

Estimación de los costos de extracción de aceite de palma *E. guineensis* en 2019 para plantas de beneficio ubicadas en la Zona Norte

Estimation of *E. guineensis* Milling Costs in 2019 for Oil Palm Mills Located at Colombian Northern Zone

CITACIÓN: Guerrero-Sánchez, A. E., Muñoz-Z., H. S., Obando-C., D. del S., Marsiglia-R., E. A., Gantiva-S., J. C., Muñoz-M., J. A., Garavito-J., W. F., Reina-U., E. M., Cala-A. S. L. & Mosquera-Montoya, M. (2020). Estimación de los costos de extracción de aceite de palma *E. guineensis* en 2019 para plantas de beneficio ubicadas en la Zona Norte. *Palmas*, 41(3) 24-36.

PALABRAS CLAVE: costo unitario, planta de beneficio de aceite de palma, *E. guineensis*, comparación de costos.

KEYWORDS: Unit cost, palm oil mill, *E. guineensis*, costs comparison.

* Artículo de investigación e innovación científica y tecnológica

RECIBIDO: septiembre de 2020.

APROBADO: septiembre 2020.

GUERRERO SÁNCHEZ ANDERSON E.

Extensionista PBP de Cenipalma

MUÑOZ ZAMBRANO HÉCTOR S.

Director de Planta de Extractora Palmaceite S. A.

OBANDO CORAL DORIS DEL S.

Directora de Planta de Extractora El Roble S. A. S.

MARSIGLIA R. EDWIN A.

Director de Planta de Extractora Padelma Ltda.

GANTIVA S. JUAN C.

Jefe de Planta de Gradesa S. A.

MUÑOZ M. JAVIER A.

Director de Planta de Extractora Aceites S. A.

GARAVITO J., WILSON F.

Subgerente de Planta de Extractora Sicarare S. A. S.

REINA U. EDWIN M.

Jefe de Planta de Extractora Oleoflores S. A. S.

CALA M. SILVIA L.

Extensionista PBP de Cenipalma

MOSQUERA MONTOYA MAURICIO

Coordinador de la Unidad de Validación de Cenipalma

Autor de correspondencia

mmosquera@cenipalma.org

Resumen

En la agroindustria de palma de aceite en Colombia hay escasez de información detallada de los costos en los que incurre una planta de beneficio para extraer aceite de palma crudo (APC) de racimos de fruta fresca (RFF). El objetivo de este estudio fue ayudar a llenar este vacío, al proponer

un método para estimar los costos unitarios, el cual se utilizó para calcular los costos variables en 2019 en plantas de beneficio de la Zona Norte del país. En total, nueve plantas de beneficio participaron en este estudio.

Estas plantas procesaron 1.236.744 toneladas de RFF durante 2019, lo que correspondió a 71 % de la cantidad total de RFF procesado por las plantas de beneficio de la Zona Norte durante 2019. Cabe destacar que, para determinar las variables utilizadas en la recopilación de datos, el periodo a considerar y, cómo construir indicadores, se realizaron varias reuniones entre directores de las plantas de beneficio e investigadores de la Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma).

Los resultados indican que según la participación en el costo (variable), la mano de obra representa el 48 %, el mantenimiento el 37 % y el agua y la energía 15 %. El costo de extraer el aceite de palma crudo (APC) de una tonelada de RFF osciló entre \$ 29.555/t RFF y \$ 45.388/t RFF. En consecuencia, los costos de extraer una tonelada de APC oscilaron entre \$ 143.749/t APC y \$ 220.761/t APC. Por último, un resultado interesante indicó que la capacidad instalada de la planta, que suele creerse es el factor más importante en la determinación de los costos de procesar RFF debido a la economía de escala, en realidad pasó a un segundo plano, ya que la fuente de energía terminó siendo el factor determinante en la reducción de los costos de extracción.

Abstract

In the Colombian oil palm agroindustry, there is a lack of information regarding the specifics of the costs in which an oil palm mill incurs in order to extract crude palm oil (CPO) from fresh fruit bunches (FFB). The goal of this study was to help filling this gap through proposing a method for estimating the unit costs, which was used for estimating the variable costs in 2019 at mills from the Colombian Northern Zone. In total, nine mills participated in this study.

Altogether these mills crushed 1,236,744 tons of fresh fruit bunches (FFB) during 2019, which corresponded to 71% of the total amount of FFB crushed by mills in the Northern Zone during 2019. It must be highlighted that in order to determine the variables used for gathering data, the period to consider and, how to construct indicators; there were various meetings among oil mill managers and researchers from the Colombian Oil Palm Research Center (Cenipalma).

Results indicate that according to their participation on variable costs, labor represents 48%, maintenance 37%, water and electric power (15%). Additionally, the costs of extracting the crude palm oil (CPO) from a ton of FFB ranged from COP 29,555/t FFB to COP 45,388/t FFB. Consequently, the costs of extracting a ton of CPO ranged from COP 143,749/t CPO to COP 220,761/t CPO. Finally, an interesting result indicated that the installed capacity of the mill, which is often believed to be the most important factor in determining the costs of crushing FFB because of economies of scale, actually plays a secondary role and it was found that the source of energy ends up being the main driver of the reduction in milling costs.

Introducción

En el año 2003 Fedepalma realizó un ejercicio anual de estimación de los costos de producción para la agroindustria de aceite de palma, cuyos resultados quedaron consignados en los informes anuales para el periodo 2003-2014 (Duarte *et al.*, 2007; Duarte *et al.*, 2013). A

partir de la estimación de costos para el año 2015, las áreas de Economía de Fedepalma y la de Evaluación Económica de Cenipalma desarrollaron el ejercicio de actualización de los costos de producción, cuyos resultados se sintetizaron en los artículos de costos de producción (Mosquera *et al.*, 2017; Mosquera *et al.*, 2018), y los *brochures* de costos (Mosquera *et al.*, 2016;

Mosquera *et al.*, 2019). El enfoque metodológico de los ejercicios recién mencionados corresponde a la ingeniería económica, es decir, tiene en cuenta procesos, frecuencia de estos y precios.

El sector palmero se destaca, en el contexto colombiano, por contar con información de costos de producción actualizada y disponible para la consulta de personas interesadas en conocer aspectos económicos de la agroindustria y para el desarrollo de ejercicios de referenciación competitiva. Esto es relevante porque ha permitido conocer el desempeño productivo y los costos de producción de empresas de la agroindustria colombiana de la palma de aceite que son referentes por la adopción de buenas prácticas y de tecnologías disponibles. Adicionalmente, las empresas participantes están ubicadas en las cuatro zonas palmeras de Colombia, lo cual permite entender diferencias de manejo que dependen del entorno (régimen de precipitación, topografía, suelos, ser proclive al surgimiento de malezas, plagas más frecuentes, amenaza por enfermedades, entre otras). De otra parte, estos estudios permiten que el sector palmero colombiano conozca su posición competitiva frente a los líderes de la agroindustria a nivel mundial. Estos resultados parten de entrevistas y encuestas que diligencian las personas que lideran los procesos de la agroindustria (campo-planta de beneficio) y personal encargado de las áreas financieras.

Otros trabajos que se refieren a los costos de la agroindustria a nivel mundial, son los realizados por consultoras como LMC y Oil World (LMC, 2018), los cuales permiten hacer comparaciones con productos sustitutos (girasol, colza, canola, coco, soya, cebo, etc.) a nivel mundial, en temas relacionados con precios, costos de producción, inventarios y mercados. Su principal aporte es el análisis de las proyecciones del negocio de los aceites y grasas a nivel mundial.

En cuanto a los costos de extracción del aceite de palma, no se encontraron estudios actualizados que den a conocer en detalle la distribución de los rubros que componen los costos variables en una planta de beneficio. En los trabajos recién mencionados, el costo de esta etapa de la agroindustria se calcula a partir de algunos indicadores generales. Por ejemplo, los de Fedepalma y Cenipalma parten del costo total de procesar una tonelada de racimo de fruta fresca (RFF), las tasas de extracción de aceite y un valor estándar de la

capacidad de la planta de beneficio expresada en toneladas de RFF por hora. El seguimiento a indicadores del costo del fruto es relevante porque permite a los actores involucrados la gestión de sus procesos a partir de patrones de referencia.

Dada la necesidad de las plantas de beneficio por conocer información referente a los costos de extracción de aceite de palma, desde el año 2015, la Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma) ha gestionado el desarrollo de ejercicios de unificación de metodologías para la medición del costo de procesamiento, en el contexto de los Comités Asesores de Investigación Regionales en plantas de beneficio. Este artículo presenta los resultados de un ejercicio de referenciación en costos de extracción de aceite en dichas plantas, exceptuando los costos fijos, costos de materia prima (RFF) y crédito de almendra. Este trabajo fue realizado en 2019 y 2020 con información de costos de producción de 2019 para plantas de beneficio de la Zona Norte. El principal objetivo era estimar el costo de procesamiento de cada empresa y permitir que los resultados fuesen comparables. El texto está organizado en cuatro secciones. La primera corresponde a la presente introducción. En la segunda, se describen los aspectos metodológicos del ejercicio. La tercera, sintetiza los resultados relacionados con el costo de procesamiento en planta de beneficio. Finalmente, se presentan las conclusiones del estudio.

Metodología

Empresas participantes

Para el ejercicio de estimación de costos de procesamiento se contó con la participación de 9 plantas de beneficio de la Zona Norte, 5 del departamento del Magdalena y 4 del departamento del Cesar. Para el año de referencia del estudio 2019, las plantas de beneficio participantes procesaron 1.236.744 toneladas de RFF, que correspondieron al 71 % del total de la fruta procesada en la Zona Norte (Sispa, 2020). Es importante aclarar que todas procesan RFF de cultivos *E. guineensis*.

El ejercicio se desarrolló con las empresas que manifestaron interés en referenciarse y disponibilidad de información relacionada con el costo de

procesamiento. Es decir, pagos a la mano de obra empleada en la planta de beneficio, gastos asociados al mantenimiento de equipos, facturas pagadas para garantizar la provisión de servicios industriales y costos indirectos de fabricación.

De otra parte, las empresas participantes contaban con diferentes capacidades instaladas y diversidad de tecnologías implementadas para el procesamiento de RFF, lo cual permitió considerar diferentes escenarios que reflejaban la generalidad de las plantas de beneficio de Colombia.

Levantamiento de datos

Para el levantamiento de los datos se elaboró un formulario en el cual se sintetizaron 30 preguntas relacionadas con los costos asociados al procesamiento de fruta en una planta de beneficio. La primera sección del formulario tenía las preguntas relacionadas con el tema productivo, fruta procesada y tasa de extracción de aceite (TEA), para el año evaluado 2019 y capacidad instalada. Posteriormente se indagó sobre el costo de mano de obra, el cual se distribuyó en dos grandes rubros. De una parte, la mano de obra relacionada directamente con la operación de la planta de beneficio (costo de mano de obra de operarios) y, de otra parte, la mano de obra correspondiente a jefes de proceso y personal administrativo de la planta. En lo relacionado con el de mantenimiento y otros costos variables se preguntó por los de los repuestos, insumos, consumibles, reparaciones y todos los servicios relacionados con el mantenimiento de equipos y maquinaria. Por último, se consultó sobre los costos de la energía eléctrica, kilovatios consumidos, del agua y otros servicios que se identificaron como indispensables para la operatividad en la planta de beneficio, como es el caso del acceso a internet.

El formulario fue enviado por correo a las plantas de beneficio participantes, y adicionalmente se programaron visitas en las cuales se realizaron entrevistas a los directores y jefes de proceso con el objetivo de profundizar acerca de los rubros a incluir en cada ítem, además, para indagar por los datos concernientes al comportamiento de la TEA, disponibilidad, rendimiento e información relevante para interpretar el comportamiento del costo en cada planta de beneficio.

Estimación del costo de extracción

Participación por rubros en el costo de proceso

Para determinar los rubros que componen el costo del proceso, se tomó como referencia un ejercicio técnico de unificación de criterios para la medición de costos en plantas de beneficio, realizado en el contexto de los Comités Asesores de Plantas de Beneficio. Dicha estructura coincide, a su vez, con la manera en la que estas comúnmente calculan sus costos de producción. Estos dos elementos fueron la base para la concertación de los rubros de costos considerados en el presente trabajo (mano de obra, mantenimiento y servicios industriales).

Costo de mano de obra por tonelada de racimos de fruta fresca procesada

Este rubro se calcula a partir de la sumatoria de los costos de mano de obra sobre las toneladas de fruta procesada para el año evaluado. Los costos de mano de obra, los cuales incluyen todas las prestaciones de ley, corresponden a operarios, mantenimiento, administración de la planta, laboratorio de control de calidad, gestión ambiental, salud ocupacional.

$$\text{Costo MO} \left(\frac{\$}{t_{RFF}} \right) = \frac{\text{MO}(\text{operarios} + \text{administrativa} + \text{mantenimiento} + \text{laboratorio} + \text{GA} + \text{SO})}{t_{RFF} \text{ procesado}}$$

MO operarios: corresponde a la mano de obra de los operadores a lo largo de todas las etapas del proceso, desde la báscula hasta la recuperación de almendra.

MO administrativa: mano de obra de la administración de la planta. En este rubro se tienen en cuenta los cargos de dirección de planta, jefatura de proceso, apoyo administrativo (secretarías) y servicios generales.

MO mantenimiento: mano de obra de personal de mantenimiento que desarrolla labores de mecánica general, lubricación, soldadura y electricidad.

MO laboratorio: mano de obra de auxiliares y analistas de laboratorio.

MO GA: mano de obra de los operadores, auxiliares o tecnólogos del área de gestión ambiental.

MO SO: mano de obra de los auxiliares y tecnólogos del área de salud ocupacional.

Costo de mantenimiento por tonelada de racimos de fruta fresca procesados

Se calcula a razón de la sumatoria de costos de repuestos, mantenimiento, otros servicios sobre las toneladas de fruta procesada para el año evaluado.

$$\text{Costo mantenimiento} \left(\frac{\$}{t_{RFF}} \right) = \frac{\Sigma(\text{repuesto} + \text{mantenimiento} + \text{otros servicios})}{t_{RFF} \text{ procesadas}}$$

Repuestos: dentro de este rubro se incluyeron herramientas, filtros, lubricantes, combustible, transmisiones, válvulas y costos indirectos de fabricación.

Mantenimiento: incluye mantenimiento de maquinaria y equipos, reparaciones locativas, servicios de mantenimientos tercerizados y *outsourcing*.

Otros servicios: se incluyen los servicios de mantenimiento de cargadores, minicargadores, montacargas, vehículos al servicio de la planta de beneficio, también el servicio de evacuación de lodos, etc.

Costo de los servicios industriales por tonelada de racimos de fruta fresca procesados

El costo de los servicios en el procesamiento por tonelada de racimos de fruta fresca se calcula a razón de la sumatoria de los costos de servicios de energía eléctrica y agua sobre las toneladas de fruta procesada para el año evaluado.

$$\text{Costo de servicios industriales} \left(\frac{\$}{t_{RFF}} \right) = \frac{\Sigma(\text{energía eléctrica} + \text{agua})}{t_{RFF} \text{ procesadas}}$$

Energía eléctrica: se calcula del producto de los kilovatios consumidos por el costo unitario de kWh.

Agua: corresponde al valor pagado por el servicio de agua y alcantarillado.

Costo por tonelada de racimos de fruta fresca procesados

El costo de procesamiento por tonelada de racimos de fruta fresca se calcula a partir de la sumatoria de costos asociados al procesamiento de fruta sobre las toneladas de fruta procesadas para el año evaluado.

$$\text{Costo procesamiento PB} \left(\frac{\$}{t_{RFF}} \right) = \frac{\Sigma(MO + \text{mantenimiento} + \text{servicios industriales})}{t_{RFF} \text{ procesadas}}$$

Para este cálculo se tuvieron en cuenta los costos relacionados con la operación directa de la planta de beneficio desde la recepción de racimos de fruta fresca hasta la recuperación de almendra. Los costos asociados a la extracción de aceite de palmiste y otros costos no relacionados con la extracción de aceite de palma no fueron incluidos por no considerarse dentro del alcance del estudio y porque no todas las plantas cuentan con este módulo.

Costo por tonelada de aceite de palma crudo extraído

El costo de procesamiento por tonelada de aceite de palma crudo se calcula a partir de la sumatoria de costos asociados al procesamiento de fruta sobre las toneladas de aceite de palma crudo extraídas para el periodo evaluado.

$$\text{Costo procesamiento PB} \left(\frac{\$}{t_{APC}} \right) = \frac{\Sigma(MO + \text{mantenimiento} + \text{servicios industriales})}{t_{RFF} \text{ APC}}$$

Resultados

Participación de los rubros en el costo de procesar racimos de fruta fresca por tonelada

La Figura 1 muestra el porcentaje de participación de los rubros en el costo de procesar racimos de fruta fresca por tonelada en cultivos *E. guineensis* para el año 2019, en las 9 plantas que participaron en el estudio. La ponderación se realizó con respecto a la cantidad de fruta procesada por cada planta. El rubro de mayor participación fue la mano de obra con un 48 % del costo total, destacando que varias plantas de beneficio aumentaron la mano de obra operativa al implementar un tercer turno de proceso. Esto con el fin de darle cumplimiento a modificaciones realizadas al Código Sustantivo del Trabajo, por el cual un trabajador no puede laborar más de 12 horas extras a la semana. Adicionalmente, ha existido un incremento en la contratación de personal que se desempeña en el área ambiental y salud ocupacional, como consecuencia de la necesidad de tener certificaciones en sostenibilidad para acceder a los mercados internacionales.

El segundo rubro en participación fue el de mantenimiento con 37 % con respecto al costo total. Un

factor diferenciador fue la contratación de servicios de mantenimiento con terceros, pues hizo que este costo fuera mayor en comparación con aquellas plantas de beneficio que realizaban los trabajos con personal propio.

El rubro de servicios industriales, con un 15 %, representó la menor participación sobre el costo total de procesamiento. Este resultado se asoció principalmente con el costo de la energía eléctrica, el cual varió dependiendo la eficiencia en su uso y la fuente de energía eléctrica (cogeneración, red externa, biogás).

Para explicar el comportamiento del costo de procesamiento en las plantas del estudio se realizó un análisis particular de cada uno de los rubros. A continuación, se exponen tanto los rangos de valores identificados, como algunos factores diferenciadores

de acuerdo con las condiciones particulares de las plantas de beneficio evaluadas.

Costo de mano de obra por tonelada de racimos de fruta fresca procesados

Como resultado de esta estimación se encontró que la mano de obra por tonelada de racimos de fruta fresca oscila entre \$ 12.750/t RFF y \$ 26.230/t RFF, siendo la planta de beneficio F la que presenta el menor costo (Figura 2). Esta se encuentra ubicada en un clúster productivo que involucra varios negocios relacionados con la cadena agroindustrial del aceite de palma (extracción, refinación, margarinas, biodiésel), lo que permite distribuir costos de personal de apoyo (administración, gestión ambiental, salud ocupacional y laboratorio) entre los diferentes negocios.

Figura 1. Distribución porcentual de los costos de procesar RFF por tonelada

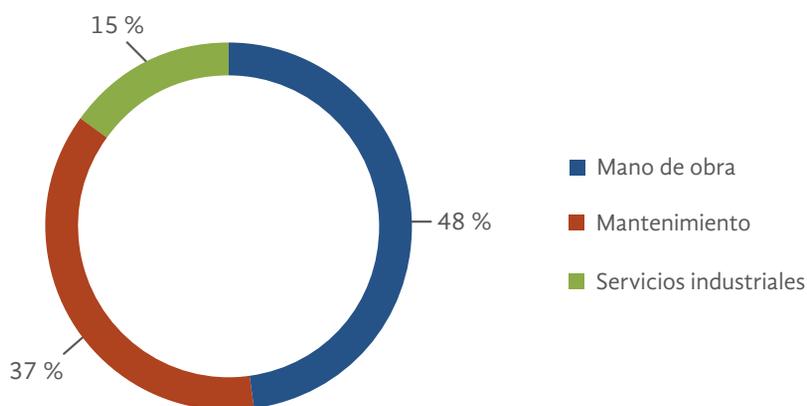
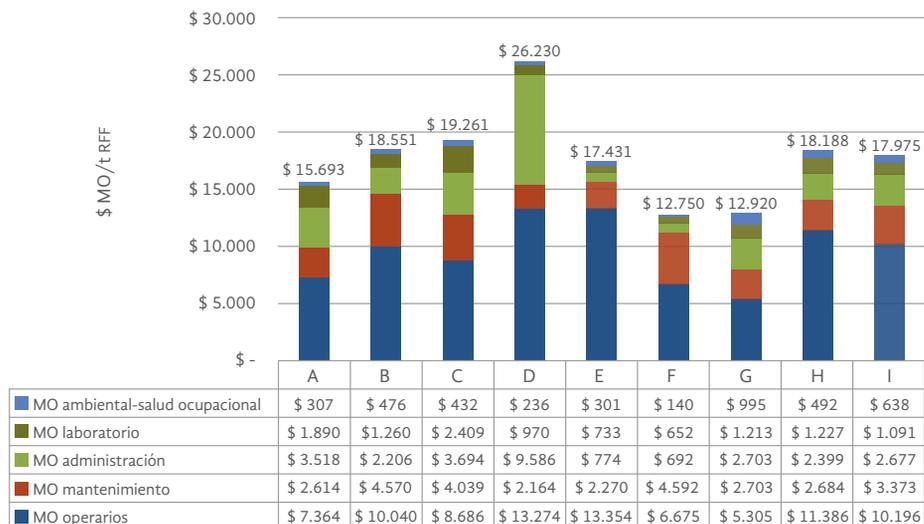


Figura 2. Distribución del costo de mano de obra (MO) por tonelada de RFF procesado



Si bien el costo total por mano de obra muestra amplias brechas entre las plantas, es importante resaltar que cada uno de los elementos que lo componen tiene un comportamiento particular, asociado a las características propias de cada una de las plantas evaluadas. En esta sección, el enfoque de análisis se centrará en la identificación de los factores diferenciadores que explican el comportamiento de cada rubro que participa en la mano de obra.

Los operarios representan la mayor proporción del costo de la mano de obra y su participación oscila entre \$ 5.305/t RFF-\$ 13.354/t RFF, equivalente al 41 % y 77 % respectivamente. El costo está directamente relacionado con las horas de operación y paradas de la planta de beneficio y con la cantidad de racimos de fruta fresca procesados en la misma. A partir de lo observado en las plantas participantes, se identificaron dos elementos de análisis a considerar: la relación entre la mano de obra operativa e indicadores de eficiencia de la planta y el componente tecnológico (automatización, innovación tecnológica).

En cuanto al primer elemento es necesario puntualizar que la disponibilidad y el rendimiento de la planta son variables que determinan la eficiencia general del proceso de extracción de aceite de palma crudo (APC) (Montero *et al.*, 2013). Bajos rendimientos (menor capacidad de proceso) y disponibilidad deficiente (mayores horas de paradas) aumentan la cantidad de horas extras operativas requeridas para procesar un mismo volumen de fruta. En este contexto, el análisis de caso de las plantas evaluadas permitió identificar que la reducción de horas extras, mediante un proceso más eficiente, repercutió en los costos operativos. Este aspecto destaca la importancia de garantizar condiciones óptimas en los equipos y de competencias del personal para mantener los niveles de eficiencia del proceso (superiores al 90 %).

El segundo aspecto es el concerniente a la tecnología disponible para la operación y el control en las plantas evaluadas, y su influencia en la disminución de los costos por mano de obra. Un ejemplo, es el caso de la sección de esterilización, en donde se ha observado que mayores niveles de automatización permiten tener un mejor control y menores requerimientos en mano de obra. Adicionalmente, se ha observado que alternativas tecnológicas como los sistemas de volteo de racimo de fruta fresca (de grúa monorriel a mesa

de volteo), nuevos sistemas de transporte del mismo dentro del proceso (vagonetas y cabrestantes a transportadores tipo Redler) y clarificación dinámica, requieren menos personal.

En una planta de beneficio, el personal de mantenimiento es el encargado de realizar el trabajo preventivo y correctivo de los equipos, estas actividades son de vital importancia para mantener la capacidad de procesamiento. El rubro de mantenimiento tiene una participación entre el 8 %-36 % sobre el costo total de la mano de obra, lo que equivale a \$ 2.164/t RFF y \$ 4.592/t RFF. Esta variación se debe principalmente a la estructura del grupo de mantenimiento. Dentro de las plantas que participaron en el ejercicio, algunas contaban con supervisores de mantenimiento eléctrico y mecánico, mecánicos, electricistas y un equipo de soldadores para reconstrucción de tornillos, mantenimiento de vagonetas y montajes. Mientras que otras plantas solo contaban con el mecánico y electricista de turno y un pasante mecánico o soldador. Es importante destacar que la robustez del grupo de mantenimiento (perfiles y competencias) contribuyó a garantizar condiciones óptimas en los equipos y, por tanto, a la disponibilidad de la planta.

En lo correspondiente a la mano de obra administrativa se encontró un valor atípico de \$ 9.586/t RFF en la planta D, debido a que, a diferencia de las otras, la logística y compra de fruta se cargaba al centro de costos administrativos de la planta. Las demás plantas oscilaron entre \$ 692/t RFF y \$ 3.694/t RFF, correspondiente al 4 % y 19 % del costo total de la mano de obra. Los dos rubros restantes, es decir mano de obra en laboratorio y ambiental (salud ocupacional), presentaron rangos de \$ 652/t RFF a \$ 2.409/t RFF y \$ 140/t RFF a \$955/t RFF (véase en tabla de Figura 2), respectivamente.

Se encontró que el costo de mano de obra por administración, laboratorio, ambiental y salud ocupacional está relacionado con el número de personas que conforman estos grupos de trabajo, asociados a las características de la estructura organizacional de las empresas, y con el volumen de fruta procesado. Las plantas E y F presentaron el menor costo en mano de obra administrativa, laboratorio, ambiental y salud ocupacional, relacionado al hecho de que hacen parte de un clúster productivo.

Costo de mantenimiento por tonelada de racimos de fruta fresca procesados

En la Figura 3 se observa que el costo de mantenimiento por tonelada de racimos de fruta fresca procesados estuvo en un rango de \$ 6.456/t RFF a \$ 22.550/t RFF. Se identificó que los principales factores que repercutieron en dicha variación fueron la diferencia entre las estrategias en la adquisición de repuestos, la estructura del equipo de mantenimiento, que a su vez resultó en menor contratación de servicios de mantenimiento, y el tipo de enfoque del mantenimiento (correctivo o preventivo).

Dentro del costo total de mantenimiento se consideraron tres rubros: repuestos, mantenimiento-reparaciones (incluye el realizado por terceros y *outsourcing*) y otros servicios (Figura 4). La variación entre los valores reportados en el estudio está asociada a las diferen-

tes prácticas de mantenimiento implementadas por las plantas de beneficio.

El costo de los repuestos osciló entre \$ 5.366/t RFF y \$ 13.540/t RFF, que correspondió al 60-85 % (Figura 4) del costo total del mantenimiento. La planta G presentó el menor costo debido principalmente a que implementó técnicas para el revestimiento con soldadura en equipos con partes vulnerables al desgaste por abrasión y corrosión. Esta práctica en particular fue una adaptación de experiencias de la industria azucarera, cuya puesta en marcha permitió alargar la vida útil de los equipos intervenidos. Otras prácticas realizadas por algunas plantas que favorecieron la disminución de los costos en repuestos fueron la homologación de repuestos con proveedores locales y la implementación de estrategias de importación conjunta de repuestos de alto desgaste (tornillos y canastas de prensas de palma, tusa y palmiste).

Figura 3. Costo de mantenimiento por tonelada de RFF procesados

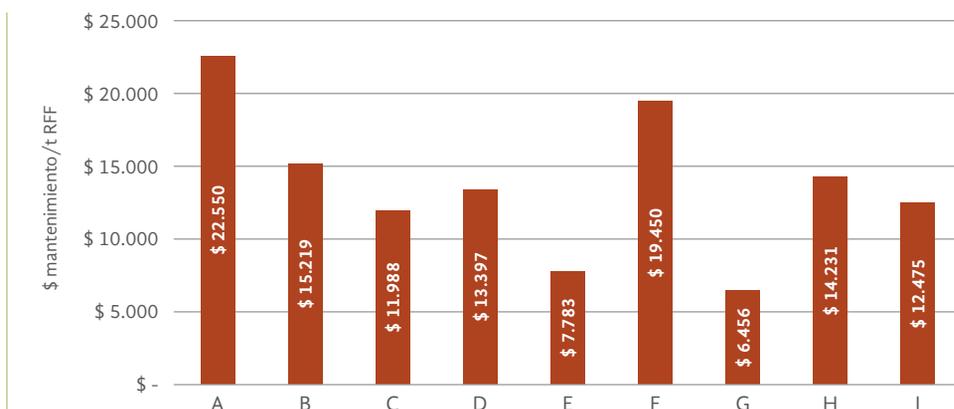
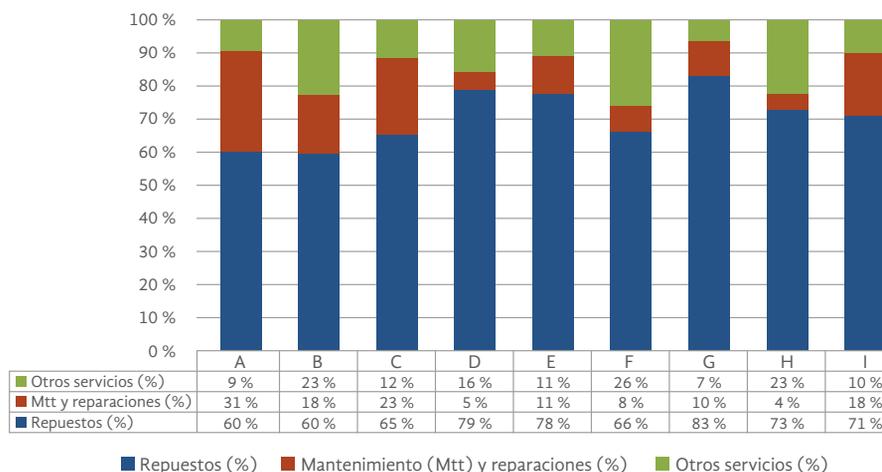


Figura 4. Distribución de los costos de mantenimiento por tonelada de RFF procesados



El costo de mantenimiento y reparaciones osciló entre \$ 602/t RFF y \$6.946/t RFF. Se observó que los menores costos en este rubro estuvieron relacionados con el número de personas y sus competencias con respecto a montaje, calibración y reparación de equipos críticos. Asimismo, en lo que concierne a su capacidad para fabricar sistemas de transporte y otras adaptaciones generales al proceso.

En el ítem de otros servicios se incluyeron aspectos como mantenimiento de maquinaria de transporte y movimiento interno de racimos de fruta fresca y subproductos (retroexcavadora, minicargador y tractores), mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales, servicios de calibración de equipos y mantenimiento a vehículos destinados al transporte de personal. El rango observado para este rubro fue de \$ 427/t RFF-\$ 4.850/t RFF, en el cual, el factor que determinó las diferencias entre los valores observados fue la proporción en que las plantas requerían y contrataban estos servicios.

Costo de los servicios industriales por tonelada de racimos de fruta fresca procesados

De acuerdo con la información consolidada, el costo de los servicios industriales por tonelada de racimos de fruta fresca osciló entre \$ 750/t RFF y \$ 10.714/t RFF. Se destaca que la energía eléctrica tiene el mayor porcentaje de participación en el costo total de los servicios, con valores entre el 85 % y el 95 % (Figura 5).

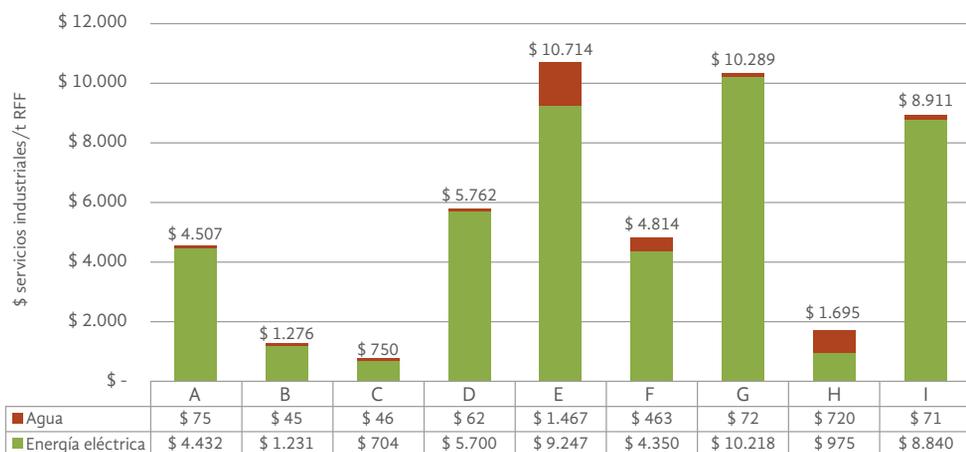
El costo de la energía eléctrica en planta de beneficio está dado por el consumo (kWh) y el costo uni-

tario de la electricidad (\$/kWh). A su vez, el consumo está relacionado con las prácticas y el nivel tecnológico, mientras que el costo del kilovatio-hora se relaciona con la ubicación geográfica (variación de las tarifas por subsidios) y con la matriz energética de la planta (fuente de la energía eléctrica) (Guerrero *et al.*, 2018) (Barrera *et al.*, 2016). La Figura 5 muestra que las plantas B, C y H son las que tienen los menores valores de costos por energía eléctrica. Cabe anotar que las C y H cuentan con sistemas de cogeneración (producen entre el 80 % y el 85 % de la energía que consumen), mientras que la planta B recibe subsidio en la tarifa. Por otra parte, en lo concerniente al rubro de agua, la planta E es quien presenta el mayor costo (\$ 1.467/t RFF) debido a que, por su ubicación geográfica, tiene el servicio de acueducto y alcantarillado incluido en su tarifa.

Costo por tonelada de racimos de fruta fresca procesados

La Figura 6 presenta los costos de procesar una tonelada de materia prima (expresada en pesos por tonelada de RFF) para las 9 plantas de beneficio de la Zona Norte participantes en el estudio. Dicho costo en 2019 osciló en un rango de \$ 29.555/t RFF y \$ 45.388/t RFF, es decir, que por cada peso que la planta G invirtió en procesar una tonelada de fruta (costo menor), la planta que tuvo el costo mayor (planta D) invirtió 1,53 pesos. La brecha entre el costo mayor y el menor (\$ 15.833/t RFF) fue significativa y respondió a la heterogeneidad de las plantas de beneficio que participaron en el ejercicio. A continuación, se presentan algunas de las razones que generaron esta diferencia.

Figura 5. Costo de los servicios industriales por tonelada de RFF procesados



Uno de los indicadores más sobresalientes en la planta G fue el uso de la capacidad instalada y el reporte de paradas no programadas para 2019 que fue muy bajo. Ello se explica porque contó con mano de obra altamente calificada para llevar a cabo actividades de mantenimiento de planta (desde reconstrucciones de tornillos hasta el desarrollo e implementación de proyectos de mejora). Esto le permitió hacer correcciones oportunas, evitar engorrosos trámites administrativos y no depender de la disponibilidad de las empresas prestadoras de servicios de mantenimiento. En el caso de la planta D, el principal factor que explica el alto costo unitario fue el deficiente uso de la capacidad instalada. Se encontró que la planta tenía una capacidad de 27 t RFF/h instalada, y que en promedio para el año 2019 trabajó a 20,4 t RFF/h. Es decir, operó al 75 % de su capacidad, con lo cual debió operar más horas para procesar la fruta que ingresó a la planta.

Una creencia generalizada es que el único factor que determina la eficiencia de las plantas de beneficio es la escala. A partir de la información recopilada para el año 2019, se realizó un análisis para determinar la relación entre el costo de procesar una tonelada de RFF y la cantidad de toneladas de fruta procesada. El resultado esperado era que aquellas plantas de beneficio que procesen mayor cantidad de racimos de fruta fresca fuesen las que tuviesen el menor costo unitario (economía de escala). Sin embargo, esta tendencia no es evidente en el comportamiento de los datos (Figura 7). Esto lleva a concluir que la eficiencia en el proceso no está garantizada por la capacidad instalada. Si bien, la escala es un factor que influye en el costo fijo y, por tanto, en el unitario, existen otros factores que demostraron tener un papel importante en la costo-eficiencia del proceso de extracción de aceite: rendimiento en el proceso de prensado, plan

Figura 6. Costo de procesamiento por tonelada de RFF en plantas de beneficio en la Zona Norte 2019

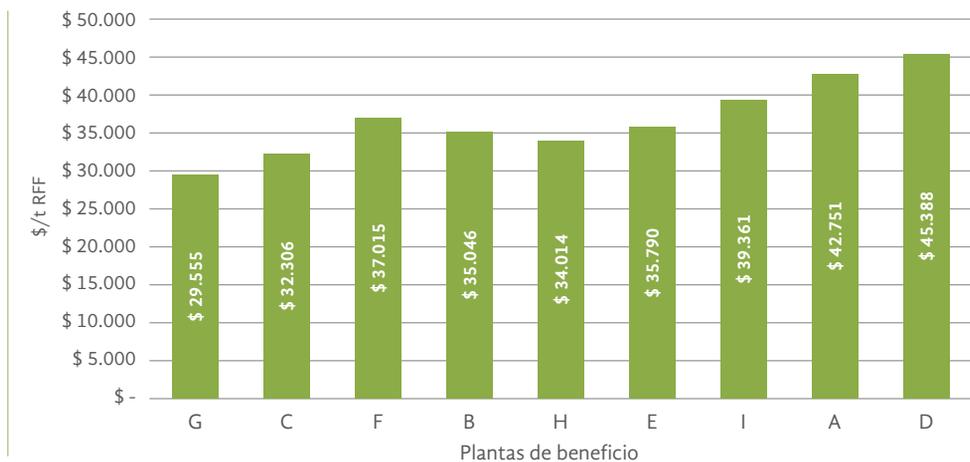
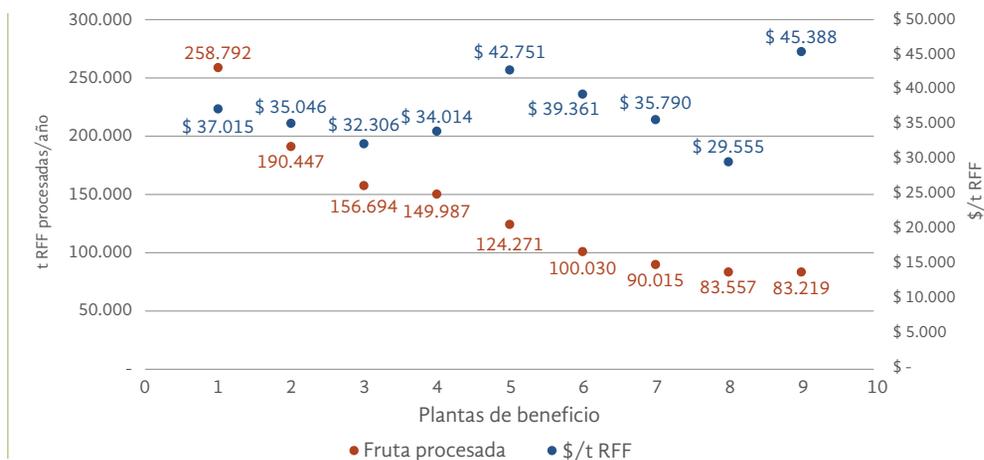


Figura 7. Costo de procesamiento y fruta procesada en 2019 de las plantas de beneficio que participaron en el ejercicio



de mantenimiento enfocado en que la planta esté disponible (24x7) y la autogeneración de energía eléctrica. Esta última es muy importante en la Zona Norte del país debido a las irregularidades en la prestación del servicio a través de la red y al costo unitario de la electricidad.

Costo por tonelada de aceite de palma crudo extraído

La TEA es una de las variables que mide la eficiencia del núcleo palmero (campo-planta), siendo relevante en la estimación del costo del aceite de palma crudo. Es importante resaltar que existe una fluctuación en la TEA de la Zona Norte en los últimos años, la tasa de extracción durante el 2019 fue más baja de lo esperado (20,91 %), en comparación con los valores reportados para el periodo 2017-2018 (21,26 % y 21,52 % respectivamente) (Sispa, 2019). La TEA para 2019 de las 9 plantas de beneficio que participaron del ejercicio estuvo en un rango entre el 19,79 % y el 21,97 % (Figura 8). Esto indica que, por cada tonelada de racimos de fruta fresca procesados, la planta F (quien tiene la mayor TEA), extrajo 21,8 kg más de aceite que la planta H (menor TEA). Dado que el ingreso de la agroindustria se genera por la venta de aceite de palma, lo cual significa que la planta G genera un ingreso bruto mayor en 10,77 % comparado con el que genera la planta H.

La planta de beneficio E presenta un menor costo de procesamiento por tonelada de fruta que F (Figura 9), pero cuando se observa el costo por tonelada de aceite de palma crudo, que es el producto final está relación

no se mantiene. Esto es debido a que la planta extractora F presentó una mayor tasa de extracción de aceite que la planta E y, por ende, un menor costo por tonelada de aceite extraído (Figura 9). En este orden de ideas, el costo de procesar la fruta necesaria para obtener una tonelada de aceite fue entre \$ 143.749/t APC (planta G) y \$ 220.761/t APC (planta D).

Conclusiones

Es relevante considerar dentro de los análisis económicos en las plantas de beneficio la relación entre la tasa de extracción y el costo de procesar racimos de fruta fresca, dado que el ingreso de la agroindustria se genera por la venta de aceite de palma. Para realizar este análisis el sector cuenta con una metodología sencilla, que permite hacer comparaciones respecto a la eficiencia de procesos y las razones que derivan en esa eficiencia, siendo una herramienta útil para los tomadores de decisiones de la agroindustria.

Mediante esta herramienta se evaluó el costo de procesamiento por tonelada de racimos de fruta fresca y el porcentaje de participación de cada uno de los rubros que influyen en este costo. Este estudio permitió disponer de una línea base sobre la distribución de los costos en planta de beneficio, a diferencia de los estudios existentes enfocados en el costo global de producir una tonelada de aceite. Cabe resaltar que es necesario que se continúen realizando este tipo de trabajos que permitan madurar la metodología de estimación y el análisis de costos de procesamiento en la planta de beneficio.

Figura 8. Tasa de extracción de aceite de las plantas de beneficio que participaron en el estudio en 2019

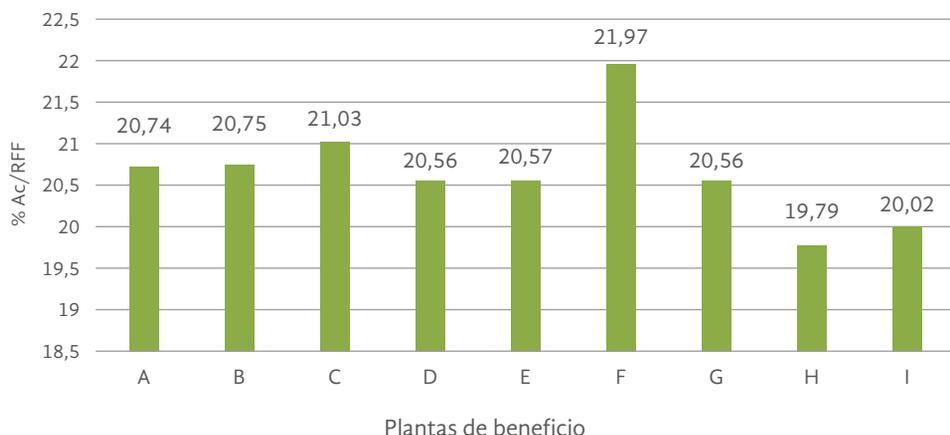
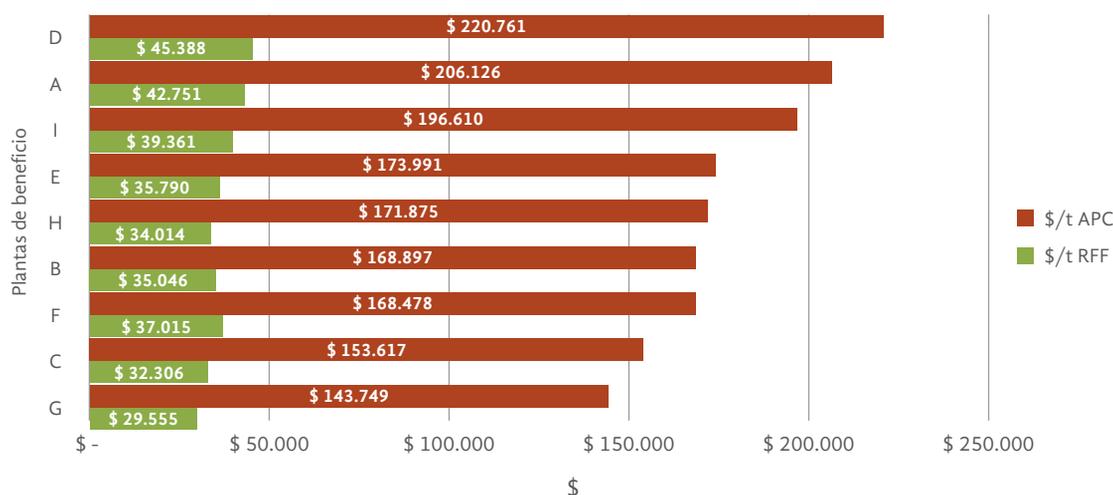


Figura 9. Costo de procesamiento de RFF y costo de extracción de APC en plantas de beneficio que participaron en la estimación de costos en 2019



La economía de escala no es la única estrategia para garantizar menores costos de procesamiento en una planta de beneficio. El costo de procesamiento de racimos de fruta fresca está relacionado con varios factores como el uso eficiente de la capacidad instalada, mano de obra calificada, estrategias para adquisición de repuestos y eficiencia en el uso de servicios industriales. Con la estimación de costos realizada se demostró que plantas de beneficio que implementen buenas prácticas y mantengan una alta disponibilidad y rendimiento de su capacidad de procesamiento

pueden tener costos iguales o menores a las que tienen capacidad de procesamiento superior.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Fondo de Fomento Palmero, administrado por Fedepalma, por la financiación de este trabajo y al personal técnico y administrativo de las plantas de beneficio de la Zona Norte que participaron de este ejercicio.

Bibliografía

- Barrera, J., Ramírez, N., Garcia-Nunez, J. A. & Guevara, F. (2016). Diagnóstico del desempeño en consumo de energía eléctrica en plantas de beneficio en Colombia. *Palmas*, 37(4), 47-62.
- Duarte-Guterman & Cía. (2007). *Informe de costos para la agroindustria de la palma de aceite 2006*. Bogotá: Fedepalma.
- Duarte-Guterman & Cía. (2013). *Informe de costos para la agroindustria de la palma 2013*. En Bogotá: Fedepalma.

- Guerrero, A. E., Cala, S., Mosquera, M., Barrera, J. C. & Peña, C. (2018). Validación de la metodología de medición del desempeño en el consumo de energía eléctrica en planta de beneficio. *Palmas*, 39(4), 45-57.
- LMC. (2018). *The LMC Worldwide. Survey of Oilseeds and Oils Production Cost: 2003*. London: LMC.
- Montero, J. C., Díaz-R, C. A., Guevara-T, F. E., Cepeda-R, A. H. & Barrera-H, J. C. (2013). Modelo para medición de eficiencia real de producción y administración integrada de información en planta de beneficio. *Boletín Técnico No. 33*.
- Mosquera, M., Ruíz, E., López, D. & Munévar, D. (2019). Estimación del costo de producción, en el periodo 2017-2018, para productores de palma de aceite de Colombia que han adoptado buenas prácticas agrícolas. *Palmas*, 40(3), 20-34.
- Mosquera, M., Valderrama, M., Fontanilla, C., Ruíz, E., Uñate, M., Rincón, F. & Arias, N. (2016). Costos de producción de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia en 2014. *Palmas*, 37(2), 37-53.
- Mosquera, M., Valderrama, M., Ruíz, E., López, D., Castro, L., Zamudio, L. & González, M. A. (2018). Costos económicos de producción para el fruto de palma aceitera y el aceite de palma en 2016: estimación para un grupo de productores colombianos. *Palmas*, 39(2), 13-26.
- Mosquera, M., Valderrama, M., Ruíz, E., López, D., Castro, L., Fontanilla, C. & González, M. (2017). Costos de producción para el fruto de palma de aceite y el aceite de palma en 2015: estimación en un grupo de productores colombianos. *Palmas*, 38(2), 11-27.