



**EVALUAR EL EFECTO DE LA ADICION DE AGUA Y DRENAJE DE
ACEITE EN EL SISTEMA DIGESTOR – PRENSA**

**Tumaco
Junio – Diciembre
2006**



**EVALUAR EL EFECTO DE LA ADICION DE AGUA Y DRENAJE DE
ACEITE EN EL SISTEMA DIGESTOR – PRENSA**

PAULA ANDREA PALAU ARBELAEZ
Estudiante en pasantía
Universidad La Gran Colombia
Facultad de Ingeniería
Programa de Ingeniería Agroindustrial

ING. CARLOS ALBERTO FERNANDEZ
Responsable de liderar la investigación

ING. JESUS ALBERTO GARCÍA
Investigador participante

Tumaco
Junio – Diciembre
2006

INDICE

1. INTRODUCCIÓN

2. JUSTIFICACIÓN

3. OBJETIVOS

a. Objetivo General

b. Objetivos Específicos

4. MARCO TEORICO

a. La Palma de Aceite

- i. Historia
- ii. Proceso Agroindustrial
- iii. Usos Comestibles
- iv. Usos no comestibles
- v. La palma de Aceite un Cultivo Verde
- vi. Aceite de Palma en la Salud Humana

b. Organizaciones Gremiales

- i. FEDEPALMA
- ii. CENIPALMA
- iii. C.I. ACEPALMA S.A.
- iv. PROPALMA

c. Palma de Aceite

- i. Cosecha
 1. Ácidos Grasos Libres (AGL)
 2. Recolección y transporte de la fruta
- ii. Procesamiento del aceite de palma
 1. Recepción de RFF
 2. Esterilización
 3. Desfrutación
 4. Racimos vacíos
 5. Extracción del aceite
 6. Recuperación de la almendra
 7. Clarificación del aceite de palma
 8. Generación e vapor y potencia
 9. Control de efluentes

d. Balance del sector palmero en el primer semestre de 2006

- i. Producción de aceite de palma
- ii. Producción de almendra de palma

- iii. Ventas de aceite de palma en el mercado nacional
- iv. Exportaciones de aceite de palma y aceite de palmiste
- v. Importaciones de aceites y grasas
- vi. Inventarios
- vii. Consumo aparente de aceite de palma
- viii. Precio interno de aceite de palma crudo

5. METODOLOGÍA DE TRABAJO

5.1. Empresas participantes

5.1.1. Palmar Santa Elena S.A.

5.1.2. Astorga S.A.

5.2. Descripción de las etapas o proceso de extracción

5.2.1. Digestión

5.2.2. Extracción

5.3. Metodología

5.3.1. Determinación del mejor punto e operación de una de las prensas

5.3.2. Evaluar el efecto de la adición de agua en el bajante del digestor y en la camisa de la prensa cuatro (4) flujos diferentes.

5.3.3. Evaluar el efecto del drenaje en el fondo del digestor y en el bajante del digestor con tres (3) flujos diferentes.

5.4. Diagramas de la sección de extracción

5.4.1. Diagrama de la sección de extracción de Palmar Santa Elena S.A.

5.4.2. Diagrama de la sección de extracción de Astorga S.A.

6. RESULTADOS Y ANALISIS DE DATOS

6.1. Drenaje de aceite previo al prensado

6.2. Adición de agua

7. CONCLUSIONES

8. BIBLIOGRAFIA

9. ANEXOS

1. INTRODUCCIÓN

Durante el prensado del fruto de palma, se debe establecer un punto de equilibrio en la exigencia del sistema, dado el efecto inverso para la mayor extracción de aceite y la liberación en presión para evitar el rompimiento de nuez que posteriormente puede perderse en las columnas de separación neumática. Por lo anterior, se plantea la posibilidad de evaluar esquemas de control de proceso que involucren el incremento en la eficiencia de extracción de aceite y recuperación de almendra de palma; estableciendo la incidencia de diversas condiciones como la adición de agua, drenaje de aceite. Este estudio parte de Cenipalma, división de "Usos y Procesos".

En la obtención de aceite de palma, la extracción presenta una gran incidencia en el proceso de producción, por lo que es necesario estudiar detenidamente su operación, de manera que se pueda realizar una evaluación la cual nos determinará la eficiencia del digestor y la prensa en el proceso de extracción de aceite.

De acuerdo a las estadísticas que brinda Cenipalma, se puede observar que los mayores % de pérdidas de aceite y almendra son ocasionadas en la sección de extracción.

Para realizar estas evaluaciones se debe tener en cuenta el estado de los equipos, como lo son los digestores, brazos, camisas, tornillos, el buen estado de estos nos permite que las evaluaciones se realicen en buenas condiciones de operación de los equipos.

De igual manera los resultados de este estudio servirán para evaluar el desempeño de una de las prensas en cada planta en la que se realizaran las evaluaciones.

Las razones expuestas anteriormente permiten complementar de una manera teórico - practica el ciclo estudiantil, teniendo en cuenta que presenta un gran aporte para Cenipalma, Palmar Santa Elena S.A. y Astorga S.A.

Es indispensable tener en cuenta la importancia y responsabilidad que tiene este proyecto, ya que formará profesionales idóneos para laborar en este tipo de trabajos.

2. JUSTIFICACIÓN

Tradicionalmente se considera que los procesos de digestión y prensado en las plantas de beneficio han alcanzado unas condiciones de operación estándar que garantizan una alta eficiencia de procesamiento en términos de capacidad y pérdidas de aceite y almendra. A nivel nacional se ha determinado que la cantidad de aceite perdido por impregnación en las fibras se encuentra en un rango aproximado de 35 -40% de la pérdida total. Estas pérdidas son normalmente relacionadas con las características propias de los equipos, razón por la cual no se desarrolla una estrategia de control y/o reducción de la pérdida de aceite.

Por otra parte, en algunos casos el desconocimiento de este tipo de sistemas no permite reaccionar efectivamente ante problemas que se presentan comúnmente como la reducción de la capacidad de procesamiento, la cual en algunos casos llega a ser de hasta un 20%, afectando significativamente los costos de procesamiento por tonelada de RFF.

Estas consideraciones establecen que existe desconocimiento del fenómeno desarrollado en el sistema Prensa-Digestor, a pesar de ser uno de los más importantes y significativos (Sivasothy, 1992). De esta manera se hace necesario evaluar el desempeño de este sistema teniendo en cuenta un número de variables tanto de diseño como de operación, dentro de las cuales se destacan el nivel de llenado del digestor, el estado mecánico, la utilización de agua, la presión aplicada, la calidad de los racimos procesados y el drenaje de aceite por el fondo del digestor entre otras.

En trabajos desarrollados por Cenipalma (Hernández, 2003; Bernal, 2004), se ha encontrado que las pérdidas de aceite pueden incrementarse hasta en un 30% cuando se sobrepasan los niveles de 15% de fruto sobre maduro procesado. Así mismo, el bajo llenado de los digestores puede reducir la capacidad de procesamiento entre un 10 y un 20% estableciendo que la sintonización de cada prensas en función de la presión aplicada debe ser particular. Otros trabajos desarrollados en Malasia (Sivasothy, 1992) y (Ong, 1987) han establecido la incidencia del estado mecánico de los equipos, los sistemas de alimentación y control en la cámara de prensado como variables a tener en cuenta dentro de la operación y el diseño del sistema digestor-prensa para su correcto funcionamiento.



Todo lo anterior indica claramente las múltiples variables que deben ser tomadas en cuenta en el momento de establecer las posibles estrategias de control y optimización del proceso de prensado. Por esta razón, se considera necesario retomar las actividades relacionadas con esta etapa del proceso y determinar la incidencia de otras variables no estudiadas hasta el momento sobre el desempeño de las operaciones de digestión y prensado en planta de beneficio.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Determinar la incidencia de la adición de agua y el drenaje de aceite por el fondo del digestor, sobre la eficiencia del sistema Digestor-Prensa.

3.2. Objetivos Específicos

- ✓ Establecer el mejor punto de operación de una de las prensas en términos de pérdidas de aceite y almendra.
- ✓ Evaluar el efecto de la adición de agua en el bajante del digestor y en la camisa de la prensa con cuatro (4) flujos diferentes sobre la capacidad y eficiencia de procesamiento de la prensa y el proceso de decantación estática de la mezcla del licor de prensas diluido.
- ✓ Evaluar el efecto del drenaje en el fondo del digestor y en el recuperador de aceite del bajante del digestor con tres (3) flujos diferentes sobre la capacidad y eficiencia de procesamiento de la prensa y el proceso de decantación estática de la mezcla de licor de prensas diluido.
- ✓ Validar los resultados obtenidos en al menos 2 plantas de beneficio de la Zona Occidental. (Palmar Santa Elena S.A., Astorga S.A.).

4. MARCO TEORICO

4.1. LA PALMA DE ACEITE

4.1.1. HISTORIA

La palma de aceite es una planta tropical propia de climas cálidos que crece en tierras por debajo de los 500 metros sobre el nivel del mar. Su origen se ubica en el golfo de Guinea en el África occidental. De ahí su nombre científico, *Elaeis guineensis* Jacq., y su denominación popular: palma africana de aceite.

Su introducción a la América tropical se atribuye a los colonizadores y comerciantes esclavos portugueses, que la usaban como parte de su dieta alimentaria de los esclavos en el Brasil.



En 1932, Florentino Claes fue quien introdujo la palma africana de aceite en Colombia y fueron sembradas con fines ornamentales en la Estación Agrícola de Palmira (Valle del Cauca). Pero el cultivo comercial sólo comenzó en 1945 cuando la United Fruit Company estableció una plantación en la zona bananera del departamento del Magdalena.

La expansión del cultivo en Colombia ha mantenido un crecimiento sostenido. A mediados de la década de 1960 existían 18.000 hectáreas en producción y hoy existen más de 150.000 hectáreas en 54 municipios del país distribuidos en cuatro zonas productivas:

Norte - Magdalena, norte del Cesar, Atlántico, Guajira

Central - Santander, Norte de Santander, sur del Cesar, Bolivar

Oriental - Meta, Cundinamarca, Casanare, Caquetá

Occidental - Nariño

Colombia es el primer productor de palma de aceite en América Latina y el cuarto en el mundo. Tiene como fortaleza un gremio que cuenta con sólidas instituciones, ya que desde 1962 fue creada la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite.



4.1.2. PROCESO AGROINDUSTRIAL

La palma de aceite es un cultivo perenne y de tardío y largo rendimiento ya que la vida productiva puede durar más de 50 años, pero desde los 25 se dificulta su cosecha por la altura del tallo.

El procesamiento de los frutos de la palma de aceite se lleva a cabo en la planta de beneficio o planta extractora. Ahí se desarrolla el proceso de extracción del aceite crudo de palma y de las almendras o del palmiste. Este es un proceso simple que consiste en esterilizar los frutos, desgranarlos de racimo, macerarlos, extraer el aceite de la pulpa, clarificarlo y recuperar las almendras del bagazo resultante.



De la almendra se obtienen dos productos: el aceite de palmiste y la torta de palmiste que sirve para alimentos concentrados de animales.

Al fraccionar el aceite de palma se obtienen también dos productos: la oleína, que es líquida y sirve para mezclar con aceites de semillas oleaginosas, y la estearina que es más sólida y sirve para producir grasas, principalmente margarinas y jabones.

4.1.3. USOS COMESTIBLES

Actualmente, el aceite de palma es el segundo aceite más consumido en el mundo y se emplea como aceite de cocina y para elaborar productos de panadería, pastelería, confitería, heladería, sopas instantáneas, salsas, diversos platos congelados y deshidratados, cremas no lácteas para mezclar con el café. El contenido de sólidos grasos del aceite de palma le da a algunos productos como margarinas y shortenings una consistencia sólida / semisólida sin necesidad de hidrogenación. En un proceso de hidrogenación parcial se forman ácidos grasos trans, que tienen un efecto negativo en la salud.



4.1.4. USOS NO COMESTIBLES

El aceite de palma es una materia prima que se utiliza ampliamente en jabones y detergentes, en la elaboración de grasas lubricantes y secadores metálicos,



destinados a la producción de pintura, barnices y tintas.

4.1.5. LA PALMA DE ACEITE UN CULTIVO VERDE

Todas las partes de la palma se utilizan, por lo tanto no hay desperdicios que contaminen.

Para evitar el uso de plaguicidas químicos, se han implementado diversas técnicas de control biológico.

Dentro de los cultivos de semillas oleaginosas, la palma de aceite es la más eficiente en la conversión de energía.

Los cultivos de palma de aceite son bosques protectores de los ecosistemas.

La técnica de siembra de los cultivos de palma de aceite previene la erosión



4.1.6. EL ACEITE DE PALMA EN LA SALUD HUMANA

El aceite de palma contiene una relación 1:1 entre ácidos grasos saturados e insaturados, además es fuente importante de antioxidantes naturales como los tocoferoles, los tocotrienoles, y los carotenos. Se han realizado múltiples estudios sobre los efectos del consumo de aceite de palma en la salud humana, principalmente relacionados con el perfil lipídico, el retinol sérico (vitamina A), la trombosis arterial y el cáncer los cuales indican que:



Tiene una alta concentración de grasa monoinsaturada, en forma de ácido oléico.

Las dietas ricas en ácidos grasos monoinsaturados ayudan a reducir el colesterol sanguíneo, disminuyendo uno de los principales factores de riesgo en enfermedades coronarias.

Algunos estudios han demostrado que el efecto del ácido palmítico sobre el colesterol sanguíneo es comparable con el del ácido esteárico, considerado como neutro.

Es fuente natural de vitamina E, en forma de tocoferoles y tocotrienoles. Estos últimos actúan como protectores contra el envejecimiento de las

células, la arteriosclerosis, el cáncer y algunas enfermedades neurodegenerativas como el alzheimer.

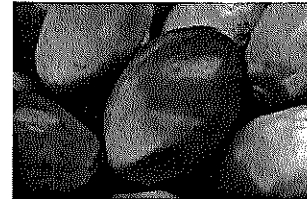
Sin refinar, el aceite de palma es la fuente natural más rica de beta-caroteno (pro vitamina A). Su consumo ha resultado de gran utilidad para prevenir y tratar la deficiencia de vitamina A en poblaciones a riesgo.

En modelos humanos y animales se ha observado que el consumo de oleína de palma no altera significativamente los niveles de colesterol sanguíneo, reduce la oxidación de las LDL y la incidencia de tumores malignos, aumenta los niveles de retinol sanguíneo y previene la formación de trombos.

4.2. ORGANIZACIONES GREMIALES

4.2.1. FEDEPALMA

La Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, Fedepalma, agrupa y representa a cultivadores y productores de aceite de palma desde su fundación en 1962 y lidera la estructura gremial y de servicios de apoyo al sector palmicultor.



Fedepalma ofrece a los palmicultores colombianos

- ✓ Representación e influencia del sector ante las instancias decisorias, públicas y privadas, y las entidades nacionales e internacionales que sean de su interés.
- ✓ Defensa de sus intereses colectivos.
- ✓ Orientación y diseño de políticas, estrategias e instrumentos para el desarrollo y crecimiento del sector.
- ✓ Espacio de interacción permanente para la reflexión y el aprendizaje sectorial.
- ✓ Información y análisis de las variables que afectan el comportamiento del sector y los usos de sus productos.
- ✓ Referenciación competitiva para la adopción de las mejores prácticas de gestión empresarial.
- ✓ Generación, adaptación y transferencia de tecnología para el mejoramiento del cultivo y el beneficio de la palma de aceite y para el desarrollo de nuevos productos de interés estratégico para la agroindustria.
- ✓ Mecanismos e instrumentos de origen gremial, para la organización de la comercialización que contribuyan a optimizar el ingreso palmero.

- ✓ Identificación, diseño y gestión de la oferta de capacitación para atender las necesidades del sector.
- ✓ Orientación y coordinación del desarrollo de la gestión ambiental, con criterio sectorial.

4.2.2. CENIPALMA

La Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma, creada por Fedepalma en 1991, es responsable de la investigación y transferencia de tecnología en el sector palmero en los temas relacionados con el cultivo, la extracción y los usos del aceite de palma



Objetivos

- ✓ Actualización permanente del inventario de problemas tecnológicos.
- ✓ Adaptación a las tecnologías desarrolladas dentro y fuera de Colombia.
- ✓ Generación de tecnologías para la solución de problemas que afecten económicamente el cultivo o la extracción del aceite.
- ✓ Difusión de dichas tecnologías mediante instrumentos como días de campo, cursos, mesas redondas y publicaciones.

Estrategias

Coordinación con las plantaciones
 Convenios nacionales
 Convenios internacionales
 Consultores

Proyectos

Área de Agronomía
 Estudio del complejo Pudrición de Cogollo
 Marchitez Sopresiva
 Pudrición de Estipe
 Mancha Anular
 Manejo Integrado de Plagas
 Manejo Integrado de Suelos

Manejo Integrado del Agua
 Área de Variedades
 Fisiología de la palma
 Producción de variedades
 Área de Procesos y Usos del Aceite

4.2.3. C.I ACEPALMA S.A.

La comercializadora internacional C.I. Acepalma S.A., promovida por Fedepalma y creada en 1991 con aportes de sus afiliados, se especializa en la comercialización de aceite palma, palmiste y sus derivados, así como de insumos para el cultivo de la palma de aceite. Es líder en la oferta exportable del país ya que más del 80% de las exportaciones de aceite de palma y palmiste se realizan a través de Acepalma.



4.2.4. PROPALMA

La Promotora de Proyectos Agroindustriales de Palma de Aceite, Propalma S.A., creada en septiembre de 2000, con la participación de Fedepalma, Coinvertir, Proexport - Colombia y un grupo de empresas y palmicultores, se dedica a la promoción de proyectos productivos de palma de aceite a gran escala, que incluyen la siembra, el procesamiento y la comercialización de sus productos en el mercado interno y en el de exportación.

4.3. PALMA DE ACEITE

Prácticamente todas las palmas de aceite plantadas en el lejano oriente están directamente relacionadas entre si, porque dos o cuatro palmas de aceite fueron traídas del África y plantadas en los jardines botánicos Buitenzorg en Java en 1848. El material engendrado de estas palmas se refiere al Dura deli. Este es muy estable y uniforme en cuanto a su contenido en aceite y almendra.

La composición promedio de un racimo de fruta fresca (RFF) es de 25% aceite, 5.5% almendra, 6% cáscara, 9% fibra, 25% racimo vacío (RV) y el resto es humedad.

En años recientes, otro pariente ha sido introducido para producir el material referido como Tenera. De la misma palma Dura deli es usada para producir la semilla de palma Tenera, pero esta es polinizada con el polen de una palma Pisífera seleccionada (la pisífera seleccionada, cuando es polinizada así misma, produce fruta con una pequeña almendra y una pequeña cáscara).

El material Tenera que resulta produce una fruta con más aceite que la del material Dura, la misma almendra como la Dura pero con menor cáscara.

La calidad tanto del aceite de palma como de las almendras se encuentra en su punto máximo justo antes del momento de la cosecha del racimo, de su recolección y de la extracción. La extensión en la que el aceite es degradado depende de los sistemas utilizados y del cuidado con el cual estos son ejecutados.

4.3.1. Cosecha

La cosecha se hace normalmente en ciclos de 6 a 8 días. Es muy importante que el fruto no sea cosechado antes de su madurez, donde el proceso de fotosíntesis esta bien avanzado, para convertir los carbohidratos en grasa.

El contenido de aceite en el mesocarpio inmaduro puede estar en el orden del 35% mientras que el contenido de aceite de un mesocarpio maduro esta entre el 50 y el 55%.

4.3.1.1. Ácidos Grasos Libres (AGL)

El contenido de AGL del aceite en el racimo, antes de ser cosechado, puede estar en el orden de 0.1% mientras que el AGL del aceite en el mismo racimo cuando esta siendo recibido en la planta no será nunca menor de 1%, normalmente esta en el orden de 3% y frecuentemente por encima del 3% bajo malas condiciones. Un bajo contenido de AGL es la primera característica que valoran los refinadores e aceite comestible.

Una prima del 1% en el precio de venta se paga por cada 1% del contenido de AGL que este por debajo del 5%. La perdida en la refinación será de 1.25 al 1.80% por cada 1% de AGL.

El aumento en el contenido de AGL desde la cosecha hasta la planta extractora hará posible la cosecha de un fruto mas maduro con más alto contenido de aceite y la recuperación de aceite de mayor calidad con más bajo contenido de AGL.

Entre más madura es la fruta, es más vulnerable a los daños durante el transporte y su manipulación.

4.3.1.2. Recolección y transporte de la fruta

Existen dos tipos de sistemas básicos para el transporte de la fruta. Uno es la recolección de la fruta directamente en las vagonetas de esterilización, el otro es la recolección de la fruta en camiones o remolques para luego ser transferidas a las vagonetas de esterilización en la planta de extracción de aceite de palma.

El sistema de transferencia es menos costoso pero acarrea la pérdida de ciertas cantidades de aceite y un aumento en el contenido de AGL debido a la manipulación extra y el daño que sufre la fruta.

4.3.2. PROCESAMIENTO DEL ACEITE DE PALMA

4.3.2.1. Recepción de RFF

Los camiones, vagonetas o remolques cargados con RFF son pesados a la entrada de la planta y a la salida cuando están vacíos, en una báscula de 50 o más toneladas de capacidad y esta información es automáticamente grabada con un sistema computarizado.

Después del proceso de pesado del camión, vagoneta o remolque, los racimos RFF son vaciados en una tolva inclinada en una rampa que puede contener 900 TM de RFF.

4.3.2.2. Esterilización

Este proceso se efectúa en vagonetas de 5, 7 y 10 toneladas de capacidad, para introducir los RFF en un recipiente cilíndrico de acero con puertas especiales, donde son sometidos al vapor aproximadamente a 3 bares.

Uno de los efectos de la esterilización es inactivar las enzimas de los frutos. Una vez que estas enzimas han sido desactivadas, el incremento de AGL es virtualmente detenido.

El objetivo después de la cosecha es esterilizar la fruta lo más rápido posible, con un mínimo grado de manipulación y daño.

Adicionalmente a la detención del desarrollo de contenido de AGL, le esterilización de la fruta también facilita:

La purificación del aceite de palma por coagulación de la materia nitrogenosa y mucilaginosa, para así prevenir la formación de emulsiones durante la recuperación del aceite crudo.

La extracción del aceite de palma crudo por ablandamiento y liberación de los frutos de los racimos y mediante el rompimiento de las células de aceite en el mesocarpio.

La mayoría de las plantas de hoy, tienen sistemas de control programados automáticamente para realizar la adecuada esterilización en ciclos de 90 minutos.

4.3.2.3. Desfrutación

El fruto, ya esterilizado en las vagonetas, es retirado del esterilizador mediante el sistema de cabrestantes y poleas de reenvío, y colocado así en posición para que la grúa, manejada por control remoto, realice la labor de vaciado de la fruta en el desfrutador que separa la fruta de los racimos vacíos.

Para generar una capacidad más grande, vagonetas de 5 TM RFF o mayores son trasladadas a un tambor de volteo para vaciar su contenido en un transportador de cadena y conducirlo al desfrutador.

El fruto es luego conducido por transportadores de tornillo y elevadores de cangilones a la sección de prensado o extracción.

4.3.2.4. Racimos Vacíos

Los racimos vacíos representan el 25% de la totalidad del peso del RFF. En las plantas convencionales, estos son regresados al campo para ser utilizados como fertilizante, después de ser incinerados para recuperar la potasa resultante.

Los racimos vacíos no tienen ningún valor alimenticio y tienen un alto contenido de sílice. Cuando son adecuadamente incinerados rinden entre 0.3 y 0.5% de potasa (ceniza potasica).

La utilización de los racimos vacíos para la aplicación en el campo como suplemento de fertilización es efectiva en cuanto a costos para algunos grupos de plantaciones, pero no tiene justificación por razones de logística, para otras plantaciones. Otros impedimentos o la experiencia practica parecen ser la objeción para el uso de los en el campo.

4.3.2.5. Extracción del Aceite

La extracción eficiente del aceite crudo en la fruta Tenera presento algunos problemas en el pasado, pero estos han sido superados con el desarrollo de las prensas continuas de tornillos, las cuales son usadas en las plantas modernas. La fruta, desde el desfrutador, pasa a los digestores que completan el rompimiento de las celdas de aceite con los brazos que se mueven lentamente. Los digestores pueden tener una capacidad superior a 3 m³.

La masa de los frutos pasa luego a la prensa de tornillos (capacidad de 10 a 16 TM por RFF por hora) que presiona el aceite crudo a través de agujeros en la pared de la cesta o camisa de la prensa. La torta prensada, que es descargada por el extremo de la prensa, contiene la fibra y las nueces.

El aceite crudo: que esta conformado por agua, lodo y aceite. Este pasa a la sección de clarificación.

Nueces: 15% de los RFF. Son separadas por el desfibrador y en la sección de almendras para la recuperación de las almendras.

Fibras: aproximadamente el 15% del peso del RFF, con un contenido de humedad del 37%. El contenido de aceite residual se encuentra entre 6 y 8% de aceite sobre fibra seca.

La fibra separada en el sistema desfibrador es transportada a la caldera como combustible.

El diseño adecuado de la sección de extracción es importante. Practicas poco satisfactorias como el excesivo drenaje del aceite crudo antes de la extracción por la prensa, trae consigo no solamente problemas en la clarificación y mayores perdidas sino también la absorción de hierro por parte del aceite de palma.

La importancia de reducir la absorción de metales pesados como el cobre y hierro es indicado por el valor tottox. Para la producción de aceite de alta calidad, se debería usar acero inoxidable en partes móviles, donde haya desgaste en equipos de extracción tales como el digestor y la prensa.

4.3.2.6. Recuperación de la Almendra

El acondicionamiento de las nueces comienza en el esterilizador y la separación, en la prensa de tornillos. Después del proceso de prensado,

las nueces y la fibra van por un transportador rompedor de torta calentado que posteriormente separa y remueve la humedad de la fibra.

La fibra y las nueces pasan luego a una columna separadora neumática llamada también columna desfibradora provista con una pantalla o damper para realizar ajustes en la operación, dependiendo del número de prensas que trabajen.

La fibra es soplada hacia un ciclón cercano a la caldera y las nueces pasan hacia abajo a un tambor pulidor para remover las impurezas o fibras adheridas y retener piezas de hierro. Este tambor está diseñado para procesar gran variedad de almendras.

Las nueces son acondicionadas en silos de secado antes de ser trituradas en rompedores centrífugos o actualmente en molinos tipo ripple. Después de la ruptura, la mezcla triturada es separada en una columna de doble separación para una separación en seco y/o mediante separadores del tipo húmedo como los hidrociclones o baños de arcilla.

Las cáscaras y las almendras son lavadas. Luego las almendras pasan a un silo secador de almendras para reducir el contenido de humedad a un 7% y minimizar así el desarrollo de AGL durante el almacenamiento y despacho. Es ventajoso esterilizar las almendras antes del despacho o almacenamiento con vapor a la presión atmosférica.

Las plantas de almendra, diseñadas para las nueces derivadas de la variedad Dura, no son convenientes para el proceso de nueces derivadas de la variedad Tenera. Ha habido numerosos diseños experimentales, pero han mostrado fallas. Se requiere gran precaución y una amplia experiencia en la selección y diseño de los equipos adecuados para una planta de recuperación de almendras.

4.3.2.7. Clarificación del Aceite de Palma

La sección moderna de clarificación o purificación del aceite de palma se diseña para recuperar y purificar el aceite crudo tan rápido como sea posible con el mínimo de calentamiento y exposición al aire. Esto es necesario para evitar el daño por oxidación que es causado por la exposición del aceite crudo al aire y a temperaturas altas.

El proceso comienza en el tanque de aceite crudo en la sección de extracción y termina en un enfriador de aceite como APC (aceite terminado crudo de palma), con un contenido de impurezas de 0.009% y un contenido de humedad de 0.09%.

El mayor problema de efluentes es reducido con el sistema de decanter, el cual remueve los lodos semisólidos para tratarlos con un secador de sólidos, el cual reduce su humedad de 45 a 10%. Un adecuado secamiento de los lodos se obtiene mediante los gases salientes de la caldera.

La oxidación es la causa más importante de una pobre calidad del aceite. La oxidación medida por el valor totox, comienza cuando el aceite se encuentra por encima de los 60°C y es expuesto al aire, durante el proceso, almacenamiento y despacho.

4.3.2.8. Generación de Vapor y de Potencia

La utilización de los recursos existentes de energía es indispensable, no solamente para las grandes instalaciones industriales sino también para las plantas de pequeña producción y en particular para las plantas de extracción de aceite de palma, donde un balance entre el calor y la potencia son requeridos para los procesos de producción. Lo anterior es una condición previa para un "esquema combinado de calor y potencia (CHP)", o lo que comúnmente se refiere como sistema de cogeneración.

Los desechos sólidos que se utilizan como combustible son las cáscaras, fibras y racimos vacíos. Todos son subproductos del proceso y sirven para producir el vapor en las calderas.

El vapor se requiere para el proceso a razón de 500 Kg./TM de RFF. Este vapor puede ser producido fácilmente en una caldera razonablemente eficiente a partir de la combustión de las fibras, cáscaras y racimos vacíos.

La energía eléctrica se requiere para el proceso a una razón de 15 a 25 Kw./TM de RFF. Esta puede ser provista fácilmente mediante una turbina de vapor del tipo de contrapresión de una sola etapa, ubicada entre la caldera y el distribuidor de vapor a baja presión hacia el proceso.

El vapor se genera en la caldera a una presión de por ejemplo 20 bares (recalentado a 260°C) y con un turbogenerador de vapor de 18.5 bares en la entrada y 3.16 bares en la contrapresión, siendo esta una presión conveniente para el proceso gracias a sus efectos de calentamiento.

La generación de energía eléctrica adicional con este sistema es posible por la combustión de los racimos vacíos.

Se ha introducido un sistema para el tratamiento y disposición de los racimos vacíos de la palma y la recuperación del aceite, al mismo tiempo

que se reduce el contenido de humedad de los racimos vacíos aproximadamente a 45%, de manera que estos puedan ser utilizados como combustible sólido en la caldera para la producción adicional de vapor y de energía eléctrica.

El vapor se produce en calderas acuatubulares a presiones y temperaturas mas altas (20 bares, 207°C) de lo requerido para el proceso en donde el calor latente contenido en el vapor de escape (3.16 bares) es utilizado para la esterilización de los RFF y para los sistemas de calentamiento en el proceso.

La energía liberada durante la expansión del vapor es convertida por la turbina en potencia mecánica para conducir un alternador.

Hay una relación directa entre el número de palmas cultivadas y el correspondiente rendimiento de cosecha de un área de plantación dada que se procesa en la planta, y la energía primaria disponible en los subproductos combustibles y los requerimientos de potencia y de calor de la planta.

Un diseño adecuado de una planta de aceite de palma no solamente proveerá suficiente vapor y potencia eléctrica para sus requerimientos de operación sino que también puede suministrar un porcentaje adicional de 17 a 33% de potencia extra para otros procesos integrados posteriores, uso domestico o para ser vendida a otros consumidores de energía.

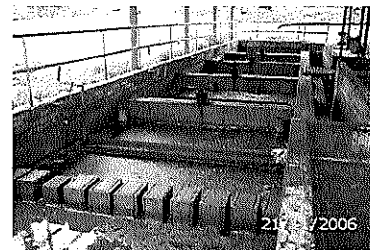
4.3.2.9. Control de Efluentes

Fuentes de residuos sólidos, efluentes y contaminación

El volumen de la descarga de efluentes de las plantas de aceite de palma depende de la amplitud en el diseño de los sistemas de proceso, el control de los procesos en planta, el mantenimiento de los equipos y el cuidado y limpieza de la planta.

Los desechos sólidos o subproductos de los procesos de la planta de aceite son básicamente:

- Racimos vacíos
- Cáscaras y fibras
- Sólidos del decanter
- Sólidos de la centrifuga de lodos
- Cenizas de caldera
- Lodos de las piscinas



Los desechos sólidos tales como los racimos vacíos tratados (deshumificados), por aproximadamente el 25% de los RFF T los lodos secos recuperados, por aproximadamente 3% de los RFF, son subproductos que pueden ser utilizados en la plantación y vendidos a los productores.

Las aguas de desechos de los condensados de esterilización, el efluente de la clarificación y las descargas de los hidrociclones y del baño de arcilla son suficientemente contaminadas y por tanto requieren tratamiento.

Algunas de las fuentes de las aguas de desecho descargadas como el sistema de condensación y de enfriamiento de las turbinas de vapor y las purgas de las calderas son relativamente limpias y pueden ser utilizadas en procesos como el sistema de dilución, prensa de tornillos, lavado del canal de aceite y para los requerimientos de limpieza de los pisos de la planta.

La cantidad total de efluentes líquidos es de 0.6 a TM/ tonelada RFF y es generada por las siguientes fuentes:

Condensados de esterilización	Hidrociclón / baño de arcilla
Sección de clarificación	Otras aguas de desecho

La tabla a continuación presenta las propiedades físicas y químicas de los efluentes del proceso de una planta de extracción de aceite de palma.

PARAMETRO	VALOR PROMEDIO
pH	4.1
DBO	25.000 ppm
DQO	53.630 ppm
Sólidos totales	43.635 ppm
Sólidos en suspensión	19.020 ppm
Sólidos volátiles	36.515 ppm
Nitrógeno amoniacal	35 ppm
Nitrógeno total	770 ppm
Aceite y grasa	8.370 ppm

Todos los valores excepto el pH son en mg/Lt, o, ppm

Los efluentes líquidos totales se pueden incrementar si se incluyen las aguas de lavado de la planta de proceso.

Los efluentes no son tóxicos pero tienen un demanda bioquímica de oxígeno mayor a 25.000 ppm (DBO), lo cual los hace inaceptables para la vida de los peces cuando se introducen en cantidades grandes en los canales y ríos.

Debido a lo anterior, el objetivo de este proceso es tratar las descargas de efluentes de la planta de aceite de palma de manera que se cumpla con las condiciones impuestas por el Departamento del Ambiente (DOE) para vertimientos, de acuerdo con las normas siguientes:

Norma A	Para descarga en los ríos debe ser menor de :	DBO 20 mg/Lt
Norma B	Para descarga en los canales debe ser menor de :	DBO 50 mg/Lt
Norma C	Para descarga en un terreno debe ser menor de :	DBO 500 mg/Lt

El sistema de tratamiento de efluentes por lagunas o "piscinas de oxidación" es adoptado comúnmente en Malasia. El sistema de proceso anaeróbico y aeróbico en general esta conforme con las regulaciones y requiere un área de lagunas para un tiempo de retención de 65 a 75 días, con un monitoreo adecuado del costo de la electricidad para las bombas de circulación y aireadores para el retiro de los lodos de las lagunas. Sin embargo, las lagunas o "piscinas de oxidación" a veces se vuelven inestables como consecuencia de la reducción del volumen, debido a la colmatación con lodos, las condiciones ambientales o por la contaminación.

Muchos sistemas se han probado pero no ha surgido aun alguno con aceptación general. Los sistemas ensayados incluyen centrifugas, filtros, secado en lechos solares, flotación y coagulación con aire y plantas de extensa aireación mecánica.

Algunos sistemas piloto incluyen unidades de producción de metano. El "sistema libre de efluentes" es posible gracias a unidades multi - etapa de condensación y a una planta de oxidación térmica que produce lodo seco en un producto final denominado "POME", que se vende como fertilizante y relleno para alimentos de animales.

4.4. Balance del sector palmero en el primer semestre de 2006

Mercado nacional de productos de la palma de aceite

Este documento presenta un análisis del comportamiento del mercado de los productos de la palma de aceite en Colombia en el primer semestre de 2006 frente a igual período de 2005.

4.4.1. Producción de aceite de palma

La producción nacional de aceite de palma crudo fue de 371.236 toneladas en el primer semestre de 2006, lo que significa un incremento de 2,1% frente al mismo período del año anterior. El crecimiento de la producción fue disímil en los dos primeros trimestres del año. Mientras en el primer trimestre de 2006 ésta creció 8,8%, en el segundo cayó 5%.

Tabla 1

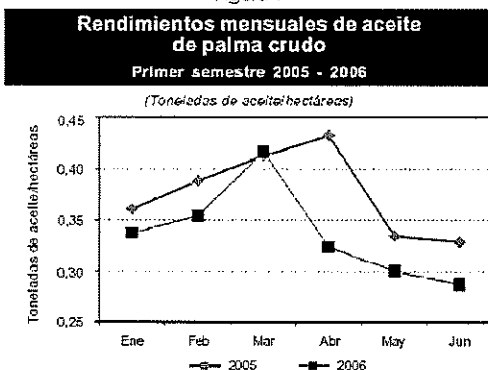
Producción de aceite de palma crudo primer semestre 2004-2006					
Distribución por trimestres					
<i>(Miles de toneladas)</i>					
Período	2004	2005	2006p	Variación (05/06)	
				Absoluta	%
1er trimestre	188.9	187.3	203.7	16.4	8.8
2do trimestre	163.6	176.4	167.5	-8.8	-5.0
Acumulado	352.5	363.7	371.2	7.6	2.1

Fuente: Declaraciones al Fondo de Fomento Palmero.

La producción de aceite de palma de los últimos doce meses (julio 2005-junio 2006), fue de 680.182 toneladas, superior en 6% frente a la del período julio 2004-junio 2005. A partir de estos datos y de encuestas a productores, se estima que la producción de aceite de palma en 2006 será aproximadamente de 688.000 toneladas.

El crecimiento de la producción en el período analizado se explica por el deterioro en los rendimientos promedio, que cayeron a 2,01 toneladas de aceite por hectárea, frente a 2,25 toneladas registrados en el primer semestre de 2005.

Figura 1



La caída en los rendimientos de aceite de palma, se explica, en parte, por el inicio de la fase productiva de nuevas siembras en 22.700 hectáreas, algunas de ellas correspondientes a renovación de cultivos antiguos. Los rendimientos de estas palmas jóvenes son inferiores a los de aquellas en etapa productiva adulta, lo cual incide en el rendimiento promedio

nacional. Mientras los primeros sólo alcanzan 1,5 toneladas de aceite por hectárea, los rendimientos de palmas adultas pueden llegar a 5,2 toneladas.

En cuanto al comportamiento por zonas productoras, el mayor incremento se presentó en la

Tabla 2

Producción de aceite de palma crudo por zonas primer semestre 2005-2006				
<i>(Miles de toneladas)</i>				
Zona	Enero - Junio		Variación	
	2005	2006	Absoluta	(%)
Central	102.6	103.5	1.0	0.9
Norte	102.2	98.1	-4.2	-4.1
Occidental	47.0	43.6	-3.3	-7.1
Oriental	111.9	126.0	14.2	12.7
TOTAL	363.7	371.2	7.6	2.1

Fuente: Declaraciones al Fondo de Fomento Palmero.

Zona Oriental, cuya producción creció 12,7% durante el primer semestre de 2006. Por el contrario, las Zonas Norte y Occidental disminuyeron su producción 4,1% y 7,1%, respectivamente. En la Zona Norte la caída en la producción se explica por el proceso de renovación de cultivos viejos que ha venido ocurriendo desde hace tres años, informaron palmicultores de esta zona. De igual manera, productores del municipio de Tumaco, donde se concentra la producción de la Zona Occidental, consideran que la caída se explica fundamentalmente por las menores lluvias durante los meses de abril y mayo de 2005.

4.4.2. Producción de almendra de palma

Durante el primer semestre de 2006 la producción de almendra de palma fue de 85.252 toneladas, que también representa un descenso de 1,1% respecto al mismo período de 2005. Al igual que sucedió con la producción de aceite de palma, en la Zona Occidental se presentó la mayor caída equivalente a -11,1%, en tanto que la zona que registró el mayor crecimiento fue la Oriental, con 17,6%.

Tabla 3

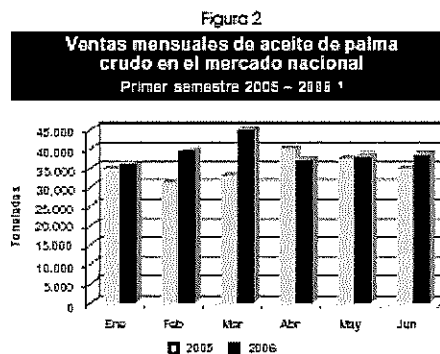
Producción de almendra de palma por zonas primer semestre 2005-2006
(Miles de toneladas)

Zona	Enero - Junio		Variación	
	2005	2006	Absoluto	(%)
Central	24,8	22,5	-2,1	-8,6
Norte	25,7	23,4	-2,3	-8,9
Occidental	10,0	8,9	-1,1	-11,1
Oriental	26,0	30,5	4,6	17,6
TOTAL	86,5	85,3	-1,2	-1,1

Fuente: Declaraciones al Fondo de Fomento Palmero.

4.4.3. Ventas de aceite de palma en el mercado nacional

Las ventas de aceite de palma crudo en el mercado doméstico continuaron aumentando hasta 234.362 toneladas entre enero y junio de 2006, que representan un crecimiento de 11% frente a igual período de 2005. Tal aumento en las ventas es resultado de la continuidad en la política de garantizar un precio competitivo del aceite de palma nacional en el mercado interno que ha permitido dinamizar este mercado desde 2005. También es un reflejo del mejor comportamiento de la economía nacional, la cual creció 5,2% durante el primer trimestre de 2006.



* Incluye utilización propia.

Fuente: Cálculos Fedopalma, con base en las declaraciones al Fondo de Estabilización de Precios FEP.

4.4.4. Exportaciones de aceite de palma y aceite de palmiste

Las exportaciones colombianas de aceite de palma en el primer semestre de 2006 fueron de 125.425 toneladas, lo que representa una disminución de 18,1% frente al mismo período de 2005.

El 80% de ellas fueron de aceite de palma crudo, y el resto, 25.672 toneladas, de aceite de palma incorporado en aceites refinados, mezclas de aceites vegetales, mantecas, margarinas y jabones. Lo anterior significa que mientras las exportaciones de aceite de palma crudo decrecieron 24,4%, las de aceite de palma en productos procesados aumentaron 20,5%.

La proporción de la producción nacional que se destinó a la exportación durante el primer semestre de 2006, disminuyó a 34%, frente a 42% en igual período de 2005.

Las exportaciones de aceite de palmiste fueron de 12.424 toneladas que representan una caída de 31,2% frente al primer semestre de 2005. La mayor disminución ocurrió en las exportaciones de aceite de palmiste crudo, las cuales se redujeron 5.200 toneladas.

La Unión Europea continuó representando, en el período, el principal mercado de exportación de los aceites de palma y de palmiste colombianos, con una participación de 44% en el total exportado de estos productos. Sin embargo, cabe resaltar el aumento en la participación del mercado mexicano, hacia donde se dirigieron 47.840 toneladas de dichos aceites, equivalentes a cerca del 35% del total.

De esta forma, el aceite de palma colombiano logró sustituir buena parte de las importaciones mexicanas provenientes, por lo general, de Honduras y de Ecuador.

Las exportaciones colombianas aumentaron su participación en el dinámico mercado mexicano, cuyas importaciones crecieron cerca de un 20% durante el primer semestre de 2006 (Figura 3).

Tabla 4

Exportaciones de aceite de palma primer semestre 2005-2006				
(Miles de toneladas)				
Concepto	Enero - Junio		Variación	
	2005	2006	Absoluta	(%)
Aceite de palma crudo	131,9	99,8	-32,2	-24,4
Aceite de palma incorporado en productos procesados	21,3	25,7	4,4	20,5
TOTAL	153,2	125,4	-27,8	-18,1

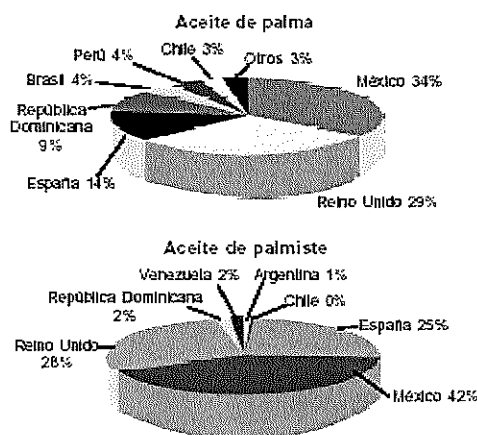
Fuente: DANE y Fondo de Estabilización de Precios para el Palmiste, el Aceite de Palma y sus Fracciones, FEP.

Tabla 5

Exportaciones de aceite de palmiste primer semestre 2005-2006				
(Miles de toneladas)				
Concepto	Enero - Junio		Variación	
	2005	2006	Absoluta	(%)
Aceite de palmiste crudo	15,0	9,8	-5,2	-34,7
Aceite de palmiste incorporado en productos procesados	3,1	2,7	-0,4	-13,8
TOTAL	18,1	12,5	-5,6	-31,2

Fuente: DANE y FEP.

Figura 3

**Exportaciones de aceite de palma y
aceite de palmiste por país de destino
Primer semestre 2008**


incorporado en las importaciones de frijol soya registraron un aumento absoluto de 27.700 toneladas. Existen varias razones que podrían explicar esta aparente acumulación de inventarios de la industria de aceites y grasas en el país. De un lado, la incertidumbre en el comportamiento de la tasa de cambio y las expectativas de que los precios internacionales de los aceites y grasas continúen aumentando; de otro, el aumento en el consumo local de aceites y grasas, como consecuencia del mejor comportamiento de la economía colombiana, aunado a un modesto incremento de la producción nacional de aceite de palma crudo.

Las importaciones de aceites y grasas vegetales refinadas disminuyeron en el período de 24.600 a 18.100 toneladas (-26,3%), frente al primer semestre de 2005. Esto se explica principalmente por el descenso en las compras externas de fracciones de aceite de palma provenientes de Ecuador. De igual manera, las importaciones de aceites y grasas animales continuaron su tendencia descendente cayendo a 11.000 toneladas (-43%)(Tabla 6).

4.4.5. Importaciones de aceites y grasas

Las importaciones de aceites y grasas animales y vegetales en el período fueron de 175.770, que significan un crecimiento de 8,4% frente al mismo período de 2005.

Las de aceites vegetales crudos fueron de 146.800 toneladas, esto es un incremento del 24%. La mayor parte de ellas, el 61%, fueron importaciones de aceite de soya crudo, que, junto a las de aceite

Tabla 6

**Importaciones de aceites y
grasas animales y vegetales
Primer semestre 2005-2006**

(Miles de toneladas)

Producto	Enero - Junio		Variación	
	2005	2006	Absoluta	(%)
Subtotal aceites y grasas vegetales	142,9	164,8	21,9	15,3
Aceites crudos	116,4	146,7	28,3	23,9
Aceite de palma crudo	0,2	0	-0,2	-99,7
Aceite de palmiste crudo	0,9	0	-0,9	n.a.
Aceite de soya crudo	75,5	89,6	14,1	18,7
Aceite de frijol soya	26,3	39,9	13,6	51,7
Aceite de girasol crudo	13,9	13,6	-0,4	-2,5
Demás aceites crudos	1,5	3,6	2,1	138,5
Aceites y grasas refinados	24,6	18,1	-6,5	-26,3
Aceite de palma refinado y sus fracciones	9,1	4,6	-4,5	-49,7
Subtotal aceites y grasas animales	19,3	11,0	-8,3	-43,1
Aceite de pescado	0,1	0,7	0,6	981,4
Sabo y grasas desperdicio	16,4	7,4	-9,0	-55,0
Otros aceites y grasas animales	2,8	2,9	0,1	3,2
Total	162,2	175,8	13,6	8,4
Frijol soya	146,1	253,0	106,9	73,1
Torta y harina de soya	253,0	278,3	25,3	10,0

Fuente: DIAN al mes de mayo; Sebarcos Gutiérrez Hermanos, datos de junio.

4.4.6. Inventarios

El inventario de aceite de palma crudo en plantas de beneficio bajó de 8.000 toneladas el 1º de enero de 2006 a 4.500 toneladas el 30 de junio de 2006. El inventario final en plantas a junio 30 de 2006, equivale a sólo dos días de producción.

4.4.7. Consumo aparente de aceite de palma

El consumo aparente de aceite de palma crudo en el período fue de 249.332 toneladas, superior en 17,2% a la del primer semestre de 2005. Este aumento se explica, principalmente por el aumento en las ventas locales de 11%, un aumento en la producción de 2% y un descenso significativo en las exportaciones y en las importaciones.

Tabla 7
Balace de oferta y demanda de aceite de palma¹
Primer semestre 2005-2006
(Miles de toneladas)

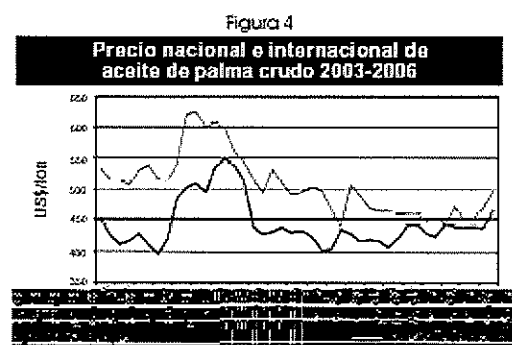
Concepto	Enero - Junio		Variación	
	2005	2006p	Absoluta	(%)
Producción	363,7	371,2	7,6	2,1
Importaciones	9,4	4,6	-4,8	-51,3
Exportaciones	153,2	125,4	-27,8	-18,1
Cambio de inventarios	7,1	1,1	-6,0	-85,0
Consumo aparente	212,8	249,3	36,6	17,2

(1) Información preliminar.

4.4.8. Precio interno de aceite de palma crudo

En los últimos 12 meses el indicador del precio interno del aceite de palma crudo ha venido acercándose cada vez más al precio internacional de este producto, tal como se observa en la figura 4.

El indicador del precio promedio del aceite de palma crudo en el mercado doméstico durante el primer semestre de 2006 fue de \$1.069.000 por tonelada, que indica una disminución de 4,7% frente al de igual período de 2005, y un leve incremento de 1,1%, frente al precio promedio del segundo semestre de 2005.



A juzgar por la evolución de los precios internacionales de los aceites relevantes para la palma colombiana y la de la tasa de cambio promedio entre el primer semestre de 2005 y el mismo período de 2006, el indicador del precio local del aceite de palma crudo ha mejorado su competitividad internacional.

Este último cayó más que el precio del aceite de soya argentino (-1,5%), y no reflejó el aumento de 1% en la tasa de cambio.



De igual manera, el incremento de 1,1% del indicador del precio local del aceite de palma en el primer semestre de 2006 frente al del segundo semestre de 2005 fue inferior, tanto al aumento de 2,4% en el precio promedio del aceite de soya argentino en ese lapso, como al de la tasa de cambio, que aumentó 3,2%.

5. METODOLOGÍA DE TRABAJO

5.1. Empresas Participantes

5.1.1. Palmar Santa Elena S.A.

La planta extractora del Palmar Santa Elena S.A. se encuentra ubicada a la orilla del Río Mira, en el corregimiento de La Cortina, Candelillas Tumaco – Nariño.

5.1.2. Astorga S.A.

Astorga S.A. se encuentra ubicado en Km. 35 Tumaco – Nariño.

5.2. DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS O PROCESO DE EXTRACCIÓN

5.2.1. Digestión

Objeto de la operación

Desprender la pulpa de las nueces, aplastar las células para liberar el aceite que ellas contienen.

Recalentar la masa e introducir un grado de humedad deseado para preparación para la extracción.

En ciertos casos, separar una parte del aceite que se escapa espontáneamente en el curso del tratamiento (aceite virgen).

Estado de la materia a tratar

Frutos esterilizados, aun tibios provenientes de la desgranadora o algunas veces de las canastas de cocción.

Medio Utilizado

Molienda de la masa por brazos girando alrededor de un eje vertical.

En ciertos casos, recalentamiento y humidificación por inyección de vapor en la masa.

Aparatos

Los digestores son una cuba cilíndrica vertical de una altura superior a su diámetro, provistos algunas veces de un doble fondo perforado que permite la salida del aceite virgen.

Ciertos constructores proveen de un levantamiento superior donde se opera un precalentamiento de la materia.

La molienda es obtenida por los brazos horizontales, colocados por pares, sobre un eje central (3 a 5 pares). La materia es frenada por los ángulos fijos colocados a lo largo de las paredes interiores del aparato o en algunos casos por unos brazos fijos.

Las paletas inferiores, de forma especial, facilitan la salida de materia por la puerta lateral inferior. Esta es, generalmente cerrada por un dispositivo de corredera, provisto de canales de recuperación de aceite y de tolva dosificadora.

Las paletas tienen, en ciertos aparatos un perfil especial destinado a mejorar la molienda, alejando y acercando alternativamente la materia del eje.

Los digestores deben ser provistos de un termómetro para el control de la temperatura del fondo a la salida. Es ventajoso, equiparlos igualmente, de un regulador automático de temperatura y de un control de llenado.

Ellos deben tener, las tuberías de admisión de agua caliente y de vapor al interior, con comando individual, a fin de poder la masa digestaza exactamente en las condiciones de humedad y de plasticidad deseadas, según los modos de extracción.

Cuidados para la digestión

Para que la digestión sea eficiente se necesita que este se encuentre completamente lleno, porque la presión ejercida por la columna de los frutos permite que la acción de los brazos sea ejercida.

Manteniendo el aparato constantemente lleno, se asegura una duración constante de digestión, que debe ser lo mas perfecta posible, de manera que la pulpa este bien separada de la nuez al final del tratamiento.

El tiempo requerido, para un buen trabajo esta en función de la eficiencia de la molienda. Se necesita un aparato cuyos brazos estén en buen estado de 20 a 40 minutos para la extracción por prensas continuas, de 45 a 60 minutos para la extracción por prensas estáticas. De 60 a 75 minutos para la extracción con prensas centrifugas.

La temperatura cuya importancia es primordial, debe ser mantenida de 90 – 92 °C aproximadamente para las prensas y de 96 – 98 °C para las centrifugas.

Cuando los frutos están muy maduros, una digestión muy crecida, no es sin embargo recomendable, las fibras se desgarran formando unos lodos espesos que dificultan la clarificación.

Las determinaciones del contenido de aceite en las fibras de la torta extraída y de los lodos de clarificación guiarán en la utilización de la inyección de agua o vapor en el curso de la digestión en los diferentes casos, estas inyecciones dependen también de los frutos tratados.

6.2.2. Extracción

Causa de la operación

Separar de la masa de frutos digestados, la fracción líquida (aceite de palma bruta).

Estado de la materia a tratar

Los frutos digestados forman una masa fibrosa en la cual la mayor parte de las células oleicas están rotas.

Las nueces están dispersas en la masa.

La temperatura debe estar cerca de 100°C

En ciertos casos, una cantidad apreciable de aceite virgen se deja escapar en el curso de la digestión.

Medios Utilizados

Por presión estática: prensas hidráulicas con camisa perforada.

Por presión continuada: prensa mecánica de tornillo o "prensa continua".

Por secado: centrifugación con canasta.

Por lavado con agua caliente y con vapor.

Aparatos

- Prensas Hidráulicas: las prensas modernas poseen cajas de extracción cilíndricas en acero. Con frecuencia reversibles, para permitir una utilización más larga, porque el desgaste se produce sobretodo en la parte superior.

Las perforaciones son ligeramente cónicas, su diámetro más pequeño es el del interior de la caja y del orden de 2 mm.

Un tipo de caja o camisa constituida de barras móviles da un mejor ajuste. Diversos tipos de prensas son usualmente empleadas:

Las prensas "revolver" están provistas de dos cilindros de extracción móviles alrededor de un eje vertical, que mientras que el uno esta cargando, el otro esta en presión. Ciertos aparatos están provistos de un pistón auxiliar, que puede permitir una extracción preliminar con baja presión, ellos pueden tener igualmente un dispositivo especial para facilitar la evacuación del gato hidráulico.

Las prensas de travesaño fijo, que no contienen sino un solo cilindro de extracción, son menos molestas que las prensas revolver. Ellas están provistas de una culata deslizante que se aparta durante las operaciones de rellenado y la evacuación de la torta prensada. El prensado se hace en un solo tiempo, la presión se eleva progresivamente en el curso de la salida del aceite, para alcanzar un máximo, que se mantiene enseguida automáticamente, pero para las prensas revolver.

Las prensas automáticas recientemente sacadas, se parecen a un travesaño y funcionan solas, sin mano de obra, como en las prensas continuas. Un aparato auxiliar es necesario.

Ciertas instalaciones están provistas de bombas con pistón, con suministro constante y el consumo de potencia será muy variable, en el curso de la prensada, se tiene recurso de unos acumuladores de presión para regular y también para disponer de una gran cantidad de fluido bajo presión. Aquello permite aumentar la velocidad del pistón en la prensada. Aquello permite aumentar la velocidad del pistón de prensado en los manómetros de vacío. Estas instalaciones son caras y complicadas.

Las bombas modernas poseen varios cilindros (3 o 4) de capacidad diferente, provistas de válvulas de descarga individual automática. La potencia absorbida en el curso de la prensada es también mas regular, el funcionamiento es enteramente automático. La postura en presión es obtenida por la maniobra de una leva con tres posiciones (elevación, pausa y descenso del pistón).

5.3. METODOLOGIA

A continuación se detalla la metodología específica necesaria para realizar las evaluaciones de cada uno de los tratamientos propuestos. Es necesario resaltar que todas las evaluaciones propuestas se realizaran en un periodo de 6 meses en dos plantas de beneficio de la Zona Occidental.

Antes de iniciar el trabajo en planta de beneficio se debe realizar una caracterización completa del sistema digestor prensa, en cuanto a sus características físicas, condiciones de operación y parámetros de mantenimiento para reducir la incidencia de factores de tipo mecánico sobre los resultados obtenidos.

5.3.1. Determinación del mejor punto e operación de una de las prensas

Estas evaluaciones se deben realizar hasta completar 4 repeticiones para cada prensa, evaluando las 4 presiones seleccionadas.

El diseño general de esta etapa del trabajo es completamente al azar, como se muestra a continuación:

Equipos	1	
Niveles (Presiones)	4	
Variable		(%Ac/SSNA, %Nuez rota, velocidad eficiencia de sedimentación)
Repeticiones	4	
<hr/>		
Total	16 Ensayos	

La selección de la mejor presión de operación se realizará al comparar la sumatoria de las pérdidas de aceite y almendra mediante un análisis de varianza simple (AOV).

5.3.2. Evaluar el efecto de la adición de agua en el bajante del digestor y en la camisa de la prensa cuatro (4) flujos diferentes.

Estas evaluaciones se deben realizar hasta completar 8 repeticiones para cada prensa, evaluando los 4 flujos seleccionados.

El diseño general de esta etapa del trabajo es completamente al azar, como se muestra a continuación:

Equipos	1	
Tratamientos	2	
Niveles (Flujos)	4 (100, 75%, 50%, 0%)	
Variables		(%Ac/ssna, %Nuez rota, velocidad eficiencia de sedimentación)
Repeticiones	8	
<hr/>		

Total **64 Ensayos**

La selección del mejor flujo evaluado se realizará al comparar la sumatoria de las pérdidas de aceite y almendra mediante un análisis de varianza simple (AOV).

5.3.3. Evaluar el efecto del drenaje en el fondo del digestor y en el bajante del digestor con tres (3) flujos diferentes.

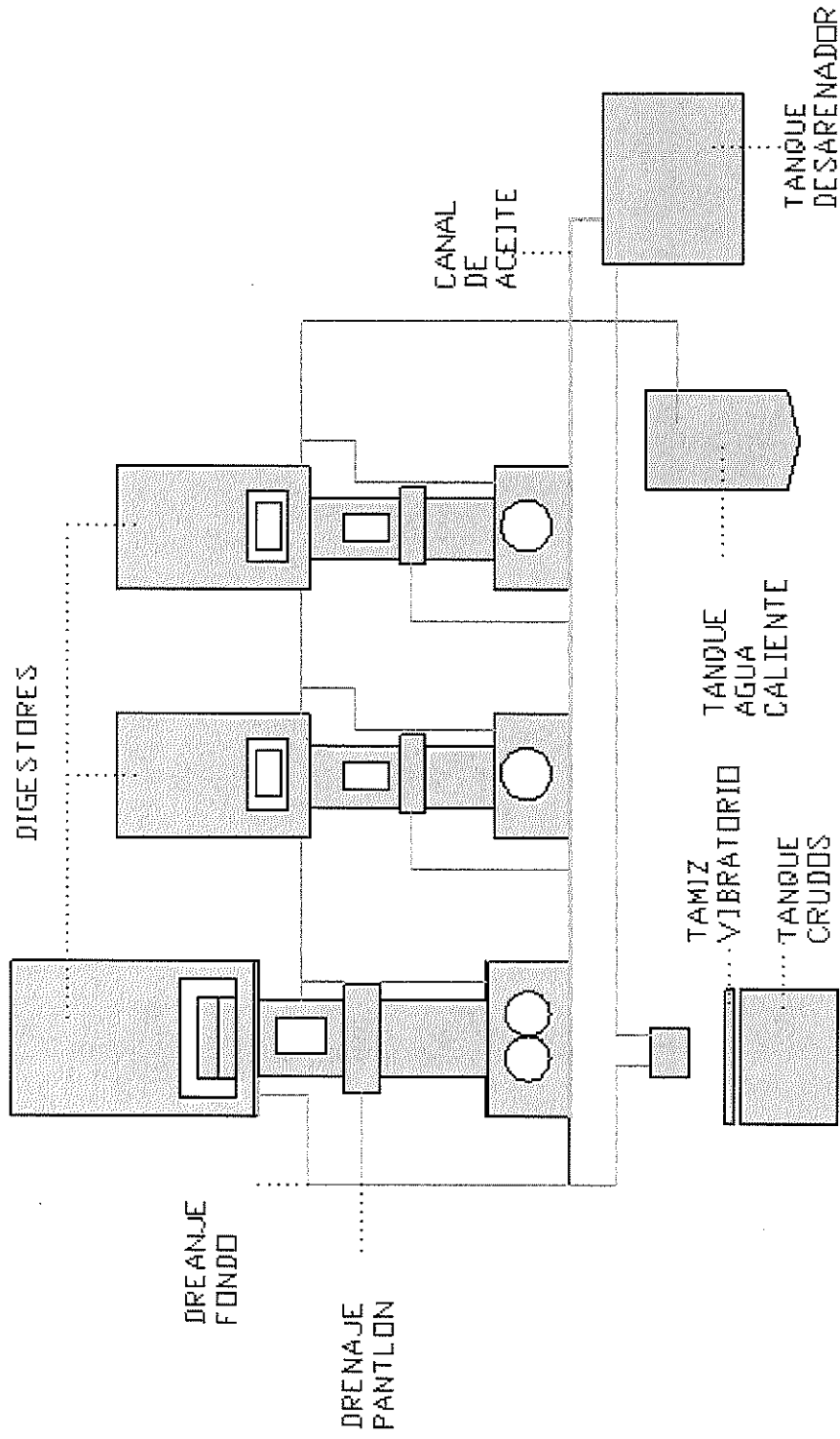
Estas evaluaciones se deben realizar hasta completar 6 repeticiones para cada prensa, evaluando los 5 flujos seleccionados.

El diseño general de esta etapa del trabajo es completamente al azar, como se muestra a continuación:

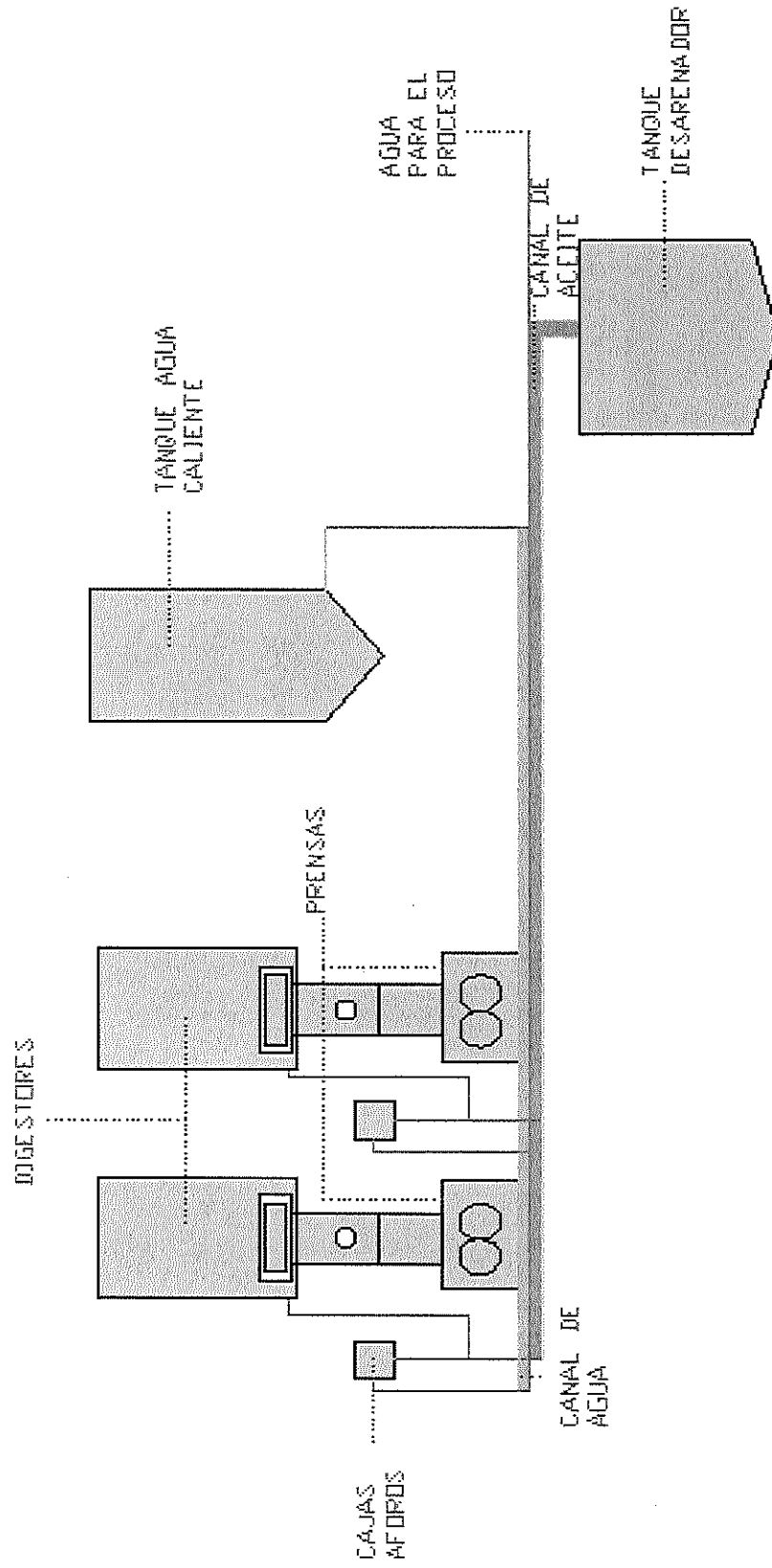
Equipos	1
Tratamientos	2
Niveles (Apertura)	3 (100%,50%,0%)
Variables	(%Ac/ssna, %Nuez rota, velocidad y eficiencia de sedimentación)
Repeticiones	8
<hr/>	
Total	48 Ensayos

La selección del mejor flujo evaluado se realizará al comparar la sumatoria de las pérdidas de aceite y almendra mediante un análisis de varianza simple (AOV).

5.4.1. DIAGRAMA DE LA SECCIÓN DE EXTRACCIÓN DE PALMAR SANTA ELENA S.A.



5.4.2. DIAGRAMA DE LA SECCIÓN DE EXTRACCIÓN DE ASTORGA S.A.



6. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE DATOS

Este trabajo se realizó en la Zona Occidental en las plantas de Santa Elena y Astorga.

Con este trabajo se determinó el efecto de la adición de agua de dilución al licor de prensa ubicando los puntos de adición en el pantalón de alimentación de fruto a la prensa ó en la camisa de prensado. Igualmente determinar la conveniencia de retirar aceite virgen en el digestor ó en el pantalón alimentador de fruto cocido. La experimentación se realizó en prensas de diferente capacidad y marca (9 t/h RFF - Consultecnica y 6 t/h RFF - Tecniintegral) obteniendo las mismas tendencias en los resultados.

Los resultados obtenidos en cada variable evaluada se comparan con un testigo que corresponde al no retiro de aceite y a la no adición de agua. Las conclusiones del trabajo fueron las siguientes:

6.1. Drenaje de aceite previo al prensado.

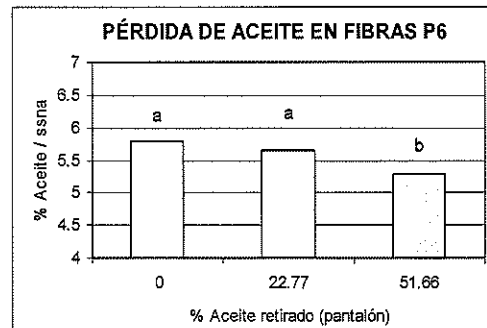


Figura 6

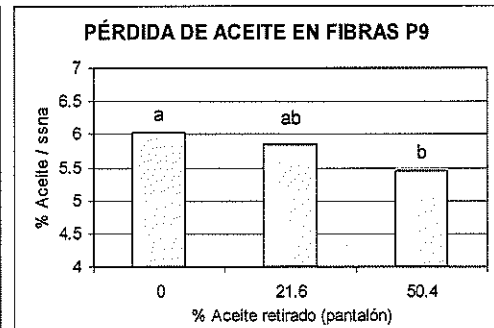


Figura 7

- En general el retiro de aceite previo al prensado (fondo de digestor ó en pantalón alimentador) favorece la disminución de las pérdidas de aceite en fibras presentando diferencias estadísticas. La magnitud del flujo de drenaje está por el orden del 50 % del total del flujo de licor de prensa sin diluir.
- Aunque no hay una tendencia definida en la velocidad y eficiencia de sedimentación del aceite en el licor de prensa al retirar aceite previo al prensado ya sea por el fondo del digestor o por el pantalón, se puede decir que las características de separación se mantienen respecto al testigo (sin retirar aceite).
- El rompimiento de nuez no se ve afectado por el drenaje de aceite.

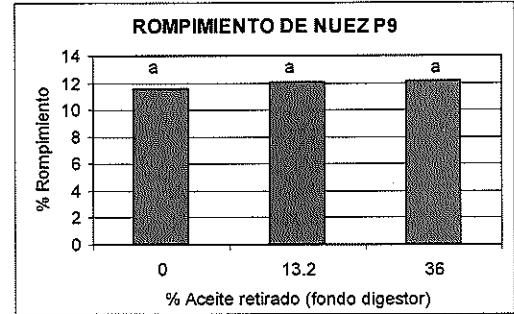
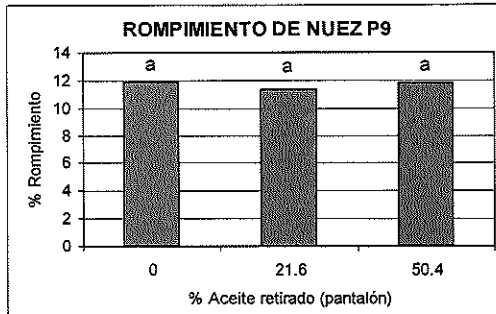


Figura 8.

Figura 9.

- Aunque no hay una tendencia clara en los datos es de esperar que la capacidad de prensado (masa de torta por unidad de tiempo) disminuya al retirar aceite previo al prensado lo que se confirma con la reducción del aceite impregnado en la fibra.

6.2. Adición de agua.

- La adición de agua en la camisa de prensado favorece la disminución de la pérdida de aceite en fibras. La dilución de 1.4 aplicada en este punto sería bastante ventajosa.

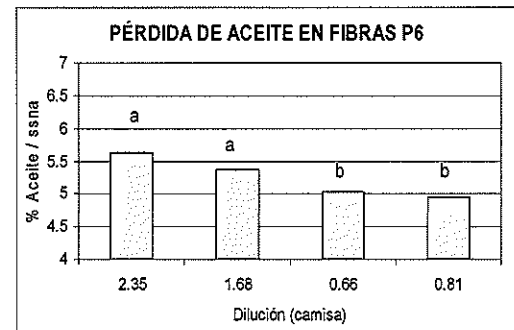
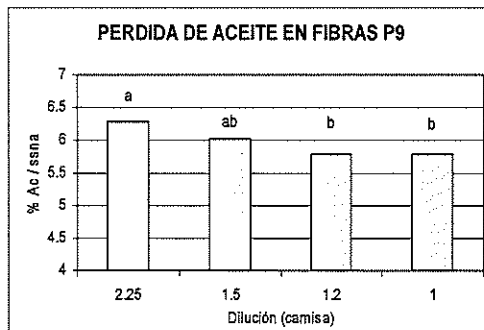


Figura 10.

Figura 11.

- La velocidad y eficiencia de sedimentación del aceite obtenido al prensar agregando el agua de dilución en la camisa se ven favorecidas presentando diferencias significativas con respecto al testigo sin agregar agua en este punto. Nuevamente diluciones cercanas a 1.4 son favorables.
- El rompimiento de nuez no se ve afectado por la adición de agua en el sistema digestor prensa (camisa o pantalón).

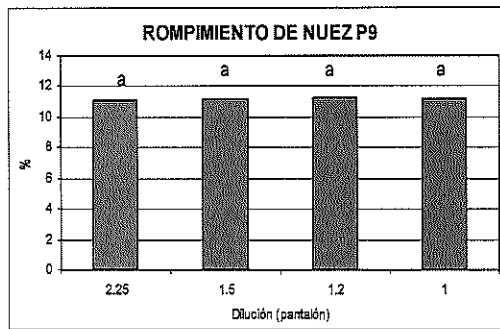


Figura 12.

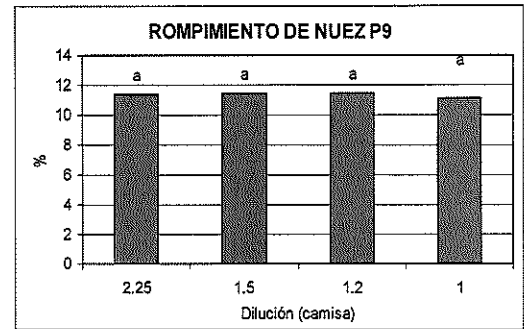


Figura 13.

- La capacidad de prensado puede incrementarse debido a mayor humedad de la torta lo que incrementa su peso y con ello el índice de toneladas de torta/h.

8. BIBLIOGRAFÍA

- ✓ **BERNAL, J.** Optimización de la frecuencia de dosificación de racimos al desfrutador y estudio de su relación con los procesos de digestión y prensado. Tesis U. América. En edición.
- ✓ **HERNÁNDEZ, C.** Manejo integrado de pérdidas de aceite y almendra. Palmas volumen especial. 2004.
- ✓ **ONG, S.B.** Comparison of two types of screw press control systems. Planter, Kuala Lumpur, 63, Pág.448-463 (1987).
- ✓ **SYVASOTHY, K.** Some variables affecting the performance of screw press systems in palm oil mills. PORIM Bulletin 27. Pág. 14-24. 1992.
- ✓ **WAMBECK, N.** 2001. Oil palm process synopsis.
- ✓ www.fedepalma.org/pyr.htm#extrac
- ✓ <http://www.fedepalma.org/palma.htm>
- ✓ **Ciencia al día "Oro Verde".**
- ✓ <http://aupec.univalle.edu.co/informes/mayo98/aceite.html>
- ✓ **Ciencia al día "Palma de aceite: Palma que promete".**
- ✓ <http://aupec.univalle.edu.co/informes/mayo98/ceni.html>
- ✓ **Agrocadenas. Descripción de la cadena. Oleaginosas.**
- ✓ www.agrocadenas.gov.co/oleaginosas/oleaginosas_descripcion.htm
- ✓ www.agrocadenas.gov.co/oleaginosas/documentos/caracterizacion_oleaginosas.pdf
- ✓ **Observatorio Agrocadenas Colombia.** Agroindustria de la Palma
- ✓ www.agroCadenas.gov.co
- ✓ **Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural**
- ✓ agroCadenas@ica.org.co
- ✓ http://www.fedepalma.org/documen/2006/balance_1_sem_2006.pdf
- ✓ http://www.fedepalma.org/documen/2006/balance_2005.doc

7. CONCLUSIONES

- Como conclusión del trabajo se puede decir que drenar aceite previo al prensado es favorable y que para la implementación de esta práctica es necesario tener en cuenta el flujo de drenaje. El drenaje de aceite en el pantalón de alimentación de fruto cocido es el sitio correcto para su instalación.
- La adición de agua en la camisa de prensado resulta una práctica favorable para las pérdidas de aceite por impregnación e igualmente para la clarificación del aceite, valores cercanos a la dilución de 1.4 es un parámetro óptimo. Importante el diseño de las flautas de irrigación.
- Si la adición de agua es muy alta, se van a presentar problemas de lodos en la clarificación.
- Al evaluar el drenaje de aceite por el fondo del digestor y en el recuperador del pantalón, se recomienda el mantenimiento semanal de estos equipos, pues después de unos días de funcionamiento se tapan los orificios que permiten el drenaje de aceite. Es mayor el taponamiento en el fondo del digestor, el recuperador del pantalón igualmente se tapa pero durante la semana sigue drenando aceite pero en menor cantidad.