para analizar la incidencia del fruto suelto, en la impregnación. Las diferencias de la pérdida por impregnación de aceite entre las diferentes plantas de beneficio pueden deberse, entre otros aspectos, a la eficiencia de recolección de fruto suelto en el campo.

La incidencia de la separación del fruto suelto sobre la impregnación de las tusas se observa en la Tabla 2, donde se presentan diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, teniendo en cuenta todas las plantas de beneficio evaluadas. Hay una mayor impregnación de aceite en tusa, del orden del 15,7% cuando en el transporte y procesamiento se mezclan los frutos sueltos que vienen del campo con los racimos.

Con los datos presentados anteriormente se destaca la importancia de buscar alternativas operativas para procesar en forma separada los racimos y el fruto suelto, o para tener en cuenta que un buen criterio de corte de racimos con un ciclo de cosecha ajustado, puede reducir la cantidad de fruto suelto y, por ende, la pérdida de aceite por impregnación en tusa en la planta de beneficio.

Procesamiento de racimos con corte del pedúnculo en "V"

Como se mencionó en la metodología, cada uno de los cortes en "V" en los racimos se realizó en el momento en que las vagonetas se cargaron. Aquellos racimos que presentaban un pedúnculo mayor a 5 cm y que sobresalía por los hombros de los racimos, se ajustaron al corte convencional. Los resultados se presentan en las Tablas 3 y 4, donde se observa la variación por planta y por tratamiento evaluado respectivamente.

El aceite impregnado en tusa medido en estos ensayos fue el de

Tabla 2 Aceite impregnado en tusa por separación de fruto suelto.

Tratamiento	Aceite impregnado (% aceite/ssna)
Con fruto suelto mezclado	9,01 a*
Con fruto suelto separado	7,79 b

* Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente al nivel del 5%.

Tabla 3 Aceite impregnado en tusa por planta en los ensayos de corte de pedúnculo en "V".

Planta	Aceite impregnado (% aceite/ssna)
4	10,11 a*
5	8,85 b
3	7,36 c
2	6,93 c
6	6,39 cd
1	5,58 d

* Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente al nivel del 5%.

Nota: Los datos son el promedio de las repeticiones en cada una de las plantas en los ensayos con racimos con corte del pedúnculo convencional y con corte en "V".

Tabla 4 Aceite impregnado en tusa por tipo de corte del pedúnculo.

Tipo de corte del pedúnculo	Aceite impregnado (% aceite/ssna)
Corte convencional	8,64 a*
Corte en "V"	6,43 b

* Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente al nivel del 5%.

mayor variación por planta, debido a la diversidad de los criterios utilizados en la cosecha. De otro lado, la influencia del corte en "V" sobre la impregnación de aceite en tusas se observa claramente en la Tabla 4, en donde hay un incremento en la pérdida de aceite del 34,4% entre los racimos con corte del pedúnculo en "V" comparado con el corte conven-

cional. Con base en lo anterior se puede sugerir la unificación de criterios para el corte del pedúnculo en "V", realizando verdaderamente el corte hacia la parte interna del racimo, tratando de retirar todo el pedúnculo en exceso.

Tabla 5 Datos del peso y porcentaje del pedúnculo cortado en forma de "V" en racimos que presentaban un corte convencional.*

Parámetro	Valor
Peso de RFF (kg)	62
Peso de trozos de pedúnculos cortados frescos (g)	863
Peso de trozos de pedúnculos cortados esterilizados (g)	378
Humedad perdida en el pedúnculo por efecto de la esterilización (%)	56,2
Peso de tusas con corte en "V" (kg)	12,5
% tusas / RFF (con corte del pedúnculo en "V")	20,16
% pedúnculo cortado/RFF	1,39

* Corte convencional: menor de 5 cm desde la parte más alta hasta el hombro del racimo.

Tabla 6 Aceite impregnado en tusa por planta en los ensayos de capacidad de procesamiento

Planta	Aceite impregnado (% aceite/ssna)
4	10,54 a*
1	9,77 a
5	9,54 a
2	6,26 b
3	6,11 b
6	5,34 b

* Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente al nivel del 5%.

Nota: Los datos son el promedio de las repeticiones en cada una de las plantas en los ensayos con capacidad de procesamiento normal y capacidad menor

Tabla 7 Aceite impregnado en tusa por capacidad de procesamiento

Capacidad	Aceite impregnado (% aceite/ssna)
100 %	9,25 a*
Parcialmente	6,60 b

* Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente al nivel del 5%.

El correcto corte del pedúnculo en "V" conduce no sólo a una reducción en la pérdida de aceite en tusa, sino, adicionalmente, a una disminución de materia indeseable transportada y procesada en las plantas de beneficio, que ocasionan una reducción en la tasa de extracción de aceite (TEA). Con el propósito de evaluar lo anterior, se realizó una serie de mediciones adicionales tendientes a encontrar la relación másica de los pedúnculos en exceso y las toneladas de RFF que entran a las plantas de beneficio, tal como se muestra en la Tabla 5. Para una planta de beneficio que procese, en promedio, 70.000 toneladas de RFF al año, el pedúnculo cortado representa 973 toneladas de materia indeseable pagadas a precio de RFF y que además implica una reducción aproximada en la TEA anual de 0,29 puntos porcentuales.

Capacidad de procesamiento en la planta
Los tratamientos de evaluación se plantearon según la capacidad y distribución de prensado en cada planta, dejando como testigo la capacidad convencional de proceso. Los resultados se presentan en las Tablas 6 y 7.

En la Tabla 7 se nota que se forman dos grupos con diferencias estadísticas significativas. Las plantas 2, 3 y 6 son de menor capacidad que las plantas 4 y 5 del primer grupo. La planta 1 es la excepción, ya que presenta pérdidas de aceite por impregnación en tusa muy alta. Esto se debe a problemas específicos en la tolva de recepción del fruto esterilizado y en la alimentación al tambor desfrutador. Posterior a este trabajo, la planta 1 hizo ajustes en los tópicos mencionados anteriormente y logró ubicar sus pérdidas de aceite en el rango de las plantas 2, 3 y 6.

Lo anterior se aprecia en la Figura 1, donde se presenta la correlación entre las pérdida de aceite impregnado

en tusa y la capacidad de prensado en las plantas evaluadas.

Dosificación de racimos al desfrutador

Los resultados se presentan en las Tablas 8 y 9. La dosificación normal es la que se hace comúnmente en cada planta de beneficio, sin tener en cuenta el cambio en la dosificación de racimos dada por la capacidad de prensado. La dosificación ajustada es el tratamiento evaluado, el cual se basa en la relación de capacidades de prensado y alimentación de racimos a ser desfrutados, para obtener así una velocidad de dosificación y un tiempo de residencia óptimo de los racimos en el tambor desfrutador.

En la Tabla 8 se observa claramente la reducción en el nivel de impregnación de aceite en tusa cuando se ajusta la dosificación de racimos al tambor desfrutador con la capacidad de prensado real.

La Tabla 9 muestra la más amplia diferencia de aceite impregnado en tusa de todas las variables estudiadas en este trabajo. Esto muestra que existe otro factor diferente a la velocidad de alimentación que afecta la impregnación de aceite en tusa. El parámetro adicional corresponde al número de racimos presentes dentro del desfrutador por unidad de volumen, el cual resulta de una interacción entre la capacidad de prensado, la capacidad del tambor desfrutado (diámetro-longitud) y el volumen de racimos alimentados por unidad de tiempo.

Para demostrar la hipótesis anterior se realizó un ensayo adicional con el fin de determinar el tiempo de residencia de los racimos en el desfrutador, como una variable de respuesta que puede relacionarse con el grado de impregnación de las tusas. Esta variable va a depender de la capacidad de proceso que se maneje en la planta, de manera que es un

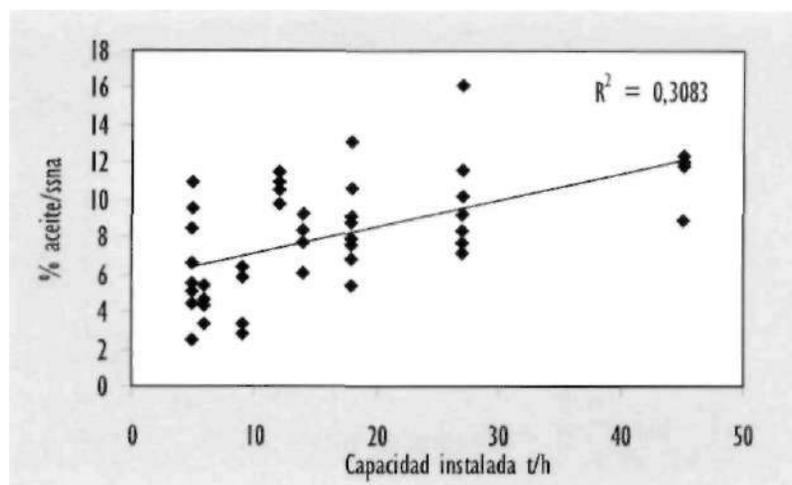


Figura 1 Relación entre la capacidad instalada de prensado y la pérdida de aceite impregnado en tusa

Tabla 8 Aceite impregnado en tusa por nivel de dosificación de racimos al desfrutador

Dosificación	Aceite impregnado (% aceite/ssna)
Normal	8,71 a*
Ajustada	6,77 b

* Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente al nivel del 5%.

Tabla 9 Aceite impregnado en tusa por planta en los ensayos de velocidad de dosificación

Planta	Aceite impregnado (% aceite/ssna)
5	10,43 a*
1	9,99 a
4	9,21 a
3	6,56 b
6	5,66 bc
2	4,55 c

* Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente al nivel del 5%.

Nota: Los datos son el promedio de las repeticiones en cada una de las plantas en los ensayos con dosificación, de racimos esterilizados al desfrutador. normal y ajustada.

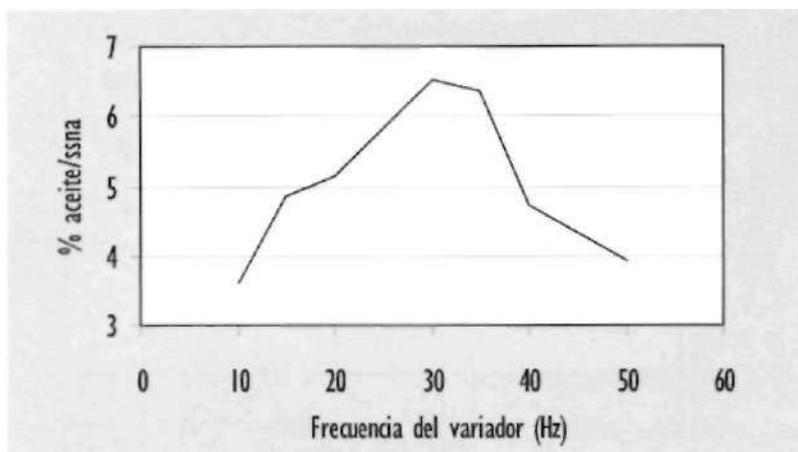


Figura 2 Pérdida de aceite impregnado en tusa debido a la velocidad de alimentación de racimos al desfrutador (la velocidad de alimentación está relacionada con la frecuencia del variador del alimentador).

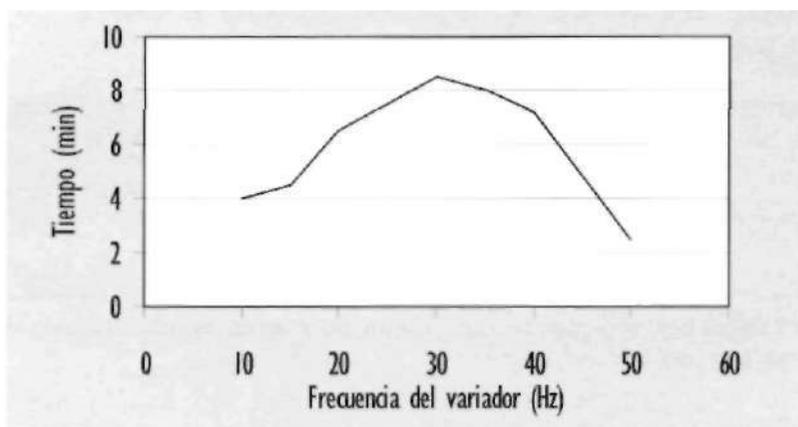


Figura 3 Tiempo de residencia de racimos en el desfrutador de acuerdo con la velocidad del alimentador (la frecuencia del variador está relacionada con la velocidad de alimentación)

Tabla 10 Impregnación de aceite en tusa en los materiales genéticos IRHO y PAPÚA.

Material	Salida del esterilizador (% aceite/ssna)	Salida del desfrutador (% aceite/ssna)
IRHO	3.91 a*	8.52 a
PAPÚA	2.67 b	6.35 b

* Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente al nivel del 5%.

indicativo de su incidencia sobre las pérdidas obtenidas durante el proceso de extracción de aceite.

Para esto, aprovechando la existencia de un sistema automático de control en la planta 2. se realizaron varios ensayos cambiando la frecuencia del dosificador de racimos al desfrutador por medio de un variador electrónico de frecuencia.

En la Figura 2 se muestra el comportamiento en forma de campana de las pérdidas de aceite en tusa con la variación en la frecuencia. Lo anterior se explica porque en la medida en que se incrementa la velocidad de alimentación, el desfrutador tiende a saturarse, incrementando, por tanto, la impregnación de aceite en tusas. Esto sucede hasta un punto en el cual el efecto se invierte, debido al bajo tiempo de residencia que tienen las tusas dentro del desfrutador, evitando así el contacto excesivo entre ellas.

El cambio en el tiempo de residencia con la frecuencia de alimentación puede verse en la Figura 3. Para el fruto adherido en cambio, se presenta una relación casi lineal con la velocidad de alimentación de racimos al desfrutador, relacionado con el tiempo de residencia de las tusas dentro del mismo.

Tipo de material genético procesado

Como se mencionó en la metodología, trabajos previos mostraron la posibilidad que materiales de siembra diferentes presentaran un nivel de impregnación distinto. Con el propósito de identificar el proceso que genera esta variación, se tomaron muestras a la salida de esterilización (vagoneta) y al final del desfrutado (banda transportadora), para realizar un seguimiento al proceso de impregnación en cada uno de los materiales evaluados. Los resultados se presentan en la Tabla 10.

La Tabla 10 presenta diferencias estadísticamente significativas en la impregnación de aceite para los materiales IRHO y PAPÚA, dando a este último los menores niveles de pérdidas en los dos puntos de muestreo evaluados. Con esto se ratifica la incidencia del material genético en la impregnación de aceite en las tusas. Con el propósito de buscar argumentos fisiológicos que expliquen estas diferencias, se tomaron algunas medidas de las tusas evaluadas, que se presentan en la Tabla 11, en la cual se resalta, principalmente, el mayor número de espigas y capas de frutos, mayores en el material IRHO que en el PAPÚA, lo cual facilita la impregnación de aceite por una mayor área de exposición con el aceite, tanto en la esterilización como en el desfrutado.

Altura de llenado de la vagoneta de esterilización
Este factor define la incidencia del tamaño de vagoneta sobre la impregnación de aceite en tusas, que representa, en forma indirecta, la capacidad de proceso en planta. El tamaño de la vagoneta define la altura de racimos que ejerce una columna de presión sobre los ubicados en la parte inferior, de manera que puede generar una mayor impregnación.

En la Tabla 12 se nota que los mayores valores de pérdida de aceite se presentan en las plantas 4 y 5, que son las de mayor capacidad de procesamiento entre todas las plantas que participaron y son las únicas que tienen vagonetas de esterilización de 2,5 toneladas. Las otras plantas de beneficio tienen vagonetas iguales o menores a 1,3 toneladas.

En la Tabla 13 se puede ver que existen diferencias significativas en la pérdida de aceite entre el llenado total de las vagonetas y el llenado parcial de las mismas.

Tabla 11 Comparación entre tusas del material IRHO y PAPÚA

Características	IRHO	PAPÚA
Peso medio de los racimos (kg)	19,4	20
Longitud pedúnculo central (cm)	35	37
Número de espigas lineales	32	27
Longitud media de espigas (cm)	19	21
Grosor de espigas (mm)	13	16
Número de capas	6	5

Tabla 12 Aceite impregnado en tusa por planta en los ensayos altura de llenado de vagonetas

Planta	Aceite impregnado (%ac/ssna)
5	10,24 a*
4	9,69 a
1	8,92 ab
3	7,19 bc
2	6,55 c
6	6,27 c

* Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente al nivel del 5%.

Nota: Los datos son el promedio de las repeticiones en cada una de las plantas en los ensayos de altura de llenado de vagonetas con llenado parcial y totalmente.

Tabla 13

Altura de llenado de vagonetas	Aceite impregnado (% aceite/ssna)
100 %	9,76 a*
Parcialmente	6,52 b

* Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente al nivel del 5%.

Lo anterior muestra una clara tendencia al aumento de las pérdidas de aceite por impregnación en tusas en la medida en que la capacidad de proceso se incrementa. Por esta razón se puede pensar en la idea de replan-

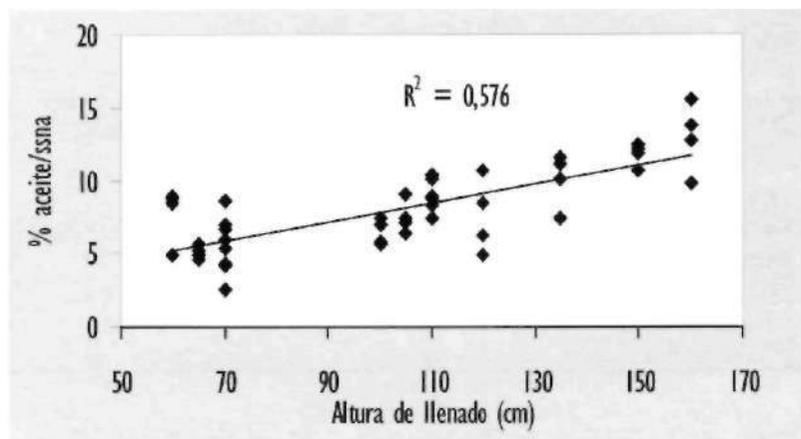


Figura 4 Relación entre la altura de llenado de las vagonetas y las pérdidas por impregnación de aceite en tusas

Tabla 14 Resumen de pérdidas de aceite obtenidas en cada tratamiento evaluado (% aceite/RFF).

Tratamiento	Evaluación	Testigo	Diferencia
Altura vagoneta	0,51	0,76	0,25
Capacidad planta	0,55	0,77	0,22
Dosificación	0,55	0,68	0,13
Corte en "V"	0,47	0,69	0,22
Tipo de material	0,48	0,69	0,21
Fruto suelto	0,60	0,74	0,14
Ensayo global			0,36

tear los valores de las pérdidas de aceite permisibles durante el proceso de extracción acorde con el tamaño de la planta, así como la implantación de una estrategia metodológica en la que se reduzca la altura de llenado de las vagonetas sin permitir que esta se convierta en un limitante para la producción.

En la Figura 4, se presenta una relación entre la altura de llenado de las vagonetas y la pérdida por impregnación, mostrando la relación directa que existe entre las dos variables. Este comportamiento establece una relación directa con la capacidad de proceso en planta y con la columna de presión generada por los racimos durante su procesamiento.

Análisis general de los tratamientos evaluados. A continuación se presenta una tabla general (Tabla 14), en la que se resumen las diferencias obtenidas para cada uno de los tratamientos evaluados. Las siguientes comparaciones entre tratamientos se realizaron con base en aceite/RFF, teniendo en cuenta el promedio de los valores de las variables adicionales (tusa/RFF, ssna/tusa); para los tratamientos de corte en "V" y tipo de material genético se trabajó con sus propios valores.

En la Tabla 14 se aprecian las diferencias encontradas para cada uno de los tratamientos realizados. Entre el efecto de los tratamientos se aprecian diferencias entre 0,13 a 0,25% aceite/RFF que pueden representar entre 91 y 175 toneladas de aceite al año para una planta que procese 70.000 toneladas/RFF.

Adicionalmente, en la Tabla 14 se presenta el resultado obtenido en un ensayo global, en el que se aplicaron algunos de los tratamientos evaluados. El dato de reducción de pérdida de aceite fue 0,36% aceite/RFF, con lo cual se nota una interacción sinérgica entre las variables, que puede conducir, en su conjunto, a una mayor disminución en la pérdida de aceite en tusa debido a la impregnación.

Conclusiones

- Todos los tratamientos evaluados presentan diferencias estadísticamente significativas para la pérdida de aceite impregnado en tusas, en comparación con las muestras testigos que corresponden al proceso convencional. Por tanto, las diferencias estadísticas mostradas por los tratamientos evaluados fueron favorables para la reducción de la pérdida de aceite.
- Los tratamientos de "fruto suelto" y "corte del pedúnculo en V" están

relacionados con pérdidas de aceite en las plantas de beneficio debido a prácticas agronómicas. Un criterio ajustado de cosecha y el corte en "V" de los racimos permitiría disminuir las pérdidas dentro de las plantas de beneficio.

- Se deben implantar metodologías de trabajo para la época de baja producción, previo análisis de costos dentro de la planta de beneficio.

Bibliografía

- CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN PALMA DE ACEITE. CENIPALMA. BOGOTÁ (COLOMBIA). 2000. Manual de Laboratorio. Plantas de beneficio primario para fruto de palma de aceite. Cenipalma, Bogotá. 117 p.
- FERNÁNDEZ, C. 1998. Estudio de ciclos de esterilización de racimos de palma de aceite, durante el proceso de extracción en la planta de Agroince (San Martín, Cesar). Escuela de Ingeniería Química. Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga. 113p. (Tesis de Ingeniero Químico).
- FUENTES. L. 2000. Optimización y estandarización de operaciones en el proceso de extracción de aceite de palma en la Zona Central, con énfasis en esterilización, centrifugación y muestreo. Informe Final. Cenipalma. Bogotá, 41p.
- GARCÍA N., J.A.; YÁÑEZ A., E.E.; RODRÍGUEZ C, N. 2000. Balance de pérdidas de aceite en plantas de beneficio de las zonas palmeras colombianas Norte y Central. Palmas (Colombia) v.21 no. Especial, Tomo I, p.375-380.
- YÁÑEZ A.. E.E.; GARCÍA N., J.A.; FUENTES, L. 2000. Impregnación de aceite en los racimos vacíos durante la esterilización y el desfrutado. Palmas (Colombia) v.21 no. Especial. Tomo 1. p 312-319.

Banco Agrario de Colombia

Financiamos la cadena de la palma

- * Siembra.
- * Sostenimiento.
- * Postcosecha.
- * Transformación.
- * Comercialización.

Hacemos crecer el campo
www.bancoagrario.gov.co