

Aumento de los rendimientos de aceite de palma mediante la medición de la eficiencia de recuperación del aceite desde el campo hasta las plantas procesadoras*

Increasing Palm Oil Yields by Measuring Oil Recovery Efficiency from the Fields to the Mills

CITACIÓN: Cock, J., Donough, C.R., Oberthür, T., Indrasura, K., Rahmadsyah, Gatot, A. y Dolong, T (2015). Aumento de los rendimientos de aceite de palma mediante la medición de la eficiencia de recuperación del aceite desde el campo hasta las plantas procesadoras (A. Hassan, trad.). *Palmas*, 36(1), 63-77.

PALABRAS CLAVE: aceite de palma, maximización del rendimiento, eficiencia de recuperación.

KEY WORDS: Palm oil, yield maximization, recovery efficiency.

RECIBIDO: julio de 2014.

APROBADO: diciembre de 2014.

* Artículo traducido del original *Increasing Palm Oil Yields by Measuring Oil Recovery Efficiency from the Fields to the Mills*, presentado durante el IOPC 2014 organizado por IPNI Southeast Asia Program (SEAP). Se publica con autorización del autor de correspondencia y el Comité Organizador del IOPC 2014.

JAMES COCK

International Plant Nutrition Institute,
Southeast Asia Program
jamescock@gmail.com

C.R. DONOUGH

International Plant Nutrition Institute,
Southeast Asia Program

T. OBERTHÜR

International Plant Nutrition Institute,
Southeast Asia Program

K. INDRASUARA

Bakrie Agricultural Research Institute,
PT Bakrie Sumatera Plantations TBK

RAHMADSYAH

Wilmar Plantations, Indonesia

A.R. GATOT

PT Sampoerna Agro TBK, Indonesia

T. DOLONG

PT REA Kaltim Plantations, Indonesia

Resumen

Los cultivos comerciales de palma de aceite han existido en el Sudeste Asiático desde hace más de un siglo, como fuente de aceite crudo de palma (CPO)^{1*} y palmiste (PK). Los productos principales son los racimos de fruto fresco (FFB) los cuales son perecederos y, por lo tanto, una vez cosechados se deben procesar rápidamente para extraer el aceite y el palmiste.

1* NT: Las siglas que aparecen entre paréntesis en el texto corresponden al inglés.

Los productos primarios de otros cultivos perecederos como la yuca y la caña de azúcar, que también se deben procesar rápidamente después de cosechados, se llevan a la planta procesadora, se pesan y se analizan para determinar la cantidad de producto final extraíble, a saber, almidón o azúcar. A los productores se les paga conforme al contenido estimado del producto final en el cultivo y, por tanto, tienen un incentivo fuerte para mejorarlo; además, reciben información sobre el contenido del producto final en los lotes de fruto que llegan a las plantas. Por consiguiente, pueden encontrar la relación entre la calidad y las prácticas de manejo y las características de los lotes; de esa forma pueden mejorar la calidad del producto primario. Asimismo, la eficiencia de las plantas para extraer almidón o azúcar se puede evaluar si se conoce la calidad del producto que se recibe en ellas.

En el caso de la palma de aceite, los racimos que se reciben en las plantas extractoras se clasifican conforme a la madurez y otros criterios que podrían afectar el proceso y la tasa de extracción del aceite (OER). Sin embargo, no hay un estimativo del contenido de aceite en el racimo recibido. Las plantas extractoras procesan racimos de fruto fresco provenientes de muchas fuentes y cuyo contenido de aceite se desconoce, y después calculan la OER con base en la cantidad de aceite que obtienen. Por tanto, en el sistema actual, si bien el rendimiento del FFB se puede atribuir a lotes específicos por cultivador, la OER no se determina para los lotes particulares y ni siquiera para las plantaciones: se asigna indiscriminadamente utilizando la OER promedio de la planta procesadora, la cual recibe FFB de muchas fuentes. Tomando el concepto de que “lo que no se mide no se puede manejar”, los cultivadores de palma de aceite pueden manejar, y de hecho manejan, sus plantaciones para maximizar el rendimiento de FFB, pero no así la OER. El programa para el Sudeste Asiático del *International Plant Nutrition Institute* (IPNI SEAP) ha demostrado que no necesariamente se maximiza la OER cuando se ponen en ejecución las mejores prácticas de manejo (BMP) en el terreno para maximizar el rendimiento de FFB (Oberthür *et al.*, 2012). Además, en la planta procesadora no hay un balance total del aceite basado en el aceite total que llega en los FFB y el aceite finalmente extraído de ellos. Por tanto, la eficiencia de la extracción normalmente no se evalúa sobre la base de un balance total del aceite que llega a la planta y el que se produce, sino con base en estimativos de las pérdidas en las distintas etapas del proceso.

IPNI SEA demostró recientemente que al combinar los datos del análisis de racimos (BA, *Bunch Analysis*) con los datos de auditoría de la cosecha, los cultivadores pueden calcular la Eficiencia de Recuperación del Aceite en Campo (FORE) y el Contenido Estimado de Aceite (EOC) de los FFB entregados en la planta. La FORE se refiere a la eficiencia con la cual se recupera en la cosecha el aceite producido en campo. La eficiencia sería del 100 % si se cosecharan todos los racimos maduros, y si no hubiera pérdidas por cuenta de frutos sueltos (Donough *et al.*, 2013). Así, los estimativos de la FORE brindan información sobre la eficiencia de las operaciones de cosecha para recuperar el aceite. El EOC previo al procesamiento de los FFB recibidos le permitirá a las plantas medir su Eficiencia de Recuperación del Aceite en la Planta (MORE), la cual es un mejor indicador del desempeño de la planta procesadora que la OER propiamente. Al aplicar los indicadores de la eficiencia de recuperación en campo y en la planta se logrará un análisis más integral y completo de la recuperación total de aceite, puesto que se obtendrá una descripción de la eficiencia de las operaciones manejadas en campo y en la planta de beneficio.

El conocimiento del EOC también le permitirá a las plantas pagar a los cultivadores por el contenido de aceite de su cultivo, lo cual a su vez será un estímulo para que los cultivadores mejoren la FORE. De esa forma puede iniciarse un ciclo virtuoso donde se calcula el contenido potencial de producto en cada entrega de racimos de fruto fresco y se utiliza la información para mejorar la recuperación del cultivo en la plantación. En este artículo presentamos las definiciones y el marco conceptual para evaluar la Eficiencia de Recuperación del Aceite (ORE) desde el campo hasta la planta.

Abstract

Oil palm has been commercially cultivated in South East Asia for more than a century to produce crude palm oil (CPO, or oil) and palm kernels (PK, or kernel). The primary products are the fresh fruit bunches (FFB) that are perishable and once harvested must be processed rapidly to extract the oil and the kernel. In other perishable crops like cassava and sugarcane, which must be processed rapidly after harvesting, the primary products are delivered to the processing plant or mill, weighed and analyzed to determine the amount of extractable final product i.e. starch or sugar. The producers are paid according to estimated final product content of their crop and therefore have a strong incentive to improve it. Furthermore, producers receive information on the product content of individual lots arriving at the mills. Consequently they are able to equate management practices and block characteristics with quality; hence they can improve the quality of the primary product. Similarly, the efficiency of mills in terms of their ability to extract starch or sugar can be evaluated if the quality of the product entering the mills is known.

In oil palm, the FFB received at palm oil mills is graded for ripeness and other criteria that may affect the milling process and oil extraction rate (OER). However, there is no estimate of the oil content of the FFB received. The palm oil mills process FFB of unknown oil content from many sources, and then estimate the OER based on the amount of oil they produce. Thus, in the current system, while FFB yield can be attributed to specific blocks by growers, the OER is not determined for individual blocks or even estates: it is assigned indiscriminately using the average OER of the mill which receives FFB from many sources and blocks. On the basis of “what you cannot measure you cannot manage”, oil palm growers can, and do, manage their plantings to maximize FFB yield, but not OER. The International Plant Nutrition Institute’s Southeast Asia Program (IPNI SEAP) has shown that when best management practices (BMPs) are implemented in the field to maximize FFB yield, OER may not necessarily be maximized at the same time (Oberthür *et al.*, 2012). Furthermore, there is no total oil balance at the mill based on total oil arriving in the FFB and oil eventually extracted from the FFB. Hence, milling efficiency is not normally evaluated on an overall balance of oil entering the mill and oil produced, but through estimates of losses in different stages of the process.

IPNI SEA recently showed that by combining bunch analysis (BA) data with harvest audit data, growers can compute their Field Oil Recovery Efficiency (FORE) and the Estimated Oil Content (EOC) of the harvested FFB delivered to the mill. The FORE is of the efficiency with which the oil produced in the field is recovered at harvest. The efficiency would be 100% if all bunches were harvested, the bunches were harvested ripe or mature and there were no losses of loose fruits (Donough *et al.*, 2013). Thus estimates of FORE provide information on the efficiency of the harvesting operations in recovering oil. The pre-milling EOC of the FFB received for processing will allow mills to measure their Mill Oil Recovery Efficiency (MORE), which is a better indicator of mill performance than OER per se. Use of recovery efficiency measures in the field and at the mill will allow a more holistic and inclusive analysis of the overall oil recovery, clearly describing the efficiency of operations managed in the field and at the mill.

Knowledge of EOC will also allow mills to pay growers for the oil content of their crop, which in turn will stimulate growers to improve FORE. A virtuous cycle of estimating potential product contents of individual FFB deliveries and using the information to improve crop recovery in the plantation may thus start. In this paper, we present the conceptual definitions and framework for assessing oil recovery efficiency (ORE) starting from the field until the mill.

Introducción

Los cultivos comerciales de palma de aceite han existido en el Sudeste Asiático desde hace más de un siglo, como fuente de aceite crudo de palma (CPO) y palmiste (PK). Los productos principales son los racimos de fruto fresco (FFB) los cuales son perecederos y una vez cosechados se deben procesar rápidamente para extraer el aceite y el palmiste. En muchas especies perecederas, la parte cosechada del cultivo (producto primario) se debe procesar para extraer la parte comercialmente útil (producto final). La evaluación convencional de las tecnologías nuevas en estos cultivos generalmente se basa en la cantidad de resultado final por unidad de área de tierra, la cual es producto de la producción primaria y de la proporción del producto final que se extrae del producto primario (producto extraído). Esta evaluación puede ser válida en términos de la productividad biológica, pero no es satisfactoria en cuanto a la viabilidad comercial. Los costos de la cosecha, del transporte a la planta procesadora y el procesamiento inicial del producto primario normalmente están más estrechamente relacionados con la producción primaria total que con la producción del producto final. Se pueden obtener valores idénticos para la producción final combinando una producción primaria alta con un bajo nivel de producto extraído, o viceversa. Cuando la producción primaria es menor pero la proporción de producto extraído es más alta, los costos de cosecha, transporte y procesamiento inicial por unidad de producto final serán menores (Hugot *et al.*, 1958; Cock *et al.*, 2000). En estos tipos de cultivos, incluido el de palma de aceite, la industria tenderá a ser más rentable si la proporción del producto extraído es mayor con niveles semejantes de producción final por unidad de área de tierra. Por tanto, sugerimos que la industria debe proporcionar incentivos tanto a los productores primarios de fruto fresco como a las plantas procesadoras, a fin de maximizar los niveles del producto extraíble que llegan a las plantas para ser procesados.

En palma de aceite, la mayor parte de la atención se ha centrado en aumentar el rendimiento del FFB por medio de fitomejoramiento y manejo, y en incrementar la extracción de los racimos a través de mejoras en las plantas procesadoras. Los esfuerzos por aumentar el contenido de aceite de los racimos se han

centrado principalmente en fitomejoramiento y en protocolos de cosecha para manejar la madurez de los FFB. Con la excepción de las variedades sembradas, es poco lo que se sabe acerca de la forma como las prácticas de manejo en campo adoptadas para aumentar el rendimiento de los racimos inciden sobre el contenido de aceite. Las prácticas de manejo del cultivo se han concentrado en aumentar la producción de aceite a través del rendimiento de los racimos, con énfasis mínimo en las prácticas de manejo para aumentar la OER de los racimos cosechados.

En otros cultivos perecederos como la yuca para almidón y la caña de azúcar, los productos primarios se entregan a la planta procesadora, se pesan, y se analizan para determinar la cantidad de producto final extraíble. A través de los años se han desarrollado procedimientos simples de rutina que se pueden utilizar para determinar la calidad del producto primario que llega a las plantas en términos del rendimiento probable del producto final. Así, por ejemplo, en caña de azúcar y remolacha azucarera es práctica común determinar la sacarosa recuperable a partir de cada vagón de caña o de remolacha que llega a la planta. Asimismo, la yuca que llega a las plantas procesadoras se evalúa para determinar su contenido de almidón. En los campos de caña de azúcar por lo general se hacen muestreos antes de la cosecha para determinar si el contenido de azúcar es lo suficientemente alto para justificar la cosecha. A los productores del producto primario se les paga de acuerdo con la calidad o las tasas estimadas de extracción, razón por la cual su incentivo para mejorar estos dos parámetros es grande. Además, los productores o las plantaciones reciben información sobre la calidad de cada lote de fruto que llega a las plantas procesadoras y, por consiguiente, pueden determinar la relación entre las prácticas de manejo y las características de un lote y la calidad del fruto, y así mejorar la calidad del producto primario. También, se puede evaluar la eficiencia de las plantas en cuanto a su capacidad para extraer azúcar o almidón, si se conoce la calidad del producto final que les llega. A los productores se les paga de acuerdo con el contenido estimado de su cultivo en el producto final y, por tanto, tienen un gran incentivo para asegurarse de que el cultivo en el campo tenga un

alto contenido del producto final antes de la cosecha, y también de minimizar las pérdidas del producto final durante la cosecha y el transporte hacia las plantas.

En palma de aceite no se hace una evaluación sistemática del contenido de producto final en los racimos, ni en el campo ni cuando llegan a la planta. Los racimos se cosechan conforme a una serie de estándares entre los cuales se cuentan el color de los frutos y el número de los frutos sueltos, pero no hay un estimativo directo del contenido de aceite y palmiste en los racimos cosechados. Los FFB que se reciben en las plantas procesadoras se clasifican con base en la madurez y otros criterios que pueden afectar el proceso y la tasa de extracción (OER). Sin embargo, no hay un estimativo del contenido de aceite o palmiste de los racimos recibidos y tampoco de los niveles de fibra u otros componentes como ceniza, que pudieran reducir la tasa extractiva de las plantas procesadoras. Las extractoras de aceite de palma procesan FFB de contenido desconocido, de aceites provenientes de muchas fuentes y después calculan la tasa de extracción con base en la cantidad de aceite y palmiste que obtienen. Por tanto, en el sistema actual, si bien los cultivadores pueden atribuir el rendimiento de los FFB a lotes específicos, no se determina la OER para cada uno de ellos y ni siquiera para la plantación, sino que se asigna indiscriminadamente con base en la OER promedio de la planta procesadora, la cual recibe FFB de varias fuentes. Además, no hay un balance total de aceite en la planta basado en el total de aceite que llega en los FFB y el aceite extraído finalmente de dichos racimos. Por tanto, en general no se hace un análisis de la eficiencia de extracción sobre el balance total del aceite que llega a la planta y el aceite producido; lo que se hace es un cálculo de las pérdidas en las distintas etapas del proceso (Adzmi *et al.*, 2012). Por lo general se reporta un 10 % de pérdidas de procesamiento (Wood *et al.*, 1987, Adzmi *et al.*, 2012).

Tomando el concepto de que “lo que no se mide no se puede manejar”, los cultivadores de palma de aceite pueden manejar, y de hecho manejan, sus plantaciones para maximizar el rendimiento de FFB, pero no así la OER. Cenipalma, el Centro Colombiano de Investigación en Palma de Aceite reconoció esto al sugerir que el sector necesita un método simple, económico y fiable para calcular el potencial de aceite en los FFB

procesados en la planta extractora a partir de vagones específicos correspondientes a plantaciones, proveedores o lotes (Nieto Mogollón *et al.*, 2011). Asimismo, la Universiti Malaysia Pahang ha venido explorando métodos para evaluar el contenido de aceite de los frutos a fin de dirimir prontamente los conflictos entre los propietarios de las procesadoras y los propietarios del fruto (Nurul Aslah, 2010). La necesidad la resalta la posibilidad de que el manejo encaminado a aumentar el rendimiento de los FFB podría disminuir el contenido de aceite en ciertos casos. El Programa del Sudeste Asiático del *International Plant Nutrition Institute* (IPNI SEAP) puso en marcha recientemente mejores prácticas (BMP) en el campo a fin de maximizar el rendimiento de los FFB y determinó que, pese a haber aumentado el rendimiento total de CPO, la EOR se redujo ligeramente (Oberthür *et al.*, 2012). Sin embargo, en la mayoría de los casos, las plantaciones no miden el contenido de aceite y, por ende, no pueden cuantificar las pérdidas ni tampoco evaluar los procedimientos de cosecha destinados a reducir las pérdidas, ni otras prácticas de manejo que pudieran aumentar el contenido de aceite.

En general, la industria le ha prestado poca atención al palmiste y se ha centrado en intensificar la producción de aceite de palma. La producción intensificada del aceite de palma depende de: aumentar el rendimiento de los FFB, aumentar el contenido de aceite de los FFB y extraer más aceite de los FFB.

El IPNI del Sudeste Asiático (IPNI SEA) decidió hacer más énfasis en garantizar que: (i) el aceite producido en el campo se coseche y se lleve a las plantas; (ii) el contenido extraíble de aceite de los racimos que llegan a las plantas sea alto; y (iii) que las plantas realicen la extracción con eficiencia. Supusimos que esto solo podría lograrse en la medida en que se pueda medir o monitorear el aceite durante todo el proceso de cosechar, transportar y procesar los racimos de frutos frescos. Para hacerlo, es necesario definir cuidadosamente los conceptos de OER, OER potencial y eficiencia de extracción. Hemos utilizado conceptos aplicados ampliamente y exitosamente en la industria del azúcar y aplicado a la palma de aceite, y hemos analizado cómo se pueden mejorar y también llevar a la práctica para optimizar la eficiencia del sector palmero. En la Tabla 1 se enumeran las definiciones de la terminología empleada a fin de facilitar la comprensión de los procedimientos.

Tabla 1. Relación de los términos y medidas.

Término	Definición	Comentario
CPO	Aceite crudo de palma	
PK	Palmiste	
FFB	Racimos de fruta fresca	
FFB _{HW}	Racimos cosechados de fruta fresca	Peso registrado por el Estado/planta procesadora
FFB _R	Peso de FFB en la balanza	Igualado con FFBHW
OER	Tasa de extracción de aceite	Expresada en porcentaje
OC	Contenido de aceite en el mesocarpio	Referido como potencial OER (%)
EFPO	Potencial estimado de aceite en campo	Peso total del aceite que se produce en campo tomando solo racimos maduros, frutos maduros, sin pérdida de frutos. Expresado en peso
EFRO	Estimado de recuperación de aceite	Peso estimado del aceite cosechado o recuperado (Estimated Field Recovery Oil). Normalmente expresado en peso
FORE	Eficiencia de la recuperación de aceite en campo	Porcentaje del aceite recuperado
MORE	Eficiencia de extracción en planta	Porcentaje del aceite recuperado en planta
LF	Fruto suelto	
MRS	Estándar mínimo de maduración	
EOC	Contenido de aceite estimado de los racimos de fruto	
EOC _M	Contenido de aceite estimado en frutos maduros	Porcentaje obtenido del análisis de racimos
EFFB _T	Total del peso de FFB maduro	Incluye (LF)
EOC _{HF}	Contenido de aceite de los racimos recolectados	Porcentaje
ELFWUR	Frutos sueltos recuperados	Peso
ELF _b	LF perdidos por racimo	Números registrados por auditorías estatales
BNO	Número de racimos recolectados	Números registrados oficialmente
BNO _{NH}	Número de racimos no recolectados	Números registrados por auditorías de cosecha
LFW _{Av}	Peso promedio del fruto suelto	Peso obtenido del análisis de racimos
ELO _{LF}	Perdida de aceite por LF no recuperado	Peso
EOC _{LF}	Contenido estimado de aceite por fruto	Porcentaje obtenido del análisis de racimos
PFFBIM	Porcentaje estimado de racimos inmaduros recolectados en la cosecha	Porcentaje obtenido por auditorías en planta o cifras oficiales del Estado
BWT	Peso promedio de los racimos	Peso (estimado a partir de FFBR y BNO)
EOCIM	Contenido de aceite de FFB inmaduros	Porcentaje
EOC _{MF}	Contenido de aceite de frutos maduros	Porcentaje obtenido del análisis de racimos
ELO _{UH}	Perdida estimada de aceite por racimos sin recolectar	
EOC	Contenido de aceite del fruto suelto recolectado	Porcentaje
EOER _p	Tasa estimada de extracción de aceite potencial. Equiparada con EOCHF	Extracción obtenida en caso de recuperación de todo el aceite de FFB
TOE	Total de aceite enviado a la planta de procesamiento en FFB	

Fuente: elaboración propia.

Base conceptual

Primero se requiere el contenido absoluto de un producto como el aceite o el palmiste en el producto primario. Para efectos de simplicidad, trabajaremos solamente con el aceite y definiremos el contenido absoluto de aceite proveniente del mesocarpio como el Contenido de Aceite (OC), el cual es simplemente el porcentaje de aceite en un FFB sobre la base del peso, antes de que ocurran las pérdidas por la cosecha (es decir, en campo). En la industria de la palma de aceite, el OC se denomina a veces OER potencial (Wood *et al.*, 1987, Chew *et al.*, 1999, Corley & Tinker, 2003).

Cuando se procesa la caña o la remolacha azucarera o el FFB no se extraen toda la sacarosa o todo el aceite, puesto que una parte se pierde durante los procesos de extracción. En el caso de estos productos, la Sacarosa Recuperable Estimada (ERS) es una medida estandarizada determinada de rutina con base en cada carga que llega a la planta. La ERS toma en cuenta factores como la fibra y los azúcares reductores, los cuales influyen en las pérdidas del procesamiento; sin embargo, no toma en consideración las pérdidas en campo al momento de la cosecha ni el deterioro de la caña después de la cosecha, entre el momento de la quema o la cosecha, y la llegada a la planta para su procesamiento.

En palma de aceite desarrollamos el concepto de Aceite Potencial Estimado en Campo (EFPO) y un estimativo del peso del aceite cosechado o recuperado realmente (Estimativo del Aceite Recuperado en el Campo, EFRO).

EFPO es el peso total del aceite que se produciría en el campo si:

- a. no hubiera pérdidas por frutos sueltos (LF), y
- b. todos los FFB cumplieran con las normas mínimas de madurez (MRS), es decir, que todos los racimos se cosecharan maduros
- c. no se dejaran racimos en el campo sin cosechar.

El estimativo del peso total de aceite que se produciría en el campo solamente con racimos maduros sin pérdidas por frutos sueltos (EFPO) es producto de:

- a. el contenido estimado de aceite (EOC) de los FFB maduros (EOC_M), y

- b. el peso total estimado de FFB maduros, incluidos los LF producidos en el campo ($EFFB_T$), así:

$$EFPO (kg) = EFFB_T (kg) \times EOC_M (\%) / 100$$

EFRO es el aceite total cosechado en los FFB y transportado a la planta procesadora. La diferencia entre EFPO y EFRO está representada en las pérdidas del contenido de aceite debido a la cosecha de frutos inmaduros, frutos sueltos que no se cosechan y FFB que sencillamente no se cosechan. La relación de EFRO/EFPO es la eficiencia de la recuperación del potencial de aceite producido en el campo.

El estimativo del aceite recuperado en el campo (EFRO) es el aceite cosechado en los racimos de frutos frescos y los frutos sueltos, y enviados a la planta procesadora.

$$EFRO (kg) = FFB_{HW} (kg) \times EOC_{HF} (\%) / 100$$

Donde FFB_{HW} es el peso de los racimos de frutos frescos cosechados y EOC_{HF} es el contenido de aceite de los racimos cosechados.

Las pérdidas representadas en frutos no recuperados ($ELFW_{UR}$) se pueden calcular a partir de:

- a. el número estimado de LF perdidos por racimo (ELF_b , obtenido de los reportes de auditoría de la cosecha),
- b. el número real de racimos cosechados (BNO, según los registros de la plantación), y
- c. el peso promedio (g) por LF (LFW_{AV} , a partir del análisis de los racimos), así:

$$ELFW_{UR} (kg) = ELF_b \times BNO \times (LFW_{AV} (g)) / 1.000$$

El peso del aceite perdido en los LF (ELO_{LF}) se puede calcular a partir de:

1. el peso de los LF no recuperados ($ELFW_{UR}$) y
2. el contenido total estimado de aceite por fruto (EOC_{LF} , obtenido a partir del análisis de racimos)

Así, el estimativo del aceite perdido en los frutos sueltos

$$ELO_{LF} (kg) = ELFW_{UR} (kg) \times EOC_{LF} (\%) / 100$$

Se supone que el peso del aceite perdido en FFB inmaduros (ELO_{IM}) se debe a la diferencia entre el contenido de aceite de los racimos maduros e inmaduros sin tomar en consideración ninguna diferencia en los pesos de los racimos maduros e inmaduros. Sobre esta base, el ELO_{IM} se puede calcular a partir de:

1. el porcentaje estimado de racimos inmaduros en la cosecha ($PFFB_{IM}$, obtenido de las auditorías de la finca en %)
2. el número total de racimos cosechados (BNO, según los registros de la plantación)
3. el peso promedio de los racimos (BWT) y
4. el contenido de aceite de los FFB inmaduros EOC_{IM} y el contenido de aceite de los frutos maduros EOC_{MF} así:

$$ELO_{IM} (kg) = (PFFB_{IM}(\%) \times (EOC_{MF}(\%) - EOC_{IM}(\%)) \times FFB_{HW} (kg)) / 10.000$$

Puesto que el contenido de aceite de los racimos inmaduros no se mide normalmente, con frecuencia se adopta la suposición de que el contenido de aceite de los racimos inmaduros es el 70 % del de los racimos maduros, así:

$$EOC_{IM} = EOC_{MF} \times 0,7 \text{ y, por ende:}$$

$$ELO_{IM} = (PFFB_{IM}(\%) \times (EOC_{MF}(\%) \times 0,3) \times FFB_{HW} (kg)) / 10.000$$

También se requiere un estimativo de los FFB que no se cosechan puesto que se puede incurrir en pérdidas por el hecho de que los cosechadores sencillamente pasen por alto los racimos maduros, o debido a que, por escasez de mano de obra, lluvias torrenciales e inundación, no se cosechen los lotes con la frecuencia requerida. La Pérdida Estimada de Aceite en los racimos no cosechados (ELO_{UH}) se calcula a partir de las auditorías del número de racimos no cosechados BNO_{NH} . Se supone que el contenido de aceite, el peso y los frutos sueltos de los racimos no cosechados es el mismo que en los racimos maduros, así:

$$ELO_{UH} = ((FFB_{HF}(kg) \times EOC_{MF}(\%) / 100 + ELO_{LF}(kg)) \times (((BNO + BNO_{NH}) / BNO) - 1))$$

El total de aceite potencialmente producido en el campo (EFPO) se obtiene al sumar el peso total de los

frutos, suponiendo que todos están maduros, y sumando las pérdidas debidas a frutos perdidos, menor contenido de aceite de los frutos no maduros, y los racimos de frutos frescos que nunca se cosecharon:

$$EFPO = (FFB_{HW}(kg) \times EOC_{MF}(\%) / 100 + ELO_{IM}(kg) + ELFW_{UR}(kg) + ELO_{UH}(kg)$$

Y la eficiencia estimada de recuperación de aceite en el campo, FORE, es:

$$FORE(\%) = EFRO(kg) \times 100 / EFPO (kg)$$

Además, el contenido de aceite de los racimos cosechados más los frutos sueltos (EOC_{HF}) se obtiene tomando el total del aceite recuperado en el campo, el cual es el potencial menos las pérdidas dividido por el peso total cosechado:

$$EOC_{HF}(\%) = (EFPO(kg) - ELO_{IM}(kg) - ELFW_{UR}(kg) - ELO_{UH}(kg)) \times 100 / FFB_{HW}(kg)$$

El peso de los FFB recuperados (es decir, FFB Recuperados, FFB_R) es el peso real obtenido en la báscula de la planta que recibe los racimos cosechados, después de que ya han ocurrido las pérdidas en campo. Por tanto, suponiendo que no hay pérdidas durante el transporte:

$$FFB_R (kg) = FFB_{HW} (kg)$$

Asimismo, el contenido estimado de aceite de los FFB cosechados (EOC_{HF}) se supone que es igual al contenido de aceite de los frutos cosechados entregados en la planta. EOC_{HF} entonces se convierte en la tasa potencial estimada de extracción de aceite $EOER_p$, la cual proporciona un estimativo de la extracción máxima que podría obtenerse si la planta lograra recuperar todo el aceite entregado en los FFB. La $EOER_p$ es de importancia crítica puesto que es un estimativo de la calidad de los FFB que llegan a la planta en términos de su contenido de aceite, así:

$$EOER_p(\%) = EOC_{HF}(\%)$$

En la planta, la eficiencia de extracción de aceite OEE se convierte entonces en la relación entre el acei-

te total que entra a la planta y el aceite total producido. El aceite total que entra a la planta (TOE) es la suma del aceite contenido en los lotes individuales de fruto entregados a la planta:

$$TOE(kg) = \sum EOE_R(\%) \times FFB_R(kg)/100$$

Y si la producción total de aceite es TOO, entonces la eficiencia de extracción de la planta (MORE) dada por:

$$MORE(\%) = TOO(kg) \times 100 / TOE(kg)$$

A partir del análisis anterior puede observarse que las mediciones críticas de la Eficiencia de Recuperación del Aceite en Campo, la Eficiencia de Recuperación del Aceite en la Planta y la Tasa Estimada Potencial de Extracción del Aceite se pueden determinar si se evalúan los siguientes parámetros: EOC_M , EOC_{LP} , EOC_{IM} , FFB_{HW} , FFB_R , ELF_B , $ELF_{B'}$, BNO , BNO_{NH} , LFW_{AV} y FFB_{IM} .

Análisis de racimos y auditorías de cosecha como metodologías de medición

Se evaluaron las variables requeridas para realizar el análisis descrito en la base conceptual. Utilizamos el análisis de racimos según la descripción de Oberthür *et al.* (2012) como base para medir EOC_M , EOC_{LP} y LFW_{AV} . En términos sencillos, el análisis de racimos consiste en separar los racimos en frutos y las otras partes del racimo, y pesarlos. Los frutos se analizan después para determinar el contenido de aceite. El análisis de racimos (*Bunch Analysis*) se realiza racimo por racimo e incluye los LF de cada uno. Se seleccionan para el análisis los racimos maduros. Por tanto, si se cosecha una muestra representativa de racimos maduros, el análisis de racimos proporciona un estimativo del EOC_M . Se hacen auditorías de la cosecha para registrar ELF_B , BNO_{NH} y FFB_{IM} . Se tomó el supuesto de que el contenido de aceite de los racimos inmaduros era el 70 % del contenido de aceite de los racimos maduros. Se utilizaron los datos registrados de rutina por las plantaciones y las plantas procesadoras a fin de determinar los demás parámetros de FFB_{HW} , FFB_R , y BNO .

EOC_{MF}	El análisis de racimos determina el contenido de aceite de los frutos maduros
EOC_{LF}	El contenido de aceite de los frutos sueltos se calcula a partir del análisis de racimos
EOC_{IM}	El contenido de aceite de los racimos inmaduros por lo general no se mide directamente. Se supone que es 30 % inferior al de los racimos maduros. Así $EOC_{IM} = EOC_M \times 0,7$, pero esto se puede modificar si se mide el contenido de aceite de los racimos inmaduros
FFB_{HW}	El peso del FFB al momento de la cosecha es el peso de los frutos entregados en la planta procesadora (FFB_R), considerando el supuesto de que no hay pérdidas durante el transporte
ELF_B	En las auditorías de la cosecha se reporta el número de frutos sueltos por racimo
BNO	Las plantaciones reportan el número de racimos cosechados
BNO_{NH}	El número de racimos no cosechados se obtiene de las auditorías de la cosecha
LFW_{AV}	El peso promedio de los frutos sueltos se determina en el análisis de racimos
FFB_{IM}	El porcentaje de los frutos inmaduros se obtiene a partir de las auditorías de la cosecha o de la evaluación al momento de entrega en la planta

Todas las demás variables se derivan de las anteriores.

Resultados y discusión

IPNI SEA y sus socios utilizaron un procedimiento modificado para el análisis de racimos (BA) (Oberthür *et al.*, 2012) a fin de evaluar los efectos de las mejores prácticas de manejo (BMP) sobre el EOC_M de los racimos maduros obtenidos de palmas de aceite maduras en lotes comerciales individuales. A fin de monitorear mejor los lotes y minimizar los errores de muestreo en los proyectos de IPNI SEA, el número de racimos analizados por cada lote se incrementó varias veces en comparación con el valor de 23-65 racimos lote utilizado por Wood *et al.*, (1987). Entre diciembre de 2009 y junio de 2011

se muestrearon más de 13.750 racimos maduros de 50 lotes comerciales (promedio de 275 racimos por lote) en cinco sitios de Indonesia (dos en Sumatra y tres en Kalimantan) y se analizaron conforme al procedimiento descrito por Oberthür *et al.*, (2012).

Se escogió la variable BA en lugar del procesamiento por grupos por dos razones. Ante todo, el procesamiento por grupos de lotes individuales es muy difícil de organizar. La producción total de un lote durante dos o tres días normalmente no es suficiente para mantener funcionando la planta durante el tiempo necesario para obtener un estimativo razonable de OER y KER (extracción de palmiste). Además, es extremadamente difícil coordinar las actividades a nivel de un lote con las plantas procesadoras. En segundo lugar, el procesamiento por grupos incluye variaciones originadas a partir del manejo de la planta, mientras que el BA evalúa el EOC_M de los racimos maduros sin distorsiones causadas por la variación en el desempeño de la planta o las pérdidas de la cosecha en el campo.

El procedimiento de BA que ha adoptado IPNI SEA se puede utilizar en cualquier plantación que tenga instalaciones muy básicas. Solamente uno de los cinco sitios del proyecto de IPNI SEA contaba con una unidad de investigación con instalaciones y personal idóneos para realizar el BA. En los otros cuatro sitios se formaron grupos de BA que recibieron entrenamiento en el procedimiento de IPNI SEA y se establecieron instalaciones para BA modificando las edificaciones existentes (como una casa de trabajadores vacía). Sin embargo, el BA requiere mucha mano de obra y los procesos de extracción Soxhlet son dispendiosos.

Los lotes con mejores prácticas de manejo se cosecharon con un intervalo corto (siete días) entre cosecha (HI) junto con una norma mínima baja de madurez (MRS) generalmente de 1, y un máximo de 5 LF antes de la cosecha. En los bloques de referencia (REF) se utilizaron los protocolos actuales de cosecha de la plantación con intervalos de 10 días y la misma MRS que en los lotes con BMP. Los lotes en los que se aplicaron las BMP produjeron invariablemente unos rendimientos superiores de FFB que los lotes REF. El EOC_M tendió a ser menor con los protocolos de BMP aplicados a la cosecha. Puesto que se consideró que

los procedimientos de cosecha fueron mejores en los lotes con BMP, el menor EOC_M puede reflejar un efecto directo de las prácticas de manejo sobre el contenido de aceite donde pudo haber una compensación entre el rendimiento de los FFB y el contenido de aceite. Fue solamente a través del BA que pudimos detectar los efectos del manejo sobre el EOC_M .

Se hicieron auditorías de las cosechas para calcular el número de LF sin recoger por racimo, y el número de racimos no maduros del cultivo cosechado. Los FFB cosechados en los lotes con BMP tuvieron menos LF por racimo, pero puesto que el número total de racimos recuperados por hectárea fue mayor en estos, la cantidad total de LF en ocasiones fue más alta para los lotes donde se aplicaron las BMP. Sin embargo, la pérdida absoluta total de LF fue menor en los bloques con BMP que en los bloques REF. No hubo diferencia en el porcentaje de racimos no maduros entre los lotes BMP y REF. Las menores pérdidas por cuenta de los frutos sueltos aumentó el FORE con los procedimientos de cosecha BMP.

Los datos del BA generados a partir de los proyectos de IPNI SEA arrojan luces sobre la variación del EOC_M en los FFB dentro de los lotes y entre estos. Nuestras observaciones sobre los lotes comerciales mostraron una correlación positiva débil entre el número de LF por racimo y el EOC de cada racimo (Figura 1). La variación del EOC de los racimos individuales fue tan grande que la noción de un mayor número de LF como indicador confiable de un EOC más alto es cuestionable. En efecto, una atención excesiva al objetivo de aumentar la OER real aumentando la MRS, como lo indica el mayor número de LF que queda en el campo, podría ser contraproducente y generar menores rendimientos de los racimos como consecuencia de mayores pérdidas representadas en frutos sueltos, con poca o ninguna compensación en mayor contenido de aceite.

Estos hallazgos tienen implicaciones importantes para la industria. Ante todo, usar unos procedimientos sin verificaciones periódicas para determinar su precisión puede llevar a malas decisiones. En segundo lugar, en una industria abocada a escasez de mano de obra severa, la posibilidad de aliviar las restricciones impuestas sobre las normas mínimas de madurez (MRS), lo cual podría facilitar las ope-

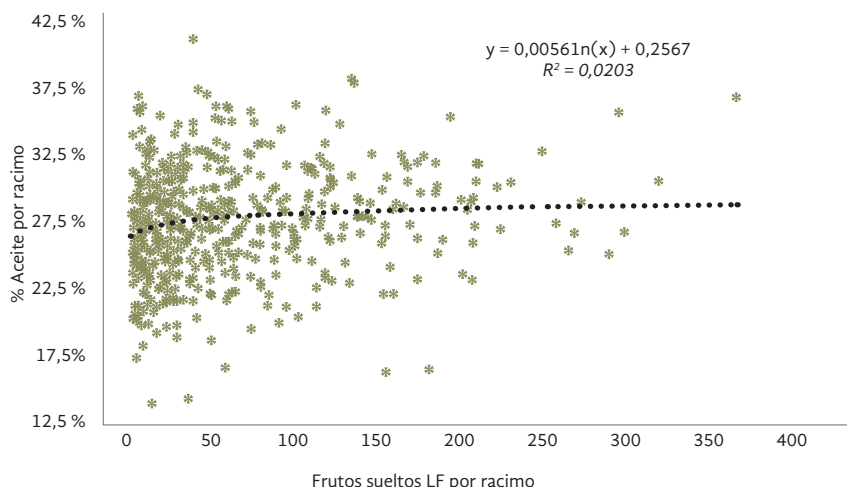


Figura 1. Relación entre el aceite obtenido por racimo y el número de frutos sueltos por racimo (Oberthür *et al.*, 2012). Número total de muestras: 557 (BMP y RBF combinado)

raciones de cosecha y aumentar la FORE con efectos insignificantes sobre la MORE, es una alternativa atractiva. Por tanto, la industria podría modificar las definiciones de los grados de madurez de los FFB con base en unas observaciones cuantitativas en campo con mediciones de la $EOER_p$, en lugar de continuar con discusiones improductivas entre las extractoras y las plantaciones, basadas apenas en opiniones. Sin embargo, a fin de adoptar este tipo de prácticas, sería conveniente contar con un medio para monitorear las $EOER_p$, MORE y FORE.

En los ensayos de las BMP no se registró el número de racimos pasados por alto ni en los lotes BMP ni en los REF. Sin embargo, los datos recopilados en lotes comerciales como parte del proyecto *Plantation Intelligence* (Cook *et al.*, en esta conferencia), apuntan hacia una asociación entre los FFB cosechados y la intensidad de mano de obra de la cosecha. Esos datos sugieren que, en particular durante los picos de producción, podrían pasarse por alto FFB maduros y no cosecharse. Por consiguiente, hemos introducido en la base conceptual el número de racimos no cosechados (BNO_{NH}). En Colombia, Mosquera *et al.*, (1997) desarrollaron un sistema de trabajadores calificados encargados de identificar los racimos maduros y marcar las palmas en preparación para la cosecha. Aunque no mencionan ningún efecto sobre el número de racimos cosechados por unidad de área, incorporan la idea de retirar las marcas de color cada vez que se cosecha un racimo, permitiendo la posibilidad de auditar los racimos sin cosechar mediante la observación de las marcas que quedan en el campo. Sugerir-

mos realizar auditorías de rutina del número de racimos no cosechados a fin de evaluar las pérdidas reales debidas a la simple omisión de los racimos durante el proceso de cosecha, o a la falta de acceso a los campos como consecuencia de inundación o, problemas laborales o de otra índole. El método colombiano de marcar los racimos listos para cosechar descrito por Mosquera *et al.*, (1997) podría servir de base para un sistema de ese tipo.

Al combinar el BA y los datos de auditoría de la cosecha, las plantaciones pueden calcular la FORE como medida de la eficiencia de sus procesos de recuperación del cultivo (Donough *et al.*, 2013). La eficiencia de recuperación del aceite en campo (FORE) representa las pérdidas ocurridas en campo como producto de las pérdidas por LF, pérdida de calidad (es decir, madurez) de los racimos cosechados, y las debidas al simple hecho de no cosechar los racimos. Además, el contenido estimado de aceite de los frutos cosechados, EOC_{HP} el cual se supone que es igual a la tasa del potencial estimado de extracción del aceite ($EOER_p$) de los FFB que llegan a la planta, sirve de base para que las plantas procesadoras determinen su verdadera eficiencia de extracción con base en el total de aceite en los frutos entregados a la planta, en comparación con la producción de aceite en la planta, es decir, la MORE.

En las fases iniciales de su trabajo, Wood *et al.*, (1987) utilizaron el procesamiento en lote de los FFB para determinar la OER, la cual es semejante pero no igual a la $EOER_p$, puesto que la OER incluye las pérdidas del proceso industrial. Utilizaron el BA para

calcular la cantidad total de aceite en el FFB, es decir EOC_M (o lo que en ocasiones se denomina OER potencial). Este estimativo se basa en racimos maduros y no incluye los racimos inmaduros. Wood *et al.*, (1987) demostraron una relación estrecha entre la OER potencial determinada por medio del BA y la OER calculada a partir del procesamiento de lotes de fruto. Esto no sorprende puesto que los lotes se hicieron en la misma planta procesadora y no habría que esperar grandes diferencias en la eficiencia de extracción entre los distintos lotes. Al mismo tiempo, aunque hay una relación estrecha entre la EOR potencial y la EOR obtenida por la planta extractora, esta relación no brinda un estimativo exacto de la verdadera eficiencia de extracción de una planta en particular.

Por otra parte, la $EOER_p$ es un estimativo del contenido de aceite de los racimos que llegan a la planta. La $EOER_p$ es una característica del FFB y el procesamiento en la planta no la afecta. La comparación de la producción total de aceite de la planta (TOO) con el aceite entregado en la planta en los frutos $(\sum EOER_p \times FFBR)/100$ o TOE da la MORE, la cual proporciona un estimativo real de la eficiencia de la planta extractora en términos de la extracción de aceite a partir del material específico recibido. Estos estimativos de la MORE brindan información a la planta sobre su posición en comparación con otras procesadoras, y también le permite evaluar las variaciones de su eficiencia con la variación de la calidad de las entregas de FFB provenientes de distintas fuentes. *A priori*, sería de esperarse que la eficiencia de la planta fuera superior en la medida en que el contenido de aceite del material entrante sea mayor.

En la actualidad, el tamaño reducido de los lotes de racimos y los métodos para evaluar el desempeño de las extractoras dificultan la asociación entre la eficiencia de extracción y los lotes individuales de fruto provenientes de lotes particulares dentro de la plantación. Cenipalma ha desarrollado un enfoque interesante frente a este problema (Nieto Mogollón *et al.*, 2011; Yáñez & García, 2009). Un estudio de tiempos y movimientos determina el tiempo requerido desde el momento de descargue de un vagón hasta el momento en que se obtiene el licor de prensa en una planta en particular. El flujo del licor de prensa se mide por medio de un vertedero rectangular de medida. Del li-

cor de prensa se toman muestras periódicamente y el contenido de aceite se calcula por separación. A partir de la medición del volumen del licor de prensa y su contenido de aceite se calcula el contenido de aceite de los racimos originales, con base en los siguientes supuestos: los racimos entran a la planta conforme a su capacidad; estimativos estándares de pérdida entre los cuales se cuentan las pérdidas de los racimos vacíos y los frutos adheridos a ellos, las pérdidas de condensados y las pérdidas del lodo derivado del proceso de clarificación. Aunque quizás sea necesario afinar más el método, particularmente en cuanto al cálculo de las pérdidas y la tasa de flujo que puede variar conforme a la composición de un lote, es interesante el enfoque de monitorear el desempeño de la extracción y relacionarlo con lotes o vagones particulares de fruto entregados en la planta. Sin embargo, este método por sí solo no resuelve el problema de evaluar la MORE a menos de que se evalúe también la $EOER_p$.

Wood *et al.*, (1987) comentan sobre las diferencias sorprendentemente grandes de la EOR potencial y nuestros datos confirman esta observación. Esto sugiere que medir de rutina la OER potencial o la $EOER_p$ podría servir para guiar a la industria hacia un mejor desempeño. El BA probablemente sea el único método confiable disponible en este momento para calcular la $EOER_p$, pero requiere uso intensivo de mano de obra y no se ha adoptado como procedimiento de rutina. Sugerimos que debe ser posible desarrollar un procedimiento de muestreo simple pero eficaz para determinar la $EOER_p$ de los FFB que llegan a la planta. La industria azucarera ha desarrollado varios medios para calcular el azúcar recuperable que llega en la caña. Los métodos toman en consideración la gran variación que existe entre los lotes de caña que llegan a los ingenios: esta variación también es una preocupación en palma de aceite. Uno de los métodos más efectivos en la industria azucarera es el muestreo de la caña unido a la espectroscopía cercana al infrarrojo (NIR). Consiste básicamente en introducir un cilindro cortante (*core sampler*) dentro de los vagones a un ángulo determinado para tomar una muestra, que se puede analizar por diversos medios. Actualmente, muchos en la industria azucarera sencillamente muelen la muestra y después la analizan directamente mediante NIR (véase, por ejemplo, Edye y Clarke, 1996). Hay muchos reportes sobre la efectividad de la NIR

para determinar el contenido de aceite y la calidad de las muestras de palma de aceite (Kasemsumran *et al.*, 2012; Nurul Aslah, 2010; Panford & deMan, 1990). Sugerimos que la industria palmera podría desarrollar rápidamente un sistema semejante al *core sampler* unido al análisis de NIR; vale la pena señalar que Nurul Aslah (2010) indicó que había desarrollado un sistema NIR para analizar los racimos de fruto, pero no hemos podido tener acceso a su trabajo.

Una vez calibrado, un sistema de NIR debe poder determinar el contenido de aceite del mesocarpio, el de palmiste, la fibra, la humedad y también el de ácido esteárico y oleico de las muestras molidas de racimos de frutos frescos o de frutos sueltos. Sugerimos que la información obtenida del NIR se podría utilizar para determinar los niveles de EOC en los FFB entregados a la planta, EOC_{HF} de las muestras tomadas de los vagones que llegan a la planta. La estimación del EOC_{HF} es de gran importancia debido a que les permitiría, tanto a las plantas procesadoras como a los cultivadores, conocer exactamente lo que reciben y entregan en términos de calidad. Asimismo, los cultivadores y extractores podrían moler racimos inmaduros, determinar su contenido de aceite y utilizar esa información para modificar las normas de madurez, y basarlas en una evaluación cuantitativa de la asociación entre las normas de madurez y el contenido de aceite.

Otra posibilidad emanada de este tipo de análisis sería determinar el contenido de palmiste en el fruto. Como mínimo, debería ser posible distinguir entre el aceite de palmiste y el CPO y, por ende, el contenido de ambos en los racimos.

Si no se pusiera en marcha un sistema de *core sampler*, se podrían realizar tanto el actual análisis de racimo como el sistema de Cenipalma mediante un análisis directo de NIR en los frutos y el licor de prensa. En el sistema de Cenipalma hasta se podría obtener una lectura continua del licor de prensa mediante NIR. Actualmente, en otras industrias como la cervecera y la del papel, los sistemas de NIR facilitan el proceso de monitoreo continuo.

Aunque se utilizaran de rutina las técnicas de NIR con algo semejante al *core sampler*, de todas maneras sería necesaria la auditoría de la cosecha a fin de de-

terminar el número de racimos no cosechados y los frutos sueltos que no se recuperan. Esta información es esencial para determinar la FORE.

Conclusiones

Son grandes las variaciones del porcentaje de aceite en los racimos ($EOER_p$) que salen de las plantaciones y llegan a las plantas procesadoras. La variación tiene que ver con las diferencias entre los lotes y los procedimientos de cosecha. Las plantas procesadoras prácticamente desconocen la calidad del material que reciben, mientras que los cultivadores tienen poco conocimiento de la calidad intrínseca de los racimos que entregan. Con escaso conocimiento de la variación de la calidad son pocos los incentivos para mejorarla. Las plantas extractoras no pueden medir su eficiencia si desconocen la calidad de los racimos que reciben. Los cultivadores no reciben compensación por mejorar la calidad y, además, la categoría de sus entregas se podría degradar con base en una evaluación altamente subjetiva como la relacionada con las normas de madurez. Según nuestros datos, las MRS tienen baja correlación con la $EOER_p$. Es obvio que esto genera discordia y malas relaciones entre los cultivadores y las plantas procesadoras. Asimismo, las plantas pueden recibir racimos con bajo contenido de aceite provenientes de ciertos cultivadores, pero en este momento no están en capacidad de identificar los lotes o los cultivadores que les proporcionan racimos de mayor calidad.

El único medio viable actualmente en la industria para determinar la $EOER_p$, la característica más importante de la calidad del FFB, es el análisis de racimo (BA). Sin embargo, el BA no se utiliza como práctica de rutina; este se podría facilitar reemplazando el proceso Soxhlet por la tecnología NIR. Sugerimos desarrollar y utilizar la tecnología NIR junto con sistemas de muestreo semejantes a los utilizados en la industria de la caña de azúcar para determinar la $EOER_p$ de rutina.

Además, las auditorías de la cosecha en las plantaciones, junto con el análisis de los racimos maduros e inmaduros y de los frutos sueltos mediante la tecnología NIR, podrían brindarle a la industria un medio de evaluación de la eficiencia con la cual el

sector recupera el aceite producido en campo (FORE). La determinación rutinaria de la EOER_p proporcionaría a los cultivadores información sobre la calidad del producto que les entregan a las plantas procesadoras, y abriría la posibilidad de pago por calidad. La información relativa tanto a la EOER_p como al peso de los FFB de cada entrega les brindaría a las plantas una base sólida para determinar su eficiencia de extracción del aceite de los racimos.

Un mejor monitoreo de los dos componentes, plantación y planta extractora, dentro del proceso global de recuperación del aceite, basado en mediciones en lugar de criterios dudosos, reducirá la fricción entre los dos actores y promoverá un mejor desempeño del sector.

Unos estimativos claros de la EOER_p de los FFB que llegan a la planta permitirán que se hagan las evaluaciones y los pagos a los cultivadores con base en el contenido del producto final, estimulándolos para que mejoren todavía más la FORE y la EOER_p. Así po-

dría iniciarse un ciclo virtuoso en el cual se calcula el potencial del contenido de producto de las entregas individuales de FFB y se utiliza la información para mejorar la recuperación del cultivo en la plantación.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Comité Organizador del IOPC 2014 por aceptar la presentación de este documento. El permiso para presentar el documento fue concedido por *IPNI South East Asia Program (SEAP)* y los socios de las plantaciones que colaboraron en el proyecto *BMP Mature Oil Palm Project*. Todos los datos presentados fueron generados por IPNI SEA y los socios del proyecto BMP en Indonesia: (en orden alfabético) PT Bakrie Sumatra Plantaciones Tbk, PT REA Kaltim Plantaciones, PT Sampoerna Agro Tbk, y Wilmar International Ltd. La financiación del proyecto fue concedida por IPNI SEA, Canpotex International Pte. Ltd., y K+S Kali GmbH.

Referencias bibliográficas

- Adzmi H., Nor-Hayati M., Zulkifli, A.R., Rohaya M.H., Hasliyanti, A., & Mazlina, S. (2012). Improving mill oil extraction rate under the Malaysian National Key Economic Area. *Palm Oil Engineering Bulletin*, 103, 32-47
- Chew, P.S., Goh, K.J., & Gan, H.H. (1999). An AAR update on the Malaysian oil palm industry low OER problems. AAR News, January 1999 (an internal newsletter of Applied Agricultural Resources Sendirian Berhad, available online at www.aarsb.com.my)
- Cock, J.H., Luna, C.A., & Palma, A. (2000). The trade-off between total harvestable production and concentration of the economically useful yield component: cane tonnage and sugar content. *Field Crops Research*, 67, 257-262
- Cook, S., Lim, C.H., Mohanaraj, S.N., Samosir, Y.M.S., Donough, C.R., Oberthür, T., Lim, Y.L., Cock, J., & Kam. S.P. (2014). Palm oil at the crossroads: the role of plantation intelligence to support change, profit and sustainability. Unpublished document.
- Corley, R.H.V., & Tinker, P.B.H. (2003). *The Oil Palm*, 4th edition. Wiley & Sons.
- Donough, C.R., Cock, J., Oberthür, T., Indrasuara, K., Gatot, A.R., & Dolong, T. (2013). *Estimating oil content of commercially harvested oil palm fresh fruit bunches – a step towards increasing palm oil yields*. Poster presented at PIPOC 2013, November 2013, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Edye, L.A., & Clarke, M.A. (1996). Sugarcane Quality Analyses By Near Infrared Spectroscopy. In: Proc South African Sugar Cane Technologists Association, 70: 127-130

- Hugot, E. (1958). Critere et formule de comparaison entre champs, parcelles, varietes ou traitement de cannes. *Revue Agricole et Sucriere de L'Île Maurice*, 37, 212-216.
- Kasemsumran, S., Thanapase, W., Punsuvon, V., & Ozaki, Y. (2012). A feasibility study on non-destructive determination of oil content in palm fruits by visible–near infrared spectroscopy. *J. Near Infrared Spectrosc.* 20, 687–694
- Mosquera, M., Fontanilla, C.A., Martínez, R., Sánchez, A.C., & Alarcón, W. (2009). Identifying oil palms with ripe bunches before harvesting, IRBBH: a strategy for increasing labor productivity. *In: Proc. PIPOC 2009 Int. Palm Oil Cong.- Agri, Biotech & Sustainability Conf.* Malaysian Palm Oil Board, Kuala Lumpur, 993-1006.
- Nieto Mogollón D.I., Yáñez, E., García-Núñez, J.A. y Martínez González, A. (2011). Medición del potencial industrial de aceite en plantas de beneficio usando sistemas de medición de caudal tipo vertederos: diseño y operación. (*Potential industrial oil content measurement weir system to estimate flow: design and operation*). Centro de Investigación en Palma de Aceite – Cenipalma Bogotá. Boletín Técnico No. 28 Disponible en: https://www.google.co.uk/search?q=cenipalma+boletin+28&oq=cenipalma+boletin+28&aqs=chrome..69i57j0j8&sourceid=chrome&es_sm=122&ie=UTF-8
- Nurul- Aslah, I. (2010). *Quick determination of actual oil content in oil palm fruit bunch using near infra-red (NIR) scanning spectrometer*. B Engr (Chem Engr). Thesis, Faculty of Chemical and Natural Resources Engineering, Universiti Malaysia Pahang.
- Oberthür, T., Donough, C.R., Indrasuara, K., Dolong, T., & Abdurrohman, G. (2012). Successful intensification of oil palm plantations with best management practices: Impacts on fresh fruit bunch and oil yield. *In: Proc Int'l Planters' Conference 2012*, Pushparajah, E. (ed), The Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur, 67-102.
- Panford, J.A. & de Man, J.M. (1990). Determination of oil content of seeds by NIR: Influence of fatty acid composition on wavelength selection. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 67(8), 473- 482
- Wood, B.J., Ismail, S., Hon, D., Gan, L.T. & Ng, S.K. (1987). A measurement of achieved palm oil extraction ratios against the potential. *The Planter*, 63, 337-357.
- Yáñez, E.E. & Garcia, J.A. (2009). Technological developments to increase the efficiency of the clarification process and to determine the oil potential in FFB. *In: Proc. PIPOC 2009 Int. Palm Oil Cong. – Chem., Process Tech. & Bioenergy Conf.* Malaysian Palm Oil Board, Kuala Lumpur, 89-101.