

# Manejo integrado de pérdidas de aceite y almendra

## Integrated Management of Oil and Kernel Losses

**Carolina Hernández<sup>1</sup>**

**Édgar Yáñez<sup>2</sup>**

**Francisco Granados<sup>3</sup>**

### Resumen

Dada la importancia de la etapa de prensado dentro del proceso de extracción y su incidencia sobre las pérdidas de aceite y almendra, se determinó la relación del contenido de aceite impregnado en la fibra con el contenido de nuez rota en la torta de prensas, basándose en la utilización de un sistema de control automático que mide el amperaje del motor en prensa y regula la presión en el cono. En los ensayos se evaluaron diferentes niveles de prensado, cambiando el amperaje de operación en el motor de la prensa para medir el rompimiento de nueces y la impregnación de aceite en la fibra, así como la composición volumétrica del licor de prensa. De esta manera, se estableció un punto óptimo de operación basado en las condiciones reales del proceso y la eficiencia global de la etapa de prensado considerado por la recuperación de aceite y almendra. Con estos parámetros se permite una reducción en el consumo de amperaje de las prensas y una operación más eficiente en el prensado al cuantificar el rango máximo de operación que favorezca la recuperación de los productos finales.

### Summary

Considering the importance of the pressing stage within the extraction process and its influence on oil and kernel losses, the ratio between oil impregnated in fibers and amount of broken nuts in press cakes was determined. This was done using an automatic control system that measures the press motor's amperage and regulates the pressure in the cone. In the trials, different pressing levels were evaluated by changing the press motor's operating amperage to measure the amounts of broken nuts and oil impregnated in fibers, as well as the volumetric composition of the press liquor. In this way, an optimum operating point was established based on actual processing conditions and the overall pressing efficiency in oil and kernel recovery. These parameters allow for the reduction in amperage consumption of the press and a more efficient pressing operation by quantifying the maximum operating range for the effective recovery of final products.

### Palabras Clave

Aceite de palma,  
Pérdidas de aceite,  
Prensado.

1 . Químico de Alimentos. Aceites S.A.

2 . Investigador Cenipalma. E-mail: [Edgar.yanez@cenipalma.org](mailto:Edgar.yanez@cenipalma.org)

3 . Director planta Aceites S.A.

## Introducción

Dentro de las plantas de beneficio de fruto de palma de aceite la cuantificación de pérdidas es una de las principales herramientas que se tienen en la actualidad para ejercer controles directos sobre el proceso, pues permite calcular la cantidad de aceite que es eliminado en cada flujo, siendo un indicador de las correctas prácticas de operación, funcionamiento y mantenimiento de los equipos y permite en forma indirecta determinar cómo afectan los factores climáticos y agronómicos el rendimiento del proceso de extracción.

Uno de los principales puntos de generación de pérdidas en la planta es la etapa de prensado, en donde por acción de presión y temperatura es extraído el aceite del mesocarpio del fruto, lo que da lugar a la obtención del licor de prensas y de la torta. Ésta contiene cantidades variables de nuez entera, rota y fibra, esta última con diferentes concentraciones de aceite impregnado, condición que depende directamente de los cambios constantes en la presión del equipo, resultantes de la falta de control y de condiciones estándar de operación, que favorece el descenso de la eficiencia en ésta y las etapas subsiguientes de la cadena productiva.

Sin embargo, el proceso de recuperación y cuantificación de pérdidas no sólo concierne a la extracción de aceite de palma crudo sino también a la recuperación de la almendra de palmiste. Estos dos procesos no son aislados, pues se han encontrado evidencias de la existencia de una relación intrínseca en las acciones realizadas en cada uno de ellos, surgiendo así el concepto del manejo global que impide controlar pérdidas de aceite de manera aislada a las de almendra dentro de un proceso, lo que permite enfocar las operaciones en planta hacia la disminución de las pérdidas en general.

Teniendo en cuenta estas consideraciones se realizó el presente trabajo, cuyo objetivo principal es identificar la relación entre las pérdidas de aceite y almendra en el prensado, estudiando los parámetros que relacionan cada variable y estableciendo el manejo integrado y global de las pérdidas dentro del proceso de extracción en las plantas de beneficio.

## Materiales y métodos

Este trabajo se ejecutó en su totalidad en la planta extractora Aceites S.A. ubicada en el municipio de El Retén (Magdalena) en la Zona Norte palmera colombiana; para su desarrollo se dividió en dos etapas principales así:

### Muestreo y seguimiento

El nivel óptimo de prensado para determinar en este ensayo se refiere al amperaje empleado para controlar este proceso, utilizando como herramienta el sistema de control automático para la variación del amperaje instalado recientemente en la planta.

En la actualidad, la planta cuenta con tres prensas doble tornillo sobre las cuales se realizó la evaluación, las prensas 1 y 2 se evaluaron a dos capacidades (9 y 11 t/hora) y la Prensa 3 a una capacidad (9 t/hora), realizando cinco evaluaciones en total, con el fin de lograr comparación entre las capacidades y conocer la mejor manera de operar estos equipos.

En un comienzo se determinaron los niveles de amperaje sobre los cuales se realizaría la recolección de muestras, según las condiciones mecánicas y operativas propias de cada prensa, identificando el rango mínimo y máximo de funcionamiento, tal como se aprecia en la Tabla 1.

**Tabla 1** Niveles de amperaje para evaluar en cada prensa

Prensa 1	Amperios	
	Prensa 2	Prensa 3
50		50
60	60	60
70	70	70
80	80	80
86	86	

Se realizaron diez repeticiones para cada prensa a diferente capacidad, en las cuales se acumularon fibras a la salida de los conos y licor de prensas sin dilución para cada nivel de amperaje establecido. Estas muestras fueron analizadas en el laboratorio determinando el porcentaje de aceite, nuez entera, nuez rota y fibra, así como

el contenido volumétrico de aceite, lodos pesados y lodos livianos para las muestras líquidas.

Durante estos ensayos se controlaron variables como el estado mecánico de la prensa, el tipo de fruta procesada, el tiempo de cocción de la fruta, el nivel de los digestores, el tiempo de digestión y la regularidad del proceso, con el fin de disminuir en lo posible las variaciones externas que afectaran los resultados.

A los datos obtenidos durante esta etapa se les realizó un análisis estadístico que permitiera conocer las relaciones existentes entre las prensas, los niveles de amperaje y las capacidades de prensado evaluadas.

**Determinación del punto óptimo de prensado**

Posterior a la toma de muestras se analizaron estadísticamente los datos obtenidos por medio del programa *Statistics for windows* y se elaboró un modelo matemático el cual, por la intervención de diferentes variables tanto operativas como económicas, permitió la identificación de un punto óptimo de operación para cada prensa en el que se manejen las menores pérdidas.

**Resultados y discusión**

**Muestreo y seguimiento**

Se midió la influencia del amperaje en las pérdidas de aceite, almendra y en la composición del licor de prensas, obteniendo resultados individuales para cada prensa, realizando la comparación entre capacidades y posteriormente entre las tres prensas.

Durante el muestreo no se realizaron cambios mecánicos que pudieran afectar seriamente los valores de presión y amperaje, con excepción de la Prensa 2 en donde fue necesario el cambio de la transmisión y rodamientos, ya que se presentaron problemas en la presión para los primeros ensayos a 9 t/hora. Los valores de presión a los cuales se trabajó durante las cinco evaluaciones para las tres prensas pueden observarse en la Tabla 2.

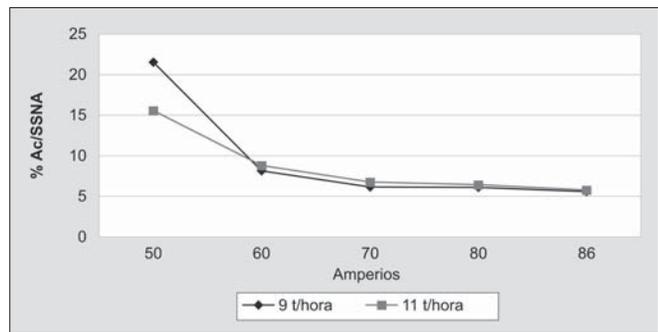
Las diferencias presentadas entre una prensa y otra son debidas principalmente a su condición mecánica y al tiempo de uso de las camisas y tornillos, el cual fue medido para evitar interferencias en los resultados.

**Tabla 2** Presiones observadas para los niveles de evaluación

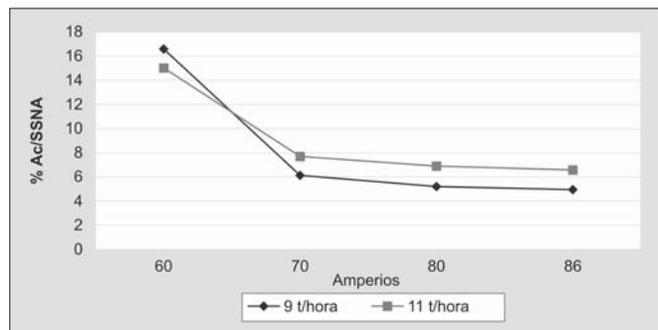
Nivel Amperios	Prensa 1		Prensa 2		Prensa 3
	11 t/hora	9 t/hora	11 t/hora	9 t/hora	9 t/hora
50 A	0	0			0
60 A	540	640	0	0	650
70 A	900	880	500	750	915
80 A	1.150	1.090	700	1.080	1.360
86 A	1.400	1.240	920	1.340	

**Comportamiento de las pérdidas de aceite (Ac/SSNA)**

Los datos encontrados para las prensas 1 y 2, muestran la gran incidencia que tiene el aumento del amperaje y la presión, en la disminución del contenido de aceite en las fibras (Ac/SSNA), ya que se observó un descenso paulatino de la concentración de aceite, alcanzando el menor valor en 86 amperios, como se aprecia en las Figuras 1 y 2.



**Figura 1** Comportamiento del Ac/SSNA en fibra para las dos capacidades. Prensa 1



**Figura 2** Comportamiento del Ac/SSNA en fibra para las dos capacidades. Prensa 2

Se identificó una tendencia muy similar para las dos capacidades en las dos prensas, observándose menores valores de concentración de aceite para 9 t/hora, exceptuando el nivel más bajo (50 y 60A respectivamente), debido a los aumentos en la presión de los equipos a esta velocidad; sin embargo, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre una capacidad y otra (Prensa 1 =  $p:0,3414$ ; Prensa 2 =  $p:0,0921$ ), lo cual sugiere que al variar esta condición no se afectan directamente las pérdidas en cuanto a Ac/SSNA en la fibra.

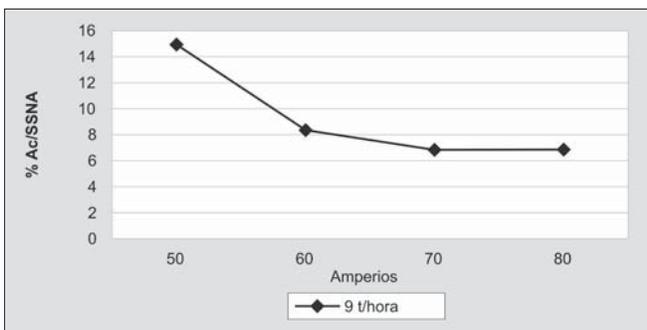
En la Tabla 3 se observa que para las prensas 1 y 2 no existen diferencias estadísticas en los niveles 70, 80 y 86A en cuanto a Ac/SSNA, presentando las menores concentraciones, lo que sugiere que al trabajar a 70 amperios se incurriría en un ahorro de energía considerable frente a 86A, sin aumentar las pérdidas de aceite en la fibra.

En el caso de la Prensa 3, ésta solo se evaluó a la capacidad de 9 t/hora, observándose el mismo

**Tabla 3** Promedios del contenido de aceite (Ac/SSNA) por nivel – Prensa 1, 2 y 3

Amperaje	Prensa 1		Prensa 2		Prensa 3
	11 t/hora	9 t/hora	11 t/hora	9 t/hora	9 t/hora
50 A	15,58 a*	21,52 a			14,95 a
60 A	8,82 b	8,15 b	15,03 a	16,58 a	8,36 b
70 A	6,75 bc	6,15 bc	7,7 b	6,14 b	6,84 b
80 A	6,45 c	6,11 bc	6,92 b	5,21 b	6,86 b
86 A	5,79 c	5,57 c	6,58 b	4,96 b	

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



**Figura 3** Comportamiento del Ac/SSNA en fibra. Prensa 3

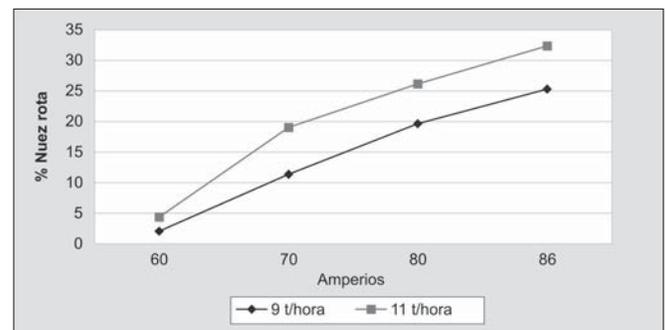
comportamiento en descenso del contenido de aceite que para las prensas 1 y 2, como se aprecia en la Figura 3. Para esta prensa no se tienen datos a 86A debido a condiciones mecánicas de la misma; sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticas para los valores correspondientes a 60, 70 y 80 amperios (Tabla 3), esto reafirma que al trabajar a 70A, no se aumentarían las pérdidas de aceite en la fibra.

**Comportamiento de pérdidas de almendra**

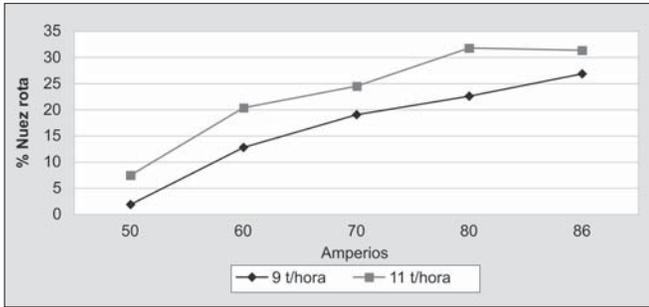
Caso contrario al del aceite se observa en el comportamiento de la nuez en la torta de las prensas 1 y 2, ya que debido al aumento paulatino de presión se presenta un ascenso en la ruptura de nueces, condición que posteriormente favorece el aumento de las pérdidas de almendra en el ciclón de fibra hacia las calderas por arrastre.

Tal como se observa en las Figuras 4 y 5, las prensas 1 y 2 reportaron los más altos valores de nuez rota a 80 y 86A, perteneciendo éstos a un mismo grupo estadístico (Tabla 4), mientras que los de menor concentración para cada prensa son 50 y 60 amperios. Es para destacar que al procurar mantener porcentajes bajos de nuez rota a estos amperajes, se incurriría directamente en el aumento de las pérdidas de aceite, que a su vez provocarían pérdidas económicas considerables.

De igual modo, se encontraron diferencias estadísticas entre una capacidad y otra para las dos prensas (Prensa 1=  $p:0,000$ ; Prensa 2=  $p:0,002$ ), viéndose con claridad un mayor rompimiento a 11 t/hora, debido a que aunque



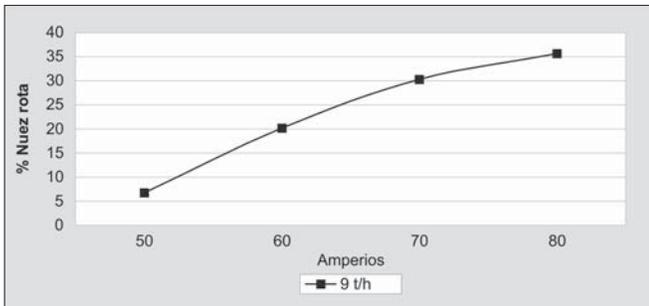
**Figura 4** Comportamiento de nuez rota en fibra para las dos capacidades. Prensa 1



**Figura 5** Comportamiento de nuez rota en fibra para las dos capacidades. Prensa 2

**Tabla 4** Promedios del porcentaje de nuez rota por nivel. Prensa 1, 2 y 3

Amperaje	Prensa 1		Prensa 2		Prensa 3
	11 t/hora	9 t/hora	11 t/hora	9 tn/hora	9 t/hora
86 A	31,41 a	26,89 a	32,386 a	25,33 a	
80 A	31,84 a	22,59 ab	26,203 ab	19,69 b	35,61 a
70 A	24,5 b	19,1 b	19,023 b	11,40 c	30,31 a
60 A	20,38 b	12,85 c	4,411 c	2,06 d	20,16 b
50 A	7,52 c	1,91 d			6,78 c



**Figura 6** Comportamiento de nuez rota en fibra. Prensa 3

bajo estas condiciones la fibra tiene menos tiempo de residencia dentro de la camisa, al haber aumentado la velocidad ésta se encuentra con mayor contrapresión en los conos, lo que podría favorecer este rompimiento.

Aunque las tres prensas muestran la misma tendencia en aumento, la Prensa 3 reportó los mayores valores encontrados durante todo el ensayo para la nuez rota (Figura 6), ya que presentó las más altas presiones en cada nivel de amperaje debido a sus características

mecánicas, condición que favorece la consiguiente pérdida de almendra en las fibras; sin embargo, se puede ver que no hay diferencias entre los promedios correspondientes a 80 y 70 amperios (Tabla 4), lo que indicaría que en este caso es conveniente utilizar este último amperaje para mantener las pérdidas de aceite y de almendra en valores aceptables, según los datos observados anteriormente.

*Comportamiento volumétrico del licor de prensas*

En cuanto a composición volumétrica, se identificó para las tres prensas que se presenta un aumento en el contenido de lodos pesados al aumentar el amperaje, debido a que al ejercer mayor presión sobre la fibra se logra una alta solubilidad de las partículas orgánicas presentes en el material vegetal, situación que a su vez disminuye el contenido de aceite volumétrico, tal como se aprecia en las Tablas 5 y 6.

Para estas variables el único nivel que presentó diferencia estadística fue 50A, en el cual se encontró el mayor contenido de aceite y más bajo en lodos pesados. Al igual que para la nuez rota, se encontraron diferencias significativas al

**Tabla 5** Promedio del contenido de aceite volumétrico por nivel. Prensa 1, 2 y 3

Amperaje	Prensa 1		Prensa 2		Prensa 3
	11 t/hora	9 t/hora	11 t/hora	9 t/hora	9 t/hora
50 A	66,4 a	66,25 a			62,00 a
60 A	60,40 b	64,25 ab	62,32 a	67,21 a	63,65 a
70 A	57,65 b	62,5 ab	59,24 ab	65,68 ab	63,85 a
80 A	59,00 b	63,25 ab	58,45 ab	62,93 b	62,65 a
86 A	56,63 b	60,18 b	56,05 b	63,12 b	

**Tabla 6** Promedio del contenido de lodo pesado volumétrico por nivel. Prensa 1, 2 y 3

Amperaje	Prensa 1		Prensa 2		Prensa 3
	11 tn/hr	9 tn/hr	11 tn/hr	9 tn/hr	9 tn/hr
86 A	43,36 a	39,81 a	43,95 a	36,87 a	
80 A	41,00 a	36,75 a b	41,55 a b	37,06 a	37,35 a
70 A	42,34 a	37,50 a b	40,75 a b	34,31 a b	36,15 a
60 A	39,59 a	35,75 a b	37,68 b	32,78 b	36,35 a
50 A	33,60 b	33,75 b			38,00 a

evaluar a una capacidad contra otra, observando que a 9 t/hora se presentó para todos los casos mayor contenido de aceite volumétrico, situación que no afectó la concentración de aceite impregnado en la fibra.

Lo anterior indica que las variaciones realizadas durante la evaluación no afectan considerablemente la composición volumétrica del licor de prensas; sin embargo, los cambios leves en el contenido de lodos pesados observados a altos amperajes pueden llegar a incidir en los procesos subsiguientes de clarificación y tratamiento de efluentes.

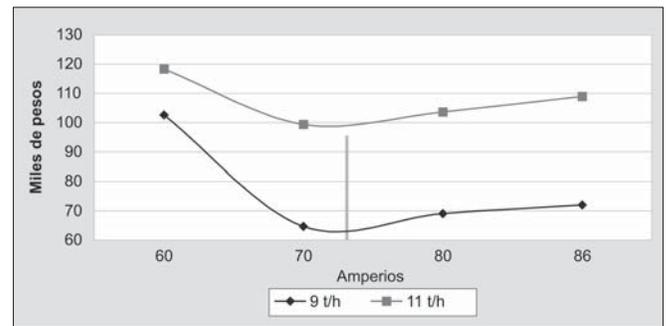
**Determinación del punto óptimo de operación**

Posterior al análisis individual de los datos obtenidos en el muestreo y seguimiento a los niveles de amperaje establecidos en las tres prensas, se procedió a identificar por medio de la intervención de diferentes variables no sólo operacionales sino económicas, el punto de operación que permitiera disminuir considerablemente las pérdidas originadas en el proceso de prensado y que pudieran ser controladas por medio de una correcta operación.

Se determinaron tres variables para cada prensa, por medio de un modelo matemático elaborado con los datos obtenidos durante el seguimiento, éstas son: pérdida de almendra (PAL), pérdida de aceite (PAC) y pérdida total (PT).

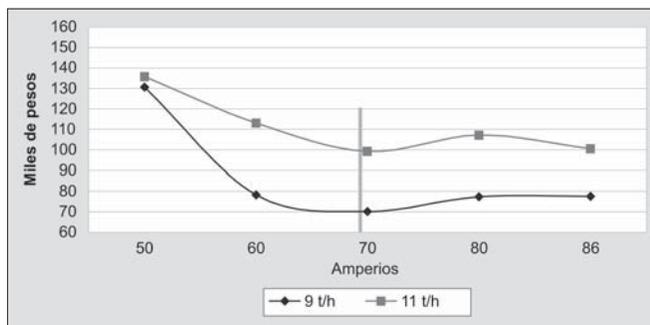
PAC:  $\$ \text{ Aceite} * \text{Pérdida de aceite} / \text{RFF} * \% \text{ Fibra} / \text{RFF} * \text{Capacidad}$   
 PAL:  $\$ \text{ Almendra} * \text{Almendra} / \text{RFF} * \% \text{ Fibra} / \text{RFF} * \text{Capacidad}$   
 PT:  $\text{PAC} + \text{PAL}$

Se estableció el punto óptimo de operación individual para cada prensa y cada capacidad, como se observa en la Figura 7, el nivel en donde se presentan las menores pérdidas económicas para la Prensa 1 está cercano a los 70 amperios, pues al aumentar a 80A se incurriría en una pérdida adicional de 10 mil pesos por hora; sin embargo, cabe resaltar que a menor capacidad son menores las pérdidas en el mismo nivel, encontrándose una diferencia de casi 30 mil pesos por hora entre 9 y 11 t/hora.

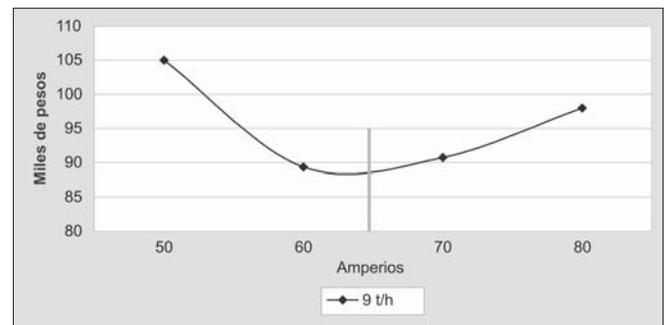


**Figura 8** Pérdidas económicas totales (PT) por hora y capacidad Prensa 2

Para la Prensa 2 se identificó un punto óptimo de 73 amperios (Figura 8), un poco mayor que en la prensa anterior debido a sus deficiencias iniciales de presión; sin embargo, se observan con claridad las diferencias entre una capacidad y otra, debido principalmente a los porcentajes altos de nuez rota encontrados a 11 t/hora, lo que hace que se presenten casi 40 mil pesos por hora más pérdidas que a menor velocidad de prensado.



**Figura 7** Pérdidas económicas total (PT) por hora y capacidad. Prensa 1



**Figura 9** Pérdidas económicas totales (PT) por hora. Prensa 3

En la Figura 9 se aprecia el comportamiento de las pérdidas económicas de la Prensa 3, encontrándose el punto óptimo cercano a los 65 amperios, valor más bajo que los vistos en las dos prensas anteriores, puesto que debido a condiciones mecánicas propias de este equipo siempre se trabajó con mayor presión (Tabla 2), lo cual incidió directamente en un aumento de las pérdidas de almendra a altos amperajes.

#### Análisis general de resultados

Existe una relación directamente proporcional entre el valor del amperaje y las pérdidas de almendra, debido al rompimiento elevado que sufre la nuez al no controlarse la presión en la etapa de prensado para las tres prensas evaluadas. De igual forma se logró identificar un aumento en la concentración de aceite (Ac/SSNA) a medida que disminuye el amperaje en el motor de la prensa, estas dos pérdidas son más evidentes cuando se realiza el proceso de prensado a mayor capacidad (11 t/hora).

La composición del licor de prensas, aunque se ve levemente afectado por las variaciones de presión y amperaje, no presentó diferencias estadísticas entre un nivel y otro, lo cual sugiere que cambios mínimos en la operación en prensas no afectan directamente los procesos subsiguientes de clarificación y tratamiento de efluentes.

Lo anterior indica que la falta de control en el proceso de prensado y las pequeñas variaciones operativas pueden repercutir directamente en el aumento de las pérdidas económicas y en el descenso de la eficiencia del proceso de extracción.

#### Conclusiones

- Las variaciones en el amperaje del motor de la prensa están relacionadas con el aumento o disminución de las pérdidas de aceite en fibra de la planta extractora, lo que exige un mayor control en la parte operativa y la definición clara de rangos de operación
- Debe establecerse un rango óptimo de operación en prensado, basado no sólo en la pérdida de aceite en fibra sino adicionalmente en el rompimiento de nuez, factor fundamental en la pérdida de almendra en fibra
- Al aumentar la capacidad de las prensas pueden incrementarse de igual manera las pérdidas tanto en aceite impregnado como en la almendra rota en la torta
- El control por sí solo de un amperaje nominal en las prensas no garantiza la operación óptima del equipo, basado exclusivamente en parámetros mecánicos
- La utilización de un modelo matemático permite determinar con certeza el punto óptimo de operación de los equipos, dependiendo del precio tanto del aceite como de la almendra, con el fin de disminuir las pérdidas en general
- El manejo de las pérdidas en la planta extractora debe ser global, ya que no se pueden manejar por separado las fuentes de pérdida sin que las demás se vean afectadas, influyendo directamente en la disminución de la eficiencia del proceso de extracción. 🌿