

Mejores prácticas en plantas de beneficio

**para el procesamiento de fruto de
palma de aceite en Colombia**

Boletín Técnico No. 18

Mejores prácticas en plantas de beneficio

© Publicación del Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma)

Cofinanciado por el Fondo de Fomento Palmero

Autores

Mauricio Mosquera Montoya
Oscar Mauricio Díaz Rodríguez
Carlos Alberto Fernández Botia
Guido Alberto Sierra Ramírez

Coordinación editorial

Patricia Bozzi Ángel – Oficina de Comunicaciones de Fedepalma

Diseño y diagramación

Sergio Serrano Mantilla

Impresión

Editorial Ápice

Cenipalma

Calle 21 No. 42C – 47
PBX: 208 8660 Fax: 368 1152
E-mail: bogota@cenipalma.org
www.cenipalma.org

Diciembre de 2006

Bogotá D.C.

ISBN: 958-97626-7-0

Contenido

Introducción

Este estudio da continuidad a los esfuerzos adelantados por el sector mediante el proyecto de Referenciación Competitiva desarrollado por Cenipalma y Fedepalma, para incrementar la competitividad de su producto en el escenario internacional. El objetivo principal es fomentar la aplicación de las mejores prácticas operativas que actualmente emplean las plantas de beneficio en el ámbito nacional.

Se presentan los resultados del estudio de *benchmarking* realizado en plantas procesadoras de fruto de palma de aceite a nivel nacional, el cual tuvo en cuenta las etapas del proceso de beneficio del fruto de la palma, sus respectivas variables de control e indicadores de proceso.

Metodología

La metodología de desarrollo del proyecto es la propuesta por el *American Productivity and Quality Center (APQC)*, la cual fue implementada en estudios anteriores de Cenipalma (Mosquera y Gallego, 2005; Mosquera *et.al*, 2006). La metodología constó de tres etapas. La primera fue de planeación, en la cual se generó un formato para el sondeo de la información, tomando como punto de partida la revisión bibliográfica de tecnologías para el procesamiento de fruto de palma de aceite validadas por Cenipalma.

La segunda etapa consistió en la recolección de información mediante visitas de campo, en las que a cada una de las plantas de beneficio participantes se les aplicó el cuestionario desarrollado en la primera etapa.

La tercera y última etapa, correspondió al análisis de la información obtenida en las visitas. En esta fase se determinaron las mejores prácticas, se estimó el impacto económico derivado de su aplicación y se trataron de hallar correlaciones estadísticas.

Desarrollo del estudio

Primera fase: planeación

El estudio se enfocó en una muestra representativa de plantas de beneficio a nivel nacional. Dicha muestra incluyó 12 plantas distribuidas de la siguiente forma: **Zona Oriental** (4): Guaicaramo S.A., Entrepalmas S.A., Extractora del Sur de Casanare S.A. y Aceites Manuelita S.A.; **Zona Central** (2): Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A. y Agroince Ltda. y Cía. S.C.A.; **Zona Occidental** (3): Palmeiras S.A., Palmas de Tumaco S.A. y Astorga S.A.; **Zona Norte** (3): Aceites S.A., Comercializadota Internacional El Roble S.A. y Palmeras de la Costa S.A. Es importante resaltar que las plantas estudiadas procesan el 43% del total del fruto beneficiado en Colombia (Fedepalma, 2006).

Formatos de recolección de información

En los formatos de recolección de información se consideraron las etapas del proceso de beneficio y sus respectivas variables a saber: esterilización, desfrutamiento, digestión-prensado y clarificación. El desarrollo de estos formatos se basó en la revisión bibliográfica de tecnologías disponibles, inicialmente apoyada en los informes finales de los experimentos desarrollados por Cenipalma, desde la implementación de los balances de pérdidas de aceite hasta el presente. Paralelamente se llevaron a cabo dos visitas técnicas, a sendas plantas de beneficio de la Zona Oriental, lo cual permitió enriquecer el trabajo de elaboración del formato.

Es importante destacar que gracias al nivel de desarrollo de la práctica de compartir información entre las plantas de beneficio en el país, uno de los trabajos más importantes de un estudio de referenciación competitiva, que es la de definir indicadores, ya se había abordado, encontrando mediciones estandarizadas y por ende comparables.

Segunda fase: recolección de información

Visita de sondeo - Plantas de beneficio

Durante las visitas a las plantas de beneficio, las cuales tuvieron una duración en promedio de cuatro días, se observaron aquellas características con respecto a la disposición de equipos y desarrollo del proceso en las etapas de esterilización, desfrutado, digestión, prensado y clarificación, para lo cual fue necesario hacer mediciones de variables críticas en cada proceso e indagar acerca de los mecanismos de control de procesos y sus parámetros.

Adicionalmente, en las plantas se llevaron a cabo contactos con personal de todos los niveles (desde el operativo hasta el directivo), con el fin de indagar respecto a los indicadores de proceso y obtener información general de estos. Dado que las doce plantas visitadas están distribuidas en las cuatro zonas palmeras del país, la fase de recolección de información tomó alrededor de tres meses y medio.

Tercera fase: análisis de la información

Con los datos obtenidos mediante la aplicación de las encuestas en las visitas de sondeo, y comparando los respectivos indicadores, se identificaron aquellas plantas de beneficio cuyas características las diferencian positivamente de las demás empresas participantes en el estudio.

Normalización de los indicadores

Para facilitar el análisis y la comparación de los indicadores de información, se realizó un proceso de normalización de los valores reportados por cada una de las plantas de beneficio participantes. Dicha proceso consistió en definir los rangos para calificar los datos reportados para cada indicador; asignando un valor de 1 para el resultado menos favorable y de 5 para el mejor. Por ejemplo, para el indicador de pérdidas de aceite en tusa los valores estuvieron situados en un rango entre 0,3 y 0,88% Ac/RFF, por lo tanto, la situación menos favorable de 0,88% Ac/RFF se califica con 1, mientras que para 0,3% Ac/RFF la calificación es de 5. Una vez definidos los puntos anteriores, se hizo una regresión lineal para determinar la ecuación que permite calificar aquellos indicadores que arrojaron datos intermedios respecto al rango planteado.

Indicadores de comparación

Los indicadores representan aspectos propios del proceso y permiten inferir la idoneidad de las condiciones, bajo las cuales se desarrolla el proceso de extracción en una empresa determinada. Los indicadores que se consideraron estratégicos para ser

Tabla 1. Indicadores de comparación

PB	(Tusas) %Ac/RFF	(Fr.Adh.) %Ac/RFF	(Fibras) %Ac/RFF	(Efluentes) %Ac/RFF	(Nuez) %Ac/RFF	Factor Utilización*	AGL	% Hum.	% Imp.
A	0,43	N.D.	0,44	0,36	0,06	0,81	3,0	0,08	0,02
B	0,55	0,001	0,54	0,32	0,06	0,61	2,9	0,2	0,02
C	0,48	0,0003	0,46	0,61	0,06	0,8	2,1	0,27	0,02
D	0,62	N.D.	0,5	0,46	0,04	0,84	2,0	0,18	0,03
E	0,3	N.D.	0,52	0,5	0,06	0,84	2,6	0,12	0,04
F	0,52	0,002	0,58	0,52	0,04	0,74	2,4	0,11	0,05
G	0,8	0,040	0,53	0,4	0,01	0,96	2,1	0,22	0,07
H	0,65	0,004	0,54	0,69	0,034	N.D.	2,4	0,35	0,1
I	0,88	N.D.	0,35	0,27	0,05	0,92	2,0	0,043	N.D.
J	0,55	0,030	0,44	0,56	0,06	0,79	2,1	0,08	N.D.
K	0,43	N.D.	0,49	0,73	0,07	0,74	2,2	0,12	N.D.
L	N.D.	N.D.	0,49	0,55	0,05	1,025	2,3	0,208	N.D.

N.D.: No disponible

*Factor Utilización: Tonelada de RFF procesadas / Capacidad planta expresada en toneladas de RFF por hora * 5.200 horas)

incluidos en el estudio fueron los asociados a pérdidas, uso de la planta y calidad del aceite. Es muy importante destacar que para todas las empresas se consideró el mismo período y la misma frecuencia en la toma de los datos. Estos corresponden a los promedios de los datos mensuales para el período comprendido entre enero y mayo de 2006. La Tabla 1 muestra el resumen de los indicadores.

Los gráficos presentados a continuación muestran los resultados para cada uno de los indicadores, lo que facilita referenciar las plantas estudiadas. Cuando no se encuentra disponible el valor en el gráfico para una empresa, indica que la misma no brindó esa información.

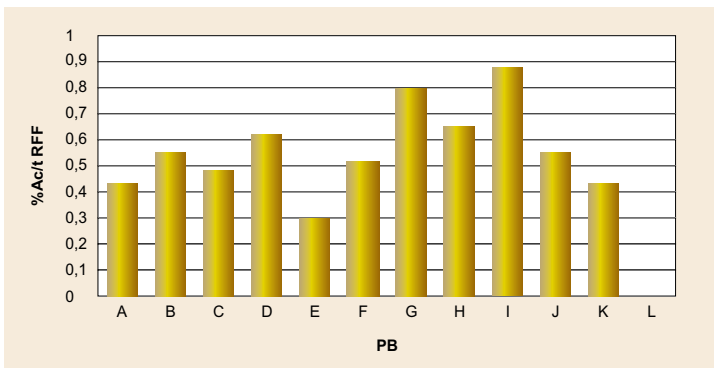


Gráfico 1. Pérdida de aceite en tusa

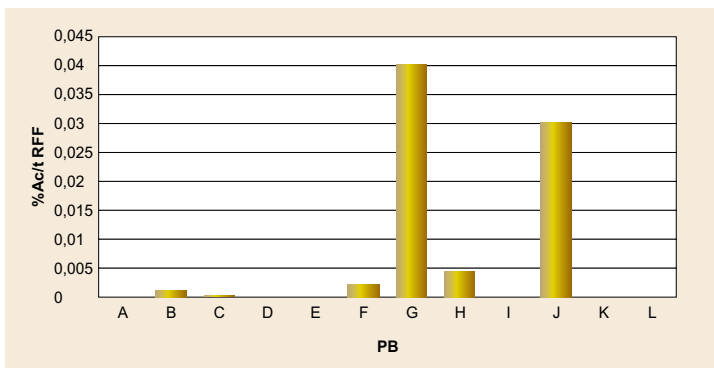


Gráfico 2. Pérdida de aceite en fruto adherido

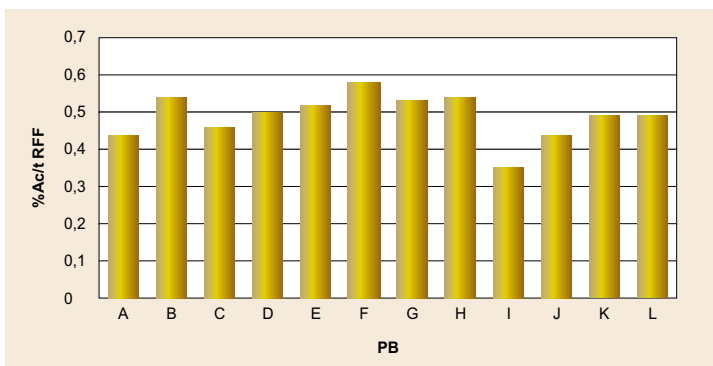


Gráfico 3. Pérdida de aceite en fibras (% Ac/ t RFF)

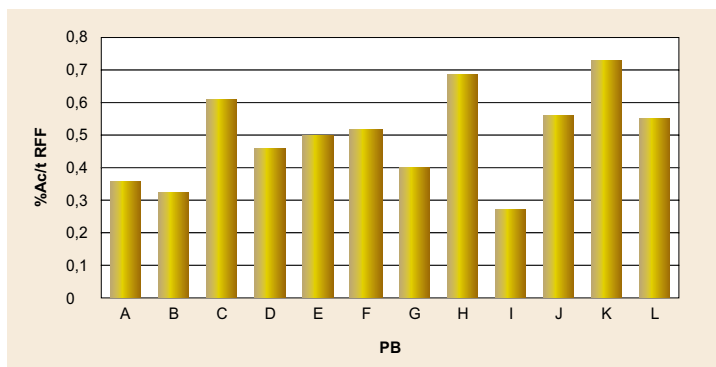


Gráfico 4. Pérdida de aceite en efluentes

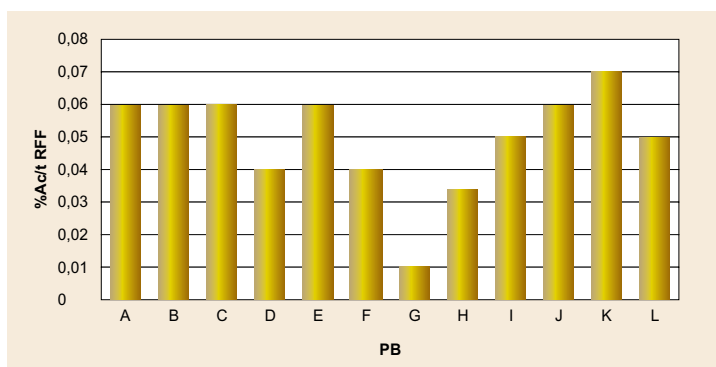


Gráfico 5. Pérdida de aceite en nuez

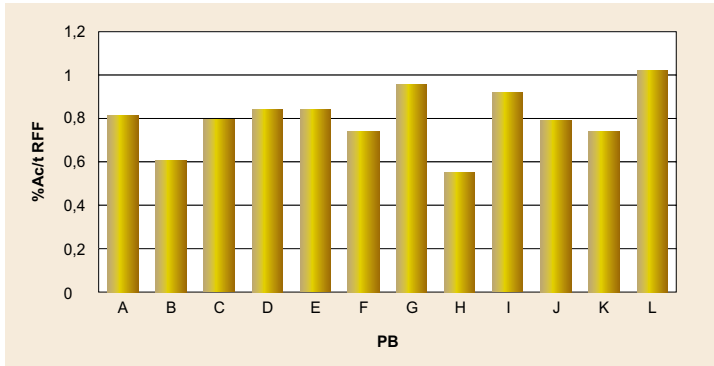


Gráfico 6. Factor de utilización

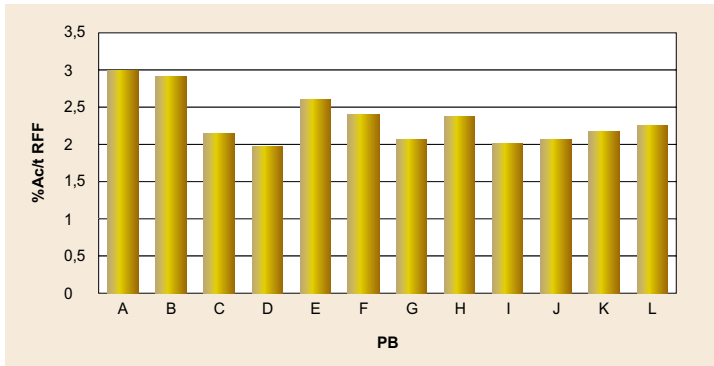


Gráfico 7. Calidad del aceite: AGL

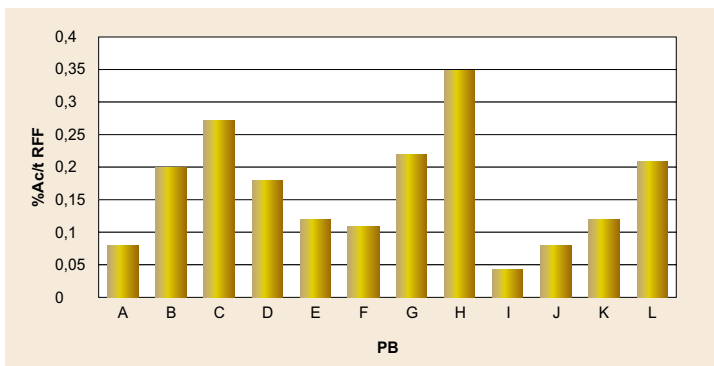


Gráfico 8. Calidad del aceite: Humedad

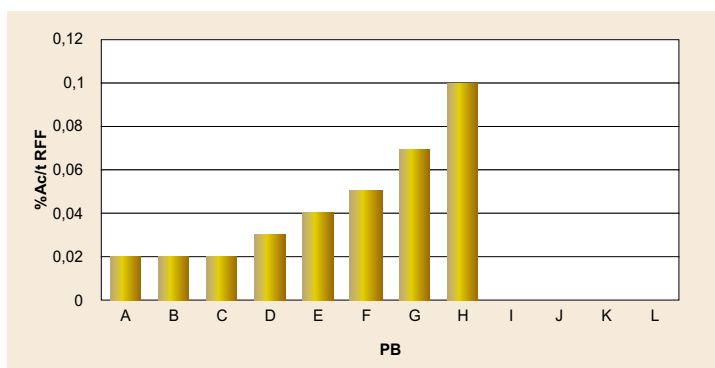


Gráfico 9. Calidad del aceite: Impurezas

En la tabla 2 se muestran los indicadores normalizados para cada una de las plantas participantes, identificadas con letras del alfabeto.

Tabla 2. Indicadores de comparación normalizados para las plantas de beneficio

PBP	(Tusas) %Ac/RFF	(Fr.Adh.) %Ac/RFF	(Fibras) %Ac/RFF	(Eflue.) %Ac/RFF	(Nuez) %Ac/RFF	Factor Utilización	AGL	%Hum.	%Imp.
A	4,1	N.D.	3,4	4,2	1,7	3,0	1,0	4,5	5,0
B	3,3	4,9	1,7	4,6	1,7	1,1	1,4	3,0	5,0
C	3,8	5,0	3,1	2,0	1,7	2,9	4,4	2,0	5,0
D	2,8	N.D.	2,4	3,3	3,1	3,3	5,0	3,2	4,5
E	5,0	N.D.	2,0	3,0	1,7	3,3	2,6	4,0	4,0
F	3,5	4,8	1,0	2,8	3,0	2,3	3,4	4,1	3,5
G	1,6	1,0	1,9	3,9	5,0	4,4	4,7	2,7	2,5
H	2,6	4,6	1,7	1,3	3,4	N.D.	3,5	1,0	1,0
I	1,0	N.D.	5,0	5,0	2,3	4,0	5,0	5,0	N.D.
J	3,3	2,0	3,4	2,5	1,7	2,8	4,7	4,5	N.D.
K	4,1	N.D.	2,6	1,0	1,0	2,3	4,3	4,0	N.D.
L	3,2	N.D.	2,6	2,6	2,3	5,0	4,0	2,9	N.D.

N.D.: No disponible

Se observa la normalización de los indicadores con los cuales se compararon las plantas de beneficio. Aquellos valores resaltados, corresponden a los tres mejores valores reportados en el estudio.

Calificación de plantas de beneficio

Para calificar cada planta de beneficio de forma equitativa se determinó la variación en el ingreso, ante una perturbación en los indicadores considerados. En este orden de ideas, al tener en cuenta la influencia de cada uno de los indicadores fue posible obtener una calificación ponderada por la importancia de cada factor, para cada planta de beneficio participante.

La tabla 3 muestra los datos obtenidos en este ejercicio. Es importante resaltar que las simulaciones se llevaron a cabo considerando un cambio de una unidad porcentual para cada una de las variables y su influencia sobre el ingreso de la planta, manteniendo todas las demás constantes (*ceteris paribus*).

Tabla 3. Factor de influencia de los indicadores

Item	Indicador	Factor Influencia
Pérdida de aceite	(Tusas)% Ac/RFF	0,2454
	(Fr. Adh.)% Ac/RFF	0,0594
	(Fibras)% Ac/RFF	0,2391
	(Eflue.)% Ac/RFF	0,2479
	(Nuez)% Ac/RFF	0,0746
Uso	Factor de utilización	0,1281
Calidad de aceite	AGL	0,0042
	Humedad	0,0007
	Impurezas	0,0007

Con esta metodología de calificación se muestra la lista de plantas de beneficio con sus respectivas calificaciones ponderadas organizada en orden descendente. La letra asignada corresponde a la denominación asignada en la tabla 1.

Tabla 4. Calificación de plantas de beneficio

Posición	Planta de Beneficio	Calificación Normalizada
1	A	3,4
2	I	3,4
3	E	3,0
4	C	3,0
5	B	2,9
6	L	2,9
7	J	2,9
8	G	2,8
9	D	2,8
10	F	2,6
11	K	2,3
12	H	2,0

Resultados del estudio

A continuación se presentan las mejores prácticas asociadas a los indicadores considerados en el análisis. Éstas se presentan en orden de acuerdo a cada indicador, etapa de proceso y la empresa que la realiza, seguida de una descripción de la práctica.

Pérdidas de aceite en tusa

Esterilización

Aceites Manuelita S.A.

Descarga de vapor de autoclaves: en la planta de beneficio de Aceites Manuelita S.A. realizan la evacuación del vapor por la parte inferior del autoclave, aspecto estudiado por Cenipalma en Zona Norte y que demostró incrementos en la eficiencia debido a que disminuye la impregnación de aceite en tusa.

Automatización de la etapa de esterilización: la operación de las autoclaves se encuentra automatizada, de tal forma que se controla la manipulación de las válvulas, el control de los picos de presión y el tiempo de cocimiento. Lo anterior reduce la incidencia de fallas humanas, especialmente durante los turnos nocturnos. Además, cuentan con una salida gráfica y numérica en el cuarto de control, lo que permite establecer los rangos en los que la presión de sostenimiento y el tiempo total del ciclo se están realizando, así como detectar y cuantificar los tiempos muertos, es decir, permite determinar la calidad de los ciclos aplicados. Igualmente, es posible evaluar las operaciones realizadas en turnos previos y en el horario nocturno.

Aceites S. A. y Agroince Ltda.

Evacuación de condensados de autoclave: realizan la evacuación de condensados utilizando el sistema de electrodos de nivel con evacuación automática, lo cual permite eliminar el condensado en el momento que se genera, garantizándose así la evacuación oportuna y adecuada del autoclave.



Foto 1. Aceites S.A. Descarga de condensados de esterilización.



Foto 2. Palmeiras. Tambor de volteo del redler

Desfrutado

Palmeiras S.A.

Dosificación al desfrutador: está automatizada, de tal forma que el nivel de los digestores gobierna la operación del *redler* dosificador. Además, para el vaciado de las vagonetas se utiliza un tambor de volteo automatizado, enlazado al sistema del *redler*. De esta manera, cuando se detiene la dosificación, la descarga de vagonetas también lo hace. El objetivo es que la descarga de vagonetas mantenga un nivel constante de alimentación, para lo cual se han programado ciclos de volteo en siete tiempos diferentes.

Pérdidas por fruto adherido

Aceites S.A.

Desespigado de fruto verde: el fruto verde identificado en tarima es desespigado y sus espigas son llevadas al proceso bajo parámetros de operación normal con el resto de la fruta. Aplican picos de presión de 25, 35 y 45 psi, con tiempo total de la etapa de 85 minutos. De esta forma se disminuye la pérdida de aceite por fruto adherido, ya que se procesan las espigas junto con los frutos verdes que generalmente quedan adheridos a la tusa.

Agroince Ltda.

Picos de presión de acuerdo con la calidad de la fruta: los picos de presión aplicados son, en su orden, de 15, 25 y 35 psi, el tercero con sostenimiento de 35 minutos, el tiempo total de la etapa es de 86 minutos. De acuerdo con la calidad de la fruta se define el tiempo de sostenimiento del Pico 3 (racimo verde: 35 minutos., racimo maduro: 30 minutos.) Adicionalmente, para el seguimiento de la esterilización, se cuenta con un sistema automático de monitoreo de presión de vapor, ubicado en el cabezal de distribución a las autoclaves: Este sistema tiene salida gráfica a una pantalla que jefes y operarios pueden consultar.



Foto 3. Aceites S.A. Desespigado de fruto verde

Pérdidas de Aceite en Fibras

Digestión - Prensado

Palmas de Tumaco S.A.

Control de nivel en digestores: cuentan con un sistema de control de dosificación de racimos al desfrutador que consiste en un pivote ubicado en el último digestor alimentado. Este actúa como sensor de nivel y gobierna el dosificador de fruto del tambor desfrutador. Este control genera mayor eficiencia en el prensado, lo que se ve reflejado en la baja pérdida por impregnación de aceite en fibra.

Aplicación de agua de dilución: realizan la aplicación del agua de dilución a 95°C en la camisa de las prensas, lo que permite mantener la temperatura de clarificación en el rango adecuado de 85 a 90 °C. Además, favorece la disminución en la impregnación de la fibra mediante el efecto operacional sobre las prensas y el lavado que realiza el agua caliente sobre la fibra.

Extractora del Sur de Casanare S.A.

Automatización de las prensas y control: la operación de las prensas se encuentra automatizada y el parámetro de control es el amperaje del motor. Este opera con valores de 33 Amp y voltaje de 440 V. Paralelamente, el operario controla el comportamiento de la temperatura de digestión. Esta estrategia permite mantener la impregnación de aceite en fibras controlada.

Palmeras de la Costa S.A.

Control de proceso: la temperatura de digestión se maneja en un rango de 85 - 90°C. El operario de prensas se encarga de controlar: temperatura del digestor, amperaje y presión de prensas. El comportamiento de estas variables del proceso es controlado cada hora, lo que permite conocer el desarrollo de la etapa y, si es del caso, tomar medidas correctivas. Como ayuda visual para el operario los amperímetros de las prensas tienen marcado el rango al cual deben operar estos equipos.

De otra parte, para mantener el nivel de llenado de los digestores, cuentan con un sensor fotoeléctrico, ubicado en el canal de retorno de fruta alimentada a los digestores, el cual gobierna la descarga de las vagonetas y la dosificación de racimos al desfrutador.



Foto 4. Desfrutador de Palmeras de la Costa S.A.

Pérdidas en efluentes

Palmas de Tumaco S.A. y Agroince Ltda.

Clarificación independiente de recuperados de centrífuga: se realiza la clarificación de los recuperados de centrífuga en un clarificador independiente al clarificador primario que es alimentado con licor de prensa. Lo anterior es positivo para el proceso, si se tiene en cuenta que mezclar dicha corriente con el licor de prensa disminuye la eficiencia del clarificador primario. Lo anterior obedece, por lo menos en parte, a que la mezcla afecta la dilución al retornarle agua y porque entorpece la separación del aceite por la presencia de lodos livianos. Esta práctica incrementa el tiempo de retención hidráulico en el clarificador primario, disminuye la presencia de aceite en lodos y facilita el control de la dilución.



Foto 5. Agroince Ltda. Clarificador de recuperados de centrífuga

Palmas de Tumaco S.A.

Temperatura de licor de prensa diluido a clarificación: para garantizar una temperatura adecuada del licor de prensa alimentado al clarificador, este fluido pasa antes por una columna de calentamiento con vapor directo, equipada con un sistema de control, consistente en una termocupla enlazada con la válvula de alimentación de vapor. De esta manera, se mantiene la temperatura a 90°C. El parámetro de control consiste en mantener el porcentaje volumétrico de aceite en la corriente de lodos de descarga del clarificador menor al 12%.

Agroince Ltda.

Recuperación de aceite en condensados de esterilización: los condensados de esterilización que son enviados al florentino, pasan primero por un sistema de trampas de grasa, donde se recupera aceite que afectaría las pérdidas en efluentes.

Control de proceso: cuentan con un sistema de alarmas en los principales tanques de acopio de las corrientes de clarificación, las cuales se activan cuando los niveles sobrepasan los rangos establecidos. De esta forma, los operarios tienen tiempo para reaccionar y evitar posibles regueros que repercutirían en pérdidas y en perturbaciones del régimen del proceso. En algunos casos, los controles de nivel activan bombas para evacuar el exceso de fluido en el tanque.

Temperatura de clarificación: la temperatura de operación de los equipos de clarificación se mantiene en el rango de 85 a 90°C. Por ello, cuentan con una columna de calentamiento para el licor de prensa previo ingreso al clarificador. Adicionalmente, cada equipo de clarificación tiene serpentines de calentamiento de vapor que mantienen

estables las condiciones del proceso. Sumado a lo anterior, el sistema automático de monitoreo incrementa la eficacia y eficiencia de control en estos equipos al permitir realizar seguimiento al proceso en tiempo real o en el momento de proceso que se requiera.

Clarificación independiente de recuperados de centrífuga y composición de recuperados de centrífuga: la clarificación de recuperados de centrífuga se realiza de forma independiente. Cabe anotar que la composición de recuperados de centrífuga se observó en 32 % Aceite, 5 % de lodos livianos (LL), 20 % de lodos pesados (LP) y 43% de agua, lo que permite la fácil separación del aceite.

Extractorora del Sur del Casanare S.A.



Foto 6. Palmeras de la Costa S.A. Centrífugas

Control de proceso: El analista de laboratorio verifica cada hora que la temperatura del clarificador primario se encuentre en un rango de 80-90°C y que la altura de la capa de aceite se encuentre en 35 cm. El analista verifica la composición de los lodos de descarga de centrífuga cada hora, si se observan trazas de aceite o de lodos livianos en el análisis, se reporta al supervisor de turno para que se revise el equipo.

Aceites S.A.

Control de dilución: tienen un sistema automático de control de dilución del licor de prensa. Este se basa en la medición de dicha corriente y en la manipulación del flujo de agua de dilución, con lo que se busca garantizar que la relación en volúmenes de aceite/agua se mantenga en 1,4. El valor de caudal del licor de prensa y el de agua se presentan con una salida gráfica en el cuarto de control, de tal forma que se conoce el estado de la dilución en tiempo real.

Aceites Manuelita S.A.

Uso de condensados de esterilización en dilución: utilizan además de agua limpia, el retorno de los condensados de esterilización para la dilución del licor proveniente de las prensas. Estos se almacenan en un tanque pulmón donde mantienen su temperatura. Con esta práctica se reduce

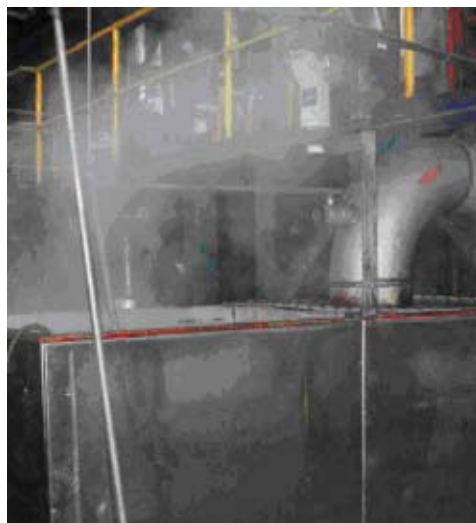


Foto 7. Aceites S.A. Válvula proporcional y tanque de dilución

el flujo de efluentes de la planta en 0,17 m³/t RFF, mientras que el consumo de agua limpia en dilución lo hace en 71%.

Calidad de aceite producido

Extractora Sur del Casanare S.A.

Sistema de secado al vacío: Tiene dos secadores de vacío generado por eyector, que operan en paralelo a – 25 in. Hg. Esto garantiza un buen secado y mejora la calidad del aceite. Cada hora el analista de laboratorio determina la humedad y la acidez del aceite terminado que va para almacenamiento, lo que permite hacer seguimiento y control a la calidad del aceite. Los parámetros de control de calidad de aceite son: humedad<0,1; AGL<3,2 e impurezas: trazas DOBI> 2,6.

Agroince Ltda.

Control de proceso: el supervisor hace un recorrido cada hora y media a la etapa de clarificación, haciendo análisis rápidos, verificando las temperaturas, la capa de aceite y la presión del secador de vacío. De esta forma obtiene información importante para control y toma de decisiones de la etapa.

Clarificación de aceite: manejan sedimentadores independientes para los aceites recuperados en el clarificador primario y en el preclarificador (a una temperatura de 90°C.). Lo anterior permite tener el suficiente tiempo de residencia para separar las impurezas que arrastra el aceite recuperado en clarificación.

Control de calidad aceite terminado: el supervisor determina la calidad de aceite terminado cada hora y media. Así se identifican anomalías que son corregidas oportunamente, de manera que la calidad del aceite de varias horas de proceso no se ve afectada. Además, con el dato de AGL se identifica a cual tanque de almacenamiento bombear el aceite y de esta forma no mezclar productos que puedan no favorecer la calidad final.

Aceites S.A:

Control de proceso: tienen un sistema de preclarificadores con control de temperatura y de dilución, lo que les permite recuperar el aceite rápidamente. En efecto, el operario de clarificación realiza constante control sobre la altura de la capa de aceite de los equipos de clarificación, buscando mantener el colector de aceite en posición apropiada, de forma que no se arrastren lodos con el aceite terminado.



Foto 8. Aceites S.A. Preclarificadores

Factor de utilización

Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A.

Cuentan con dos elevadores de fruto, dos tamices circulares y dos líneas de desfibración que permiten mantener la operación continua de la planta en caso de falla del equipo principal. De esta forma se disminuyen los tiempos de paradas no programadas. Adicionalmente, durante los meses anteriores a iniciarse el pico de producción hacen un mantenimiento general a todos los equipos críticos de la planta previendo posibles fallas. En cuanto a disponibilidad de energía, cuentan con una turbina, tres plantas eléctricas diésel y conexión a red eléctrica pública.



Foto 9. Palmeras de la Costa S.A. Turbinas

Guaicaramo S.A.

Para garantizar continuidad durante el proceso, en la etapa de esterilización y desfrutamiento mantienen 12 vagonetas con fruta lista para esterilizar, 24 vagonetas en esterilizadores y 12 esterilizadas, cabe decir que el número de vagonetas depende de la capacidad de procesamiento de la planta. En la etapa de clarificación cuentan con bombas auxiliares en las principales corrientes: tanque de licor de prensa a clarificador primario, salida de lodos tamizados a pulmón centrífugas y tanque de aceite terminado. Adicionalmente cuentan con un tamiz en *stand-by*.

Otras buenas prácticas

- **Palmeras de la Costa:** cada operario tiene conocimientos de mantenimiento básico de los equipos respectivos de su etapa. De esta manera, el personal especializado se puede dedicar a los asuntos que requieran de mayor conocimiento técnico.



Foto 10. Palmeras de la Costa S.A. Mantenimiento



Foto 11. Aceites S.A. Cuarto de control

- **Astorga S.A.:** tienen carteleras para todas las etapas del proceso, en las cuales reportan los indicadores diarios y acumulados de proceso, junto con las metas que desean alcanzar.
- **Agroince S.A. y Aceites S.A.:** cuentan con sistemas de monitoreo de las variables principales del proceso, de tal forma que pueden realizar el seguimiento al proceso y al desarrollo de éste en tiempo real. El sistema de monitoreo cuenta con salida gráfica y numérica en los computadores de sus respectivos cuartos de control. Allí el comportamiento de los equipos de la planta pueden ser verificados por el operario encargado o el supervisor de proceso.

Impacto económico asociado a las prácticas operativas

Cada una de las mejores prácticas encontradas tiene efectos positivos sobre la empresa que la implementa, el cual es mensurable en términos de ingresos. Esto se muestra claramente en términos de las pérdidas de aceite sobre racimo, las cuales al reducirse, implican un aumento en la tasa de extracción. En el caso de los parámetros de calidad, los aumentos en el ingreso son generados por las bonificaciones. Finalmente, los indicadores asociados a uso de la planta son susceptibles de evaluarse de acuerdo con la disminución del costo de extracción, resultado de la mayor escala de procesamiento.

Con el objetivo de evaluar las posibilidades de mejora para cada uno de los indicadores estudiados, se recurrió a la diferencia entre las mejores empresas y el promedio nacional para cada uno de los indicadores. En la tabla 5, se presenta el impacto económico asociado a las mejores prácticas operativas, estimado en cuanto a ahorro en dólares por tonelada de aceite. Esto se calculó con base en el número de toneladas de aceite que deja de producir el sector como resultado de la no aplicación de éstas.

Tabla 5. Impacto económico asociado a las mejores prácticas

Prácticas operativas	Porcentaje de ahorro asociado a cada práctica	Ahorro en dólares asociado a cada práctica /t Aceite
Esterilización- Desfrutado	27,0	6,20
Digestión - Prensado	23,1	5,30
Clarificación	29,7	6,80
Calidad aceite	20,2	4,65
Total ahorro asociado a prácticas	22,95	

Análisis estadístico de resultados

En la tabla 6 se muestra los resultados arrojados por el análisis estadístico realizado a los indicadores de comparación mostrados en la tabla 1, con el fin de determinar relaciones entre las variables del estudio, mediante la metodología estadística de *stepwise*¹.

Tabla 6. Análisis estadístico de los indicadores de comparación

VARIABLES	Nombre	Modelos	R2	P
le	Índice de esterilización	le=f(EFP)	0,987	0,000
Tu	Pérdida en tusas	Tu=f(Rcap)	0,93	
Fa	Pérdida fruto adherido	Fa=f(CR)	0,601	0,001
Fi	Pérdida en fibras	Fi=f(EFE)	0,983	0,000
Ef	Pérdida e n efluentes	Ef=f(EFE)	0,922	0,000
Nu.	Pérdida en nuez	Un=f(EFE)	0,905	0,000
PT	Pérdida total	PTR=f(EFE)	0,984	0,000
AGL	AGL	AGL=f(EFE)	0,995	0,000
H+I	Humedad + Impurezas	H+I=f(Rcap)	0,823	0,000

EFE: eficiencia en la extracción

EFP: eficiencia de procesamiento expresado como EFP= Horas efectivas de proceso/Horas programadas

RCap: Relación de Capacidades: RCap= Capacidad Real (Ton RFF/h)/Capacidad Nominal (Ton RFF/h)

CR: Capacidad real de procesamiento (Ton RFF/h)

En la tabla 6, la primera columna muestra las variables consideradas para el análisis, las cuales corresponden a los indicadores de comparación del estudio. En la columna de modelos se muestra las relaciones que se encontraron con algunas variables respuesta. Por ejemplo, en el caso de pérdida total (PT) se observa una relación directa con la eficiencia de extracción (EFE). De igual forma, se puede interpretar los modelos para el resto de variables, que muestran un buen ajuste en términos de $p = 0.000$ y R^2 .

De lo anterior podemos identificar los siguientes grupos resaltando algunos aspectos:

1. Que la eficiencia en extracción de aceite de la planta se encuentran asociada a la pérdida de aceite en cada una de las corrientes consideradas por los indicadores, adicional a esto, se encontró relación entre la calidad del aceite en términos de AGL con dicha eficiencia.
2. De igual forma la calidad del aceite en términos de humedad e impurezas, se encuentra relacionada con el factor de Capacidad Real/Capacidad Nominal, lo cual puede

¹ El método Stepwise se utiliza en situaciones en las cuales se dispone de un conjunto grande de posibles variables explicativas, resolviendo el problema de determinar si todas las variables deben entrar en el modelo de regresión y, en caso negativo, determinar cuales variables deben entrar en el modelo de regresión y cuales no deben hacerlo (Kutner et al., 2005, Vilar, 2003)

interpretarse como que operar un sistema subdimensionado o sobredimensionado, o donde los equipos generen cuellos de botella, afecta el régimen estable del proceso.

3. La pérdida de aceite en tusas presenta una relación directa con la capacidad real de procesamiento, lo cual puede interpretarse como que al manejar mayores flujos en las corrientes crece la probabilidad de fomentar la impregnación del aceite.

4. De igual forma, se observa una relación entre la eficiencia de procesamiento y el índice de esterilización, esto permite suponer que un buen valor de índice de esterilización garantiza la continuidad del proceso y un buen uso de los recursos disponibles para el proceso.

Agradecimientos

El equipo del proyecto agradece, por su colaboración y disposición, al personal técnico y a las gerencias de las empresas Guaicaramo S.A., Entrepalmas S.A., Extractora del Sur de Casanare S.A., Aceites Manuelita S.A., Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A., Agroince Ltda., Palmeiras S.A., Palmas de Tumaco S.A., Astorga S.A., Aceites S.A., C.I. El Roble S.A. y Palmeras de la Costa S.A. Este estudio fue cofinanciado por el Fondo de Fomento Palmero y Colciencias.

Bibliografía

Bernal, J; Sierra, G. 2004. Determinación de la frecuencia óptima de dosificación de racimos al desfrutador y estudio de su relación con los procesos de digestión y prensado. Tesis de Ingeniería Química. Universidad de América.

Camp, R. 1994. *Business process benchmarking*. APQC Quality Press. Milwaukee. USA.

Castellanos N, S. 2000. Estudio de la operación de un separador estático horizontal de aceite crudo de palma orientado a mejorar el manejo de sus purgas. Santa Fe de Bogotá. 130 p. Ingeniería de Producción Agroindustrial. Universidad de la Sabana.

Cenipalma. 1999. *Manual de laboratorio. Plantas de beneficio primario para fruto de palma de aceite*. Santafe de Bogotá

Cenipalma. 1993. *Algunos aspectos del procesamiento de aceite de palma..* Santafe de Bogotá, 98p.

Cenipalma; Hernández, C; Ramírez, N. 1999. *Estandarización de la técnica analítica para la determinación de ácidos grasos libres presentes en el aceite crudo de palma colombiano*. Santafe de Bogotá.

Cruz, C.; Sierra, G.; Yañez, E. 2005. Incidencia de los recuperados de las centrífugas deslodadoras en la clarificación. Tesis Ingeniería Química. Universidad Nacional de Colombia.

Díaz, OM.; Sierra, GA.; Yañez, E. 2005. Estudio del nivel de dilución apropiado del licor de prensa apoyado en el diseño y evaluación de un sistema de control automático. Tesis de

Ingeniería Química. Universidad Industrial de Santander.

FERNÁNDEZ, Carlos. Estudio de ciclos de esterilización de racimos de palma africana de aceite, durante el proceso de extracción en la planta de Agroince. Tesis- UIS. Bucaramanga.

FUENTES, L. 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. Tesis - Uis. Bucaramanga.

GARCÍA N., J. A. 1995. Estudio de componentes de racimo en Zona Norte colombiana. Cenipalma, Santafé de Bogotá.

GARCIA, Et al. 2003. Factores que afectan la impregnación de aceite en tusas. Palmas, Vol. 24. No. 3. Pág., 67.

HERNANDEZ, A. FERNANDEZ, C. YAÑEZ, E. Manejo integrado de pérdidas de aceite y almendra en plantas de beneficio. Tesis Ingeniería Química. Universidad Industrial de Santander. 2005.

KUTNER, M., NACHTSHEIM, C. NETER, C., LI, W. Applied Linear Statistical Models.. Fifth Edition. McGraw Hill International Edition. 2005.

MAYA TORRES, Sonia. Incidencia de la calidad del aceite crudo de palma en la calidad de los productos terminados. En: Algunos aspectos del procesamiento de aceite de palma. 1993. Bucaramanga, 25-27.

MOSQUERA M. Y GALLEGO, M. C. 2005. Referenciación Competitiva para la agroindustria de la palma de aceite en Colombia. Boletín Técnico N°. 17. Cenipalma. Bogota. Colombia.

MOSQUERA, M; DÍAZ, D.; FONTANILLA, C; GARCÍA, E. Mejores prácticas de cosecha. Boletín Técnico No. 18. Cenipalma. p 1-34. 2006.

MOSQUERA, M; GALLEGO M.C. Benchmarking: Metodología aplicada al sector palmicultor colombiano. Ceniavances 119. p.1-4 (2005)

PRADA PAEZ, Jairo Antonio. Esterilización. En: Algunos aspectos del procesamiento de aceite de palma. 1993. Bucaramanga p 37-43.

RODRÍGUEZ, A. P., LUQUE, J. Evaluación técnica de un equipo con placas paralelas para la recuperación de aceite en la etapa de clarificación dentro de la planta extractora de aceite de palma “Palmar de Oriente”. Tesis Ingeniería Química. Universidad Nacional de Colombia. 1996.

Rodríguez, N. AÑO. Balances de masa para estandarizar y mejorar el control de pérdidas de aceite de palma en las plantas extractoras de la Zona Central. Tesis-Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga.

Sierra, G.; Durán, Q. 2003. Potencial de aceite en racimos de diferente calidad. ¿??? Conferencia Internacional sobre Palma de Aceite.

Sierra, GA.; Yañez, E.; Rubiano, G. 2004. Incidencia de los recuperados de las centrifugas deslodadoras en la clarificación. *Ceniavances* No. 116. Fedepalma. Bogotá.

Uribe M, LD. 1993. Clarificación estática del aceite crudo de palma (ACP). *En: ¿???* Algunos aspectos del procesamiento de aceite de palma. Santafe de Bogotá, p 63-68.

Urrea, V.; Sierra, G.; Yáñez, E. 2005. Estudio de alternativas para la reducción del consumo de agua de dilución y el efluente líquido generado en las plantas de beneficio. Tesis Ingeniería Química. Universidad Nacional de Colombia.

Vilar, J.M. 2003. Modelos estadísticos aplicados. Universida de da Coruña. La Coruña.

Yáñez, E.; García, J. 2000. Metodología alterna para el análisis de racimos de palma de aceite. *Palmas*. Memorias de la XIII Conferencia Internacional sobre Palma de Aceite. Vol. 21, No. Especial, Tomo 1, p. 295 – 302

Yáñez, E; García, J; Fuentes, L. 2000. Impregnación de aceite en los racimos vacíos durante la esterilización y el desfrutado. *Palmas* Vol. 21 No. Especial Tomo 1. p 312.