

La eficiencia de las empresas del sector palmicultor en Colombia

DOI: <https://doi.org/10.21158/01208160.n88.2020.2695>

Mauricio Mendoza-García²
Universidad Autónoma de Bucaramanga
m.mendoza@unab.edu.co

Diana Oliveros-Contreras³
Universidad Autónoma de Bucaramanga
doliveros364@unab.edu.co

Alba Patricia Guzmán-Duque⁴
Universidad Autónoma de Bucaramanga
aguzman201@unab.edu.co

Fecha de recepción: 23 de julio de 2019
Fecha de aprobación: 27 de junio de 2020



Cómo citar este artículo / To reference this article / Comment citer cet article / Para citar este artigo:

Mendoza-García, M.; Oliveros-Contreras, D.; Guzmán-Duque, A. P. (2020). La eficiencia de las empresas del sector palmicultor en Colombia. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, (88), 33-48. DOI: <https://doi.org/10.21158/01208160.n88.2020.2695>

Resumen

El sector palmicultor de aceite es uno de los más dinámicos e importantes de la agroindustria colombiana. No obstante, la evaluación de los aspectos técnicos y productivos pueden mejorar la asignación de recursos productivos y fortalecer la competitividad empresarial y sectorial. El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficiencia técnica y la eficiencia de escala de las empresas extractoras de aceite de palma durante el periodo 2011-2016 en Colombia. Se utilizó la metodología *Data Envelopment Analysis* (DEA) y las técnicas bootstrap para una muestra de 45 empresas del sector palmero en Colombia dedicadas a la extracción de aceite de palma. Los resultados revelaron que las empresas extractoras son más eficientes en la escala operacional que en la optimización de los recursos. Las regiones más eficientes fueron, técnicamente, Cesar, Bolívar y Magdalena, en eficiencia de escala Santander, Bolívar y Magdalena. El análisis permite concluir que, si bien la brecha en eficiencia y productividad del sector de palma frente a los productores líderes se ha disminuido, es necesario diseñar estrategias que permitan el aprovechamiento del potencial productivo del cultivo de palma de aceite. La palma de aceite enfrenta un gran reto competitivo en el orden mundial, por cuanto su eficiencia y productividad debe mejorarse constantemente.

Palabras clave: agroindustria; sector palmicultor; aceite de palma; competitividad empresarial; competitividad sectorial; eficiencia técnica; potencial productivo.

² Doctorado en Tecnología, Calidad y Marketing en IA por la Universidad Pública de Navarra – España; MBA (c) por CORE School of Management – Universidad Autónoma de Bucaramanga. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0652-3027>.

³ Doctorado en Sistemas Flexibles de Dirección de Empresas por la Universidad Pública de Navarra - España, Máster en Gestión de la Calidad en las Organizaciones por Bureau Veritas Formación-España. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9641-7772>.

⁴ Doctorado en Integración de las TI en las Organizaciones, Máster en Ingeniería de Análisis de Datos, Mejora de Procesos y Toma de Decisiones por la Universitat Politècnica de Valencia, España. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1704-6884>.

Efficiency of the companies in the palm sector in Colombia

Abstract

The oil palm sector is one of the most dynamic and important sectors in the agro-industry in Colombia. Even so, the evaluation of technical and productive aspects can improve the allocation of productive resources and strengthen business and sector competitiveness. The aim of this work was to evaluate the technical efficiency and the scale efficiency of palm oil extraction companies during the period 2011-2016 in Colombia. For this study, we used the *Data Envelopment Analysis* (DEA) methodology and bootstrapping techniques for a sample of 45 palm oil extraction companies in Colombia. The results revealed that the extraction companies are more efficient at the operational scale than in the optimization of resources. The most efficient regions were Cesar, Bolivar, and Magdalena in the technical aspect, and Santander, Bolivar, and Magdalena in scale efficiency. The analysis allows us to conclude that, although the gap between efficiency and productivity in the palm sector regarding the leading producers has diminished, it is necessary to design strategies that facilitate the productive potential use of oil palm cultivation. Oil palm faces a great competitive challenge in the world order, therefore, its efficiency and productivity must be constantly improved.

Keywords: agro-industry; palm growing sector; palm oil; business competitiveness; sector competitiveness; technical efficiency; productive potential.

A eficiência das empresas do setor de palmeiras na Colômbia

Resumo

O setor de óleo de palma é um dos mais dinâmicos e importantes da agroindústria colombiana. No entanto, a avaliação dos aspectos técnicos e produtivos pode melhorar a entrega dos recursos produtivos e fortalecer a competitividade empresarial e setorial. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência técnica e a eficiência de escala das empresas de extração de óleo de palma durante o período 2011-2016 na Colômbia. A metodologia utilizada foi a *Data Envelopment Analysis* (DEA) e as técnicas de bootstrap para uma amostra de 45 empresas do setor de palmeiras na Colômbia dedicadas à extração de óleo de palma. Os resultados revelaram que as empresas extrativistas são mais eficientes na escala operacional do que na otimização de recursos. As regiões mais eficientes foram, tecnicamente, Cesar, Bolívar e Magdalena, em eficiência de escala Santander, Bolívar e Magdalena. A análise permite concluir que, embora a lacuna de eficiência e produtividade do setor de palmeiras em relação aos principais produtores tenha diminuído, é necessário traçar estratégias que possibilitem o aproveitamento do potencial da produção de óleo de palma, pois este enfrenta um grande desafio competitivo mundialmente, e por isso sua eficiência e produtividade devem ser constantemente aprimoradas.

Palavras-chave: agroindústria; setor de palmeiras; óleo de palma; competitividade empresarial; competitividade setorial; eficiência técnica; potencial produtivo.

L'efficacité des entreprises colombiennes d'huile de palme

Résumé

Le secteur de l'huile de palme est l'un des plus dynamiques et des plus importants de l'agro-industrie colombienne. Cependant, l'évaluation des aspects techniques et productifs peut améliorer l'allocation des ressources productives et renforcer la compétitivité des entreprises et du secteur. L'objectif de ce travail consiste en l'analyse de l'efficacité technique et l'efficacité d'échelle des entreprises d'extraction d'huile de palme sur la période 2011-2016. La méthodologie d'analyse des données (DEA) et les techniques bootstrap ont été utilisées pour l'étude d'un échantillon de 45 entreprises du secteur colombien d'extraction d'huile de palme. Les résultats révèlent que ces entreprises sont plus efficaces à l'échelle opérationnelle qu'en terme d'optimisation des ressources. Les départements les plus efficaces d'un point de vue technique sont ceux du Cesar, de Bolívar et du Magdalena, et ceux obtenant un meilleur rendement et efficacité d'échelle sont Santander, Bolívar et Magdalena. L'analyse proposée dans cette étude conclut que même si les différences en terme d'efficacité et de productivité ont diminué, il est important de concevoir des stratégies permettant l'utilisation et l'amélioration potentiel et productive de la culture d'huile de palme, culture confrontée à une forte concurrence mondiale.

Mots-clés: agro-industrie; huile de palme; compétitivité des entreprises; compétitivité sectorielle; efficacité technique; potentiel de production.

1. Introducción

La competencia en los diferentes sectores productivos implica que las empresas busquen la generación de valor en sus procesos como una necesidad para enfrentar los mercados (Porter y Kramer, 2014). El sector de la palma es uno de los más productivos en el mundo (Córdoba, Selfa, Abrams y Sombra, 2018; Rhebergen *et al.*, 2016). La cadena productiva del sector de palma la conforman tres eslabones: cultivo, extracción y refinación. Por lo general, los dos primeros eslabones se consideran primario e intermedio, respectivamente, y el de refinación como eslabón industrial que realiza el fraccionamiento y su transformación para la industria de alimentos y la farmacéutica (Jelsma, Schoneveld, Zoomers y van Westen, 2017).

La agroindustria de palma se orienta hacia la producción agrícola del fruto de palma por medio del establecimiento, el mantenimiento y la cosecha de un cultivo, para la posterior extracción del aceite mediante el proceso industrial, del cual se obtiene aceite rojo de palma, aceite de palmiste y torta, productos que son materias primas para la elaboración de bienes finales o intermedios de la industria de alimentos, jabonería y oleoquímica (García, Núñez, Ramírez y Jaimes, 2013; Gómez y Ospina, 2016).

El agronegocio del aceite de palma es uno de los sectores con mayor potencial económico en razón a la variedad de aplicaciones y usos que presenta, tales como aceites, grasas especiales, margarinas, productos de aseo, velas, lubricantes, pinturas, biocombustibles y energía eléctrica, entre muchos otros. El sector aceite de palma es un sector prioritario para la economía de Colombia, por su aporte a nivel de empleo, las divisas y la generación e impulso a nuevas empresas (Constain y Muñoz, 2015).

En este sentido, una de las principales metas de las empresas y de las naciones es la mejora de la eficiencia, la productividad y la competitividad, porque a partir del logro puede mejorarse el retorno de capital,

ofrecer mejor remuneración a los empleados, mejorar la calidad de vida y generar valor compartido (Porter y Kramer, 2014). El nivel de competitividad del país y, en especial, de su sector agropecuario, se ha visto afectado por la falta de políticas y estrategias gubernamentales dirigidas al desarrollo agropecuario, la deficiente infraestructura de vías, puertos y aeropuertos, la baja industrialización y la adopción tecnológica, los elevados costos de producción, el alto costo de los insumos agrícolas, los bajos precios de los productos agrícolas nacionales, el bajo nivel de educación básica y especializada de los agricultores, el deficiente manejo de las instituciones públicas, la inseguridad ocasionada por los grupos insurgentes y el narcotráfico que han azotado a Colombia durante las últimas cinco décadas, entre muchos otros problemas (Núñez, Carvajal y Bautista 2013).

La globalización y la apertura de los mercados conllevan a que el sector esté cada vez más expuesto a la competencia internacional. Según Fedepalma (2014), tras varios años de desarrollo de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia los principios de sostenibilidad económica, social y ambiental han evolucionado de forma significativa, hasta constituirse en pilares de generación de valor de la actividad, de manera que la eficiencia, la productividad y la rentabilidad se encuentran entre los criterios más importantes.

En este sentido, las empresas han implementado diferentes estrategias con el fin sostenerse y ser competitivas en ambientes dinámicos y cambiantes. En el principio económico los focos estratégicos para el sector palmero son los costos de producción, la capacidad empresarial frente al entorno y el financiamiento. Lo anterior se ha sustentado en prácticas organizativas teniendo en cuenta las diferentes fuerzas del entorno nacional e internacional que afectan el desempeño del sector palmero colombiano, apoyado en información estadística y documental propia o de terceros.

Según Cárdenas (2016) y Rangel (2017), el sector ha implementado programas de mejoramiento con base en experiencias de empresas internacionales con altos niveles de eficiencia, productividad y competitividad. Ahora bien, la agroindustria de palma enfrenta retos de mejoramiento y maximización de utilidades, a través del incremento en la demanda del mercado frente a los productos beneficiados de la palma de aceite, la mejora de la eficiencia y la productividad como herramienta ante los fenómenos de competitividad global del sector.

Por tanto, este trabajo se propuso estimar la eficiencia de las empresas extractoras de aceite de palma durante el periodo 2011-2016 en Colombia, por medio de la metodología DEA, y con Bootstrap como herramienta de gestión para la toma de decisiones en el sector.

A diferencia de estudios anteriores, en los que el análisis de la eficiencia y la productividad de las empresas se realiza a partir de ratios parciales, es decir, al relacionar un producto con un insumo o a partir de costos medios, la metodología propuesta para esta investigación es innovadora en el análisis del sector, ya que se plantea el análisis de las empresas mediante el concepto de eficiencia técnica, el cual consiste en integrar todos los insumos que intervienen en la obtención de la totalidad de los productos (Guerrero y Rivera, 2009). Además, el modelo permite asumir rendimientos variables a escala y estimar la eficiencia de escala por medio de la descomposición de la eficiencia técnica en dos: eficiencia técnica pura y eficiencia de escala (Arzubi y Berbel, 2002).

1.1 El sector de la palma

El sector palmicultor de aceite es uno de los más dinámicos e importantes de la agroindustria colombiana. Se concentra, principalmente, entre pequeños y medianos productores, lo que genera una estructura productiva dispersa, aunque la producción de aceite de palma en América la lidera Colombia. Sin embargo, apenas participa con el 2 % de la producción mundial, en la que los países que

mayor producción aportan son Indonesia —54 %— y Malasia —31 %—. Según datos reportados por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos - USDA (2020), se proyecta que la producción mundial de aceite de palma 2020/2021 alcanzaría los 74,60 millones de toneladas —en el 2019 la producción de aceite de palma fue de 72,27 millones de toneladas— (Producción Agrícola Mundial, 2020), lo que podría significar un incremento del 3,22 % en la producción de aceite de palma alrededor del mundo.

Colombia es el cuarto productor mundial de aceite de palma después de países como Indonesia, Malasia y Tailandia, lo que lo convierte en un sector de talla mundial y uno de los más importantes a nivel nacional. En los últimos años el agronegocio de la palma ha tenido un comportamiento dinámico al pasar de un área sembrada de 405 655 ha en el 2011 a 466 185 ha en el 2015. En el país existen cuatro zonas palmeras con siembras: norte, central, oriental y occidental. La distribución de la producción de aceite por zonas fue 43,5 % en la región oriental, 27,8 % de la región central, 26,6 % en la región norte y 2,2 % en la región suroccidental (Fedepalma, 2016). Las hectáreas sembradas de palma de aceite en el 2018 fueron 537 000, un 3,9 % superior al 2017; de estas, 464 000 corresponden a siembra en fase de producción y 73 000 a en etapa de desarrollo. Las hectáreas sembradas de palma de aceite en el 2018 fueron 537 000, un 3,9 % superior al 2017; de estas, 464 000 corresponden a siembra en fase de producción y 73 000 a en etapa de desarrollo. En el 2018 el rendimiento de la palmicultura colombiana fue de 3,51 ton/ha, de nuevo superior al de Malasia —3,43 ton/ha—, sin embargo, aún no logra igualar el de Indonesia —3,88 ton/ha— (Fedepalma, 2018).

En el sector de la palma existen factores de tipo económico, político, legal, tecnológico, social y ambiental que, de alguna forma, han impactado al sector, eventos como la pudrición del cogollo o la caída de los precios internacionales tienen en problemas al sector palmicultor del país. Adicionalmente, los factores que se enlistan a continuación.

- La dotación de recursos heredados, es decir, las condiciones dadas por la naturaleza. En este sentido, Colombia cuenta con condiciones edafoclimáticas aptas para el desarrollo del cultivo de la palma; según el PTP, el país tiene 3,5 mill/ha potencialmente aptas para el cultivo de palma. Otros factores a tener en cuenta son la ubicación geográfica y la mano de obra calificada y no calificada, entre otros.
- La industria de la palma presenta altos costos que trata de competir con volumen y bajos precios.
- Entre los factores económicos podemos mencionar la fuerte variación de precios internacionales del aceite de palma. En el 2015 registraron una caída generada por la cuantiosa cosecha de semillas oleaginosas, como, por ejemplo, frijol y soya, en países como Estados Unidos, Argentina y Brasil, así como por la fuerte disminución de los precios del petróleo y la ralentización de la demanda de importaciones, en especial de China e India.
- La valorización del dólar frente a la devaluación del peso colombiano, lo cual, en algunos casos, se ha convertido en una ventaja para el sector debido a que han visto cómo se incrementan sus ingresos a través de las ventas de exportación de manera que les permite recibir más pesos por cada dólar proveniente de las exportaciones.
- La eficiencia y productividad se ha visto deteriorada por la presencia de problemas fitosanitarios a causa de enfermedades como la pudrición del cogollo PC, marchitez letal, marchitez sorpresiva, anillo rojo, pudrición basal estípita y desfoliadores. Así, por ejemplo, se estima que la pudrición del cogollo (PC) ha afectado, aproximadamente, al 35 % del total de las hectáreas sembradas en el territorio nacional, lo que ha ocasionado fuertes pérdidas económicas a los inversionistas y ha puesto en riesgo la viabilidad económica de empresas y cultivadores, así como ha impactado el empleo del sector (Fedepalma, 2014).
- Otros factores que han afectado el sector son, por ejemplo, la caída en la oferta disponible de aceites y grasas que evidencia una reducción en el consumo de estos productos a nivel nacional, lo cual podría deberse a cambios en las tendencias de consumo de los hogares y a la situación económica de Colombia; los flujos de comercio fronterizo ilegal de aceites y el comercio ilegal durante el 2015, pues se identificaron varias operaciones de comercio ilícito y fue incautado aceite de contrabando almacenado en condiciones de insalubridad; además, la firma del proceso de paz transformó las zonas afectadas por el conflicto armado y la creación de condiciones de bienestar para la población rural.
- Entre los factores internos se encuentran los costos de producción promedio de aceite de palma en Colombia, los cuales son mayores a los de los países líderes; las principales diferencias radican en los costos de mantenimiento del cultivo, la mano de obra, la extracción de aceite y la comercialización de los productos, la falta de actualización tecnológica, la débil articulación entre universidad-empresa-Estado y el bajo nivel de innovación (Fedepalma, 2016).

1.2 Eficiencia técnica vinculada a la generación de valor

La literatura sobre eficiencia y productividad del sector agropecuario, mediante análisis de frontera, es relativamente limitado (Ahmad y Jun, 2015; Chandio, Gessesse, Jiang, Gessesse y Dunya, 2017; Ilyasu y Mohamed, 2016; Kapelco y Oude, 2014; Toma *et al.*, 2015; Ullah *et al.*, 2019; Lakner y Breustedt, 2017; Mukhtar, *et al.*, 2018). Son pocos los trabajos encontrados a nivel global y nacional en los que se determina la eficiencia y productividad de las empresas extractoras del sector de la palma. La mayoría de estudios empíricos a nivel internacional que miden de alguna forma la productividad en el sector palmicultor lo hacen sobre los datos de la producción agronómica en el cultivo (Bakar *et al.*, 2018).

El estudio de la productividad relacionado con el crecimiento económico en el sector agrícola debe orientarse hacia la forma de abastecer a la población al ritmo de su crecimiento, de manera que favorezca la calidad de vida de los productores a través del incremento de la productividad, así como los programas de eficiencia técnica a partir del establecimiento de políticas gubernamentales, como se ha iniciado en Nicaragua (López *et al.*, 2016).

En Sumatra, por ejemplo, a fin de incrementar la productividad en los sistemas de palma de aceite en los pequeños agricultores, se propone un ajuste en los modelos que tienen los agricultores independientes. Esto facilita la gestión en la producción, de acuerdo con la edad que tienen los cultivos y la forma como se pueden incrementar los rendimientos a partir de la maximización de sus insumos de mano de obra y fertilizantes, dado que solo se obtiene un beneficio del 50 % acumulativo en un 20 % de la vida de la plantación, lo que es un potencial a partir del fomento de la conciencia sobre el ciclo de vida de la plantación (Euler *et al.*, 2016).

Bennett *et al.* (2018) indican que, en América Latina, el cultivo de la palma ha reemplazado los cultivos ilícitos de coca, mejorando la productividad en la región. Tal es el caso del Perú, donde 252 pequeños productores han visto la rentabilidad de reemplazarlos a partir de un análisis multinivel.

Rhebergen *et al.* (2016) identificaron que en Ghana existen condiciones climáticas adecuadas para el cultivo de la palma y cómo, precisamente, las oportunidades que ofrecen estas plantaciones facilitan la producción a pequeña escala, así como facilitan el uso de parcelas de tierras pequeñas, lo cual se comprobó a partir de datos espaciales y técnicas SIG.

En Malasia se revisan en la actualidad los procesos para crear mayor valor agregado y así participar en la cadena de valor del sector de la palma, donde se ha pasado de aplicar especialización vertical a la aplicabilidad de estrategias basadas en la participación, mediante la modernización del sector a través de vínculos sectoriales, la integración de los líderes locales y la dinámica sectorial que se apoya en la trayectoria de

las empresas (Tong, 2017).

El sector de la palma tiene una alta influencia en el desarrollo rural de Indonesia, donde el capital externo, la especulación, los mercados de tierras informales y la falta de capacidad o duplicidad de las autoridades locales influyen de manera determinante en la productividad del sector (Jelsma, Schoneveld, Zoomers, Westen, 2017).

La creación de valor relacionado con la producción de la palma de aceite se asocia de forma directa con los beneficios de la agricultura a pequeña y gran escala, combinadas en el trabajo colectivo de los agricultores las ventajas de unos y otros a fin de capitalizar el aporte de cada uno, respaldados por las políticas gubernamentales (Jelsma, Slingerland, Giller y Bijman, 2017).

Reinosa (2009) determinó los factores que inciden en la conformación de los costos ambientales en el procesamiento de extracción del aceite de palma en una planta procesadora en Venezuela; identificó los costos ambientales ocasionados por la actividad productiva y sugirió pasos para conformar los costos ambientales vinculados al proceso productivo.

En el ámbito agropecuario, se ha demostrado que el acceso al capital es un factor importante en el desempeño de distintas fincas de Bangladesh, Estados Unidos, Gambia y Perú (Ahmed, Zander y Garnett, 2011; Chavas y Aliber, 1993; Chavas, Petrie y Roth, 2005; Fletschner, Guirkinger y Boucher 2010).

A nivel Colombia, se encontraron algunos estudios del sector agroindustrial que utilizan la metodología DEA. Perdomo y Mendieta (2007) encuestaron 999 fincas cafeteras de los departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda, y evaluaron la eficiencia utilizando técnicas de SFA y DEA. Encontraron que los pequeños y medianos productores de café son más ineficientes, de modo que el tamaño es un factor representativo en los resultados. Por otra parte, Rodríguez-Luna (2012) determinó la eficiencia técnica en el sector de aceite de palma en el departamento del Magdalena utilizando una metodología aplicada de los mínimos cuadrados ordinarios para una serie de tiempos entre

1995 y 2010. Para esto utilizó los datos de la encuesta anual manufacturera del DANE y encontró que entre mayores niveles de capital posea la industria, mayores niveles de producción tendrá.

Por otra parte, Gamarra (2004), utilizando el análisis de la envolvente de datos, determinó la eficiencia técnica relativa para una muestra de 71 fincas en la ganadería en el caribe colombiano; encontró que solo el 8 % de las fincas operan en una escala eficiente.

2. Metodología

Para estimar la eficiencia de las empresas del sector de palma en Colombia se utilizó la eficiencia mediante *Data Envelopment Analysis* (DEA) orientado al input. La técnica DEA fue desarrollada por Farrell (1957), posteriormente, a finales de la década de los setenta fue ampliada por Charnes, Cooper y Rhodes (1978). La metodología DEA permite estimar una frontera de producción a partir de combinaciones lineales de las mejores prácticas observadas y estimar la ineficiencia de una observación como, por ejemplo, la distancia a dicha frontera de eficiencia. La eficiencia técnica (ET) se define como la capacidad de una unidad de decisión —empresa— para hacer uso del mínimo de *inputs* dada una cantidad de *outputs* (Álvarez, 2001).

El modelo original establecía el supuesto de una tecnología que permite obtener rendimientos constantes de escala (CRS), el cual luego ampliaron Banker, Charnes y Cooper (1984) con la incorporación del modelo BBC de los rendimientos variables de escala (VRS), determinando en qué medida la eficiencia técnica global (ET_{crs}) se explica por la eficiencia técnica pura (ET_{vrs}), para lo que se asume la concepción del modelo BCC o por la eficiencia de escala. La eficiencia de escala (EE) se obtiene dividiendo ambos índices $EE = (ET_{crs} / ET_{vrs})$, lo cual mide la proporción de *inputs* adicional que podría obtenerse si la tecnología cumpliera la propiedad de rendimientos a escala constante.

Se consideró un panel de $j = 1, \dots, J$ empresas, y $t = 1, \dots, T$ periodos de tiempo. En cada periodo de tiempo las empresas emplean *inputs* para producir *outputs*.

Para evaluar la eficiencia del sector de palma se resolvió el siguiente programa lineal:

$$\begin{aligned}
 & \underset{\theta, \lambda}{\text{Min}} \theta \\
 & \text{subject to} \\
 & y_{mj}^i \leq \sum_{j=1}^J \sum_{s=1}^T \lambda_j^s y_{mj}^s \quad m = 1, \dots, M \\
 & \sum_{j=1}^J \sum_{s=1}^T \lambda_j^s x_{nj}^s \leq \theta x_{nj}^t \quad n = 1, \dots, N \\
 & \sum_{j=1}^J \sum_{s=1}^T \lambda_j^s = 1 \\
 & \lambda_j^s \geq 0 \quad j = 1, \dots, J, s = 1, \dots, T
 \end{aligned}$$

Ecuación 1. Programación lineal

Posteriormente, Simar y Wilson (1998) incorporaron las técnicas de bootstrap para reducir las limitaciones de esta metodología DEA, dado su carácter determinista, ya que proporciona las medidas de eficiencia sin considerar errores de medición y otras fuentes de ruido, así como permite la realización de inferencia estadística a través de los intervalos de confianza. A partir de las técnicas de bootstrapping DEA se obtuvieron valores de ET eficiencia técnica, ET* eficiencia técnica corregida, EE eficiencia de escala, EE* eficiencia de escala corregida y los intervalos de confianza inferior LI y superior LS para cada una de las empresas evaluadas.

2.1 Datos y variables

En este estudio se utilizó una muestra de 45 empresas de las extractoras del sector palmero en Colombia durante el periodo 2011-2016. La información se ha obtenido de las memorias anuales de la empresa, la Superintendencia de Sociedades y la base de datos Benchmark. Para la estimación de la eficiencia la variable de output — y — son las ventas. El input capital — x_1 — se mide a través de los activos fijos, el — x_2 — son los gastos totales y el factor costos — x_3 — son los costos de ventas.

La muestra de empresas seleccionadas cumple las características/condiciones que se enlistan a continuación.

- Inicialmente, según informes de Fedepalma (2016), se tenía una población de 67 empresas extractoras de aceite de palma y se estimó un muestreo aleatorio simple al nivel del 95 %, lo que dio una muestra inicial de 57 empresas para el estudio. Sin embargo, no se logró conseguir toda la información financiera de las empresas en el periodo de tiempo analizado.

- Las observaciones de cada una de las empresas deben contener datos que permitan realizar comparaciones en el periodo de tiempo 2011-2016. Algunas empresas fueron excluidas de la muestra por la imposibilidad de obtener datos referidos a todos estos años, o por la inconsistencia de la información presentada.
- Para seleccionar las empresas se utilizó la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las Actividades Económicas (CIIU) y la descripción textual de la actividad con el objetivo de construir conjuntos de referencia lo más homogéneos posibles. Para las empresas del sector de aceites y grasas de origen vegetal se tomaron los códigos C1030. Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal y 0126. Cultivo de palma para aceite —palma africana— y otros frutos oleaginosos. Se seleccionaron solo las empresas dedicadas a la elaboración de aceites y grasas de origen vegetal.

La tabla 1 presenta la caracterización por año de las empresas extractoras de aceite de palma; se observó que las mayores ventas promedio se alcanzaron en el 2016, mientras que en el 2013 se registraron las más bajas.

Tabla 1. Caracterización de las empresas extractoras de aceites

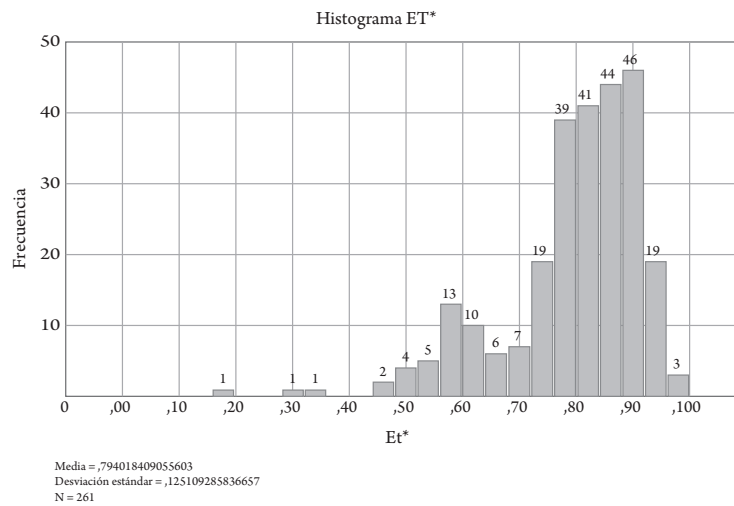
Variables	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Promedio de ventas	\$ 59 628,2	\$ 57 621,4	\$ 53 665,8	\$ 56 356,8	\$ 67 671,9	\$ 69 302,4
Mín	\$ 133,9	\$ 340,2	\$ 3828,1	\$ 4894,3	\$ 6894,2	\$ 5018,7
Máx.	\$ 310 427,4	\$ 355 143,1	\$ 363 066,7	\$ 378 804,1	\$ 352 616,1	\$ 342 097,5
Promedio de total activo	\$ 65 433,8	\$ 76 119,3	\$ 90 646,9	\$ 93 447,7	\$ 97 710,1	\$ 98 865,4
Mín.	\$ 8034,2	\$ 6574,4	\$ 3935,2	\$ 3138,7	\$ 4568,1	\$ 4281,4
Máx.	\$ 308 888,2	\$ 398 639,8	\$ 649 648,6	\$ 558 957,5	\$ 634 998,9	\$ 543 420,1
Promedio de costo de venta	\$ 50 114,9	\$ 48 841,7	\$ 45 880,5	\$ 48 700,7	\$ 56 302,8	\$ 57 241,5
Mín.	\$ 90,1	\$ 1505,1	\$ 3175,2	\$ 3928,2	\$ 5214,1	\$ 3288,9
Máx.	\$ 232 219,8	\$ 273 953,9	\$ 271 671,0	\$ 299 665,8	\$ 284 602,9	\$ 296 469,2
Promedio de gastos	\$ 115 548,7	\$ 124 961,0	\$ 136 527,4	\$ 142 148,4	\$ 154 012,9	\$ 156 106,9
Mín.	\$ 17 442,9	\$ 18 013,1	\$ 12 298,7	\$ 11 543,5	\$ 12 657,4	\$ 10 243,8
Máx.	\$ 541 108,0	\$ 672 593,8	\$ 755 303,8	\$ 750 867,3	\$ 768 714,0	\$ 712 598,4

Fuente. Elaboración propia.

3. Resultados

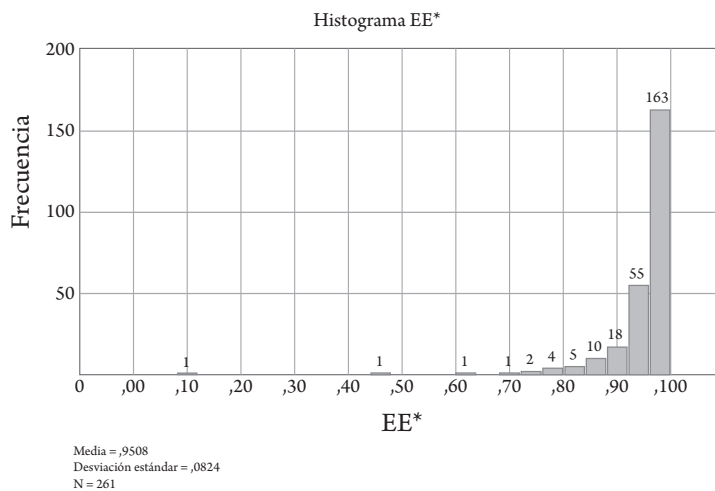
Las empresas extractoras de aceite de palma se distinguieron por ser más eficientes desde la escala de Operación EE y EE* 0,908 que desde la optimización de los recursos ET y ET* con 0,794. La figura 1 y la figura 2 presentan el histograma de eficiencia; para ET*, aproximadamente, 211 de las 261 empresas analizadas en el periodo de tiempo se encuentran en un rango superior al 75 %; mientras que para EE*, 257 de las 261 empresas se encuentran en un rango superior al 90 %.

Figura 1. Histograma eficiencia técnica



Fuente. Elaboración propia

Figura 2. Histograma eficiencia de escala



Fuente. Elaboración propia.

La tabla 2 presenta los resultados de ET, ET*, EE y EE*, así como los límites inferior y superior de los scores bootstrap DEA, los cuales determinan el intervalo al 95 % de confianza; esto significa que existe una probabilidad del 5 % de que el valor de eficiencia corregida por bootstrap —ET*— no se encuentre dentro de estos límites. Para que la diferencia sea significativa entre unidades DMU, no se deben solapar los intervalos de confianza calculados; se encontró que el 2011 fue el año más eficiente técnicamente, registrando una media de ET* de 0,838; los años posteriores evidenciaron un alejamiento de la frontera de eficiencia, se presentaron disminuciones en los niveles anuales de ET*. Así, para el 2012 fue 0,810, en

el 2013 fue 0,762 y en el 2014 de 0,755, de manera que es estadísticamente significativo en el 2013 y en el 2014. Según informes de Fedepalma (2013; 2014), estos años estuvieron marcados por la disminución de la producción debido al fenómeno de El Niño, la falta de tecnificación en innovación en los sistemas de riego apropiados, plagas como la pudrición del cogollo (PC) y la variación del dólar. Los años 2015 con 0,810 y 2016 con 0,825 presentaron mejoras significativas en ET* respecto al 2011. En eficiencia de escala los resultados fueron sobresalientes, por encima de 90 %; los mejores resultados se obtuvieron en el 2014 con 0,962, el 2015 con 0,964 y el 2016 con 0,961.

Tabla 2. Eficiencia de las empresas extractoras 2011-2016

Años	ET	ET*	LI	LS	EE	EE*	LI	LI
2011	0,874	0,838	0,799	0,870	0,935	0,932	0,926	0,935
2012	0,810	0,779	0,747	0,806	0,926	0,925	0,923	0,926
2013	0,787	0,762	0,736	0,783	0,955	0,954	0,952	0,955
2014	0,780	0,755	0,728	0,776	0,963	0,962	0,960	0,963
2015	0,835	0,810	0,784	0,831	0,965	0,964	0,963	0,965
2016	0,854	0,825	0,795	0,851	0,964	0,963	0,961	0,964

Fuente. Elaboración propia.

Al realizar un análisis de ET* y EE* medio por región, la tabla 3 presenta un procedimiento de comparación múltiple que permite determinar cuáles medias de ET* y EE* por regiones son significativamente diferentes de otras. Esto evidencia que Nariño —0,602— fue la región menos eficiente y que sobresalieron en ET* las regiones de Cesar —0,842—, Bolívar —0,833— y Magdalena —0,812—, lo cual indica que algunas regiones deben mejorar la optimización de los recursos hasta en un 40 %. Por otra parte, en EE* las mejores fueron Santander —0,994—, Bolívar —0,988— y Magdalena —0,967—.

Se identificaron tres grupos homogéneos según la alineación de las letras para ET*. Los grupos identificados fueron A, B, BC en columnas y para EE* los grupos reconocidos fueron a, b, bc. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna. El método empleado para discriminar entre las medias fue el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método existe un riesgo del 5,0 % al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0. En el caso de Santander quedó en el grupo para ET* en BC y para EE* en BC, de modo que presenta diferencia de medias con Nariño.

Tabla 3. Pruebas de múltiples rangos para ET* y EE* por región

Eficiencia técnica ET*				Eficiencia de escala EE*			
Región	Casos	Media	Grupos homogéneos	Región	Casos	Media	Grupos homogéneos
Nariño	18	0,602	A	Nariño	18	0,890	a
Casanare	23	0,775	B	Cesar	53	0,939	b
Santander	32	0,795	BC	Meta	88	0,942	b
Meta	88	0,797	B	Casanare	23	0,954	bc
Magdalena	36	0,812	BC	Magdalena	36	0,967	bc
Bolívar	11	0,833	BC	Bolívar	11	0,988	bc
Cesar	53	0,842	C	Santander	32	0,994	c

Fuente. Elaboración propia.

La tabla 4 presenta diferencias estimadas entre cada par de medias regionales para ET* y EE*. Se encontraron diferencias significativas con un nivel del 95,0 % de confianza para ET* entre siete pares de medias, lo cual ratifica que las regiones de Casanare, Santander, Meta, Magdalena, Bolívar y Cesar son significativamente más eficientes que Nariño. Para EE* se identificaron ocho grupos, de modo que es Nariño la región menos eficiente; lo anterior puede deberse a que Nariño es la región con menos empresas extractoras —tres—, la

menos eficiente técnicamente pues los valores medios de eficiencia de la ET para el periodo estuvieron entre 0,579-0,726 y para EE entre 0,855-0,925, durante el periodo de estudio se enfrentó a disminución en el rendimiento productivo, difíciles condiciones climáticas, incidencia de PC y gusano barrenador de raíces, bajos niveles de acceso a crédito, caída del precio internacional del aceite de palma, incremento de cultivos ilícitos y escasos de combustibles.

Tabla 4. Diferencias estimadas entre medias regionales para ET* y EE*

Contraste	Eficiencia técnica ET*		Eficiencia de escala EE*	
	Diferencia	+/- Límites	Diferencia	+/- Límites
Bolívar-Casanare	0,059	0,082	0,034	0,057
Bolívar-Cesar	-0,008	0,074	0,049	0,052
Bolívar-Magdalena	0,022	0,077	0,021	0,054
Bolívar-Meta	0,036	0,071	0,046	0,050
Bolívar-Nariño	0,231*	0,085	0,098*	0,060
Bolívar-Santander	0,039	0,078	-0,006	0,055
Casanare-Cesar	-0,067*	0,056	0,015	0,039
Casanare-Magdalena	-0,037	0,059	-0,013	0,042
Casanare-Meta	-0,022	0,052	0,012	0,037
Casanare-Nariño	0,173*	0,070	0,064*	0,049
Casanare-Santander	-0,020	0,061	-0,040	0,043
Cesar-Magdalena	0,030	0,048	-0,028	0,034
Cesar-Meta	0,045*	0,039	-0,003	0,027
Cesar-Nariño	0,240*	0,061	0,049*	0,043
Cesar-Santander	0,047	0,050	-0,055*	0,035
Magdalena-Meta	0,015	0,044	0,025	0,031
Magdalena-Nariño	0,210*	0,064	0,077*	0,045

Tabla 4. Diferencias estimadas entre medias regionales para ET* y EE* (Continuación)

Magdalena-Santander	0,017	0,054	-0,027	0,038
Meta-Nariño	0,195*	0,058	0,052*	0,040
Meta-Santander	0,003	0,046	-0,052*	0,032
Nariño-Santander	-0,193*	0,066	-0,104*	0,046

* indica una diferencia significativa.

Fuente. Elaboración propia.

4. Conclusiones

La agroindustria de la palma de aceite en el mundo, en Latinoamérica y en Colombia muestra un gran dinamismo. Colombia es un país afortunado, pues gran parte de su territorio cuenta con condiciones de clima y de suelo apropiadas para el desarrollo del cultivo. Departamentos como, Bolívar, Casanare, Cesar, Magdalena, Meta, Nariño y Santander, entre otros, cuentan tanto con cultivos de palma africana como con las empresas dedicadas a la refinación de aceite de palma, localizadas en diferentes regiones geográficas, entre las cuales se presentan contrastes marcados con factores edafoclimáticos que pudieron influir en los indicadores de eficiencia.

El presente trabajo estimó la eficiencia de las empresas extractoras de aceite de palma durante el periodo 2011-2016 como herramienta de gestión para la toma de decisiones en el sector mediante la metodología DEA y las técnicas de bootstrap para 45 empresas extractoras en el periodo 2011-2016, para un total de 261 DMU.

Los resultados revelaron que las empresas extractoras fueron más eficientes en la escala operacional que en la optimización de los recursos. La eficiencia media de las empresas extractoras en Colombia fue de 0,908 para eficiencia de escala y para eficiencia técnica de 0,794, lo cual indica que existe margen de mejora a partir de la optimización de los inputs costos de ventas, activos y gastos del 20 %.

Al tener en cuenta el periodo de estudio, los años más eficientes fueron el 2011, el 2015 y el 2016; los más críticos fueron el 2012, el 2013 y el 2014. En los

informes de Fedepalma se menciona que la merma de la producción se generó por las condiciones climáticas, las plagas como el PC, las variaciones en los precios del dólar que generaron un incremento de los insumos, la falta de tecnificación de sistemas de riego, los paros y la violencia en algunas zonas.

A partir del contraste múltiple de rangos se determinó que las regiones más eficientes fueron técnicamente Cesar, Bolívar y Magdalena, y en eficiencia de escala Santander, Bolívar y Magdalena.

Si bien los indicadores de eficiencia son satisfactorios, ya que los resultados en su mayoría evidencian estar por encima del 80 %, desafortunadamente, en los últimos años la agroindustria de la palma de aceite ha venido reduciendo su ventaja productiva, básicamente a causa de la enfermedad pudrición de cogollo (PC) que pudo afectar los resultados de eficiencia en las zonas de Nariño y Magdalena.

Los resultados sobresalientes de crecimiento de eficiencia en el sector en el 2015 y el 2016 obedecen, principalmente, al crecimiento de la producción por el nivel lluvias y la adopción de mejores prácticas por parte de los productores, derivados de la transferencia de tecnología adelantada por Cenipalma.

Es fundamental destacar lo valioso que tiene el cultivo de palma en el campo, ya que se ha convertido en un importante generador de crecimiento y de empleo formal en las zonas que se tienen los cultivos (MARO, 2020). Una de las fortalezas más destacadas de la agroindustria de la palma de aceite es su alta

productividad en términos de aceite por área cultivada, aunque desde el punto de vista de infraestructura las inversiones iniciales son bastante elevadas. Si bien la brecha en eficiencia y productividad del sector de palma frente a los productores líderes se ha disminuido, es necesario continuar y diseñar estrategias que permitan el aprovechamiento del potencial productivo del

cultivo de palma de aceite. La palma de aceite enfrenta un gran reto competitivo en el orden mundial, por cuanto su eficiencia y productividad debe mejorarse constantemente desde el punto de vista técnico, así como la optimización de sus activos, los costos de ventas y el incremento de las ventas.

Referencias

- Ahmad, Z.; Jun, M. (2015). Agricultural production structure adjustment scheme evaluation and selection based on DEA model for Punjab (Pakistan). *Journal of Northeast Agricultural University (English Edition)*, 22(2), 87-91. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1006-8104\(15\)30037-4](https://doi.org/10.1016/S1006-8104(15)30037-4)
- Ahmed, N.; Zander, K. K.; Garnett, S. T. (2011). Socioeconomic aspects of rice-fish farming in Bangladesh: opportunities, challenges and production efficiency. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 55(2), 199-219. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8489.2011.00535.x>
- Álvarez, A. (Coord.). (2001). *La medición de la eficiencia y la productividad*. Madrid: Pirámide.
- Arzubi, A.; Berbel, J. (2002). Determinación de índices de eficiencia mediante DEA en explotaciones lecheras de Buenos Aires. *Investigaciones Agrarias: Producción y Sanidad Animales*, 17(1-2), 103-123.
- Bakar, S. N. H. A.; Hasan, H. A.; Mohammad, A. W.; Abdullah, S. R. S.; Haan, T. Y.; Ngeni, R.; Yusof, K. M. M. (2018). A review of moving-bed biofilm reactor technology for palm oil mill effluent treatment. *Journal of Cleaner Production*, 171, 1532-1545. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.100>
- Banker, R. D.; Charnes, A.; Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in *Data Envelopment Analysis*. *Management Science*, 30(9), 1078-1092. DOI: <https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>
- Bennett, A.; Ravikumar, A.; Cronkleton, P. (2018). The effects of rural development policy on land rights distribution and land use scenarios: the case of oil palm in the Peruvian Amazon. *Land Use Policy*, 70, 84-93. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.10.011>
- Cárdenas, A. G. (2016). La agroindustria de la palma de aceite en América. *Revista Palmas*, 37(Especial), 215-228.
- Constain, F. M.; Muñoz, N. E. (2015). Determinantes de la competitividad del sector de la palma de aceite, aceites, grasas vegetales, oleoquímica y biocombustibles en Malasia. *Revista Palmas*, 36(1), 13-24.
- Córdoba, D.; Selfa, T.; Abrams, J. B.; Sombra, D. (2018). Family farming, agribusiness and the state: building consent around oil palm expansion in post-neoliberal Brazil. *Journal of Rural Studies*, 57, 147-156. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2017.12.013>
- Chandio, A. A.; Jiang, Y.; Gessesse, A. T.; Dunya, R. (2017). The nexus of agricultural credit, farm size and technical efficiency in Sindh, Pakistan: a stochastic production frontier approach. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18(3), 348-354. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.11.001>
- Charnes, A.; Cooper, W. W.; Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444. DOI: [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- Chavas, J.-P.; Aliber, M. (1993). An analysis of economic efficiency in agriculture: a nonparametric approach. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 18(1), 1-16.
- Chavas, J.-P.; Petrie, R.; Roth, M. (2005). Farm household production efficiency: evidence from the Gambia. *American Journal of Agricultural Economics*, 87(1), 160-179. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.0002-9092.2005.00709.x>
- Euler, M.; Hoffmann, M. P.; Fathoni, Z.; Schwarze, S. (2016). Exploring yield gaps in smallholder oil palm production systems in eastern Sumatra, Indonesia. *Agricultural Systems*, 146, 111-119. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agry.2016.04.007>
- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of The Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120(3), 253-281. DOI: <https://doi.org/10.2307/2343100>
- Fedepalma. (2013). *Anuario estadístico 2013. La agroindustria de la palma de aceite en Colombia y en el mundo*. Bogotá: Centro de Información y Documentación Palmero. Fedepalma. Recuperado de <https://bit.ly/2HDoyhO>
- Fedepalma. (2014). *Anuario estadístico 2014. La agroindustria de la palma de aceite en Colombia y en el mundo*. Fedepalma. Bogotá: Centro de Información y Documentación Palmero. Fedepalma. Recuperado de <https://bit.ly/3mtAQZj>

- Fedepalma. (2016). *Anuario estadístico 2016. La agroindustria de la palma de aceite en Colombia y en el mundo*. Bogotá: Centro de Información y Documentación Palmero. Fedepalma. Recuperado de <https://bit.ly/3oxvk9U>
- Fedepalma. (2018). *Balance económico del sector palmero colombiano en 2017*. Fedepalma. Bogotá: Centro de Información y Documentación Palmero. Fedepalma. Recuperado de <https://bit.ly/31PbJlv>
- Fletschner, D.; Guirking, C.; Boucher, S. (2010). Risk, credit constraints and financial efficiency in Peruvian agriculture. *The Journal of Development Studies*, 46(6), 981-1002. DOI: <https://doi.org/10.1080/00220380903104974>
- Gamarra, J. (2004). *Eficiencia técnica relativa de la ganadería doble propósito en la Costa Caribe*. Documentos de trabajo sobre Economía regional, 53. Banco de la República. Recuperado de <https://bit.ly/3eywUUG>
- García, R.; Núñez, A.; Ramírez, T.; Jaimes, S. (2013). Caracterización de la fase upstream de la cadena de valor y abastecimiento de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia. *Dyna*, 80, 79-89.
- Gómez, D.; Ospina, J. S. (2016). *Análisis de la competitividad del eslabón de transformación de la agro-cadena de palma africana en Colombia* (Tesis de grado). Universidad de la Salle. Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://bit.ly/31OisCG>
- Guerrero, C.; Rivera, T. (2009). México: cambio en la productividad total de los principales puertos de contenedores. *Revista Cepal*, (99), 175-187. DOI: <https://doi.org/10.18356/cbf7cd0e-es>
- Iliyasu, A.; Mohamed, Z. A. (2016). Evaluating contextual factors affecting the technical efficiency of freshwater pond culture systems in peninsular Malaysia: a two-stage DEA approach. *Aquaculture Reports*, 3, 12-17. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2015.11.002>
- Jelsma, I.; Schoneveld, G.; Zoomers, A.; Westen, A. van. (2017). Unpacking Indonesia's independent oil palm smallholders: an actor-disaggregated approach to identifying environmental and social performance challenges. *Land Use Policy*, 69, 281-297. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.08.012>
- Jelsma, I.; Slingerland, M.; Giller, K. E.; Bijman, J. (2017). Collective action in a smallholder oil palm production system in Indonesia: the key to sustainable and inclusive smallholder palm oil? *Journal of Rural Studies*, 54, 198-210. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2017.06.005>
- Kapelko, M.; Oude, A. (2014). Examining the relation between intangible assets and technical efficiency in the international textile and clothing industry. *The Journal of the Textile Institute*, 105(5), 491-501. DOI: <https://doi.org/10.1080/00405000.2013.826417>
- Lakner, S.; Breustedt, G. (2017). Efficiency analysis of organic farming systems-a review of concepts, topics, results and conclusions. *German Journal Of Agricultural Economics*, 66(2), 85-108.
- López, Á.; Zúñiga, C.; López, M.; Quirós, O.; Colón, A.; Navas, J.; Martínez, E.; Rangel, R. (2016). Estado del arte de la medición de la productividad y la eficiencia técnica en América Latina: caso Nicaragua. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 1(2), 76-100. DOI: <https://doi.org/10.5377/ribcc.v1i2.2478>
- Rodríguez-Luna, R. (2012). Determinantes de la eficiencia técnica en la agroindustria de aceite de palma en el departamento del Magdalena. *Ingeniería Solidaria*, 8(14), 8-18.
- MARO. (2020). *MARO-Mapa Regional de Oportunidades*. Recuperado de <https://www.maro.com.co/>
- Mukhtar, U.; Mohamed, Z.; Shamsuddin, M. N.; Sharifuddin, J.; Iliyasu, A. (2018). Application of *Data Envelopment Analysis* for technical efficiency of smallholder pearl millet farmers in kano state, Nigeria. *Bulgarian Journal Of Agricultural Science*, 24(2), 213-222.
- Núñez, J.; Carvajal, J. C.; Bautista, L. A. (2013). El TLC con Estados Unidos y su impacto en el sector agropecuario colombiano: entre esperanzas e incertidumbres. *Revista Electrónica de la Facultad de Derecho*, 1(1), 118-133.
- Perdomo, J. A.; Mendieta, J. C. (2007). Factores que afectan la eficiencia técnica y asignativa en el sector cafetero colombiano: una aplicación con análisis envolvente de datos. *Revista Desarrollo y Sociedad*, (60)1-45. DOI: <https://doi.org/10.13043/dys.60.1>
- Porter, M. E.; Kramer, M. R. (2014). A response to Andrew Crane et al.'s article. *California Management Review*, 56(2), 149-151.
- Producción Agrícola Mundial. (2020). *Producción Mundial Aceite de Palma*. Recuperado de <https://bit.ly/2JzFxSw>
- Rangel, C. A. (2017). Plan de excelencia industrial y estudio de los principales indicadores de desempeño en plantas de beneficio piloto en Colombia. *Revista Palmas*, 37, 57-68.
- Reinosa, D. C. (2009). Costos ambientales en el proceso de extracción del aceite de palma. Estudio de un caso. *Revista Venezolana de Gerencia*, 14(46), 228-247. DOI: <http://dx.doi.org/10.37960/revista.v14i46.10532>
- Rhebergen, T.; Fairhurst, T.; Zingore, S.; Fisher, M.; Oberthür, T.; Whitbread, A. (2016). Climate, soil and land-use based land suitability evaluation for oil palm production in Ghana. *European Journal of Agronomy*, 81, 1-14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.08.00>
- Simar, L.; Wilson, P. (1998). Sensitivity analysis of efficiency scores: how to bootstrap in nonparametric frontier model. *Management Science*, 44(1), 1-148. DOI: <https://doi.org/10.1287/Mnsc.44.1.49>

- Toma, E.; Dobre, C.; Dona, I.; Cofas, E. (2015). DEA applicability in assessment of agriculture efficiency on areas with similar geographically patterns. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 6, 704-711. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.08.127>
- Tong, Y.-S. (2017). Vertical specialisation or linkage development for agro-commodity value chain upgrading? The case of Malaysian Palm Oil. *Land Use Policy*, 68, 585-596. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.LANDUSEPOL.2017.08.020>
- Ullah, I.; Ali, S.; Khan, S. U.; Sajjad, M. (2019). Assessment of technical efficiency of open shed broiler farms: the case study of Khyber Pakhtunkhwa province Pakistan. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18(4), 361-366. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.12.002>