

Evaluación del proceso de recuperación de almendra

Evaluation of the nut recuperation process

Querubín Duran Suárez ¹; Edgar Eduardo Yánez Angarita ²; Jesús Alberto García Núñez ³; Sergio Amaya Cárdenas ⁴; José Francisco Granados ⁵; Leonardo Bustillo ⁶

RESUMEN

Con el fin de evaluar la eficiencia actual de las operaciones del proceso de recuperación de almendra y de identificar las principales variables que afectan el desempeño de los equipos en la Zona Norte de Colombia, se planteó un proyecto denominado "Evaluación de la eficiencia en el proceso de recuperación de almendra". En este trabajo se propuso evaluar y clasificar las pérdidas de almendra acorde con su magnitud en cada etapa y comparar tres tipos de separación de la mezcla triturada. En el proceso general de recuperación de almendra se observó que la mayor pérdida se encuentra en la separación de fibra - nuez y su alta dependencia con la operación y tipo de equipos de prensado, mientras que la pérdida en cáscaras es inferior y depende en gran parte del sistema de separación (neumático, hidráulico y combinado) y del material genético de palma de aceite.

SUMMARY

In order to evaluate the present efficiency of the nut recuperation process operations and to identify the main variables that affect the performance of the equipment in the Northern Zone of Colombia, a project called "Evaluation of the efficiency in the nut recuperation process" was proposed. In this work, the proposal was made to evaluate and classify the losses of nuts, according to their magnitude in each stage and compare three types of separation of the crushed mixture. In the general nut recuperation process it was observed that the greatest loss occurs in the separation of fiber - nut and its high dependence on the operation and type of pressing equipment, while the loss in shells is less and depends, to a great degree, on the separation system (pneumatic, hydraulic and combined) and on the oil palm genetic material.

Palabras claves: Plantas extractoras. Almendra, Pérdidas, Equipo, Subproductos, Palmiste.

- 1 Invest. Auxiliar Cenipalma. Cenipalm2@cable.net.co
- 2 Invest. Auxiliar. Cenipalma. Cenipalm2@cable.net.co
- 3 Invest. Asistente. Cenipalma. Cenipalm2@cable.net.co
- 4 Director. Extractora El Roble. roble@santamarta.cetcol.co
- 5 Director. Extractora Aceites S.A.
- 6 Director. Extractora Padelma.

INTRODUCCIÓN

Debido a los bajos porcentajes de recuperación de almendra en las plantas de beneficio del fruto de la palma de aceite, respecto a los porcentajes teóricos obtenidos de los análisis de racimos, se propuso un trabajo inicial tendiente a identificar las principales causas que afectan estas tasas de recuperación. En forma preliminar se determinó, que para las plantas de beneficio, en general, la almendra tiene el carácter de subproducto y ésta es la principal causa del desconocimiento en el manejo general de las variables de proceso y en consecuencia de un alto nivel de pérdidas.

Para el desarrollo de este proyecto se elaboró un protocolo que planteó la evaluación de la variación en la composición de todas las corrientes y la magnitud de los flujos de salida del proceso para obtener una metodología de análisis y control en la palmisteria que sea útil para los laboratorios de control de calidad de las plantas de beneficio en las determinaciones diarias de pérdidas y eficiencias de los equipos. De esta forma, con los resultados obtenidos en los balances de masa y los resultados diarios de laboratorio se pueden identificar claramente las variables de proceso que influyen en las pérdidas y la eficiencia general en la recuperación de almendra; de esa forma, es posible determinar la influencia que tienen en la eficiencia del proceso, variables como la presión de los conos en las prensas, el tipo de prensas, la velocidad del flujo de aire en las columnas de separación neumática, la eficiencia en la ruptura de las nueces y el tipo de material genético de palma que se está procesando.

La selección de las plantas de beneficio para este estudio se realizó con el fin de comparar la eficiencia y el comportamiento de las pérdidas en cada una de las etapas del proceso de recuperación de almendra, utilizando diferentes tecnologías y condiciones de operación en los equipos comunes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se desarrolló en tres plantas de beneficio ubicadas en el departamento de Magdalena, Palmas Oleínicas del Magdalena - Padelma-, Aceites S.A., y El Roble. El análisis inicial se realizó en la planta de beneficio Aceites S.A., en donde se desarrolló la metodología general de muestreo y análisis en planta y laboratorio. La metodología utilizada en este trabajo se dividió en cinco etapas para llegar progresivamente a la metodología final de muestreo y análisis, evaluando la representatividad y significancia de los resultados. En la Tabla 1 se presentan las características generales con respecto a la recuperación de almendra en cada una de las plantas de beneficio en las que se desarrolló el trabajo.

Selección y adecuación de los puntos de muestreo

En esta primera fase se seleccionaron 15 puntos de muestreo ubicados a la salida de cada uno de los equipos y se determinó el tipo de análisis a realizar en él, ya sea la valoración de la compo-

Tabla 1. Características generales de las plantas de beneficio con énfasis en la sección de recuperación de almendra.

	Planta A	Planta B	Planta C
Capacidad de la planta	15 t de RFF/hora	20 t RFF/hora	22 t de RFF/hora
Tipo de prensas	Monotornillo P5 (3)	Monotornillo P4.5 (2) Doble tornillo P9 y P5	Doble tornillo P9 (2)
Ruptura de nuez	Un "ripple mill"	Un tambor clasificador "ripple"	Un tambor clasificador Tres "ripple mill"
Sistema de separación almendra - cuesco	Seco-húmedo (1 columna 1 hidrociclón)	Seco (1 columna)	Seco - húmedo (3 columnas 1 hidrociclón)

sición del flujo (análisis de composición) o la valoración de la humedad en alguno de los componentes del flujo (análisis de humedad en fibra, almendra y/o cuesco); también se adecuaron salidas para la toma de muestras y flujos en las descargas de los equipos.

Representatividad de los muestreos

Para obtener datos representativos del proceso se efectuó, para cada muestreo, una serie de repeticiones de cada muestra con el fin de obtener un promedio estadístico de la composición y la humedad en el componente. Estas muestras se tomaron interrumpiendo completamente el flujo de salida de cada equipo, tomando dos o tres muestras por hora en cada punto durante un turno de operación de los equipos y tomando una muestra compuesta por hora para su análisis en el laboratorio. Estas muestras fueron de 350 g para las muestras ricas en fibra y de 1000 g para las muestras ricas en almendra o cuesco. Los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio se estudiaron estadísticamente con la ayuda del programa Statistix For Windows 3.0, con el cual se estudió la variación en la composición de los flujos, haciendo énfasis en las variables principales de cada uno de ellos por medio de los análisis de estadística descriptiva en los que se evalúa la varianza, el coeficiente de varianza y la desviación estándar del porcentaje en peso de cada componente del flujo.

Valoración de los flujos máxicos

Para obtener un flujo representativo en cada corriente de salida del proceso, en varias ocasiones se valoró la magnitud del flujo durante 15 minutos, tiempo durante el cual se recogió, en góndolas o en sacos para el empaque de almendra, todo el material desalojado por cada salida y se pesó posteriormente en la báscula de recibo de fruta de la planta de beneficio o en el laboratorio de control de calidad de la planta. En este estudio se observó que los flujos de salida de los ciclones de la columna de separación de material pesado y el de partículas finas, mostraban una magnitud constante, mientras que los demás flujos presentaban grandes variaciones (salida de fibra, nuez en el tambor

pulidor, cuesco seco y húmedo y almendra seca y húmeda); por ello se aumentó el tiempo para la valoración de estos flujos a 30 minutos, lapso en el cual la magnitud del flujo permanecía con variaciones poco representativas. Adicionalmente, en cada muestreo de los flujos se tomaron dos o tres muestras para el análisis de la composición del flujo utilizando una muestra compuesta.

Balance de masa

Con los resultados obtenidos en la valoración de los flujos (magnitud y composición de cada flujo) se calcularon los balances de masa iniciales del proceso en los que se presentan los flujos reales obtenidos en los muestreos; posteriormente se calcularon los balances de masa del proceso con una base de cálculo de 100 kg de almendra en la torta de prensas, para identificar los principales puntos de pérdida de almendra, la contribución de los diferentes materiales (almendra entera y rota, nuez entera, rota y semirota) a la pérdida de almendra en cada salida las variables de proceso que puedan influir en la pérdida.

Comparación entre los diferentes sistemas de recuperación de almendra

Al tener establecida una metodología para la evaluación de las pérdidas en el proceso, ésta se aplicó de una forma más rápida y sencilla en los otros sistemas evaluados, en los que se evaluaron los flujos y se analizaron en el laboratorio tres o cuatro muestras por cada flujo valorado. Luego, se calcularon los balances de masa y se compararon las pérdidas y eficiencias ofrecidas en cada sistema.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Recuperación y pérdidas de almendra

Planta A. Proceso de recuperación de almendra utilizando el sistema de separación por vía húmeda para la separación almendra - cuesco

En la Figura 1 se nota como en este proceso se obtuvo una recuperación de almendra, después



Figura 1. Pérdida total de almendra usando la separación vía húmeda en la Planta A.

del secado, del 58%. No obstante, se encuentra que otro 8% es cedido por la almendra como evaporación de humedad en el secado dejando un 34% como pérdida real de almendra. Al ubicar estas pérdidas de almendra en el proceso, se encuentra que las pérdidas que carecen de control son las mayores, siendo así, que en la separación de fibras se presenta el 70% de la pérdida total (24,7% de la almendra procesada*) y que la cantidad de almendra alcanza un 7,5% en peso de este flujo; de igual forma se tiene que la pérdida de almendra en el tambor pulidor representa un 18% de la pérdida total (6,5% del total de almendra procesada*); a pesar que este flujo es de magnitud pequeña cuenta con cerca del 70% en peso del flujo como almendra, haciendo de este un flujo de pérdida bastante representativo. De otro lado, la pérdida de almendra en cuesco llega sólo al 12% de la pérdida total (4,15% del total de almendra procesada), y a pesar de que es ésta la más controlada, la composición de almendra en esta corriente es de 6 a 8% con algunos picos ocasionales de 10 a 12%.

Pérdidas de almendra como porcentaje del RFF

En esta planta de beneficio, tal como se observa en la Figura 2, la pérdida total de almendra está alrededor del 2% en peso de los RFF. La pérdida en el sistema de desfibrado llega al 1,44%. De igual manera, el flujo de pérdida presente en el tambor pulidor representa el 0,33% en el porcentaje sobre RFF, mientras que la pérdida en

* Total de almendra presente en la torta de prensas.

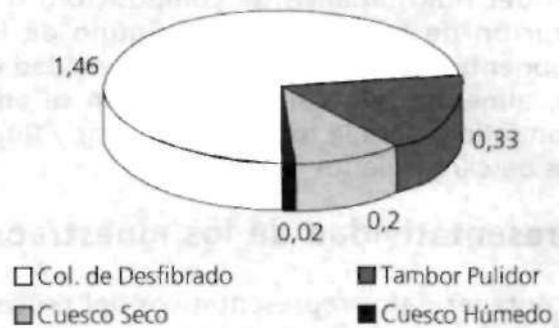


Figura 2. Pérdidas de almendra como porcentaje de RFF, usando separación vía húmeda en la Planta A.

cuesco representa el 0,22%, recuperando un 3,47% de RFF en almendra antes del secado.

Planta B. Proceso de recuperación de almendra utilizando el sistema de separación por vía seca para la separación almendra - cuesco

En este proceso se evaluaron dos condiciones diferentes de operación. Se cambió el sistema de separación de fibra por encontrarse en su límite de diseño y se corrigió la unión entre el tambor pulidor y la columna de desfibrado, y además se disminuyó la presión hidráulica de los conos en las prensas. Con todo lo anterior, tal como se observa en la Figura 3, se disminuyó la pérdida de almendra de 24,8 a 21,3%, aumentando la cantidad de almendra recuperada de 64 a 67% mientras que la pérdida por humedad aumentó tan sólo de 11,2 a 11,8%. En este caso, como se nota en la Figura 4, la pérdida de almendra en fibras disminuyó de 18,3 a 15,8% (74% de la pérdida total), al disminuir el arrastre de nuez y la pérdida de almendra en los flujos del tambor pulidor de 3,2 a 2,2% (10% de la pérdida total) al corregir el flujo de pérdida al inicio del equipo; adicionalmente se encontró la posibilidad de recuperar hasta en un 50% la almendra que aún se pierde en este equipo llevando el flujo directamente a la columna de separación (según reporte del laboratorio de la planta). De otra parte se observa que las pérdidas presentadas en la separación de cuesco son bastante controladas y que a pesar de presentar una fracción de 5 a 7% en peso de la corriente, la pérdida sólo llega alrededor del 3,5% del total de la almendra procesada (16% de la pérdida total).

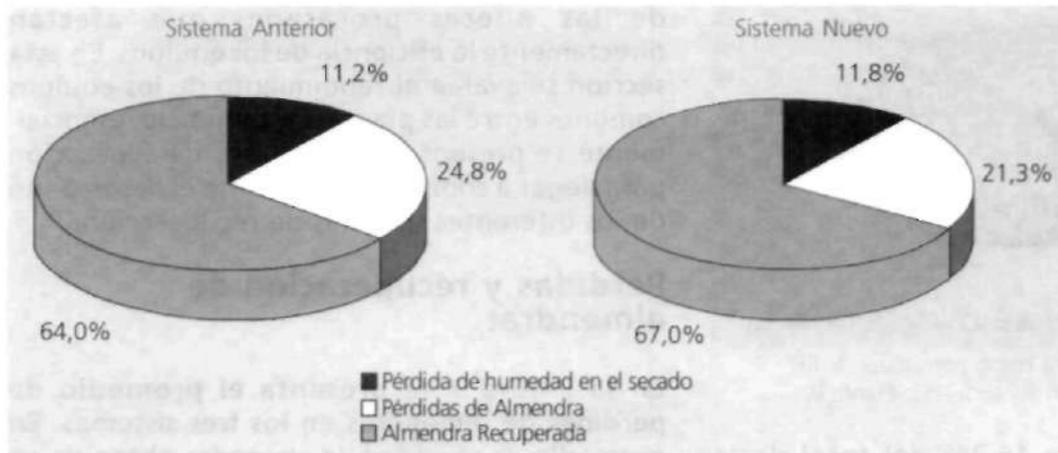


Figura 3. Pérdida total de almendra usando la separación vía seca en la Planta B y comparando el efecto en el cambio de sistema.

Planta C. Proceso de recuperación de almendra utilizando el sistema combinado para la separación almendra - cuesco

En este proceso se utiliza el sistema combinado de separación de almendra como sistema principal y ocasionalmente el sistema de separación por vía seca. Al examinar la

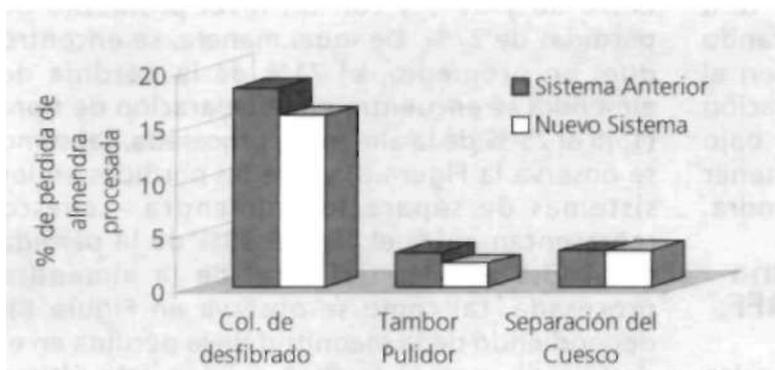


Figura 4. Pérdidas de almendra, como porcentaje de almendra procesada, en diferentes puntos del proceso, usando separación vía seca con una columna y comparando el cambio en el sistema para la Planta B.

recuperación final de almendra al procesar un gran porcentaje de nueces del tipo Dura (15 - 20% del total de la nuez) y utilizando los dos sistemas, se nota claramente la ventaja que ofrece el sistema combinado de separación vía seca - vía húmeda, obteniendo con este sistema un 65% de la almendra procesada, mientras que con el sistema en seco sólo un 56%, logrando disminuir la pérdida de almendra de 36 a 26%. Estas pérdidas son distribuidas en el proceso como se muestra en la Figura 6 y como porcentaje de la almendra procesada en la Tabla 2 de pérdidas de almendra.

Pérdidas de almendra como porcentaje de RFF

Para el proceso, tal como se observa en la Figura 5, con el nuevo sistema de separación, la pérdida total de almendra es de 1,3% de RFF, con una pérdida de almendra de 0,97% de RFF presente en la columna de desfibrado y de 0,21% en la separación de cuesco, más una pérdida adicional del 0,14% de RFF en el flujo del tambor pulidor, reduciendo la cantidad de almendra de 6,17% de RFF en la torta de prensas a 4,85% a la entrada del silo de secado de almendra.

La principal diferencia en el rendimiento de estos sistemas proviene de la magnitud de la pérdida en la separación de cuesco, siendo para la

Tabla 2. Magnitud de las pérdidas de almendra para la Planta C utilizando los sistemas de separación combinado y vía seca.

Sistema evaluado	Pérdidas de almendra			
	Como % de almendra procesada		Como % de la Pérdida total	
	Sistema combinado	Separación seca	Sistema combinado	Separación seca
Columna de desfibrado	17,73	18,03	69,0	50,0
Separación de material pesado	0,97	1,31	4,0	4,0
Columna de partículas finas	0,03	0,04		
Columna de separación de cuesco	6,4	16,2	25,0	46,0
Hidrociclón	0,61		2,0	
Total	25,74	35,58	100	100

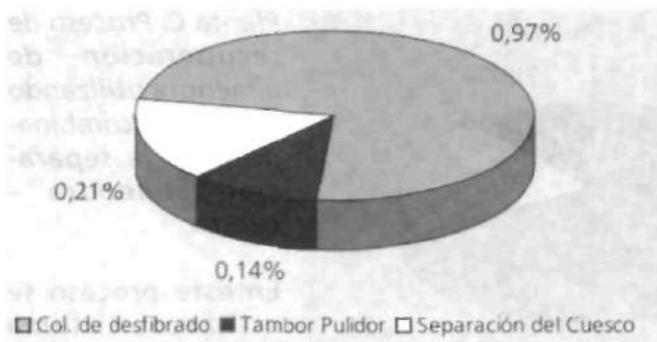


Figura 5. Pérdidas de almendra como porcentaje de RFF usando la separación vía seca en la Planta B.

separación en seco de 16,2% del total de la almendra procesada, mientras que para el sistema combinado es de 6,4%, al disminuir la cantidad de almendra en la corriente de 18 a 7,4% con la variación de sistema; representando el 26% de la pérdida total de almendra en el sistema combinado y el 46% para la separación en seco; ésta alta pérdida es comprendida bajo la premisa de sacrificar almendra por mantener controlado el nivel de impurezas en la almendra.

Pérdidas de almendra en el sistema combinado como porcentaje de RFF:

En este sistema las pérdidas de almendra alcanzan un 1,58% de RFF, con una pérdida en el sistema de desfibrado que alcanza el 1,09%, presentando una pérdida en las salidas de cuesco seco de 0,45% de RFF y en el flujo de cuesco del hidrociclón de 0,04%, reduciendo la cantidad de almendra de 6,12% de RFF en la torta de prensas a 4,54 % a la entrada del silo de secado de almendra.

Análisis comparativo de los tres sistemas de recuperación

Los procesos evaluados presentan diferencias no sólo en el sistema de separación almendra-cuesco, sino también en los equipos, las condiciones de operación de cada uno de ellos y en la variedad

de las nueces procesadas que afectan directamente la eficiencia de los equipos. En esta sección se evalúa el rendimiento de los equipos comunes entre las plantas de beneficio, esencialmente se presentan los equipos de separación para llegar a comparar finalmente el desempeño de los diferentes sistemas de recuperación.

Pérdidas y recuperación de almendra:

En la Figura 7 se presenta el promedio de pérdidas de almendras en los tres sistemas. En promedio, la cantidad de almendra obtenida en el sistema llega al 63%, pero con las diferentes condiciones de operación esta recuperación está entre 58 y 67% y con un nivel promedio de pérdidas de 27%. De igual manera, se encontró que, en promedio, el 71% de la pérdida de almendra se encuentra en la separación de fibra (15,5 al 25 % de la almendra procesada, tal como se observa la Figura 8) y que las pérdidas en los sistemas de separación almendra - cuesco representan entre el 12 y el 30% de la pérdida total (3,5 a 6,4% del total de la almendra procesada, tal como se observa en Figura 8), dependiendo de la magnitud de la pérdida en el desfibrado y en el tambor pulidor, ésta última está entre 2,15 y 6,5% de la almendra procesada por cada planta respectivamente y que representa, en promedio, el 10,5% de la pérdida total.

De otro lado, el peso retirado en los silos por la evaporación de la humedad varía en cada caso por la cantidad de almendra que llega a estos

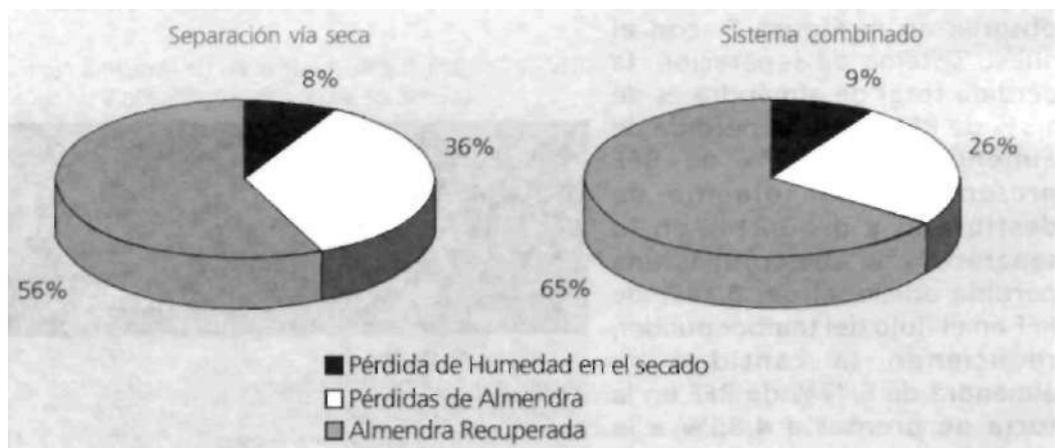


Figura 6. Pérdida total de almendra en la Planta C, comparando el uso de la separación vía seca y del sistema combinado.

equipos y por el grado de humedad de la almendra al ingresar a éstos. Es así que para la Planta B (proceso por vía seca) la humedad retirada es mayor por cuanto la almendra que ingresa al silo presenta la humedad más alta (21%), mientras que para las Plantas A y C es de 18 y 19% (proceso vía húmeda y proceso combinado, respectivamente), retirando 11,8, 9,0 y 7,9%, respectivamente, del peso total de la almendra procesada por cada planta.

De igual forma se observa que la planta con mayor cantidad de almendra obtenida es la que utiliza la separación por vía seca con una co-

lumna, con un 67% de almendra recuperada y sólo con 3,4% de pérdidas en el sistema de separación almendra - cuesco, gracias al bajo peso que presenta el cuesco de las nueces en esta planta y a la homogeneidad en el tipo de nuez procesada; mientras que en el sistema combinado que recupera el 65,6% de la almendra, las pérdidas en el sistema de separación de cuesco son mayores (8,01%) por operar con un gran porcentaje de nueces del tipo Dura que presentan un cuesco bastante pesado y por ello difícil de separar por los medios neumáticos, sin que se presenten altas pérdidas de almendra en el flujo de cuesco. También se observa que la recuperación es similar a la obtenida por la separación seca,

por la eliminación de la pérdida en el tambor pulidor y por una menor pérdida de humedad en el silo; a diferencia de los otros dos procesos, el proceso que utiliza la separación por vía húmeda obtiene sólo el 57,8% de la almendra, pero las pérdidas en el sistema de separación almendra - cuesco son sólo del 4,15%, encontrándose al mismo nivel de la separación seca, pero manejando material menos homogéneo. La desventaja de este proceso se encuentra en la gran magnitud de la pérdida de almendra en el sistema de desfibrado (24,7% de la almendra procesada), ya que ésta se encuentra nueve puntos por encima de la registrada en el sistema seco.

Al observar la Figura 8 del comportamiento de las pérdidas totales de almendra, se nota claramente la mayor incidencia en la columna de desfibrado, siendo este punto el que no se controla actualmente en las extractoras. Es interesante notar como las pérdidas en el tambor pulidor, que tampoco es un punto de control, pueden ser de una magnitud considerable.

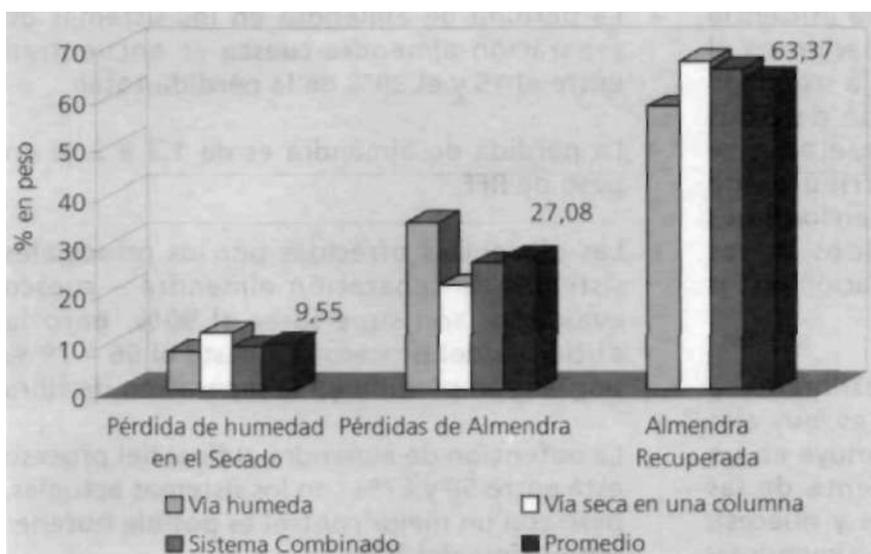


Figura 7. Gráfico comparativo de la recuperación de almendra en los tres sistemas.

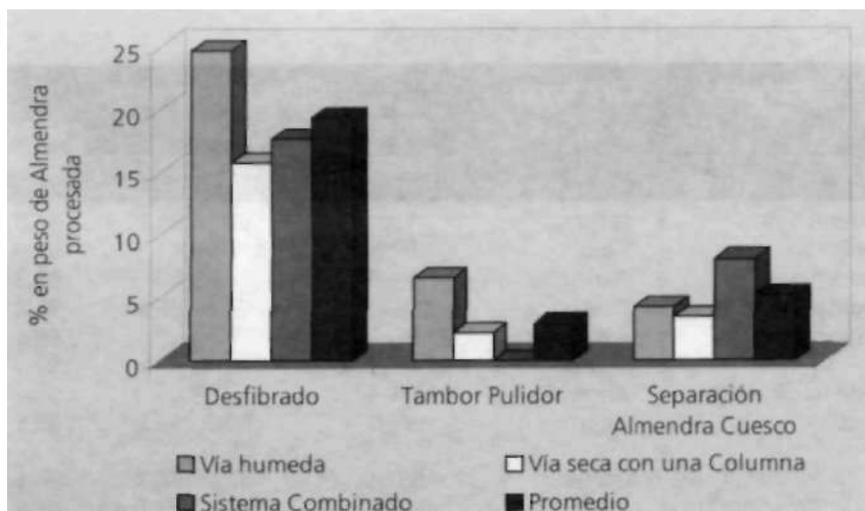


Figura 8. Gráfico comparativo de las pérdidas de almendra en los tres sistemas.

Eficiencias en los sistemas de separación:

La mayoría de los sistemas de separación evaluados en los procesos son del tipo neumático, por lo tanto, la eficiencia global del proceso depende en gran parte de la diferencia en las velocidades de arrastre de las partículas, de la magnitud del flujo a separar y del estado de compactación del mismo, siendo responsables en gran medida de estas condiciones el tipo de nueces procesadas, el nivel de ruptura de las nueces en las prensas, la ruptura de la torta de prensas (estado de compactación) y la ruptura de almendra y nuez en el quebrador de nueces; otros de los ítems que influyen en la eficiencia global y de los equipos, es la graduación en el flujo y la velocidad del aire en la zona de separación de las columnas, ya que de éstos dependen la capacidad de la columna, el arrastre excesivo de partículas en las corrientes de desecho y la presencia de impurezas en los flujos separados. Los resultados obtenidos de las eficiencias de separación en la valoración de los equipos se presentan en la Tabla 3.

Se encontró que en el proceso de desfibrado, la eficiencia en la separación de fibra es muy alta (99,6%) y que ésta alta eficiencia influye en un gran arrastre de material proveniente de las nueces (almendra libre, cuesco libre y nueces); siendo de estos mayor el arrastre de almendra y en una proporción un poco menor y más fácil para su control el arrastre de nueces enteras y rotas; este arrastre de materiales en la corriente de fibra es consecuencia de la alta ruptura de nuez en las prensas, del estado de ruptura de la torta a la entrada de la columna y de la graduación del flujo y la velocidad lineal del aire en la zona de separación de la columna; teniendo en cuenta todos estos factores, se encontró que la eficiencia en la separación de nuez en la columna de desfibrado está entre el 75 y el 84%.

En los sistemas de separación almendra - cuesco se encontró

que la eficiencia de remoción de cuesco en los sistemas principales de separación es en promedio de 96% (entre 93,5 a 99,6%) y para la recuperación de almendra de 93% (entre 90,6 y 95,6%), obteniendo una eficiencia global de recuperación de almendra del 73% con un rango de recuperación de almendra del 65,7 al 78,7% de la almendra procesada.

CONCLUSIONES

La pérdida de almendra en la separación de fibra representa el 70% de la pérdida total.

La pérdida de almendra en los sistemas de separación almendra-cuesco se encuentran entre el 15 y el 30% de la pérdida total.

La pérdida de almendra es de 1.3 a 2 % en peso de RFF.

Las eficiencias ofrecidas por los principales sistemas de separación almendra - cuesco evaluados son superiores al 90%, pero la eficiencia del proceso cae hasta el 66 - 79 % por la gran pérdida en la separación de fibra

La obtención de almendra al final del proceso está entre 58 y 67% con los sistemas actuales, pero con un mejor control es posible obtener por encima del 70%.

Tabla 3. Eficiencias en los sistemas de separación.

Sistema evaluado	Material separado	Eficiencias de separación (%)		
		Sistema húmedo	Sistema seco	Sistema combinado
Columna de desfibrado	Nuez	75,3	81,7 - 84,2	82,3
	Fibra	99,5	99,8	99,5
Columna de separación de cuesco	Almendra	92,0 - 94,2	95,6	85,2
	Cuesco	80,6 - 88,0	94,2 - 96,9	88,8
Hidrociclón	Almendra	99,8 - 99,9		99,6
	Cuesco	96,4 - 97,6		93,2
Sistema almendra cuesco	Almendra	91,9 - 94,0	95,6	90,6
	Cuesco	99,6	94,2 - 96,9	93,5
Total almendra recuperada		65,75	75,2 - 78,7	74,6
Almendra seca		57,8	64,0 - 67,0	65,6

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASIRON, Y.; AMIRUDIN, M. N. 1995. Comercialización y aspectos económicos del aceite de palmiste. . Palmas (Colombia) v.16 no 3, p.75-83.
- BERNAL, G. 1986. Control de extractoras: Método de análisis de laboratorio y control rápido. Palmas (Colombia) v.9 no 1, p.39-47.
- FERNÁNDEZ, C. 1999. Estudio de ciclos de esterilización de racimos de palma africana de aceite, durante el proceso de extracción en la planta de Agroince. UIS, Bucaramanga. 100p. (Tesis de grado).
- LOWE, J. W. 1978. Palma Africana. Manual de Asistencia Técnica no 22. ICA .500p.
- MORA, M.; YAÑEZ, E. 1997. Descripción y análisis tecnológico-ambiental de la industria de extracción de aceites vegetales en Colombia. UIS, Bucaramanga. 151p. (Tesis de grado).
- PERRY, 1996. Manual del Ingeniero Químico. 6ª ed. Mc Graw Hill. México, D.F.
- PORIM. 1952 - 1955. Mongana report (translation). vol 2. PORIM, Kuala Lumpur, p.
- PORIM. 1986. Palm Oil Factory Process Handbook. Part 3, Laboratory and milling Control. PORIM, Kuala Lumpur.
- SIVASOTHY, K. 1995. Algunas variables que afectan el desempeño de los sistemas de prensas de tornillo en las plantas extractoras de aceite de palma. Palmas (Colombia) v.7 no 4, p.67-73.
- SOON, C. P. 1996. Los problemas de la industria como consecuencia de las bajas tasas de extracción de aceite - TEA - Impacto, perspectivas e implicaciones. Palmas (Colombia) v.17 no. 3, p.51-60.
- VELAYUTHAN. A. 1986. Procesamiento y control del aceite de palma. Palmas (Colombia) v.7 no 4, p. 19-33.
- VOITURIEZ, T; De NUCE, M. 1998. El futuro contrastado del mercado de los aceites láuricos. Palmas (Colombia) v 19 no. 1, p.69-74.
- WOOD, B. J.; BEATTLE, TE. 1995. Procesamiento y mercadeo del aceite de palma africana. Palmas (Colombia) v. 16 no. 4, p. 16-26.