

# Influencia de las diferentes fases (aceite - agua - lodos) en el comportamiento de la clarificación

## Influence of the different phases (oil - water - sludges) on the clarification performance

Jesús Alberto García Núñez <sup>1</sup>; Omar Cadena Gómez <sup>2</sup>; Nilson Rodríguez Cáceres <sup>3</sup>;  
Comité Asesor Regional de Plantas de Renetico de la Zona Central

### RESUMEN

Se presenta el informe sobre las investigaciones realizadas en las siete plantas de beneficio de la zona palmera central de Colombia. Los objetivos del estudio fueron analizar, mediante herramientas estadísticas, la información histórica, durante 1998, sobre la incidencia y correlaciones de las diferentes variables que se miden en la clarificación (diluciones, lodos pesados, lodos ligeros, aceite a la salida de los clarificadores, aceite recuperado en las deslodadoras, sólidos secos no aceitosos, etc.) con la pérdida de aceite a la salida de las deslodadoras. Se encontraron correlaciones significativamente estadísticas entre la presencia de lodos ligeros a la salida del clarificador y las pérdidas de aceite sobre base seca no aceitosa en las descargas de las deslodadoras. También se encontró que el porcentaje volumétrico de aceite en los efluentes de clarificación tenía menor incidencia en las pérdidas en las centrífugas que los lodos ligeros antes mencionados. Se muestran correlaciones significativas de otras variables y diferencias importantes entre dos subzonas de la Zona Central.

### SUMMARY

This article presents the report on a research developed in the seven palm oil mills of the central oil palm zone of Colombia. The objectives of the study were to analyze, through statistical tools, the historical information during 1998, on the incidence and correlation of the different variables measured during the clarification process (dilutions, heavy sludge, light sludge, oil at the exit of the clarifiers, recovered oil of the sludge removers, dry solids without oil, etc.) with the loss of oil at the exit of the sludge removers. Important correlation was found between the presence of light sludge at the exit of the clarifier and the losses of oil on dry non-fatty base in the discharges of the sludge removers. It was also found that the percentage of oil in clarification effluents had a lower incidence in the losses in centrifuges, than the sludge previously mentioned. Some important correlations of other variables and important differences between two sub-zones of the central Colombian palm zone are also shown.

Palabras claves: Clarificación, Aceite de palma. Lodos ligeros. Plantas extractoras. Aguas residuales, Procesamiento.

- 1 Invest. Asistente. Área de Procesos y Usos. Cenipalma. Apartado Aéreo 252171. Bogotá, D.C., Colombia
- 2 Ing. Mecánico. Director de Planta Extractora Agroince.
- 3 Estudiante. Ingeniería Química. Universidad Industrial de Santander - UIS. Bucaramanga Colombia.

## INTRODUCCIÓN

La información que se presenta en este artículo fue realizada dentro de las actividades del proyecto de Plantas Extractoras de Cenipalma, en la modalidad de tesis de grado a través del estudiante Nilson Rodríguez de la Universidad Industrial de Santander, en Bucaramanga, y tuvo el apoyo del Comité Asesor Regional de Plantas Extractoras de la Zona Central.

El objetivo de la clarificación es separar el aceite de palma de los otros componentes del líquido crudo proveniente de la extracción. Esta etapa se compone básicamente de: desarenamiento estático, tamizado del aceite bruto, bombeo de la mezcla, calentamiento previo de la mezcla, separación por decantación estática de los componentes principales del líquido crudo (aceite y aguas lodosas), sedimentación estática del aceite clarificado, purificación del aceite por centrifugación y secado, bombeo a los tanques de almacenamiento y tratamiento centrífugo de las aguas lodosas para recuperación del aceite residual.

Los procesos, tanto de clarificación estática como de centrifugación, se basan en el hecho de que el aceite y el agua son inmiscibles y tienden a separarse en dos capas, de tal manera que el líquido de menor densidad, o sea el aceite, se va hacia la parte superior. La centrifugación lo que hace es acelerar tal separación por acción de la fuerza centrípeta.

La composición volumétrica de muestras centrifugadas de aceite bruto a la entrada de los clarificadores en las plantas extractoras de aceite de palma, es uno de los parámetros que se miden y tienen en cuenta para controlar la etapa de clarificación o recuperación del aceite de palma. En este punto se adiciona agua al proceso con el fin de mejorar las condiciones de viscosidad y densidad de la mezcla de tal forma que se optimice la separación del aceite.

Entre mayor sea la viscosidad del medio acuoso mayor será el coeficiente o grado de fricción que se opone a la separación del aceite. La viscosidad a su vez se afecta por varios factores, entre los cuales se puede mencionar principalmente:

- a. La temperatura del medio, la cual debe ser lo suficientemente alta para que la viscosidad sea baja. Durante la separación estática, la temperatura no deberá ser inferior a 90°C, pero tampoco tan alta que se llegue al punto de ebullición de la mezcla.
- b. La concentración de sólidos en suspensión en el medio acuoso, llamados sólidos no aceitosos (SNA), es otro factor importante que influye sobre la viscosidad. En efecto, entre mayor sea esta concentración, mayor será la viscosidad del medio. Entonces, para reducirla se hace necesario diluir en lo posible el aceite bruto proveniente de las prensas y ello se realiza a la descarga de las mismas empleando agua caliente para ayudar además en la evacuación del líquido y también a la llegada a los tamices vibratorios filtrantes. La experiencia demuestra que la dilución del líquido bruto debe efectuarse hasta el punto en que la concentración de SNA se encuentre del orden de 5 - 6% en peso sobre la fase acuosa, a la cual corresponde aproximadamente una concentración volumétrica de 35% de aceite sobre el total del aceite bruto. Sin embargo, tal dilución no debe exagerarse hasta el grado de llegar a una concentración en peso de SNA del orden de 3 - 4%, porque, en tal caso, la viscosidad del medio se hace tan baja que también ascienden en el medio con facilidad ciertas materias mucilaginosas (gomas) que se encuentran en el líquido bruto y que forman una capa intermedia entre el aceite y el agua, llamada la "tercera capa" y que evita la separación posterior de las dos fases principales.

Delgado (1993) menciona que uno de los factores que dificultan la clarificación es el grado de madurez del fruto. El fruto verde ocasiona la formación de una "tercera capa" o capa intermedia entre el aceite y las aguas lodosas. Esta capa está constituida por sustancias coloidales y mucílagos (almidones, pectinas y otros carbohidratos) que causan dificultades y ocasionan aumentos de pérdidas de aceite en la clarificación.

El aceite a la salida de los clarificadores en las plantas de beneficio del fruto de palma de aceite, medido volumétricamente en una muestra centrifugada en laboratorio, es normalmente menor al 10%. Este valor se ha considerado como adecuado para el buen funcionamiento de las centrifugas deslodadoras.

El objetivo de este trabajo fue el de analizar las correlaciones que existen entre las diferentes variables en el proceso de clarificación mediante un análisis estadístico de por lo menos un año, en siete plantas de beneficio de fruto de palma en la Zona Central. Así mismo se planeó en lo posible obtener modelos estadísticos mediante los cuales se pudiera brindar opciones para un mejor manejo de las variables que afectan la clarificación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos de las variables involucradas en el proceso de clarificación se obtuvieron en cada una de las siete plantas de beneficio de la Zona Central, recogiendo los datos del año 1998 en cada una de ellas. Se obtuvieron datos de análisis rápidos y de las pérdidas de aceite en base seca no aceitosa en las deslodadoras. Esta información se tomó de los registros diarios que se lleva en cada planta. Las plantas de beneficio en las cuales se trabajó fueron: Agroince, Palmas del Cesar, Indupalma, Palmeras de Puerto Wilches, Monterrey, Bucarelia y Las Brisas.

Las siglas de las variables analizadas se presentan a continuación.

Variables del análisis rápido en centrifuga de laboratorio antes del clarificador.

ACCR : % Aceite en Crudos  
 AGCR : % Agua en Crudos  
 LLCR : % Lodos ligeros en Crudos  
 LPCR : % Lodos pesados en Crudos  
 AGLP : Relación Agua/Lodos pesados en crudos  
 ACAG : Relación Aceite /agua en crudos  
 CEC : % Aceite en lodos a la entrada del clarificador

Variables del análisis rápido en centrifuga de laboratorio después del clarificador.

LLC : % Lodos ligeros a la salida clarificador  
 LPC : % Lodos pesados a la salida clarificador  
 LLRD : % Lodos ligeros recuperados en las centrifugas deslodadoras  
 ACRD : % Aceite recuperado en las centrifugas deslodadoras  
 LPDD : % Lodos pesados en la descarga de las centrifugas deslodadoras

Variables del análisis del porcentaje de aceite y porcentaje de sólidos secos en extracción Soxhlet.

ACSSC: % Aceite/sólidos secos no aceitosos (SSNA) a la salida del clarificador  
 SSC : % SSNA a la salida del clarificador  
 AGLC : % Aceite en g/l a la salida del clarificador  
 ACSSD: % Aceite / SSNA en la descarga de las centrifugas deslodadoras  
 AGLD : % Aceite en g/l en la descarga de las centrifugas deslodadoras  
 SSD1 : % SSNA en la descarga de las centrifugas deslodadoras

Se hicieron correlaciones de Person entre parejas de datos de entrada y salida al clarificador con el fin de determinar la influencia entre las diferentes variables. Posteriormente, con los datos obtenidos se hicieron algunos modelos por plantas de beneficio y entre plantas de beneficio para evaluar comportamientos generales de las variables.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presentan los promedios anuales de las composiciones volumétricas en los crudos de las siete extractoras analizadas. En promedio, se trató de mantener la composición 1:1 (aceite - agua) en todas las extractoras durante el año, sin embargo, hubo plantas de beneficio, como la C y la E, que manejaron mayores concentraciones de aceite, teniendo, en promedio, relaciones de 1:1,4. También es interesante notar la diferencia de lodos pesados (LP CR) al comparar plantas que tienen la misma dilución, la cual en algunos casos llega a ser hasta de 20 puntos. Por último, en las plantas de beneficio A y B se nota la mayor presencia de lodos ligeros lo cual se manifiesta en las pérdidas de aceite como se verá más adelante. Estas diferencias en

las composiciones de los crudos obviamente van a influir en la forma como se haga la separación del aceite y por tanto en la operación en los procesos de recuperación dentro de las extractoras.

La composición de los lodos a la salida del clarificador depende, además de las condiciones de operación del equipo, de la composición de los crudos de entrada. En la Tabla 2 se nota que el valor de aceite a la salida de clarificación se encuentra por debajo del valor de control fijado que es del 10%, los lodos ligeros siguen siendo mayores en las plantas de beneficio A y B y los lodos pesados son mayores en aquellas plantas de beneficio donde había mayores lodos pesados en los crudos.

Al ver la composición tanto de las descargas de las deslodadoras como del recuperado, Tabla 3 se nota en la que el aceite perdido, medido en base seca no aceitosa (ACSSD) y en gramos por litros (AGLD), esta por encima de los valores que comúnmente se usan como norma, los cuales son de 14% y 8 g/l, respectivamente.

Los valores del porcentaje de aceite en la corriente de recuperado en las centrífugas deslodadoras varía mucho, pues dependen de la forma como se maneje la válvula de este flujo, así, a mayores aberturas menor porcentaje de aceite recuperado y viceversa.

Del análisis de las relaciones existentes entre las diferentes variables, llama la atención el comportamiento que presentaron los lodos ligeros a la salida del clarificador (LLC) con las pérdidas de aceite en base seca no aceitosa (ACSSD) en las plantas de beneficio A, B y C. Se nota una relación estadísticamente significativa con una comportamiento lineal, en la cual a medida que aumentan los lodos ligeros aumenta la pérdida de aceite en la descarga de las centrífugas. En

Tabla 1. Promedios de las composiciones volumétricas de crudos en la entrada de los clarificadores en las plantas de beneficio de la Zona Central. 1998.

Planta	A	B	C	D	E	F	G	Promedio
ACCR	39	39	48	29	38	36	36	38
LLCR	6	10	4	6	3	5	5	6
AGCR	40	39	35	30	33	34	35	35
LPCR	15	13	15	35	23	26	23	21
AC:AG	1	1	1,4	1	1,4	1	1	1,1

Tabla 2. Promedios de las composiciones volumétricas de crudos en la salida de los clarificadores en las plantas de beneficio de la Zona Central. 1998.

Planta	A	B	C	D	E	F	G	Promedio
CEC	7	9	8	8	6	8	8	8
LLC	9	14	6	9	3	6	5	7
AGC	64	59	61	37	47	48	64	54
LPC	19	18	25	46	44	38	23	30

Tabla 3. Promedios de las composiciones volumétricas en las corrientes de las centrífugas deslodadoras en las plantas de beneficio de la Zona Central. 1998.

Planta	A	B	C	D	E	F	G	Promedio
ACSSD	17	25	17	16	13	15	14	17
SSD	6	6	4	5	6	7	4	5
AGLD	10	12	7	8	8	10	6	9
ACRD	32	25	25	17	35	21	19	25
LLRD	10	14	12	10	12	11	7	11

las Figuras 1 y 2 se pueden ver estos comportamientos para las plantas de beneficio A y B. Las gráficas corresponden a la salida del paquete estadístico Statistix, con el cual se hicieron los análisis. Este comportamiento no se presentó en las otras plantas de beneficio analizadas; sin embargo, al hacer una comparación del promedio anual de todas las plantas extractoras estudiadas, se pudo establecer una relación aún mayor, tal como se nota en la Figura 3.

Al hacer una regresión lineal con los datos de la Figura 3 se tiene la siguiente ecuación.

$$\text{Aceite/ssna en la deslodadora} = 9,17 + 1,01 * \text{Lodos livianos en el clarificador (Ecuación 1)}$$

P = 0,028  
**R<sup>2</sup> = 86%**  
 Número de datos = 6

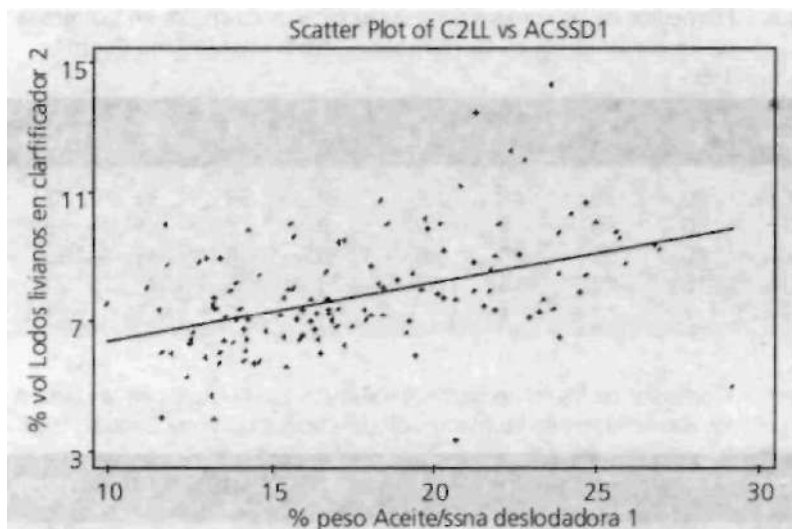


Figura 1. Comportamiento de los lodos livianos (lodos ligeros) en relación con la pérdida de aceite en base seca no aceitosa en la descarga de la deslodadora para la planta de beneficio A. 1998.

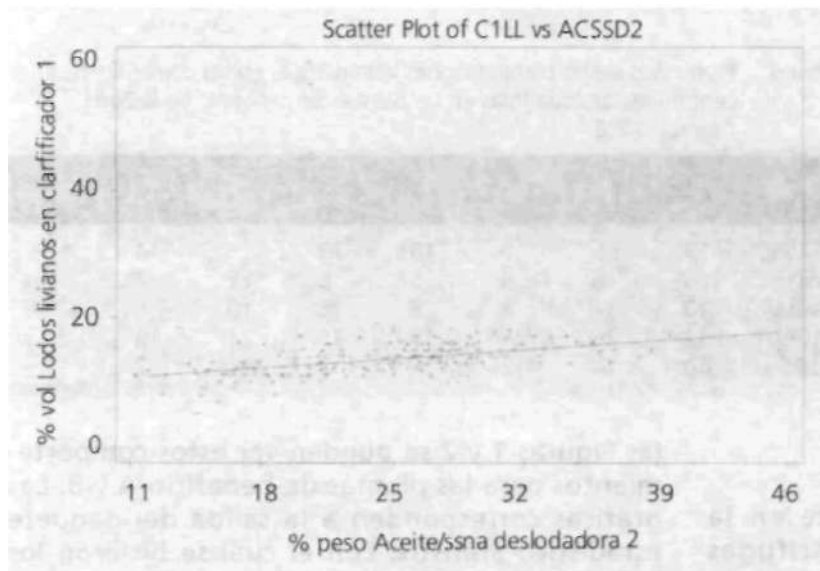


Figura 2. Comportamiento de los lodos livianos (lodos ligeros) en relación con la pérdida de aceite en base seca no aceitosa en la descarga de las centrífugas deslodadoras para la planta de beneficio B. 1998.

Dado que los lodos livianos a la salida del clarificador dependen de estos mismos en los crudos, se hizo la correlación entre estos últimos y las pérdidas de aceite en las centrífugas deslodadoras, encontrándose la siguiente ecuación al utilizar el promedio de todas las plantas.

Aceite/ssna en la deslodadora =  $7,68 + 1,62019$   
 \*Lodos livianos en crudos (Ecuación 2).

P = 0,083

R<sup>2</sup> = 83%

Con las ecuaciones 1 y 2 se puede ver la incidencia de los lodos livianos en las pérdidas de aceite en las centrífugas deslodadoras. Por tanto, el enfoque de la dilución o del control en las plantas de beneficio que presentaron estas correlaciones positivas entre lodos livianos y aceite perdido en las deslodadoras, se debería basar, con mayor énfasis, en el control de los lodos ligeros más que en mantener una relación aceite/agua predeterminedada. Con ninguna otra de las variables estudiadas en el análisis estadístico se pudo obtener correlaciones similares.

Es interesante notar que las plantas de beneficio en las cuales se presentó la correlación positiva entre los lodos ligeros y la pérdida de aceite en las centrífugas corresponden, dentro de la Zona Central, a las plantas extractoras ubicadas en el sur del Cesar, las cuales difieren de las condiciones edáficas y climáticas de las plantas extractoras ubicadas en la zona de Puerto Wilches.

Un punto bien importante que se resalta, es que al analizar las correlaciones entre porcentaje volumétrico de aceite a la salida de los clarificadores y las pérdidas de aceite en las centrífugas deslodadoras no se encontró ningún tipo de correlación en ninguna de las plantas de beneficio ni con los promedios de éstas. Supuestamente se esperaría que entre mayor cantidad de aceite salga de

los clarificadores se obtendría una mayor pérdida de aceite en las centrífugas, sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio sugieren que las centrífugas trabajarían con el mismo nivel de pérdidas en una rango aproximado entre 5 y 15% de aceite a la salida de los clarificadores.

Al analizar los promedios obtenidos en este estudio de todas las plantas extractoras, se podrían fijar los siguientes parámetros como rangos de control:

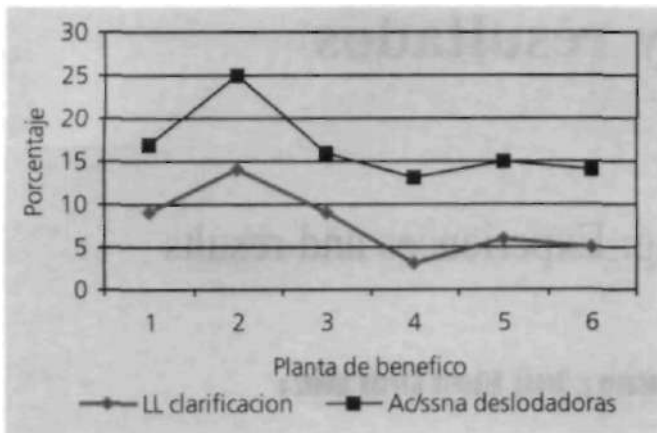


Figura 3. Comportamiento de los lodos livianos (lodos ligeros) en relación con la pérdida de aceite en base seca no aceitosa en la descarga de centrífugas deslodoradoras, tomando los valores promedios de seis plantas extractoras de la Zona Central. 1998.

- Aceite en crudo > 40%
- Lodos pesados en crudos > 30%
- Lodos ligeros en crudos < 5%
- Sólidos secos no aceitosos en la descarga de las deslodoradoras > 5,5%

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A través de este estudio se resaltó la importancia del manejo de la información estadística histórica existente en cada una de las plantas extractoras, mediante la cual se pueden notar comportamientos específicos que contribuyen a un mejor manejo en los procesos de recuperación de aceite y por otro lado dan información de diferentes conductas entre plantas de beneficio que ayudan a entender las diferencias que se presentan que pueden asociarse con factores edáficos y climáticos o de materiales sembrados.

En tres plantas extractoras se encontraron correlaciones estadísticamente significativas, entre los lodos ligeros y la pérdida de aceite en

las centrífugas deslodoradoras, así mismo, al hacer una comparación similar con el promedio de las plantas de beneficio de la Zona Central, se obtuvo el mismo comportamiento en el cual se observa que a mayor nivel de lodos livianos en crudos y en la salida del clarificador las pérdidas en las centrífugas aumentan. De otro lado, al contrario de lo que se esperaba, no se encontraron correlaciones entre el porcentaje de aceite en lodos en la salida de clarificación y la pérdida de aceite en las centrífugas deslodoradoras, como tampoco de la dilución con las pérdidas de aceite en estos equipos.

Se debe seguir investigando sobre las causas y efectos de los lodos ligeros en la clarificación, así como la incidencia de otras variables externas, como tipo de fruta, suelos, precipitación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CENIPALMA. 2000. Manual de laboratorio plantas de beneficio primario para fruto de palma de aceite. Cenipalma, Bogotá, D.C. 117p.
- DELGADO, R. F. 1994. Clarificación horizontal. Principios, fundamentos e innovaciones. *En: Algunos Aspectos en el Procesamiento de Aceite de Palma*. Bucaramanga, Diciembre 2 y 3 1993. Memorias Cenipalma. Santafé de Bogotá, p.57-68.
- GARCIA N., J. A. 1999. Incidencia del clima en la extracción de aceite en Colombia. *En: Segundo Congreso Latinoamericano de Palma Aceitera*. San José, Costa Rica, 1999. Memorias.
- PORIM. 1986. Palm Oil Factory Process Handbook. Part 3. Laboratory and milling control. PORIM, Kuala Lumpur, 59p.
- RODRÍGUEZ C, N. 2000. Estudio comparativo del balance de pérdidas de aceite para las plantas extractoras de la Zona Central. Informe Final. Cenipalma, Bogotá, D.C. 30p.
- YÁÑEZ A, E. E.; GARCIA N., J. A.; AMAYA C, S. 2000. Comportamiento de la extracción de aceite de palma en la Zona Norte durante el período 1991 - 1997. (Documento en edición).