

# Métodos para la estimación del potencial de aceite y su relación con la tasa de extracción de aceite en planta (TEA)

## Methods Used to Estimate the Oil Potential and its Relationship with the in Mill Extraction Rate (OER)

Omar Cadena<sup>1</sup>

### Resumen

Ante las frecuentes polémicas generadas por las oscilaciones en la TEA y sus posibles causas, en la planta extractora de Agroince Ltda. y Cía. S.C.A. ubicada en la Zona Central colombiana, se decidió evaluar cuatro diferentes métodos de estimación del potencial de aceite en racimos, durante los años 2001 a 2003. Los métodos analizados fueron el tradicional análisis fisicoquímico de racimos, el análisis de la masa de fruta que entra a los digestores (MPD), incidencia estadística del porcentaje de participación de los diferentes proveedores, y estimación del caudal de aceite con vertedero. Se encontraron correlaciones importantes de la TEA con diferentes variables como participación del proveedor en el fruto procesado, variedad genética de la fruta y la composición del racimo. Se presentan modelos estadísticos para predecir la TEA, con correlaciones del 85 y 98%. Se propone el empleo de estos métodos como herramienta útil en la toma de decisiones económicas relacionadas con la compra de fruto.

### Summary

Faced with the frequent controversies generated by the OER oscillations and the possible causes, the oil palm mill Agroince Ltda. y Cia. S.C.A., located in the Colombian Central Zone, decided to evaluate four different methods to estimate the potential of oil in bunches, during the years 2001 through 2003. The methods analyzed were traditional bunch physicochemical analysis, analysis of the fruit mass that goes into the digesters, statistical incidence of the participation percentage of the different suppliers and estimate of the statistical incidence of the oil stream in the chute. Important OER correlations were found with different variables as participation of the processed fruit suppliers, fruit genetic variety and composition of the bunch. Statistical models are presented to predict OER, with correlations of 85% and 98%. The use of other methods, as a useful tool in economic decision making related to purchase of the fruit is proposed

### Palabras Clave

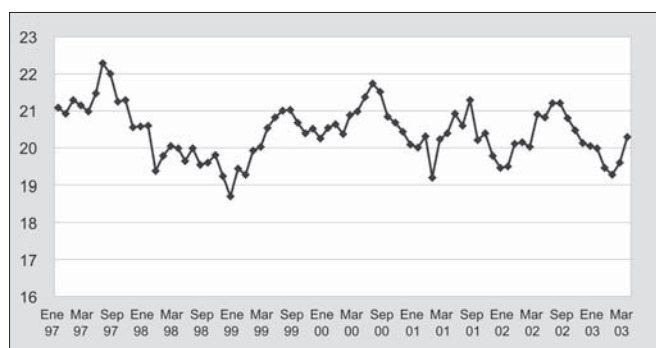
Aceite de palma,  
Extracción de aceite,  
Potencial de aceite,  
Tasa de extracción de aceite (TEA).

1 . Director de Planta Agroince Ltda. y Cía. S.C.A. E-mail: agroince@epm.net.co

Nota: Este artículo se publica "sin editar", la responsabilidad de los textos es del autor.

## Introducción

La información que se presenta en este artículo fue realizada dentro del marco de actividades que se han venido ejecutando en las plantas de beneficio del país, tendientes a obtener de una manera ágil y confiable resultados que nos indiquen las causas de las variaciones en la TEA, siendo ésta una de las principales preocupaciones del sector palmero. Como se puede observar en la Figura 1, los promedios de extracción de todas las plantas de beneficio de la Zona Central durante los últimos cinco años han oscilado entre valores del 18,5 al 22%. Impulsados por esta problemática, en los últimos años se han desarrollado importantes mejoras a los procedimientos para evaluar el potencial de aceite de los racimos (Yañez, 2000). Estos estudios han planteado una diferencia de hasta cinco puntos entre la tasa de extracción y los potenciales obtenidos por los análisis de racimos, motivando estudios para cuantificar otras pérdidas hasta ahora no evaluadas, como pérdidas por calidad y pérdidas en campo. A pesar de estos importantes adelantos, hasta el momento no se ha podido determinar con alta confiabilidad las variaciones y tendencias en la TEA. Este trabajo pretende ser una herramienta adicional de ayuda a las plantas de beneficio para encontrar respuestas a las inquietudes anteriormente expuestas. En el siguiente documento se analizan cuatro métodos alternos de evaluación del potencial de aceite en racimos con el propósito de poder sacar conclusiones y tomar correctivos más rápidamente, si es posible.



**Figura 1** Extracción Zona Centro

## Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló en la planta extractora de Agroince Ltda. y Cía. S.C.A. ubicada en el municipio de Aguachica, Dpto. del Cesar en la Zona Central palmera de Colombia, durante los años 2001 a 2003. La distribución por edades del fruto procesado en planta oscilan desde 2 a 20 años, predominando el 80% del material con edades de más de 10 años, encontrándose también dos diferentes tipos de material genético.

## Análisis de racimos

Durante los años 2001 y 2002 se tomaron muestras de racimos en tolva de las diferentes plantaciones proveedoras de fruto a la planta de beneficio, para ser analizadas por la metodología de análisis de racimos desarrollada por Cenipalma. En este procedimiento se toman 10 racimos por volqueta (capacidad de 10 toneladas de RFF aproximadamente), se calcula el peso promedio, posteriormente se desespigan, se cuarteán las espigas y se separan los frutos, que a la vez se clasifican en frutos internos y externos. A continuación se toma una muestra de mesocarpio de los dos tipos de frutos, se secan las muestras y se calculan los porcentajes de humedad de la pulpa. Con los valores obtenidos se aplica la fórmula para calcular el aceite sobre mesocarpio, de acuerdo al estudio realizado por Cenipalma en todas las plantas de la Zona Central:

$$\%Ac/pulpa \text{ frutos externos} = 91,2343 - (1,133 * \%hum/pulpa)$$

$$\%Ac/pulpa \text{ internos} = 84,8411 - (0,949 * \%hum/pulpa)$$

Con los valores de aceite sobre pulpa se calcula el potencial de aceite sobre racimo de acuerdo a la siguiente fórmula

$$Ac/Rff = \%Ac/pulpa * \%pulpa/frutos * \%frutos/espigas * \%espigas/racimos$$

Aplicando este procedimiento se realizaron alrededor de 40 análisis mensuales (proporcionalmente al fruto entregado por cada uno), los resultados se mostrarán más adelante.

## Masa que pasa al digestor (MPD)

Trabajos realizados en Malasia por la compañía Golden Hope (Lee, 1993), donde se ha venido evaluando el comportamiento de la fruta que va al digestor (MPD), encontraron que el descenso

de la tasa de extracción en el año 1992 estuvo acompañado por disminución del porcentaje de mesocarpio sobre fruto en el MPD, disminución del contenido de aceite sobre MPD, e incremento del porcentaje de impurezas (*trash*), en el mismo componente.

Se decidió homologar algunas de estas experiencias por primera vez en Colombia, en la planta de beneficio de Agroince. Para tal efecto se organizó con colaboración de Cenipalma y la Universidad Industrial de Santander la realización de una tesis de grado para estimar el potencial de aceite en racimos procesados por el método MPD y el convencional de análisis de racimos (Pimienta, 2002).

La metodología utilizada fue la siguiente:

Se evalúa un vehículo con RFF de aproximadamente 10 toneladas; se determina la pérdida en humedad por esterilización marcando 10 racimos y colocándolos en diferentes posiciones dentro del autoclave; una vez terminada la esterilización son pesados y es calculada la humedad perdida por la cocción de la fruta; se debería pesar la totalidad de las canastas antes y después de la esterilización para ser más precisos, pero desafortunadamente no se contaba con estos equipos en la planta.

Una vez esterilizada la fruta es desfrutada y de la masa que pasa por el sinfín bajo el desfrutador se toma una muestra estadísticamente representativa de 2.500 gramos. Dicha muestra es llevada al laboratorio para ser evaluada.

La muestra es clasificada en frutos normales, *trash*, abortados y partenocárpicos; posteriormente se toman muestras de pulpa en frutos normales y se determina el aceite sobre mesocarpio; también se determina el aceite en *trash*, frutos partenocárpicos, y nueces.

Se realizó un total de 30 ensayos de muestreo de MPD con sus correspondientes evaluaciones del potencial de aceites en racimos.

### Porcentaje de participación de las plantaciones

Durante el período 2001-2002 se evaluó los porcentajes de participación de proveedores en el fruto procesado en planta y se correlacionó esta variable contra la TEA, con el objeto de

buscar cuáles de estos influyen positiva o negativamente en esta variable.

### Método del vertedero

Durante un período de más de un año se comenzó a evaluar el método del vertedero, que consiste en medir la TEA durante el proceso por períodos cortos de aproximadamente 1,5 horas. Usualmente en las plantas se mide hasta el día siguiente. Este método registra cada 15 minutos la altura del vertedero para cuantificar el caudal de licor de prensas, al mismo tiempo se toma una muestra para calcular el porcentaje volumétrico de aceite, que es acumulada para conformar una sola muestra proveniente de seis muestreos tomados cada 15 minutos. Adicionalmente se contabilizan las canastas que se han volteado en la grúa en un período de tiempo igual (1,5 horas), para estimar las toneladas de fruto procesado en ese mismo período. El caudal del licor de prensas estimado por el vertedero presenta un desfase de media hora considerando que el fruto tarda este tiempo en su recorrido por la tolva, desfrutador, digestión y prensado.

En la Tabla 1 se puede apreciar la información registrada:

- Hora: representa el período de tiempo en que se toman las muestras.
- Q: el caudal medido en el vertedero en m<sup>3</sup>/hora.
- %AC: Registra los valores del porcentaje de aceite volumétrico muestreado en ese período.
- Vag: Contiene el número de vagonetas volteadas en la grúa hasta media hora antes.
- RFF: Muestra las toneladas de racimos procesados y es el producto del promedio de peso de una vagoneta por el número de estas descargadas en la tolva del desfrutador.
- T: Es el período de tiempo evaluado medido en horas.
- AC: Registra el aceite extraído en ese período de tiempo cuantificado en toneladas y se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$Ac = Vol * \% AC * Rff * HRs * 0,86$$

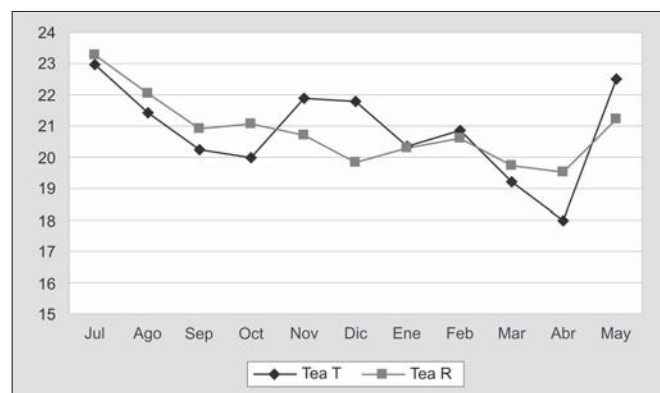
La densidad del aceite se tomó como 0,86

TEA: Se obtiene de dividir el aceite obtenido sobre los RFF.

Una vez fue evaluada la confiabilidad del método (con un error promedio del 5%, como se ve en la Tabla 2 y la Figura 2), se procedió a utilizarlo como herramienta de ayuda en la evaluación de la fruta.

**Tabla 1** Cálculo TEA teórica diaria

Hora	m <sup>3</sup> /hora	% ac	vag.	acum.	RFF	acum.	hora	ac.	acum.	TEA	acum.
7,30 am	4,75	0,48	14	14	18,69	18,69	1,5	2,94	15,73	15,736	15,737
10,30 am	7,28	0,55	13	27	17,36	36,045	1,5	5,165	8,10	29,76	22,49
12,00 m	6,322	0,54	17	44	22,7	58,74	1,5	4,404	12,51	19,40	21,298
1,30 pm	4,399	0,58	10	54	13,35	72,09	1,5	3,291	15,87	24,65	21,919
3,00 pm	6,322	0,53	15	69	20,03	92,115	1,5	4,322	20,12	21,58	21,847
4,30 pm	6,322	0,54	15	84	20,03	112,14	1,5	4,404	24,52	21,99	21,873
6,00 pm	6,561	0,5	10	94	13,35	125,49	1,5	4,232	28,75	31,69	22,918
7,30 pm	7,28	0,52	14	108	18,69	144,18	1,5	4,883	33,64	26,12	23,334
9,00 pm	7,28	0,47	18	126	24,03	168,21	1,5	4,414	38,05	18,36	22,625
10,30 pm	7,4	0,45	17	143	22,7	190,90	1,5	4,296	42,35	18,92	22,185
12,00 am	5,815	0,46	14	157	18,69	209,59	1,5	3,451	45,80	18,46	21,853



**Figura 2** TEA teórica vs. real

Se decidió hacer mediciones representativas de una misma plantación con un mínimo de 60 toneladas de RFF por ensayo, con el fin de poder encontrar su respectiva TEA medida en planta. Teniendo en cuenta que se tiene una capacidad de proceso de 14 toneladas de RFF/hora, se garantiza por lo menos cuatro horas de proceso.

Este método fue evaluado recientemente para los meses de marzo y abril, donde se buscó la correlación con la TEA real obtenida en planta.

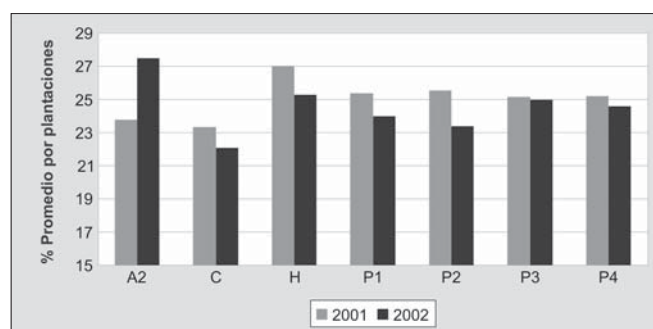
## Resultados y discusión

### Análisis de racimos

Como se mencionó en la metodología, se evaluaron los proveedores, variedades y componentes del racimo. En la Figura 3 se pueden

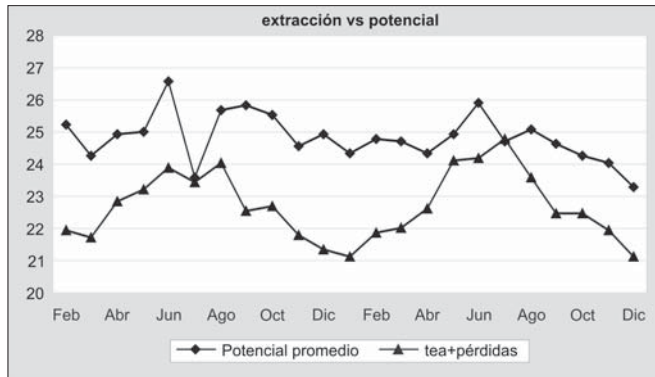
**Tabla 2** Diferencias entre TEA real vs. teórica. Años 2002-2003

Mes	TEA teórica	TEA real	% dif.
Julio	22,97	23,28	-1
Agosto	21,412	22,06	-3
Septiembre	20,267	20,9	-3
Octubre	20,002	21,09	-5
Noviembre	21,91	20,71	5
Diciembre	21,794	19,83	9
Enero	20,331	20,32	0
Febrero	20,882	20,6	1
Marzo	19,197	19,72	-3
Abril	17,967	19,51	-9
Mayo	22,525	21,21	6

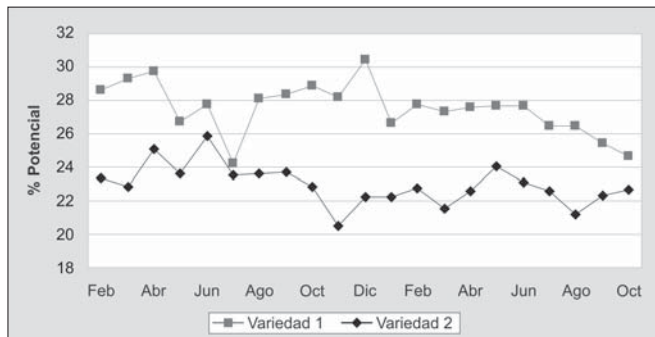


**Figura 3** Promedios por plantaciones

apreciar los potenciales de aceite promedio por RFF de ocho proveedores durante los años 2001 y 2002; se observa que en la mayoría de ellos hay un descenso en esta variable.



**Figura 4** Tea y potenciales 2001 - 2002



**Figura 5** Potencial de aceite por variedades 2001 -2002

La Figura 4 muestra los comportamientos del promedio ponderado del potencial de fruta que se recibió en planta, contra el valor de la suma de pérdidas por extracción en planta, más la TEA.

La diferencia entre TEA más pérdidas y potencial se incrementó durante los períodos de cosecha, que corresponden a los meses enero a abril y llegó a casi cero durante julio, que usualmente son los meses de mayor extracción y menor cantidad de fruta procesada en el mes.

Se agrupó el fruto evaluado en los dos principales materiales de fruta que se reciben en planta, la Figura 5 muestra el comportamiento de las dos variedades durante el período de tiempo evaluado; la variedad 1 tuvo un promedio de 27%, mientras que para la número 2 fue del 23%.

La variedad 2 tiene el inconveniente que en los meses de cosecha (enero a abril), disminuye su potencial, pero tiene la ventaja de lograr mayores

**Tabla 3** Componentes de racimos por variedades

Variable	Variedad (%)	
	1	2
Fe/esp	45,37	40,55
Fi/esp	31,89	28,95
Fn/esp	77,26	69,49
Nos/fex	10,77	10,66
Pul/fex	80,10	78,08
Ac/pfex	52,32	49,72
Nos/fint	9,54	9,04
Pul/fint	73,02	69,22
Ac/pfint	45,77	46,89
Ac/rac	27,53	22,96

rendimientos por hectárea (Santos, 2001), por tanto habría que evaluar estas dos variedades desde el punto de vista de rendimiento de aceite por hectárea.

En la Tabla 3 se detallan los promedios de los principales componentes de los análisis de racimos que son:

Fe/esp	% frutos externos sobre espiga
Fi/esp	% frutos internos sobre espiga
Fn/esp	% frutos normales sobre espiga
Nos/fex	% de materia seca no aceitosa sobre frutos externos
Pul/fex	% de pulpa húmeda sobre frutos externos
Ac/pfex	% de aceite sobre pulpa húmeda frutos externos
Nos/fint	% de materia seca no aceitosa sobre frutos internos
Pul/fint	% de pulpa húmeda sobre frutos internos
Ac/pfint	% de aceite sobre pulpa húmeda frutos internos
Ac/rac	% de aceite sobre racimos

Como se puede apreciar en todos los componentes es superior la variedad 1. Aunque la materia seca no aceitosa tiene una muy pequeña variación comparada con las demás variables, ésta tiene un importante peso en el potencial del racimo.

Con la información de los dos años en que se realizaron los análisis de racimos en la planta de Agroince se encontró el siguiente modelo lineal con un  $R^2 = 0,98$

$$\text{Ac/RFF} = -0,59 + 0,46 \cdot \text{ac/pfe} + 0,1 \cdot \text{ac/pfi} + 0,38 \cdot \text{fe/esp} + 0,26 \cdot \text{fi/esp} + 1,66 \cdot \text{nos/fex} + 1,45 \cdot \text{nos/fi}$$



**Tabla 4** Correlaciones entre los componentes del racimo

Statistix for Windows Compos, 07/24/03, 21:01						
Correlations (Pearson)						
	ACPFEX	ACPFINT	ACTOT	FESP	FIESP	NOSFEX
ACPFINT	0,5878					
P-value	0,0000					
ACTOT	0,6158	0,6152				
P-value	0,0000	0,0000				
FESP	0,2174	-0,0800	0,4525			
P-value	0,0981	0,5468	0,0003			
FIESP	0,1845	0,2291	0,6650	-0,0297		
P-value	0,1619	0,0809	0,0000	0,8232		
NOSFEX	-0,3804	0,1499	0,4330	0,0310	0,5798	
P-value	0,0030	0,2572	0,0006	0,8159	0,0000	
NOSFINT	0,4031	0,6971	0,9011	0,1545	0,6996	0,6442
P-value	0,0015	0,0000	0,0000	0,2425	0,0000	0,0000
Cases included 59 - Missing cases 0						

En la Tabla 4 se muestran las correlaciones entre los diferentes componentes que conforman el racimo, se puede evidenciar la importancia de los frutos internos en el potencial de un racimo. Es por eso que por simple inspección es muy difícil deducir si un racimo tiene o no buen potencial de aceite, pues sólo podemos ver los frutos externos.

Considerando solamente la variable materia seca no aceitosa en frutos internos, se obtuvo el siguiente modelo con un  $R^2 = 0,81$

$$Ac/RFF = -0,1538 + 4,344 * nos/fi$$

Es importante anotar que en este estudio no se encontró ninguna relación entre el peso del racimo y el potencial, así como el porcentaje de polinización tampoco tuvo incidencia representativa.

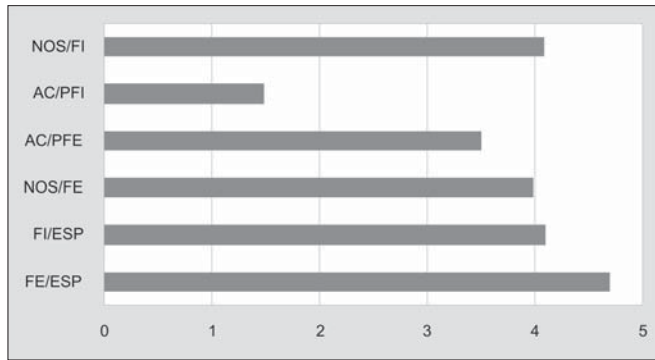
Tomando el primer modelo que tiene un  $R^2$  bastante bueno se evaluó la incidencia de cada una de las variables dentro del potencial. La Tabla 5 presenta un análisis de sensibilidad, donde se muestran los promedios, máximos y mínimos de cada componente del racimo. Se presenta el incremento marginal en el potencial de aceite por cada punto porcentual que se incrementa en un punto el porcentaje de frutos externos sobre espigas, el potencial de aceite se incrementa en 0,38%).

En la Tabla 5 también se muestra el rango que puede variar el potencial de aceite en racimos tomando los valores máximos y mínimos de cada componente dentro del modelo. En este caso, si se toman todos los valores máximos de cada componente obtendremos un potencial del 38,6%, contrariamente si tomamos los mínimos el modelo da un valor de 12,7%.

En la Figura 6 presenta la incidencia de cada componente del análisis de racimos en el potencial, de acuerdo al primer modelo lineal. Revisando estos resultados vemos la incidencia de múltiples variables en el potencial de aceite en fruto; a su vez estas variables se generan en diferentes etapas de la formación del racimo, por ejemplo: el mayor porcentaje de aceite en pulpa

**Tabla 5** Análisis de sensibilidad

Valor	Fe/esp %	Fi/esp %	Nos/fe %	Ac/pfe %	Nos/fi %	Ac/pfi %	Ac/RFF %
Promedio	43,00	31,50	10,90	51,10	9,70	47,50	
Máximo	48,33	39,00	12,70	56,50	11,40	54,70	38,60
Mínimo	36,00	23,25	10,30	40,20	8,58	39,82	12,70
Incremento marginal	0,38	0,26	1,66	0,46	1,45	0,10	
Rango ac/RFF	4,69	4,10	3,98	7,50	4,09	1,49	



**Figura 6** Incidencia de los componentes en el potencial de aceite

se forma en las dos últimas semanas anteriores a la cosecha (Ruiz, 2001), y la formación de mesocarpio sobre fruta puede verse afectada desde el mismo momento de la polinización (Henson, 2001).

Aunque el estudio realizado en la planta de beneficio de Agroince no mostró una buena correlación entre la TEA real en la planta y los potenciales obtenidos en laboratorio, otros estudios han mostrado similares situaciones como las experiencias en la plantación PHCI (Costa de Marfil), resultado del análisis de la fruta en el período 1994-1998 (prioux G 1999):

TEA vs. ac/racimo  $R=0,44$   $P=0,00\%$

TEA vs. ac/pulpa  $R=0,62$   $P=0,00\%$

TEA vs. fruto/racimo  $R=0,66$   $P=0,00\%$

A pesar de que este estudio fue realizado por un largo período de tiempo y tuvo unas muestras bastante representativas también nos muestra una correlación baja entre la TEA y los potenciales de aceite. Podríamos enunciar las siguientes ventajas de este método de análisis de racimos:

- Se identifican los potenciales del material que se procesa
- Se identifica el comportamiento de las diferentes componentes de los racimos.

Las desventajas que podríamos enunciar son:

- Procedimiento costoso por el alto número de muestras necesario
- Los análisis de racimos pueden mostrar la tendencia en el comportamiento de la TEA,

pero no explican el valor preciso de la misma, dada las diferencias encontradas de alrededor de 4 a 5 puntos con en el potencial de aceite

- No se pueden evaluar las pérdidas externas a la planta.

## MPD

En la Tabla 6 se presentan las comparaciones de los resultados obtenidos por el método MPD y el análisis de racimo para las variables: peso de racimos, frutos normales sobre racimos, pulpa sobre frutos normales, aceite sobre pulpa, aceite sobre frutos normales, y aceite sobre racimos. Debido a la pérdida de humedad en esterilización, el aceite en pulpa medido por MPD es mayor que el del análisis de racimo, así mismo el contenido de pulpa es inferior respectivamente. El aceite sobre racimos MPD se calculó aplicando la siguiente fórmula

$$\text{Ac/RFF (MPD)} = (\text{Ac/MPD} + \text{Tusa/RFF}) / 1 - \text{Pérdida humedad en Esterilización}$$

Aplicando el *Paired T Test*, encontramos que las variables de los dos métodos son diferentes debido a la pérdida de humedad, pero el resultado final de aceite sobre racimos es igual (Tabla 7).

Se encontró el siguiente modelo matemático que relaciona el contenido de aceite en pulpa con el contenido de humedad.

$$\% \text{ Ac/pulpa} = 78,07 - 0,64 * \% \text{ hum/pulpa } R^2 = 0,53 \text{ } P = 0,000$$

La correlación de estas dos variables no es precisa como sucede en el análisis de racimos, debido a que la pérdida de humedad (Lh) no es constante dentro del esterilizador, por tanto no se puede obviar el método Soxhlet, como sí se hace en el análisis de racimos.

**Tabla 6** Comparación métodos de análisis (MPD - Análisis de racimos)

Variable	Análisis MPD promedio	Potencial en racimo promedio
Peso RFF	14,2	13,4
% FN/RFF	50,5	64,2
% pulpa/FN	58,8	74,4
% aceite/pulpa	65,1	49,8
% aceite/FN	41,6	37,1
% aceite/RFF	22,6	23,5

**Tabla 7** Paired T test Análisis racimos vs. MPD

Variable	Significancia estadística, P	Interpretación estadística
Aceite/pulpa (FN)	0,0000	Diferentes
Pulpa/FN	0,0000	Diferentes
FN/RFF	0,0000	Diferentes
Aceite/FN	0,0000	Diferentes
Aceite/RFF	0,02803	Iguals

También se encontró un modelo matemático que relaciona Ac/RFF(MPD) con FN/MPD, Fn/MPD y Lh

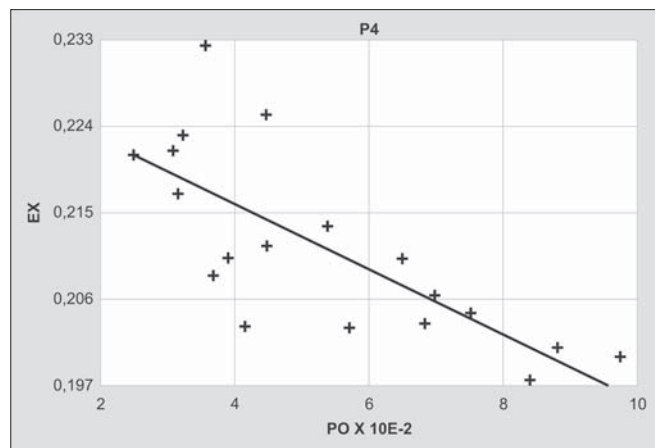
$$\text{Ac/RFF (MPD)} = -16,88 + 0,28*(\text{FN/MPD}) + 0,52*(\text{Ac/FN}) - 0,32*Lh$$

$$R^2 = 0,93 \text{ P}=0,000$$

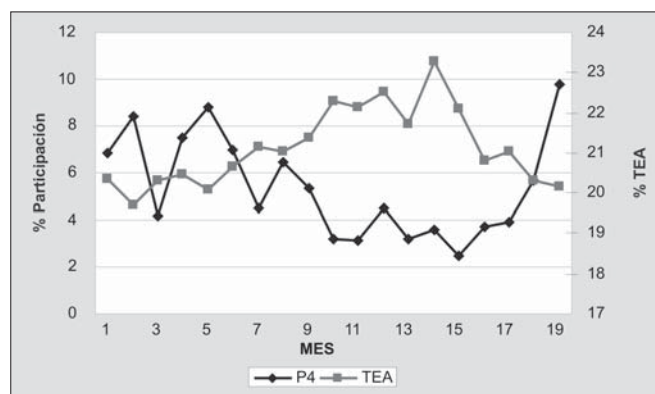
Con este modelo matemático se obvia obtener la relación tusas/RFF, resultando más práctica la aplicación del método. Las ventajas de la utilización del MPD como método de evaluación de la materia prima es que se pueden tener muestras mucho más representativas a un menor costo. La desventaja es que, por ser la pérdida de humedad dentro del autoclave muy irregular, se hace necesario pesar las vagonetas a la salida de la esterilización con el fin de tener un valor confiable. También se hace necesaria la extracción por Soxhlet, pues el modelo que correlaciona la humedad y el aceite en pulpa sólo tiene un  $R^2$  del 53%. De todas formas este método es una herramienta útil para hacer seguimiento a los cambios que se pueden presentar en la materia prima. Golden Hope en Malasia emplea el análisis MPD para evaluar la pulpa sobre mesocarpio, y de acuerdo a este parámetro, aplicar mayor o menor presión en la etapa de prensado, también han desarrollado un equipo para pesar continuamente el MPD y así tener un balance de masas bastante verídico de la fruta procesada.

### Participación del fruto procesado

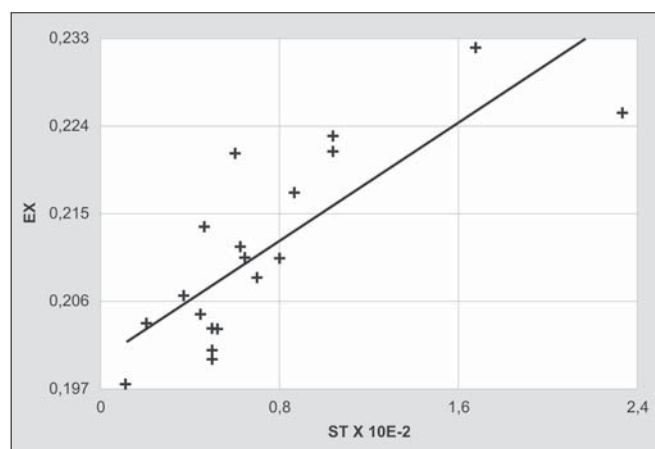
Una vez comparados los porcentajes de participación de algunos proveedores con respecto a la TEA, se encontraron algunos que tenían importantes tendencias positivas o negativas. Las Figuras 7 y 8 muestran la correlación negativa del bloque P4 con la TEA; contrariamente en las Figuras 9 y 10 se ven correlaciones positivas de los bloques P1 y S.



**Figura 7** Correlación participación vs. TEA

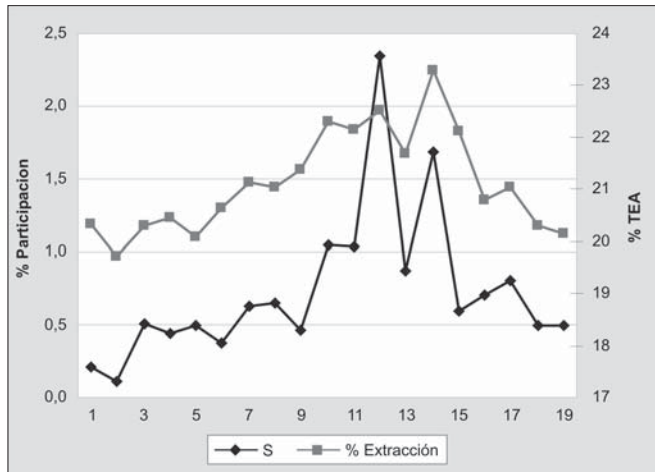


**Figura 8** Relación entre % de participación de la plantación P4 y la TEA



**Figura 9** Correlación participación vs. TEA





**Figura 10** TEA y participación

**Tabla 8** Correlaciones de Pearson

Plantación	R <sup>2</sup>	Plantación	R <sup>2</sup>
A1	-0,79	P2	0,08
A2	-0,23	P3	-0,15
C	-0,43	P4	-0,75
H	-0,07	S	0,80
P1	0,53	V	0,80

En la Tabla 8 se presentan las correlaciones de los diferentes bloques con la TEA; también se obtuvieron algunos modelos de regresión lineal importantes entre algunos bloques y la TEA:

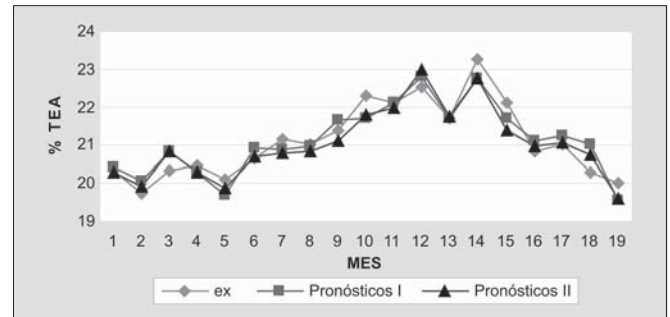
$$TEA1 = 0,19645 + V * 0,2591 - P4 * 0,2188 + C * 0,0046 \quad R^2 = 0,8579$$

$$TEA2 = 0,20975 + V * 0,11963 + S * 0,56439 - P4 * 0,20040 \quad R^2 = 0,85$$

En la Figura 11 se puede apreciar mejor la similitud entre la TEA y los pronósticos por los dos modelos anteriormente expuestos.

Como ventajas de la utilización de este método podemos enunciar que se pueden observar las incidencias positivas y negativas de la participación de determinado proveedor en la producción de aceite, ya sea por el material que tiene o por la calidad de la cosecha y la recolección.

Como desventajas podemos mencionar que se necesita por lo menos dos años para poder evaluar la incidencia de un proveedor en la TEA, y tampoco podemos saber cómo se comportan los diferentes componentes que conforman el racimo.



**Figura 11** TEA y pronósticos

## Método del vertedero

Cómo se mencionó en la metodología, el período durante el cual se evaluó el método del vertedero (marzo y abril de 2003), coincidió con un período de las más bajas extracciones que se hayan registrado en la planta de beneficio.

La Tabla 9 presenta cómo se obtuvo el promedio teórico de la TEA, resultado del producto del porcentaje de participación de cada proveedor por la tasa de extracción que obtuvo por el método del vertedero. Las casillas que están coloreadas corresponden a proveedores pequeños que no se pudieron evaluar, por esta razón se les asignó una TEA promedio igual a la que se obtuvo de plantaciones evaluadas que tuvieran materiales y edad similares.

**Tabla 9** Estimación de la TEA por participación de proveedores

Plantación	Marzo 2003		Abril 2003	
	% participación	TEA T	% participación	TEA T
p4	25	21	27	21
c	23,1	16,7	24,8	16,7
p2	11	21	10,4	21
p1	4,4	22,8	6,7	22,8
a1	3,2	15	4	15
a2	9,3	19*	8,2	19*
p3	7	16,2	6,9	16,2
h	3,3	23,3	2,4	22,4
v	8,5	23*	4,9	23*
s	5,2	23*	4,7	23*
Total	100		100	
<b>TEA T</b>		<b>19,62</b>		<b>19,46</b>
<b>TEA R</b>		<b>19,72</b>		<b>19,51</b>

\* Los valores sombreados son estimados de materiales similares

Las dos últimas filas de la tabla muestran cómo la TEA teórica estimada es bastante similar a la real, con lo cual se da validez al método evaluado para calcular la tasa de extracción de aceite en planta.

Aunque se ha evaluado sólo por un período de dos meses, este método promete ser bastante preciso para la detección rápida de problemas de bajas tasas de extracción en algunos proveedores, siendo más oportuno la obtención del resultado, sin ser necesaria la realización de largos y costosos análisis.

La desventaja de este método es que tampoco puede indicar cómo se comportaron los diferentes componentes del racimo, y además se requiere un tiempo mínimo de cuatro horas de proceso para obtener información confiable, quedando difícil evaluar los proveedores pequeños. Actualmente se evalúan nuevas alternativas para reducir el tamaño de la muestra.

### Comparativo de los tres métodos

También es importante anotar que los análisis de racimos y la evaluación del porcentaje de participación se hicieron durante un período de dos años, mientras el método del vertedero registra datos de sólo dos meses.

Un dato curioso es lo ocurrido con la plantación P4 que a pesar de tener un buen potencial de aceite obtuvo una correlación altamente negativa y una TEA teórica muy baja. Esto se puede

explicar por lo poco organizadas que tenían las labores de cosecha en esta sección, encontrándose problemas de fruta verde y sobremadura. Basados en estos resultados se le ha hecho mayor seguimiento a este proveedor, con el fin de ayudarlo a mejorar esta labor. Esta situación por sí sola demuestra la efectividad de estos análisis como sistema de control de proveedores.

### Conclusiones

- Se evaluaron cuatro métodos que pueden explicar la variación de la TEA
- Se estableció que un incremento de un punto porcentual en la materia seca no aceitosa de los frutos internos puede adicionar en 1,45 el potencial de aceite
- Se propone el uso del vertedero como un método rápido para la calificación y compra de racimos
- Por el método del vertedero es posible ampliar el volumen de fruto evaluado para obtener información de la fruta comprada en corto tiempo y a bajos costos
- Se puede evaluar de mejor forma la incidencia de la calidad de la fruta y las labores de cosecha en la TEA
- Las correlaciones y tendencias obtenidas sólo se pueden aplicar en el marco donde se realizaron las experiencias, por esta razón no se nombran los tipos de material genético que fueron evaluados. 🌴

### Bibliografía

- RUIZ, R. 2001. Clima y extracción de aceite. Reunión comités asesores regionales de investigación Cenipalma, Colombia.
- SANTOS, G. 2001. Resultados de los análisis de racimos en Bucarelia. Reunión comités asesores regionales de investigación Cenipalma, Colombia.
- HENSON, I. 2001. Marco analítico para identificar los factores que determinan las tasas de extracción de aceite. Palmas, Colombia, v.22, no.3, p.29-37.
- PRIoux, G. 1999. Les analices de regimes de palme "en-tree usine". L'experience de la société et huileries de cote d'ivoire. Plantations Recherche Deveploppment, Francia, v.6, no.3, p.161-173.
- LEE, CH.; SHAWALUDDIN, T. 1993. Trends in Oer in relation to MPD analyses in Golden Hope Proceed-ings of national seminar on palm oil extraction rate: problems and issues. Malasia, p.79-90.
- PIMIENTA, L., CADENA, O. 2002. Implementación de los análisis MPD (Mass Passing to Digester) como herramienta de control para la estimación del potencial de aceite en la planta extractora de aceite de palma africana de Agroince Ltda. y Cía S.C.A., Cenipalma, Colombia.
- YÁÑEZ, E.; GARCÍA, J.; AMAYA, S. 2000. Metodología alterna para el análisis de racimos en palma de aceite. Revista Palmas, Colombia, v.21, Tomo 1, p.295-302.