Volumen 42 N°. 4 de 2021 • pp. 1-92 • octubre-diciembre de 2021 • ISSN impreso 0121- 2923 • ISSN digital 2744-8266.

LA PALMA DE ACEITE, UNA AGROINDUSTRIA EFICIENTE, SOSTENIBLE Y MUNDIALMENTE COMPETITIVA

PALMAS

Vol. 42 No. 4

SOSTENIBILIDAD
Costos de producción 2020 para empresas *benchmark* de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia

SOSTENIBILIDAD
Evaluación de la sostenibilidad y seguridad inherente de un proceso de producción de aceite de palma en el norte de Colombia

SALUD Y NUTRICIÓN
Características del aceite de palma/oleína de palma como aceite de fritura

Escanee este código QR con su celular para consultar el PDF de la revista

Publicación de la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite en circulación desde 1980.

fedepalma
CON EL APOYO DEL FONDO DE FOMENTO PALMERO

fedepalma
CON EL APOYO DEL FONDO DE FOMENTO PALMERO

Calle 98 No. 70-91
Tel: 313 86 00
www.fedepalma.org
Bogotá D. C., Colombia

Esta publicación cuenta
con el patrocinio del
Fondo de Fomento Palmero

Fotografía: archivo Fedepalma

La revista Palmas no se hace responsable
de las opiniones emitidas por los autores.

Incluida en el portal de revistas de
la BVS de BIREME/OPS/OMS

Versión digital en OJS:
https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas

Nicolás Pérez Marulanda
Presidente Ejecutivo de Fedepalma

Editor
Andrés Felipe García Azuero
Director de Planeación Sectorial y Desarrollo Sostenible

Comité Editorial
Andrés Felipe García Azuero
Carolina Gómez Celis
Martha Helena Arango de Villegas

Comité Científico
Álvaro Campo Cabal, *Ph.D.*
Álvaro Silva Carreño, *Ph.D.*
Fernando Munévar Martínez, *Ph.D.*
Luis Eduardo Zapata Munévar, *Ph.D.*
Denis Pedraza, *Ing. Mecánico*

Coordinación Editorial
Ana Marcela Hernández Calderón

Responsable de Publicaciones
Yolanda Moreno Muñoz

Centro de Información y Documentación
Martha Helena Arango de Villegas

Traductor
Carlos Arenas

Diseño y diagramación
Lida R. Chaparro S.

Impresión
Estudio 45-8 S. A. S.

Cualquier utilización por terceros, de todo o parte del contenido de la revista Palmas, deberá ir acompañada de su nota bibliográfica y estar claramente referenciada (indicando en cada caso el nombre de la revista, volumen, número y año de edición).
Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los artículos con fines comerciales.

Contenido

Editorial

6 Sostenibilidad y salud y nutrición. ¿Qué hay de nuevo en investigación?

Sustainability and health and nutrition. What's new in research?

Nicolás Pérez Marulanda

Sostenibilidad

8 Costos de producción 2020 para empresas *benchmark* de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia

2020 Production Costs for Benchmark Companies of the Colombian Oil Palm Agroindustry

Mosquera-Montoya Mauricio, Ruiz-Álvarez Elizabeth, Munévar Daniel A., Moreno Lizzeth, Estupiñán María, Guerrero Ánderson E., Silvia L. Cala, Sonia M. Sierra.

21 Diseño de la medición del rendimiento para una cadena de suministro sostenible de las empresas de aceite de palma crudo (APC) utilizando el enfoque de gestión de la cadena de suministro *Lean & Green* (LGCSM) (estudio de caso: empresa de aceite de palma de Indonesia)

Designing the Performance Measurement for Sustainable Supply Chain of the Crude Palm Oil (CPO) Companies Using Lean & Green Supply Chain Management (LGSCM) Approach (Case Study: Indonesia's Palm Oil Company)

Fauzi Khair, Dendhy Indra Wijaya, Hubertus Davy Yulianto, Khristian Edi Nugroho Soebandrija

33 Evaluación de la sostenibilidad y seguridad inherente de un proceso de producción de aceite de palma en el norte de Colombia

Evaluating the Sustainability and Inherent Safety of a Crude Palm Oil Production Process in North-Colombia

González-Delgado Ángel Darío, Barajas-Solano Andrés F., León-Pulido Jeffrey

Sostenibilidad

50 ¿Compensación *offsetting*, *insetting* o ambas? Tendencias actuales en la certificación sostenible del aceite de palma

Offsetting, Insetting, or Both? Current Trends in Sustainable Palm Oil Certification

Gallemore Caleb, Jespersen Kristjan

Salud y nutrición humana

70 Características del aceite de palma/oleína de palma como aceite de fritura

Characteristics of Palm Oil/Palm Olein as a Frying Oil

Minal Johari

Otros

76 Índices bibliográficos volumen 42

Política editorial revista Palmas

PALMAS es una publicación de la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (Fedepalma) fundada en 1980, de circulación trimestral a nivel nacional e internacional.

PALMAS es una revista de análisis especializada en la agroindustria de la palma de aceite con artículos sobre el desarrollo de nuevas tecnologías para el cultivo, el procesamiento y la extracción de aceite de palma, aspectos nutricionales del consumo de aceites y grasas, análisis de mercados y comercialización, así como el registro de los eventos gremiales de la Federación.

Está dirigida a todo el sector palmicultor, los gerentes, administradores y agrónomos de las plantaciones, a las entidades representativas del sector agropecuario en general, a los diferentes estamentos del gobierno, a las industrias de aceites y grasas, a los alimentos concentrados, a las industrias con aplicaciones no comestibles de los aceites de palma, a los centros educativos y de investigación nacionales e internacionales y al público interesado en el tema. Circula, además, en países de América, Europa y Asia.

Se publican trabajos inéditos, resultados de investigación, artículos preparados con base en tesis de grado, informes o avances técnicos, artículos traducidos de otras publicaciones, ponencias de eventos, artículos de revisión.

Las opiniones expresadas en los artículos reflejan el pensamiento y opinión de los autores y no necesariamente los de Fedepalma.

El Comité Editorial se reserva el derecho de aceptar los artículos que se van a publicar, previa revisión por personal técnico y pares.

Los artículos deben cumplir con las normas editoriales elaboradas por Fedepalma. Todos los artículos serán sometidos a una corrección de estilo realizada por un experto.

Guía para la elaboración de artículos en revista Palmas

Presentación de artículos

- Enviar original por medio del portal OJS (publicaciones.fedepalma.org)
- Documento original en Word, en medio digital, a 12 puntos y doble espacio, con márgenes de 2,5 cm.
- Todos los artículos deben incluir título (no más de 15 palabras) en español y en inglés, sección a la que pertenecen y tipo de artículo.
- Títulos. Primer orden en mayúsculas y negritas; segundo orden: minúsculas y negritas; tercer orden: en cursivas.
- Las tablas y figuras en Excel o programa original. Las fotos en alta resolución (300 dpi o 1 Mega).
- Los artículos deben tener resumen en español y en inglés (250 palabras, cada uno), y palabras clave en los dos idiomas. No debe contener las palabras del título.
- El nombre del autor: dos apellidos, cuando los use, dirección, correo electrónico, cargo y empresa.
- Los artículos de innovación científica y tecnológica tienen un máximo de 25 páginas.
- Los tipos de artículos que tiene la revista son: investigación e innovación científica, reseña, reflexión y traducción.
- Las secciones son: Cultivo, Sostenibilidad, Extensión, Institucionalidad, Emprendimiento, Comercialización y mercados, Valor agregado, Salud y nutrición humana, Memorias de eventos.

La estructura de artículo de investigación e innovación científica y tecnológica es la siguiente:

- Sección y tipo de artículo: enumerados anteriormente.
- Título: en español e inglés, corto (15 palabras máximo), de lo contrario deberá incluirse un subtítulo.
- Autores: escribir el primer nombre e inicial del segundo, primer apellido e inicial del segundo. La dependencia a que pertenecen, dirección postal completa y correo electrónico.
- Resumen en español e inglés: no debe superar las 250 palabras.
- Palabras clave: hasta ocho palabras que faciliten el uso de los sistemas de catalogación y búsqueda de información por computador. No se deben repetir las palabras del título.
- Introducción: se define el problema por estudiar, los objetivos del artículo, la metodología y se indica la importancia de la investigación. Con citas bibliográficas se sustenta la revisión de literatura sobre el tema.
- Materiales y métodos: se deben describir los detalles y características del sitio, materiales, técnicas, diseño experimental y análisis estadísticos.
- Resultados y discusión: es preferible presentarlos unidos. Los resultados deben describirse en forma concisa y utilizar tablas, figuras y fotografías. En la discusión se hará la evaluación de los resultados obtenidos y se relacionan con los resultados de otras investigaciones, sustentados con citas bibliográficas dentro del texto.
- Conclusiones: deben ser breves y corresponden a las recomendaciones, sugerencias e hipótesis nuevas. No debe repetir los resultados.
- Bibliografía: se debe limitar a la estrictamente necesaria y en relación directa con la investigación realizada. Todas las referencias listadas deben estar citadas en el texto. Se deben colocar en orden alfabético por apellido e incluyen: autor, año, título, número de edición, casa editora, lugar de publicación, número de páginas, siguiendo las normas de citación de la American Psychological Association (APA), sexta edición. En caso de ser publicación periódica se debe citar el nombre de la revista y entre paréntesis el país, volumen, número y páginas, si corresponde a una serie o colección.

Advertencia. Los contenidos de los avisos publicitarios de esta revista son atribuibles y responsabilidad exclusiva de los anunciantes o pautantes. Para interponer cualquier reclamación relacionada con los contenidos publicitarios insertados en la revista Palmas, pueden dirigirse a la siguiente dirección de correo electrónico atencionalafiliado@fedepalma.org y desde allí se hará el contacto con el pautante.

Editorial Policy for Palmas Journal

PALMAS is a publication of the National Federation of Oil Palm Growers (Fedepalma) founded in 1980, published quarterly with national and international circulation.

PALMAS is an analysis journal specialized in the oil palm agro-industry, with articles on the development of new technologies for cultivation, processing and extraction of palm oil, nutritional aspects of oils and fats consumption, market analysis and marketing, as well as the record of the trade association events of Fedepalma.

The journal is aimed at the entire oil palm sector, plantation managers, directors, and agronomists, the representative bodies of the agricultural sector in general, the different institutions of the government, the oils and fats industries, animal feed industry, industries with non-edible applications of palm oils, and national and international research and educational centers and public interested in the subject. It also circulates in countries of America, Europe, and Asia.

Unpublished works, research results, articles prepared on the basis of degree thesis, technical reports or advances, articles translated from other publications, papers from events, and review articles are published in this journal.

The opinions expressed in the articles reflect the view and opinion of the authors and not necessarily those of Fedepalma.

The Editorial Committee reserves the right to accept the articles to be published, after review by technical staff or peer review.

The articles must comply with the publishing guidelines established by Fedepalma and submitted to the Office of Publications of Fedepalma in digital form. All articles will be subject to proofreading by an expert.

Note for the Authors: Guidelines for the Preparation of Articles in Palmas

Articles Submission

- Submissions should be process via OJS through publicaciones.fedepalma.org
- Original in Word format 12 points, in digital media, and double space with margins of 2,5 cm.
- The article title should be short, maximum 15 words, in Spanish and English, section and type of article.
- First-order headings must be in upper case and bold; second-order in lower case and bold, and third-order in italics.
- The tables and figures preferably in Excel. High resolution photos (300 dpi or 1 Mega).
- All articles must have a summary in Spanish, and whenever possible in English, and keywords.
- Authors' name must indicate both surnames if used, and data of address, position and company in case of having them.
- Scientific articles should not exceed 25 double-spaced pages.
- The types of articles are: scientific research and innovation, review, reflection and translation.
- The sections are: Culture, Sustainability, Extension, Institutionality, Entrepreneurship, Marketing and Markets, Added Value, Health and Nutrition

The structure of scientific and technological research and innovation article should be following:

- Title: should be short, maximum 15 words, otherwise a subtitle should be included.
- Authors: place first name and middle initial, first surname and initial of the second; provide organizational affiliation, Email and full postal address.
- Abstract should not exceed 250 words.
- Keywords: up to eight words can be placed to facilitate the use of modern computer-based systems for cataloguing and retrieval of information. The words of the title should not be repeated.
- Introduction: the problem to be studied is defined and the importance of the research is indicated. Literature review on the topic is supported with bibliographic citations.
- Materials and Methods: details and characteristics of site, materials, techniques, experimental design, and statistical analysis should be described
- Results and Discussion: It is preferable to present them together. Results should be described in a concise manner using tables, figures, and photographs. In the discussion, an evaluation of the results obtained will be done and related to other research results, supported with bibliographic citations within the text.
- Conclusions: they should be brief and correspond to the new recommendations, suggestions, and hypotheses. Do not repeat results.
- References: should be limited to the strictly necessary and directly related to the research done. All listed references should be cited in the text. They should be placed in alphabetical order by surname and include: author, year, title, issue number, publishing house, place of publication, page numbers, following the American Psychological Association (APA), sixth edition, referencing and style system. In the event of being a periodical publication, the name of the journal should be cited and in parenthesis the country, volume, number and pages if it corresponds to a series or collection.

Sostenibilidad y salud y nutrición. ¿Qué hay de nuevo en investigación?

Reconociendo la importancia de las buenas prácticas en la palmicultura para reducir los efectos en el entorno natural y en las comunidades, esta publicación hace énfasis en investigaciones sobre la sostenibilidad del sector y temas relacionados con salud y nutrición.

La edición inicia con un informe sobre costos de producción de las empresas con mejores prácticas, tanto en sus cultivos como en las plantas de beneficio. Este *benchmarking,* realizado en 2021 por Fedepalma y Cenipalma, expone los costos de producción de 2020 en diferentes zonas del país, permitiendo al palmicultor y a las organizaciones saber el costo de emplear las distintas tecnologías disponibles para el cultivo y comparar su experiencia.

En línea con la tendencia de los consumidores por exigir productos fabricados amigablemente con el medioambiente, se presenta un trabajo enfocado en el mejoramiento de la gestión de la cadena de suministro con miras a consolidar un negocio de aceite de palma sostenible. Esto enmarcado en los conceptos *lean* (relacionado con el objetivo reducir los costos y aumentar la eficacia de la cadena de suministro) y *green,* que hace referencia a que el proceso tenga un buen efecto sobre el ambiente.

Otro de los artículos expone el análisis realizado sobre seguridad inherente para un proceso de aceite de palma crudo en la Zona Norte de Colombia. Esta investigación busca prevenir eventualidades durante el procesamiento de aceite de palma crudo, al reducir el material peligroso y el número de operaciones que se consideran de riesgo en la planta. Además, se hizo una evaluación de sostenibilidad de todo el proceso, incluyendo criterios económicos, ambientales, energéticos y de seguridad, con el fin de proporcionar bases para la toma de decisiones de los palmicultores.

En cuanto a las certificaciones, esta edición de la revista Palmas presenta un comparativo entre las compensaciones *offsetting* e *insetting*, explicando sus ventajas y desventajas, y en qué condiciones pueden ser aplicables y recomendables para cada empresa.

Por último, en temas de la salud y nutrición, la revista expone un análisis de las características del aceite de palma y de la oleína de palma como aceite de fritura. Se comparten sus principios, especificaciones y ventajas, con el fin de dar a conocer con mayor profundidad este aspecto del aceite de palma y la oleína.

Bienvenidos a esta nueva edición.

NICOLÁS PÉREZ MARULANDA
Presidente Ejecutivo de Fedepalma

Sustainability and health and nutrition. What's new in research?

Recognizing the importance of good practices in palmiculture to reduce its impact on the natural environment and communities, this publication emphasizes research on the sector's sustainability and on health and nutrition issues.

This issue begins with a report on the production costs of companies with best practices, both in their crops and mills. This *benchmarking*, carried out in 2021 by Fedepalma and Cenipalma, exposes the 2020 production costs in different parts of the country, allowing the palm grower and organizations to know the cost of using different technologies available for cultivation, and to compare their experience.

In line with the consumers' trend to demand environmentally friendly manufactured products, we present a work focused on improving supply chain management to consolidate a sustainable palm oil business. This is framed in the *Lean* (related to the objective to reduce costs and increase the efficiency of the supply chain) and *Green* (which refers to the process of having a good effect on the environment) concepts.

Another paper presents the analysis on inherent safety for a crude palm oil process in the Northern Zone of Colombia. This research seeks to prevent contingencies during the processing of crude palm oil by reducing hazardous materials and the number of operations considered risky in the mill. Furthermore, the sustainability of the entire process, including economic, environmental, energetic and security criteria was assessed to provide a reference for palm growers to make decisions.

Regarding certifications, this issue of *Revista Palmas* presents a comparison between *offsetting* and *insetting* compensations, explaining their advantages and disadvantages, and the conditions in which they are applicable and advisable for each company.

Finally, on health and nutrition, this issue presents an analysis of the characteristics of palm oil and palm olein as frying oil. Their principles, specifications and advantages are presented to provide a deeper understanding of this aspect of palm oil and olein.

We welcome you to this new issue.

NICOLÁS PÉREZ MARULANDA
Executive President of Fedepalma

Costos de producción 2020 para empresas *benchmark* de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia*

2020 Production Costs for Benchmark Companies of the Colombian Oil Palm Agroindustry

Citación: Mosquera-Montoya, M., Ruiz-Álvarez, E., Munévar, D. A., Moreno, L., Estupiñán, M., Guerrero, A. E., Cala, S. L. & Sierra, S. M. (2021). Costos de producción 2020 para empresas *benchmark* de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia. *Palmas, 42*(4), 8-20.

* Artículo de investigación e innovación científica y tecnológica.

Palabras clave: Costo unitario, Estimación de costos, *E. guineensis*, OxG.

Keywords: Unit cost, Cost estimation, *E. guineensis*, OxG hybrid.

Recibido: octubre de 2021.

Aceptado: noviembre de 2021.

Mosquera-Montoya Mauricio
Coordinador de la Unidad de Validación de Cenipalma
Autor de correspondencia
mmosquera@cenipalma.org

Ruiz-Álvarez Elizabeth
Investigadora Asociada de Cenipalma

Munévar Daniel A.
Auxiliar de Investigación de Cenipalma

Moreno Lizzeth
Analista de Economía de Fedepalma

Estupiñán María
Auxiliar de Investigación de Cenipalma

Guerrero Anderson E.
Extensionista de Cenipalma

Silvia L. Cala
Extensionista de Cenipalma

Sonia M. Sierra
Extensionista de Cenipalma

Resumen

Este trabajo presenta los resultados de un estudio de *benchmarking* realizado en 2021 sobre los costos de producción del año 2020 de cultivos de palma de aceite (27 plantaciones) y plantas de beneficio de Colombia (18 plantas). En cuanto a la metodología, se utilizó el enfoque propuesto por Mosquera *et al.* (2020). Los datos recolectados corresponden a 8 %

del área sembrada con palma de aceite y a 31 % de las toneladas de racimos de fruta fresca (RFF) procesadas en el país en el año 2020. Los resultados indicaron que el promedio 2020 del rendimiento de los cultivos fue de 25,6 t RFF.ha (5 t APC.ha) para cultivos de *E. guineensis* y 27, 4 t RFF.ha (6,4 t APC.ha) en cultivos híbridos OxG. Además, los costos unitarios de producción de las plantaciones de *E. guineensis* se estimaron en 296.521 pesos por tonelada de RFF (1,5 millones de pesos por tonelada de APC). Y para los cultivos híbridos de OxG se estimaron en 294.455 pesos por tonelada de RFF (1,49 millones de pesos por tonelada de APC).

Summary

This paper presents the results of a benchmarking study carried out in 2021 on year 2020 production costs of oil palm crops from Colombia (27 plantations) and, palm oil mills from Colombia (18 oil palm mills). Regarding the methodology, it was used the approach proposed by Mosquera *et al.* (2020). The data gathered corresponds to 8% of the oil palm cropped area and 31% of the FFB processed in Colombia. Results indicated that, the averages 2020 of crop yields were 25.6 t FFB.ha (5 t CPO.ha) for *E. guineensis* crops and, 27.4 t FFB. ha (6.4 t CPO.ha) in hybrid OxG crops. Additionally, unit production costs for *E. guineensis* crops were estimated at COP 296,521 per ton of FFB (COP 1,5 million per ton of CPO). Unit costs for hybrid OxG crops were estimated at COP 294,455 per ton of FFB (COP 1,49 million per ton of CPO).

Introducción

Desde 2015, el Área de Economía Agrícola de Cenipalma y el Área de Economía de Fedepalma han sumado esfuerzos con el fin de entregar a los interesados en la agroindustria de la palma de aceite, los costos de producción de las empresas que implementan mejores prácticas tanto en sus cultivos, como en las plantas de beneficio (Mosquera *et al*., 2015; Mosquera *et al*., 2016; Mosquera *et al*., 2017; Mosquera *et al*., 2020).

Mediante este ejercicio es posible identificar el grado de competitividad de las organizaciones que hacen uso de la tecnología disponible en el cultivo y planta de beneficio, ya que permite conocer el costo de producir una unidad en buenas condiciones y compararlo con productores de otras latitudes. Esto es importante ya que el 48 % del aceite de palma producido en Colombia en el año 2020 tuvo como destino el exterior (Fedepalma, 2021b). Es decir, cada vez el palmicultor colombiano debe tener claro que el aceite que produzca debe ser competitivo en el mercado global.

Se destaca que se trata de un estudio de los costos económicos de la actividad productiva y que no considera rubros asociados a pago de impuestos o tasas, y que tampoco tiene en cuenta pagos relacionados con el servicio de deudas en las cuales los productores hubiesen podido incurrir con el fin de adelantar sus inversiones en el negocio de la palma. En este orden de ideas, se contemplan costos fijos y costos variables directamente relacionados con la actividad productiva durante el año 2019 (Mosquera *et al.*, 2016).

El ejercicio realizado no cuenta con una muestra estadísticamente representativa de los costos de producción en Colombia, porque la participación de las empresas es voluntaria. Sin embargo, su contribución es importante porque en este estudio participaron 27 plantaciones de las 4 zonas palmeras que representan el 8 % del área cultivada con palma de aceite en Colombia, en el año 2020. Adicionalmente, se contó con la participación de 18 plantas de beneficio, quienes procesaron el 31 % del fruto producido en la misma vigencia.

Para la vigencia 2020 es importante resaltar que se contó con la participación de empresas que cultivan híbrido OxG en las cuatro zonas palmeras y que tienen cultivos en edades maduras, lo que es relevante dado que en vigencias anteriores los costos del híbri-

do se estimaban a partir de las cifras entregadas por plantaciones de la Zona Oriental. De igual manera, cabe resaltar que la estructura de costos para este, en esta vigencia, cuenta con cifras de la polinización artificial (empleando ácido naftalenacético).

Este documento está estructurado en cuatro secciones. La primera, se refiere a la presente introducción. La segunda, describe los aspectos metodológicos, la tercera sección presenta los resultados de costos estimados para fruto y aceite y la cuarta concluye a partir de los resultados presentados.

Metodología

El estudio de costos de producción de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia estima los costos unitarios en los que incurren las empresas para la producción de una tonelada de racimos de fruta fresca (t RFF) y para aceite de palma crudo (APC). Este ejercicio estima los costos en el largo plazo, es decir, considera un periodo de 30 años que corresponde al ciclo de vida del cultivo. Debido a que este tiene diferentes etapas (improductiva, en desarrollo y adulta), la edad de las siembras es una variable que se incluye en este análisis (Mosquera *et al.*, 2015). Es de señalar que el flujo de costos resultante se expresa en pesos constantes de 2020.

El método empleado para la recolección de información fue un cuestionario con el que se indagó, para cada labor del cultivo, la frecuencia de realización, tarifas pagadas de acuerdo con los rendimientos de la mano de obra, cantidades de insumos empleados y costos asociados al uso de herramientas y maquinaria. Y para la planta de beneficio, por los rubros que tienen que ver con los servicios industriales (consumo de agua, energía, mano de obra y mantenimiento) y materia prima.

El personal consultado para diligenciar estas encuestas fue el que estaba al frente de administrar los procesos de cultivo y de extracción de aceite en la planta de beneficio, al igual que el encargado de llevar la contabilidad de la organización. Es importante mencionar que los resultados de cada una de las etapas de este ejercicio se validaron con el personal de las empresas y se realizaron ajustes en caso de haber sido necesario.

Productividad del cultivo

El rendimiento a lo largo de un proyecto productivo en palma de aceite se estima a partir de los datos que proveen los responsables del cultivo, en términos de tonelada de RFF por hectárea, desde el momento de la siembra de las palmas en el campo hasta que llegan a su etapa de madurez. Los valores corresponden a las siembras que cada encuestado reporta en 2020 en su plantación y a partir de ello se estima la curva de productividad para cada empresa en ese año (Mosquera *et al.*, 2015). Posteriormente, se ponderan los datos de productividad por el área correspondiente a cada empresa, para obtener el resultado de productividad de las zonas palmeras y el nacional.

Estimación de costos de establecimiento

Costos en los que incurre el inversionista para poder sembrar la palma. Cuando se requiere, se contabiliza el valor de la eliminación de las palmas de la generación anterior y los gastos de preparar física y químicamente el suelo para que se constituya en el sustrato ideal para el desarrollo de las palmas, incluyendo la siembra de coberturas. Esta etapa también incluye el diseño y montaje de la infraestructura de producción como vías, alcantarillas, puentes, canales de drenaje y sistema de riego. Finalmente se incluyen los costos atinentes al material de siembra, es decir, del vivero o si es del caso, la compra de plántulas o plantas. Estos rubros se llevan a hectárea y a partir de la sumatoria de cada una de estas actividades, se estima el costo de establecimiento (Mosquera *et al.*, 2015). Para proceder a tener un valor de zona y nacional, se ponderan los datos por el área de las empresas participantes en el estudio de costos 2020.

Estimación de costos de producción según etapa del cultivo

Sintetizan los costos en los que se incurre para mantener una plantación. Es decir, mantenimiento del cultivo (podas, control de malezas), sanidad, nutrición, polinización (si es del caso) y el mantenimiento de la infraestructura de la plantación (canales, vías) y de los animales que laboran en la misma (búfalos, mulos, caballos, bueyes, entre otros). Asimismo, es-

tos valores contienen los costos de cosecha y transporte a la planta de beneficio. Los costos de planeación y supervisión de labores, que incluyen los pagos al personal que se encarga de la estrategia de las plantaciones y del seguimiento de labores, se cuantifica como el 10 % de los costos variables del cultivo. La asistencia técnica se cuantifica a partir del pago por tonelada que recibe el personal encargado de realizar esta labor en las plantaciones propias o de proveedores de fruto, según el caso. Finalmente, el costo de la tierra se cuantifica a partir del valor de arrendar una hectárea de tierra para otras actividades económicas (p. ej. cultivos semestrales o ganadería) en el área de influencia de la empresa encuestada (Mosquera *et al*., 2015).

Todos esos valores son llevados a costo por hectárea y por etapa del cultivo (p. ej. improductiva, en desarrollo y adulta). Para cada empresa se tienen los costos de cada año, desde el primero hasta el último de la etapa adulta (en el cual se procede a renovación). En este estudio se estiman indicadores de costos para las diferentes etapas de producción, según se observa en la Tabla 1. Los costos a nivel de zona se obtienen de ponderar los costos por hectárea, de acuerdo con el área de las plantaciones participantes.

Estimación del costo unitario de fruto (t RFF)

El costo de una tonelada de fruto en 2020 es el resultado de la razón entre la sumatoria de los costos por hectárea desde el establecimiento hasta el año 30 ($/ha), y la sumatoria de las toneladas que se producen en una hectárea de palma (t RFF/ha). Ello arroja el resultado en términos de pesos por tonelada de fruto ($/t RFF) (Mosquera *et al*., 2015).

Estimación del costo de producción unitario de aceite ($ t APC)

El costo de una tonelada de APC se obtiene de cuantificar la cantidad de RFF necesario para obtener una tonelada de aceite, de acuerdo con la tasa de extracción de aceite (TEA). El precio de la materia prima considera el costo de producción unitario de las plantaciones participantes en cada zona. Se utilizó la TEA que reportaron las plantas de beneficio participantes para el año 2020. Para determinar el costo de procesamiento del fruto necesario para obtener una tonelada de aceite, se parte del costo de procesar una tonelada de RFF (dato que reportan las plantas de beneficio) y se multiplica por las toneladas requeridas para extraer una tonelada de aceite. A la suma del costo de la materia prima y el costo de extraer el aceite se le descuenta el valor de la almendra contenida en el fruto (% almendra/RFF), la cual se valora al precio de 2020 reportado por Fedepalma (Fedepalma, 2020).

Nótese que se trata del costo por tonelada considerando solo los costos de producción, es decir, corresponde al costo en el cual incurre una empresa que cuenta con cultivos propios y con planta de be-

Tabla 1. Síntesis de indicadores de costos por etapa productiva

Indicador	Descripción
Establecimiento (año 0)	Corresponde a las inversiones por hectárea que se deben realizar antes de la siembra de las palmas en el sitio definitivo
Etapa improductiva (año 1 a 3)	Se define como la sumatoria de costos en los que se incurre en el lapso comprendido entre la siembra y el tercer año
Etapa en desarrollo (año 4 a 6)	Es la suma de los costos en los cuales se incurre para el mantenimiento de la plantación, la cosecha y el transporte del fruto a la planta de beneficio, que se dan en el periodo en el que las palmas producen fruto, pero aún no alcanzan la madurez productiva
Etapa adulta (año 7 en adelante)	Son los costos anuales en los que se incurre para administrar una plantación de palma de aceite, una vez esta ha alcanzado la madurez productiva. Para los efectos de este estudio se considera que este momento llega a partir del año 7

neficio. Este valor es el que se utiliza en los ejercicios de costos llevados a cabo por LMC International Ltd. y por Oil World, consultores internacionales en mercados de *commodities*, luego, los resultados de este ejercicio son comparables con los reportados por esas organizaciones. En otras palabras, estos resultados permiten referenciar la competitividad de las empresas *benchmark* del país con respecto a las cifras de los estudios internacionales. Finalmente, al igual que para los indicadores anteriores, los resultados de cada empresa se ponderan según su área para obtenerlos a nivel de zona y nacional para el año 2020.

Resultados

Productividad

E. guineensis: la Figura 1 presenta las cifras comparativas del rendimiento (t RFF.ha) según la edad. La producción de fruto inicia en el segundo año, después de la siembra de las palmas en campo y crece paulatinamente hasta que estas llegan a su madurez, lo cual suele ocurrir después del séptimo año que es cuando tiende a estabilizarse. El promedio de la producción para cultivos maduros fue de 25,6 t RFF.ha. año, inferior en 7 % respecto a lo reportado en la vigencia 2019. En la Zona Norte se registró una productividad de 23,3 t RFF.ha, en la Zona Central en 26,9 t RFF.ha y en la Zona Oriental en 23,1 t RFF.ha. En todos los casos, los rendimientos reportados resultaron inferiores a la vigencia pasada, lo que se encuentra acorde con lo sucedido en el entorno nacional, en los cuales aspectos como el déficit hídrico, la falta de infraestructura de riego, el cambio en los esquemas de fertilización por los altos precios del fertilizante y la variabilidad climática han contribuido a afectar la productividad del sector (Fedepalma, 2021a).

Elaeis oleifera x *Elaeis guineensis* (OxG): la Figura 2 presenta la productividad de los cultivares híbrido OxG. El promedio nacional del rendimiento en palmas maduras del híbrido para el año 2020 fue de 27,4 t RFF.ha. año, equivalente al reportado en la vigencia 2019. Se destaca el rendimiento de estos cultivares en el Urabá antioqueño, pues se estimó en 41 t RFF.ha, superior en 8 % al reportado en la vigencia anterior. Vale la pena recordar que dicha productividad corresponde a la obtenida en las mejores plantaciones, es decir, aquellas donde se ha adoptado la tecnología disponible desde el establecimiento del cultivo (Ruiz *et al.*, 2021). De igual forma, se debe tener presente que esta zona cuenta con condiciones edafoclimáticas que han favorecido del desarrollo de estos cultivares.

Figura 1. Productividad de cultivares *E. guineensis* por edad y por zona

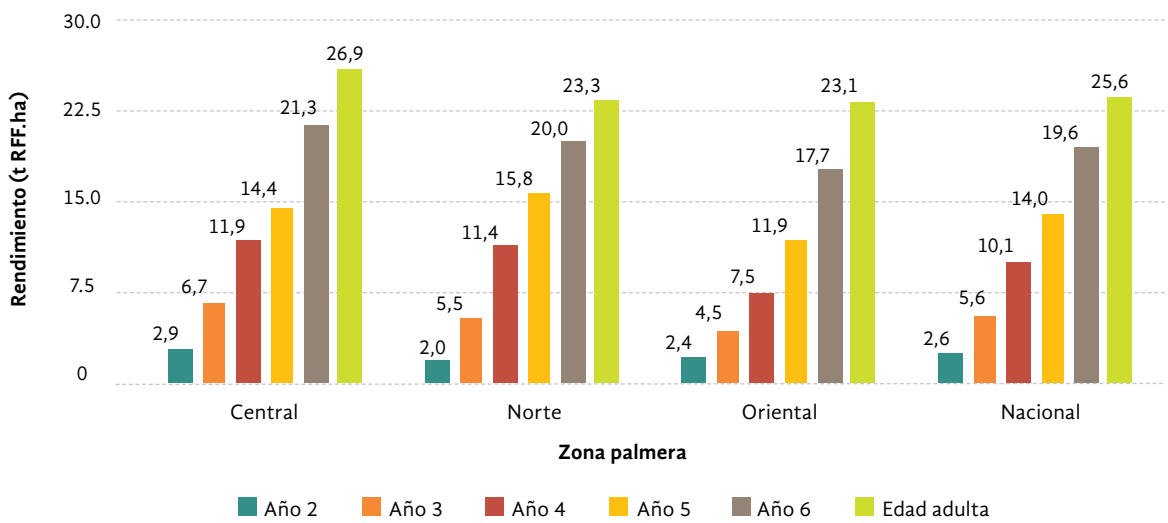
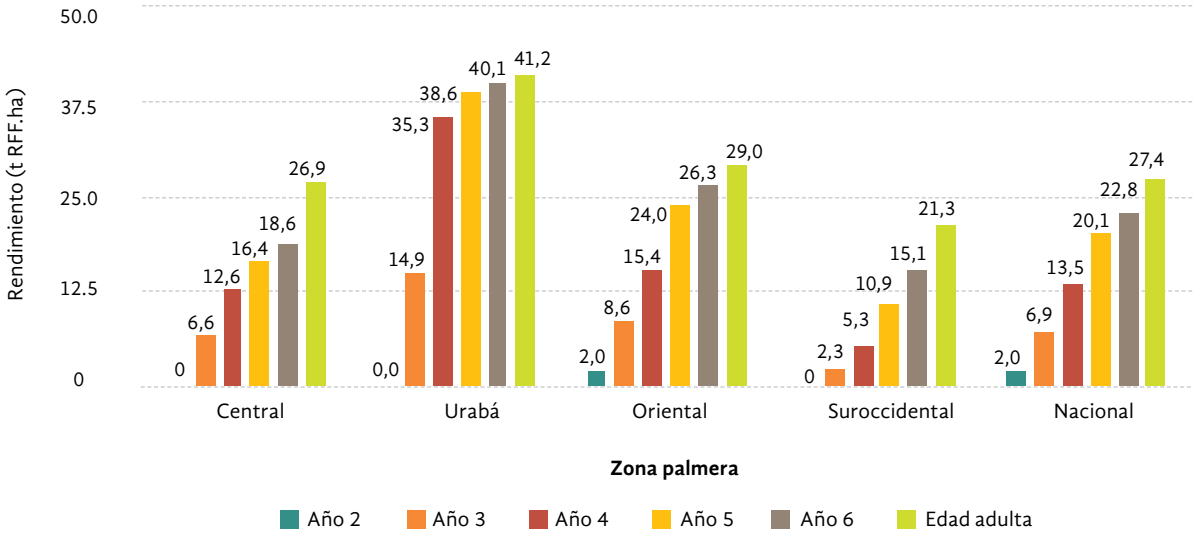


Figura 2. Productividad de cultivares híbrido OxG por edad y por zona



El rendimiento promedio reportado en la Zona Oriental es de 29 t RFF.ha; 21,3 t RFF.ha en la Suroccidental; y 26, 9 t RFF.ha en la Central. En general, se observa un mejor comportamiento productivo de los cultivares híbrido OxG respecto a los cultivares *E. guineensis*, en el caso de las plantaciones que participan en este estudio y cultivan OxG se observan estándares adecuados en la logística y operación de labores como la nutrición y la polinización.

Estimación de costos de producción

Costo de establecimiento de cultivos (año 0)

E. guineensis: el promedio nacional para el año 2020 fue de 12,1 millones de pesos por hectárea. Se destaca el mayor costo de las empresas ubicadas en la Zona Norte (5 % por encima del promedio nacional), que se atribuye a una inversión más alta en sistemas de riego, dado el déficit hídrico del lugar que ocurre en al menos 6 meses del año. Igualmente se encontró un mayor costo en la erradicación de cultivos que han completado su ciclo productivo y en los costos asociados a la infraestructura de vías (Tabla 2).

En cuanto a los rubros que tienen mayor participación en el costo promedio de establecimiento de cultivares *E. guineensis* entre las empresas que participaron en este estudio en 2020, sobresalen el establecimiento de sistemas de riego, ya sea de superficie o presurizados (20 %); la infraestructura de transporte, que se refiere a la construcción de vías, puentes, alcantarillas (16 %); el vivero (13 %) y la preparación del terreno (12 %) (Tabla 2).

Elaeis oleifera x *Elaeis guineensis* (OxG)*:* en 2020 el promedio del costo de establecimiento fue de 10,3 millones de pesos (Tabla 2). El mayor se estimó en la Zona Central (+8 %), principalmente por inversiones más altas en adecuación de tierras. El menor costo de establecimiento se estimó en la Zona Norte (Urabá) y Suroccidental, fundamentalmente debido a que al régimen de precipitaciones y su uniformidad a lo largo del año fue suficiente para satisfacer las demandas del cultivo, por tanto, no se invirtió en el establecimiento de sistemas de riego. Adicionalmente en el Urabá no se registraron costos asociados a la erradicación de cultivos anteriores.

Con respecto a los rubros que tuvieron mayor participación en el costo promedio de establecimiento de cultivares OxG se destacan el vivero (19 %), establecimiento de drenajes y canales (15 %) y erradicación del cultivo anterior (12 %) (Tabla 2).

Tabla 2. Costos de establecimiento 2020 por zona palmera y por tipo de cultivar (en millones de pesos por hectárea)

	Elaeis guineensis				OxG				
Rubro	ZC	ZN	ZO	Nal	ZC	Urabá	ZO	ZS	Nal
Eliminación de palma *	$ 1,00	$ 1,39	$ 0,89	$ 1,30	$ 1,48	$ -	$ 1,17	$ 1,32	$ 1,24
Diseño de plantación	$ 0,12	$ 0,13	$ 1,18	$ 0,19	$ 0,20	$ 0,22	$ 0,14	$ 0,19	$ 0,16
Vivero	$ 1,60	$ 1,46	$ 1,61	$ 1,61	$ 1,96	$ 1,44	$ 2,02	$ 1,82	$ 1,91
Preparación del terreno	$ 1,71	$ 1,19	$ 1,09	$ 1,53	$ 1,56	$ 1,60	$ 0,64	$ 1,55	$ 0,70
Siembra de palma	$ 0,74	$ 0,60	$ 0,30	$ 0,57	$ 0,47	$ 0,39	$ 0,30	$ 0,40	$ 0,43
Infraestructura (vías)	$ 1,00	$ 2,38	$ 1,31	$ 1,89	$ 1,34	$ 1,14	$ 0,91	$ 1,27	$ 1,00
Drenajes y canales	$ 0,67	$ 0,66	$ 1,07	$ 0,79	$ 0,85	$ 2,13	$ 1,56	$ -	$ 1,49
Infraestructura de riego	$ 1,43	$ 2,98	$ 0,31	$ 2,86	$ -	$ -	$ 1,69	$ -	$ 1,69
Cobertura	$ 0,20	$ 0,21	$ 0,18	$ 0,19	$ 0,20	$ 0,12	$ 0,29	$ 0,15	$ 0,17
Otros **	$ 2,14	$ 1,66	$ 1,71	$ 1,68	$ 2,45	$ 2,50	$ 1,85	$ 1,03	$ 1,55
Total	$ 10,60	$ 12,66	$ 9,66	$ 12,10	$ 10,51	$ 9,53	$ 10,57	$ 7,74	$ 10,35

ZC: Zona Central; ZN: Zona Norte; ZO: Zona Oriental; Nal.: Nacional
*Eliminación cultivo anterior.
**Mantenimiento de la infraestructura, repuestos, combustible y mantenimiento de animales.

Tabla 3. Costos de producción 2020 por hectárea. Valor por año según etapa del cultivo y tipo de cultivar (en millones de pesos por hectárea por año).

	Elaeis guineensis				OxG				
Zona	ZC	ZN	ZO	Nal	ZC	Urabá	ZO	ZS	Nal
Etapa improductiva (1 a 3)	3,7	4,2	4,3	4,1	5,0	5,3	4,9	3,5	4,0
Etapa en desarrollo (4 a 6)	5,7	5,3	5,8	5,7	7,3	9,9	8,2	5,4	7,2
Etapa adulta (mayor a 6 años)	7,0	5,8	6,2	6,4	7,8	10,3	8,4	5,9	7,4

ZC: Zona Central; ZN: Zona Norte; ZO: Zona Oriental; Nal.: Nacional

Estimación de costos de producción según etapa del cultivo

La Tabla 3 presenta el promedio anual del costo por hectárea según etapa del cultivo, por zona y por tipo de cultivar. El valor correspondiente a las etapas improductivas (años 1 a 3) y de palma en desarrollo (años 3 a 6) considera el promedio de los costos de producción por hectárea, de 3 años. El dato de palma adulta corresponde el promedio de los costos reportados del año 7 en adelante.

Elaeis guineensis: los costos promedio por año a nivel nacional, expresados en millones de pesos por hectárea, se estimaron en 4,1 millones para la etapa improductiva; 5,7 millones para la palma en desarrollo y para etapa adulta ascendió a 6,4 millones (Tabla 3). El detalle de los costos para las etapas consideradas se presenta en la Tabla 4.

Elaeis oleifera x *Elaeis guineensis*: los costos promedio por año a nivel nacional, expresados en millones de pesos por hectárea, se estimaron en 4,0 millones durante la etapa improductiva; 7,2 millones para la de palma en desarrollo; y 7,4 millones en etapa adulta (Tabla 3). Nótese que al comparar con los valores correspondientes a los cultivos *E. guineensis* es claro el incremento en el costo de manejo que impone la labor de polinización en los cultivares OxG (15 %).

Tabla 4. Detalle de los rubros de costo a nivel nacional en 2020. Valor por año según etapa del cultivo y tipo de cultivar (en millones de pesos por hectárea)

	Elaeis guineensis			OxG		
Etapa	EI	ED	A	EI	ED	A
Fertilización	0,92	1,53	1,99	1,05	1,63	1,73
Control de malezas	0,46	0,26	0,20	0,34	0,25	0,29
Podas	0,03	0,10	0,11	0,01	0,12	0,11
Control fitosanitario	0,32	0,32	0,26	0,19	0,20	0,19
Operación sistema de riego	0,58	0,59	0,59	0,16	0,16	0,16
Polinización	-	-	-	0,49	1,47	1,47
Cosecha	0,14	1,02	1,19	0,20	1,50	1,46
Transporte a planta de beneficio	0,03	0,30	0,47	0,03	0,36	0,47
Costo de oportunidad de la tierra	0,72	0,72	0,72	0,71	0,71	0,71
Planeación y supervisión	0,44	0,44	0,44	0,58	0,58	0,58
Asistencia técnica	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14
Otros*	0,38	0,38	0,38	0,13	0,13	0,13
Total	4,15	5,78	6,49	4,02	7,24	7,43

EI: etapa Improductiva, ED: palma en etapa de desarrollo, A: palma adulta
*Mantenimiento de la infraestructura, repuestos, combustible y mantenimiento de animales.

En la etapa adulta se evidencia que los costos del Urabá son superiores en 38 % al promedio nacional. Esto obedece al costo que tiene la nutrición y la cosecha de racimos. Por un lado, los altos potenciales de producción demandan mayor reposición de nutrientes y la mayor cantidad de fruta producida implica un mayor costo de cosecha. Como se mencionó previamente, la Tabla 4 presenta el detalle de los costos promedio en 2020 para cada año de las etapas consideradas.

Estimación del costo unitario (t RFF y t APC)

Costo por tonelada de racimos de fruta fresca ($/t RFF)

Elaeis guineensis: para las empresas que participaron en el estudio de *benchmarking* en 2020 la estimación del costo por tonelada de fruto para todo el proyecto productivo, es decir, incluyendo el costo del establecimiento y de las etapas improductiva y de palma en desarrollo, además del costo de oportunidad de la tierra, arrojó un promedio nacional de 296.521 pesos/t RFF (Tabla 5). Al excluir de la estimación el costo de oportunidad de la tierra el valor resultante fue de 263.081 pesos/t RFF (Tabla 5).

El mayor costo unitario se estimó en las plantaciones de la Zona Oriental, considerando aspectos como las tarifas más altas pagadas por un jornal (12 % superior a las zonas Norte y Central) como consecuencia de la escasez de mano de obra, de la competencia con otras actividades económicas como la petrolera y a que prima la modalidad de contratación de labores a través de terceros. Otro aspecto que encareció el costo de producción tuvo que ver con las tarifas asociadas al transporte. Por ejemplo, se estimó un costo de fertilizantes 16 % superior en la Zona Oriental respecto a la Norte, debido a las distancias que implica el transporte de los insumos. De igual manera, las tarifas pagadas por transportar una tonelada de fruto desde el cultivo hasta la planta de beneficio resultaron superiores en las zonas Oriental y Central, respecto a las pagadas en la Norte en 63 %.

El otro indicador que suele ser de utilidad para el palmicultor es el costo por tonelada en etapa adulta. Este incluye todos los costos, inclusive el valor de la

Tabla 5. Costo por tonelada de fruto según cultivar y zona (pesos por tonelada de RFF).

Cultivar	Zona	Costo total (1)	Costo total sin tierra (2)	Costo de la palma adulta (3)
E. guineensis	Central	$ 295.068	$ 260.967	$ 260.933
	Norte	$ 293.064	$ 256.628	$ 248.072
	Oriental	$ 315.824	$ 280.982	$ 268.453
	Nacional	$ 296.521	$ 263.081	$ 253.386
Híbrido OxG	Central	$ 309.060	$ 234.460	$ 289.162
	Urabá	$ 237.692	$ 218.780	$ 208.252
	Oriental	$ 299.465	$ 271.182	$ 290.625
	Suroccidental	$ 296.350	$ 267.963	$ 274.311
	Nacional	$ 294.455	$ 265.483	$ 257.715

(1) Incluye establecimiento, etapa improductiva, etapa en desarrollo y costo de oportunidad de la tierra.
(2) Incluye establecimiento, etapa improductiva y etapa en desarrollo. No incluye el valor de la tierra.
(3) Incluye los costos en los que se incurre cuando el cultivo es maduro (incluye tierra).

tierra, en los que se incurre en la etapa adulta para producir una tonelada de fruto. En este caso el promedio nacional para las empresas que participaron en este estudio fue de 253.386 pesos/t RFF (Tabla 5).

Respecto a los rubros que tienen mayor participación en el costo de producción de una tonelada de fruto para los cultivares *E. guineensis* fueron en su orden: fertilización (28 %), cosecha y transporte de RFF a planta de beneficio (22 %), costo de oportunidad de la tierra (11 %) y operación de sistemas de riego (9 %) (Figura 3).

Elaeis oleifera x *Elaeis guineensis* (OxG)**:** se destaca que este costo finalmente presenta valores para todas las zonas que tienen cultivos maduros de híbridos OxG, ya que en todas se recogió información de plantaciones adultas. Contrario a lo que ocurría en

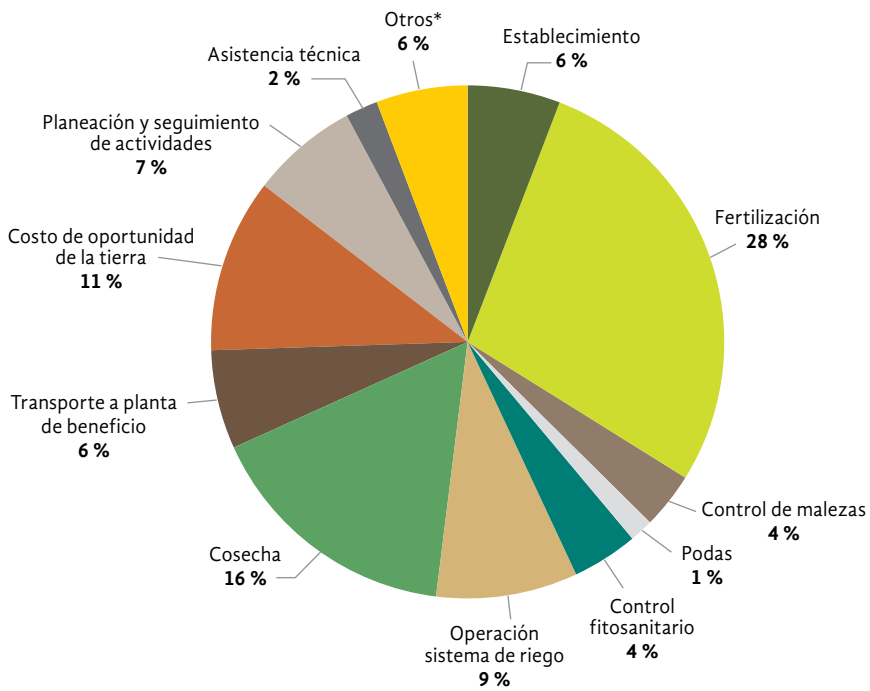


Figura 3. Participación de costos de producción de *E. guineensis* en 2020 por tonelada de fruto

los estudios anteriores en los cuales solo había registros de costos en palma adulta para la Zona Oriental.

El costo promedio de las empresas que participaron el ejercicio de referenciación competitiva en 2020, en lo que se refiere a cultivares OxG considerando todos los costos (p. ej. establecimiento, etapa improductiva, etapa en desarrollo y valor de la tierra) fue de 294.455 pesos/t RFF (Tabla 5). Sin embargo, es notable la diversidad de los resultados en las diferentes zonas. Se destaca el valor de las plantaciones del Urabá (Zona Norte) el cual fue de 237.692 pesos/t RFF, el cual resulta ser el más bajo del país, lo que indica el potencial que tienen estos cultivares en términos de viabilidad del negocio (Tabla 5).

En lo que concierne al indicador de costos para palma adulta, el valor para los cultivares OxG de las empresas que participaron en este ejercicio fue de 257.715 pesos/t RFF.

Para las empresas que cultivan OxG, los rubros que más participaron en el costo total de producción (30 años) fueron: cosecha y transporte de RFF a planta de beneficio (24 %), fertilización que incluye insumo y aplicación (22 %), polinización (18 %) y el costo de la tierra (9 %) (Figura 4). Este año, respecto a la vigencia anterior, las empresas que cultivaron híbridos OxG reportaron mayores dosis de aplicación de fertilizante por palma, en los cultivos adultos (aplicación promedio de 9,4 kg de fertilizante por palma al año).

Costo por tonelada de aceite de palma crudo ($/t APC)

Elaeis guineensis: la estimación del costo promedio nacional por tonelada de aceite en 2020 arrojó un valor de 1,50 millones de pesos (Figura 5). Este se calculó a partir de una TEA promedio de 21,2 %, un porcentaje de extracción de almendra del 4,7 % y teniendo en cuenta el costo de producción aquí estimado para los cultivares *E. guineensis* de 296.521 pesos t RFF, como el precio de la materia prima.

El costo resultó inferior al promedio nacional en las zonas Central (-2 %) y Norte (-9 %), en el caso de esta última se destaca un menor costo variable de procesamiento de una tonelada de RFF (-8 %), así como menor costo de materia prima (-12 %). El estimado en la Zona Oriental fue superior en 7 % al promedio nacional, principalmente debido al mayor costo de materia prima (+7 %).

Elaeis oleifera x *Elaeis guineensis* (OxG): el promedio del costo de una tonelada de APC para 2020 se estimó en 1,49 millones de pesos (Figura 6). Este

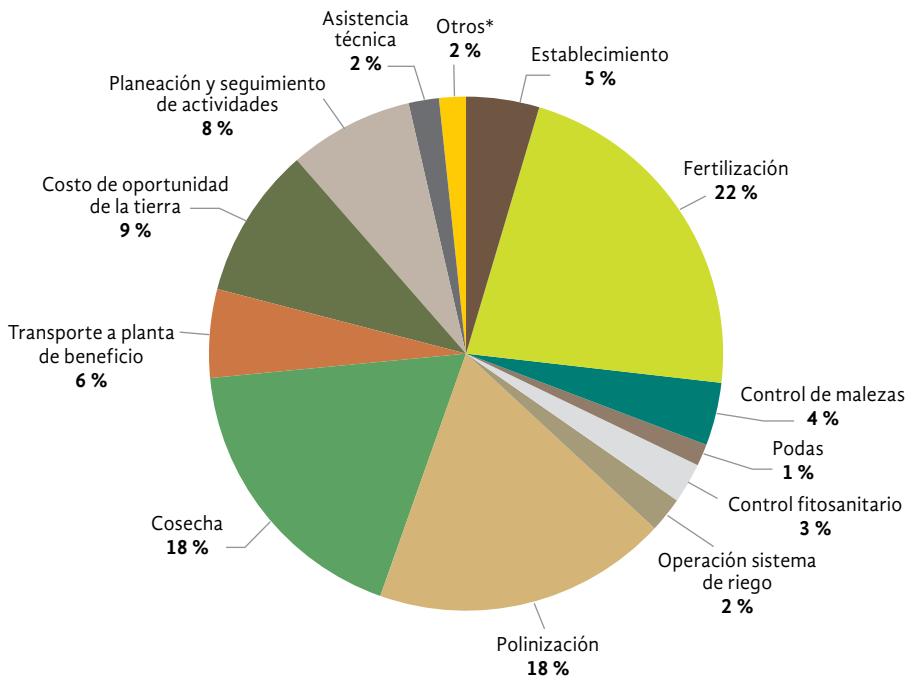


Figura 4. Participación de costos de producción de cultivares OxG en 2020 por tonelada de fruto

Figura 5. Costo por tonelada de aceite por zona en el cultivar *E. guineensis*

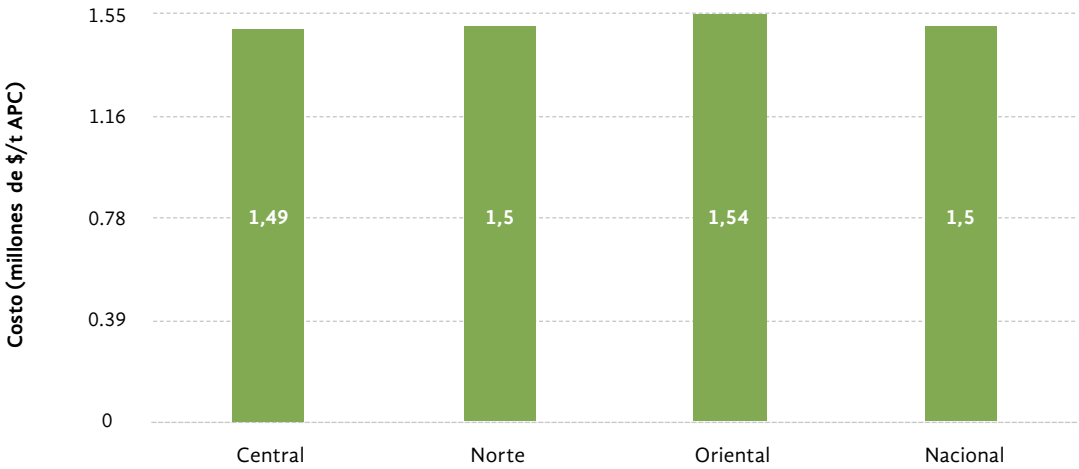
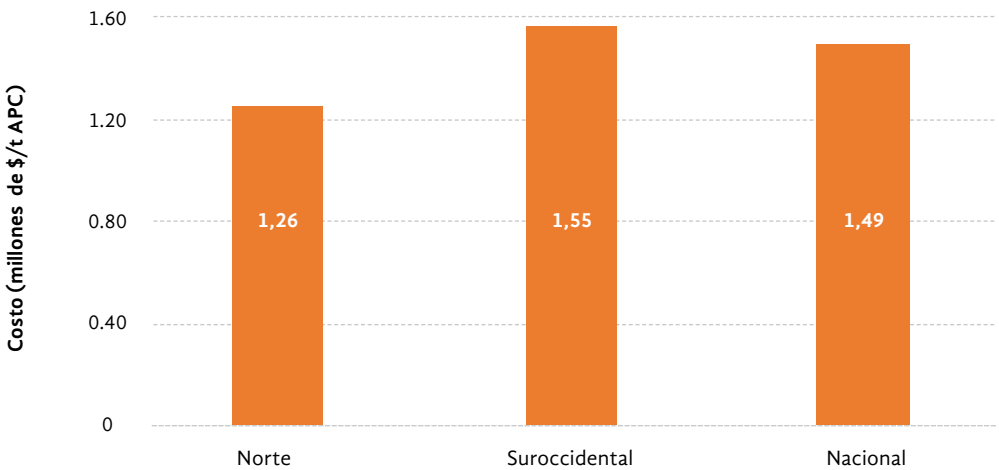


Figura 6. Costos de extracción por zona en el cultivar híbrido OxG



se calculó a partir de una TEA promedio de 23,7 % y un porcentaje de extracción de almendra de 1,1 %, se tuvo en cuenta como precio de la materia prima, el costo de producir una tonelada de fruto estimado en este estudio para los cultivares híbrido OxG de $ 294.455 t RFF.

En esta vigencia únicamente se estimó el costo de producción de aceite a partir de las cifras entregadas por plantas de beneficio de las zonas Suroccidental y Norte, debido a que se tenía precisión respecto al procesamiento exclusivamente de híbrido OxG. El costo fue menor en Urabá (-16 %) dado principalmente el menor costo de la materia prima (-9 %).

Conclusiones

Este trabajo planteó como objetivo estimar y comparar los costos de producción para empresas de la

agroindustria colombiana de la palma de aceite que se destacan por implementar mejores prácticas en sus cultivos y en sus plantas de beneficio. En otras palabras, se trata de organizaciones que son referentes en lo que concierne a adopción de la tecnología disponible para el manejo de cultivos de palma, tanto de cultivares *E. guineensis* como OxG.

Alcanzar la megameta de 5 t APC.ha a un costo competitivo resulta una alternativa posible para empresas que adoptan la tecnología disponible. En el caso de las empresas *benchmark* de este estudio, es posible obtener 5 t APC.ha en cultivares *E. guineensis* (con 25,6 t RFF.ha y 21,2 % de TEA) y 6,4 t APC.ha en cultivares híbrido OxG (con 27,4 RFF.ha y 23,7 % de TEA). Es preciso considerar que la megameta se alcanzará, entre otros factores, con la adopción de las mejores prácticas, es así como el caso de Urabá resulta un ejemplo de altas inversiones en el establecimiento y mantenimiento de los cultivos, y la obtención del menor costo para producir una tonelada de fruto.

Una palmicultura competitiva requiere de la implementación de estrategias que contribuyan a optimizar los factores de producción, especialmente la mano de obra en zonas como la Oriental y la Central. De igual manera, es preciso establecer las que contribuyan al uso adecuado de insumos como los fertilizantes, pues en esta vigencia la participación de la fertilización continúa liderando de manera importante la contribución de la labor en el costo de una tonelada de fruto y los precios de estos insumos continúan al alza.

El costo de producción de una tonelada de aceite de híbrido OxG ha resultado competitivo y uno de los factores que lo ha impulsado corresponde a la polinización artificial, las plantas de beneficio que procesan esta materia prima han obtenido incrementos en las TEA a un costo de producción competitivo.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Fondo de Fomento Palmero, administrado por Fedepalma, por la financiación de este trabajo. Asimismo, a los miembros de las empresas participantes, que brindaron su información, y a sus gerencias por permitir el acceso a los datos.

Bibliografía

Fedepalma. (2020). *Minianuario estadístico 2020-Principales cifras de la agroindustría de la palma aceitera en Colombia* (Fedepalma (ed.)).

Fedepalma. (2021a). *Entorno económico y desempeño del sector palmero en 2020 y perspectivas 2021*.

Fedepalma. (2021b). *Minianuario estadístico 2021-Principales cifras de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia*.

Mosquera, M., Valderrama, M., Fontanilla, C. Ruiz, E., Uñate, M., Rincón, F. & Arias, N. (2016). Costos de producción de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia en el año 2014. *Revista Palmas*, *37*(2), 79-85.

Mosquera, M., Valderrama, M., Fontanilla, C., Ruiz, E., Uñate, M. & Rincón, F. (2015). Costos de producción de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia en 2014. *Revista Palmas*, *37*(2), 37-52.

Mosquera, M., Ruiz, E., Munévar, D., Castro, L., López, D. & Díaz, L. (2020). Costos de producción 2019 para la palmicultura colombiana. Estudio de referenciación competitiva entre empresas que han adoptado mejores prácticas. *Revista Palmas*, *41*(1).

Mosquera, M., Ruiz, E., Valderrama, M., Fontanilla, C., López, D. & Castro, L. (2016). Costos de producción para el cultivo de la palma de aceite en Colombia. En *Mejores Prácticas Agroindustriales del cultivo de la Palma de Aceite en Colombia* (p. 401).

Mosquera, M., Valderrama, M., Ruiz, E., López, D. & Castro, L. (2017). Costos de producción para el fruto de palma de aceite y el aceite de palma en 2015: estimación de un grupo de productores colombianos. *Revista Palmas*, *38*(2), 11-27. Recuperado de http://web.fedepalma.org/media/01-Palmas-38-2-2017_VF_sin_marcas.pdf

Ruiz, E., Mosquera, M., Munevar, D. & Sinisterra, K. (2021). *Referenciación competitiva al proceso de polinización artificial en cultivares híbridos interespecíficos OxG: Coari x La Mé*.

Diseño de la medición del rendimiento para una cadena de suministro sostenible de las empresas de aceite de palma crudo (APC) utilizando el enfoque de gestión de la cadena de suministro *Lean & Green* (LGCSM) (estudio de caso: empresa de aceite de palma de Indonesia)*

Designing the Performance Measurement for Sustainable Supply Chain of the Crude Palm Oil (CPO) Companies Using Lean & Green Supply Chain Management (LGSCM) Approach (Case Study: Indonesia's Palm Oil Company)

Citación: Fauzi Khair, Dendhy Indra Wijaya, Hubertus Davy Yulianto & Khristian Edi Nugroho Soebandrija. (2020). Diseño de la medición del rendimiento para una cadena de suministro sostenible de las empresas de aceite de palma crudo (APC) utilizando el enfoque de gestión de la cadena de suministro *Lean & Green* (LGCSM) (estudio de caso: empresa de aceite de palma de Indonesia) (Traductor C. Arenas). *Palmas, 42*(4), 21-32.

Palabras clave: Sostenible, Aceite de palma, *Lean*, *Green*, SCM, CMI.

Keywords: Sustainable, Palm oil, Lean, Green, SCM, BSC.

* Traducido del original Designing the Performance Measurement for Sustainable Supply Chain of the Crude Palm Oil (CPO) Companies Using Lean & Green Supply Chain Management (LGSCM) Approach (Case Study: Indonesia's Palm Oil Company). Fauzi Khair *et al.* 2020 *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 426 012116. Recuperado de https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/426/1/012116

El contenido de este trabajo puede usarse bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution 3.0. Cualquier distribución posterior debe mantener la atribución al autor (es) y el título del trabajo, la cita de la revista y el doi. Publicado bajo licencia por IOP Publishing Ltda.

Fauzi Khair
Departamento de Ingeniería Industrial, BINUS Aprendizaje en Línea, Universidad Bina Nusantra, Yakarta, Indonesia 11480.
Autor de correspondencia
fauzi.khair@binus.ac.id

Dendhy Indra Wijaya
Departamento de Ingeniería Industrial, BINUS Aprendizaje en Línea, Universidad Bina Nusantra, Yakarta, Indonesia 11480.

Hubertus Davy Yulianto
Departamento de Ingeniería Industrial, BINUS Aprendizaje en Línea, Universidad Bina Nusantra, Yakarta, Indonesia 11480.

Khristian Edi Nugroho Soebandrija
Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Bina Nusantara, Yakarta, Indonesia 111480.

Resumen

Una de actividades indispensables para lograr un negocio de aceite de palma sostenible es mejorar la gestión sostenible de la cadena de suministro (SCM por sus siglas en inglés), especialmente

estando en línea con los conceptos *lean* (eficiente) y *green* (ecológico) de la SCM. El concepto *lean* tiene por objeto reducir los costos y aumentar la eficacia de la cadena de suministro. Por otra parte, el concepto *green* trata de asegurar que el proceso en curso siga teniendo un buen efecto sobre el medioambiente. Al diseñar la medición del rendimiento de la cadena de suministro sostenible mediante el enfoque de gestión de la cadena de suministro *lean* y *green*, este estudio incluye la formulación de indicadores clave de rendimiento (KPI por sus siglas en inglés) y la agrupación de los indicadores *lean* y *green* que se integran con las perspectivas del cuadro de mando integral (CMI). Se obtuvieron 28 KPI que constan de 15 KPI de la cadena de suministro *lean* y 13 KPI de la cadena de suministro *green*. Basándose en la ponderación general, el KPI de mayor prioridad es el total de ingresos y los costos totales de operación de la empresa, seguido del costo total de la cadena de suministro (todos ellos desde una perspectiva financiera). Los coeficientes de estos tres KPI son 0,103; 0,078 y 0,072, respectivamente.

Abstract

One of the important activities to achieve a sustainable palm oil company is by improving the sustainable supply chain management, especially being in line with the lean and green SCM concepts. The lean concept aims to reduce costs and to increase the effectiveness of the supply chain. While the green concept tries to ensure that the ongoing process keeps bringing good effect on the environment. In designing the performance measurement of the sustainable supply chain through the lean & green supply chain management approach, this study includes a formulation for Key Performance Indicators (KPI) and grouping of the lean and green indicators which are integrated with the balanced scorecard (BSC) perspectives. It obtained 28 KPIs which consists of 15 lean supply chain KPIs and 13 green supply chain KPIs. Based on overall weighting, the highest priority KPI is the company's total revenue and total operating costs, followed by the total cost of the supply chain (all of them are from a financial perspective). The weights of three KPIs are 0.103, 0.078 and 0.072 respectively.

1. Introducción

Indonesia es el mayor productor de aceite de palma crudo (APC) del mundo. Su producción representa el 48 % del total mundial, que en 2018/2019 se tenía previsto aumentaría de 38,5 millones a 40,5 millones de toneladas [1]. También se estima que la producción total, las exportaciones y las existencias aumentarán rápidamente hasta el año 2050, lideradas por las plantaciones en Sumatra, Kalimantan y Papúa [2]. Por lo tanto, uno de los aspectos importantes en el desarrollo de la industria agrícola del aceite de palma sostenible es la gestión de la cadena de suministro, que tiene un papel relevante para garantizar que los sistemas de producción, distribución y comercialización funcionen de manera eficaz y eficiente [2-4]. En consecuencia, una gestión eficaz de esta cadena podría convertirse en una de las ventajas competitivas de la empresa.

Los conceptos de la gestión de la cadena de suministro son necesarios para seleccionar actividades encaminadas a aumentar el valor agregado, satisfacer las necesidades del cliente y entregar los productos a ellos, como usuarios finales [4, 5].

Una de las cuestiones actuales de la cadena de suministro es la preocupación por el ambiente. Este problema ha hecho que los consumidores de varias industrias, incluyendo la del APC, exijan a las empresas que fabriquen y distribuyan productos amigables con el ambiente a lo largo de sus diversas etapas de producción y comercialización [6, 7]. En 2018, el comercio del APC y del palmiste certificado aumentó significativamente a 12,70 millones de dólares. Este

crecimiento se convirtió en un indicador para aumentar la conciencia de los consumidores de APC sobre el tema ambientalmente amigable. En comparación con otros países asiáticos productores (India, China y Bangladés), la proporción de exportaciones de Indonesia hacia varias naciones de Europa (Italia, Países Bajos y Alemania) tiende a ser menor. Esto se debe a que el consumidor europeo demanda un aceite de palma crudo de mayor calidad y garantías de que el producto fue fabricado a través de una serie de procesos respetuosos con el ambiente.

Algunas políticas podrían limitar la exportación de APC desde Indonesia. Por ejemplo, desde el 2008, el mercado de la Unión Europea exige que cualquier producto de APC exportado a la región tenga un certificado de sostenibilidad [6]. En otras palabras, ha implementado muchos requisitos relacionados con cuestiones ambientales, como el de sembrar a cierta profundidad, no hacerlo en zonas de infiltración de cuencas y tampoco sembrar sacrificando los bosques ni los animales que allí habitan. Varios temas relacionados con la gestión ambiental han requerido que las empresas se enfoquen en sus cadenas de suministro para alinearlas con el concepto de Cadena de Suministro de Valor y volverlas sostenibles bajo factores económicos, sociales y ambientales [8]. Y también para que esta cadena esté en consonancia con el concepto de Gestión Ecológica (*green)* de la Cadena de Suministro (GSCM por sus siglas en inglés).

Este concepto está basado en la perspectiva de cómo reducir los residuos y el impacto de las actividades de la cadena de suministro de las empresas sobre el ambiente. De igual forma, otro término que debe tenerse en cuenta para el rendimiento de la cadena de suministro es la Gestión *lean* (Eficiente) de la Cadena de Suministro (LSCM por sus siglas en inglés). Este concepto pretende optimizar los costos de la cadena de suministro y reducir el tiempo general de sus procesos para aumentar la efectividad y lograr un sistema sostenible [9-10]. El enfoque de la LSCM es optimizar los procesos de todas las cadenas de suministro, buscar la simplificación y reducir los residuos y las actividades que no aportan valor agregado [11, 12].

Teniendo en cuenta los antecedentes, integrar la medición del rendimiento de la gestión *lean* y *green* de la cadena de suministro ayudará a las empresas a mejorar su ventaja competitiva y a aumentar la productividad y la eficiencia de varias de sus actividades [13, 14]. El modelo propuesto en este estudio será muy útil para las organizaciones que desarrollen e implementen sistemas de medición del rendimiento de la cadena de suministro basados en la Gestión *lean* y *green* de la Cadena de Suministro (GLSCM por sus siglas en inglés). Como parte interesada y regulador, el gobierno podría vigilar que todas las actividades relacionadas con este tema provean constantemente la sostenibilidad a la empresa y, a su vez, garanticen que permanezcan enfocadas en la comunidad y en las condiciones ambientales [15, 16].

El enfoque *lean* en la cadena de suministro es una de las estrategias de ventaja competitiva para lograr la sostenibilidad en las actividades de la empresa. Este enfoque es un esfuerzo continuo para eliminar los residuos y aumentar el valor agregado de los productos (bienes/servicios) para proporcionar valor a los clientes [15, 16]. La LCSM se enfoca en optimizar los procesos de todas las cadenas de suministro, buscar la simplificación y reducir los residuos y las actividades que no aportan valor agregado. Sus características son la retroalimentación del proveedor, la entrega puntual (JIT por sus siglas en inglés) por parte de los proveedores, el desarrollo del proveedor, la participación del cliente, el sistema de extracción, el flujo continuo, la reducción del tiempo de alistamiento, el mantenimiento productivo total, el control estadístico de los procesos y la participación de los empleados. Por lo tanto, la implementación de este concepto reducirá a un mínimo las actividades que no tienen valor agregado y permitirá disminuir los costos de producción, aumentando la productividad y manteniendo la calidad del producto.

La GSCM podría ser una innovación en la implementación de estrategias para la cadena de suministro. Este concepto está basado en un contexto ambiental que incluye actividades como la reducción, el reciclaje y la reutilización y sustitución de materiales. Consiste en integrar las perspectivas ambientales en la gestión de la cadena de suministro, incluido el diseño del producto, la clasificación y la selección de fuentes de materias primas, los procesos de fabricación, la entrega de los productos terminados a los consumidores y el manejo de los caducados. Algunas de las

funciones y actividades operacionales de la GCSM son la contratación verde [17], la fabricación verde, la distribución verde y la logística inversa [18, 19].

Por lo tanto, es necesario contar con una gestión integrada para controlar las actividades de la cadena de suministro industrial en la forma de modelos de medición del rendimiento. Asimismo, en la industria de aceite de palma, el sistema de gestión de la cadena de suministro debe garantizar y satisfacer las demandas de los clientes, incluidos los productores, proveedores, transportistas, almacenes, minoristas y consumidores. En este caso, los cinco primeros trabajan juntos y coordinados en una serie de actividades destinadas a entregar el producto a los usuarios finales para satisfacer sus necesidades. También explica que las empresas u organizaciones necesitan el concepto de gestión de la cadena de suministro a la hora de seleccionar actividades que aumenten el valor agregado y que satisfagan las necesidades del cliente y de entrega de los productos a los usuarios finales.

2. Método de investigación

Este estudio es una investigación observacional que explora varios indicadores importantes para determinar la medición del rendimiento basada en la SCM *lean* y *green*. Se realizó en empresas de la industria de APC en Indonesia. La información se recolectó en las etapas de observación, entrevistas y verificación por expertos. Se tomó de la observación y las entrevistas para conocer el estado real de la empresa, los datos del proceso empresarial de la cadena de suministro, de los productos producidos, de las materias primas utilizadas y el área de proveedores de la materia prima utilizada, y los procesos de producción, transporte y comercialización del APC. Se recopiló información sobre la verificación de expertos para determinar los factores de cada indicador para obtener la prioridad de los KPI. Luego, se formularon los KPI para la LCSM y la GSCM.

Además, se evalúo la cobertura de los KPI en cuatro perspectivas del CMI [20]. Se requirió la verificación de expertos para que los KPI formulados pudieran aplicarse a las mediciones de rendimiento de la cadena de suministro de la empresa. La ponderación se realizó aplicando una técnica de comparación por pares. La verificación continuó con la validación del diseño de las mediciones de rendimiento. Este estudio utilizó el Proceso Analítico Jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés) para analizar los datos [21]. El AHP se usó para ponderar cada KPI y determinar cuál recibió el puntaje más alto. El KPI con una mayor ponderación fue el más importante.

3. Resultados y discusión

3.1 El sistema de la cadena de suministro de la industria del APC

En la Figura 1 se muestra una descripción general del sistema de la cadena de suministro del APC. Está la participación directa de varias entidades o partes. Estas incluyen proveedores, fabricantes, transportistas y consumidores. Es necesaria una supervisión especial para asegurarse de que todas las etapas de la producción y distribución funcionan sin problemas. El objetivo es que cada entidad del sistema de la cadena de suministro obtenga el mejor resultado. La Figura 2 muestra los procesos empresariales y el flujo de la información en la industria del APC.

3.2 Identificación de los intereses y la contribución de las partes interesadas

Esta etapa trata de identificar los intereses y contribuciones de las partes interesadas (consumidores, inversionistas, reguladores y el público). Estas pueden describirse de la siguiente manera:

- Consumidores (utilidades, crecimiento, opinión, confianza).
- Empleados (manos, corazones, mentes, voz).
- Inversionistas (capital, crédito, riesgo, apoyo).
- Proveedor (rápido, correcto, barato, fácil).
- Reguladores (reglas, razón, claridad, asesoría).
- El público, manteniendo la seguridad alrededor del vecindario de la empresa y promoviendo la responsabilidad social corporativa.

Figura 1. Descripción general del sistema de la cadena de suministro de la industria de APC en Indonesia [22]

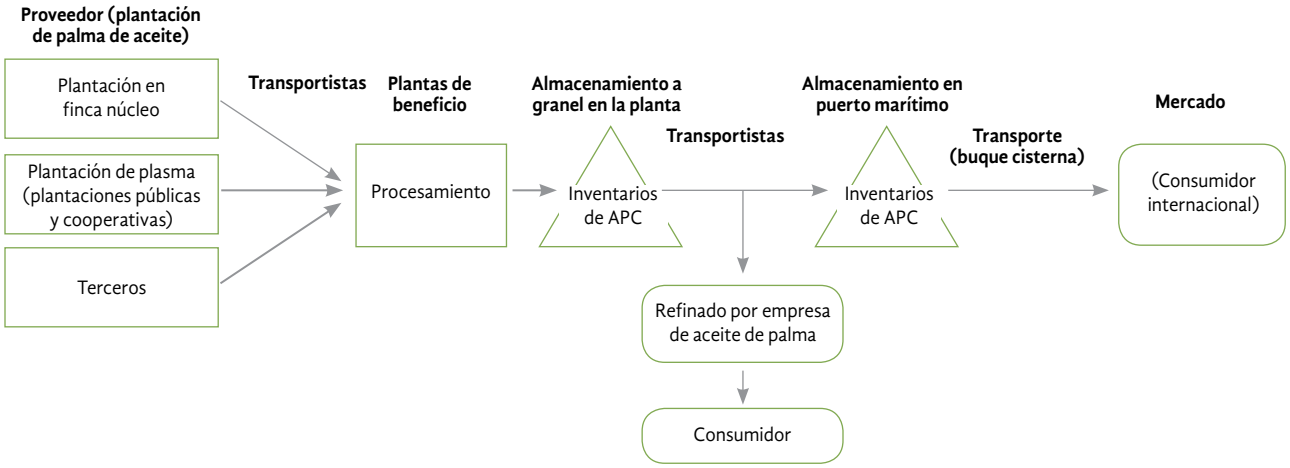
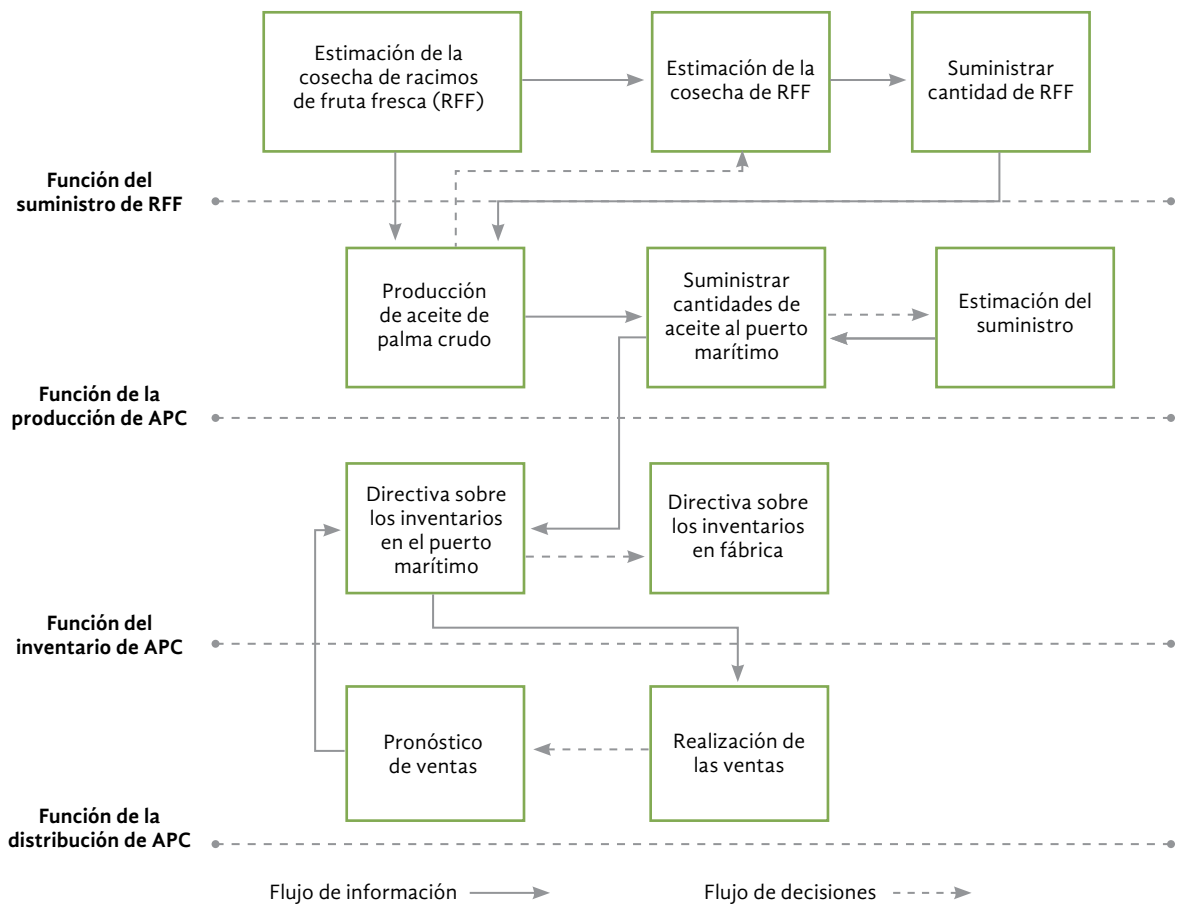


Figura 2. Flujo de información y decisiones sobre el sistema de la cadena de suministro de la empresa de aceite de palma [22]



4. Identificación de indicadores clave de rendimiento (KPI)

Adicionalmente, cuando se solicitó, se identificaron los indicadores clave de rendimiento (KPI) de las cadenas de suministro *lean* y *green* para medir el de las empresas de APC, según las necesidades de todos los interesados. La Tabla 1 muestra los indicadores relacionados con la medición del rendimiento de la cadena de suministro *lean* y *green*.

5. Formulación de indicadores clave de rendimiento (KPI)

El portavoz de la empresa y los expertos verificaron los KPI obtenidos durante la etapa de recolección de datos para determinar la idoneidad de estos indicadores con el sistema real de la cadena de suministro. Según los resultados de la verificación de los expertos, había 28 KPI que constan de 15 KPI para la cadena de suministro *lean* y 13 KPI para la cadena de

Tabla 1. Relación entre los requisitos de las partes interesadas y el KPI verificado.

Requisito y contribución de la parte interesada	Consumidor	Empleado	Inversionista	Proveedor	Regulador	Sociedad	KPI LGSCM-CMI
Eficiencia y eficacia			√	√			IBL1
		√	√	√			IBL5
			√	√			IBL2
				√			IBL3
			√	√			IBL4
		√	√	√			FL1
		√	√	√			FL2
		√	√	√			FL3
Sostenibilidad, mejora e innovación				√			IBL6
		√	√	√			FL4
		√	√				LGL3
Calidad	√		√	√			CL1
	√		√				CL2
Salud y seguridad en el trabajo					√	√	LGG1
				√			IBG8
		√	√				IBG7
Respetuoso con el ambiente			√				IBG1
			√		√	√	IBG2
			√		√	√	IBG3
			√		√	√	IBG4
		√			√	√	IBG5
			√			√	IBG6
	√						CG1
Seguridad y fiabilidad de los datos			√	√			LGL1
			√	√			LGL2
Legal					√		LGG4
Responsabilidad Social Corporativa (RSC)		√				√	LGG5
			√		√	√	FG1

suministro *green*. A continuación se agruparon los KPI verificados en la perspectiva del cuadro de mando integral. La Tabla 2 muestra la agrupación de los KPI según los conceptos *lean* y *green*.

Con base en los resultados, la agrupación se hace según cuatro perspectivas del cuadro de mando integral, a saber: las perspectivas financieras, de clientes, de procesos empresariales internos y de aprendizaje y crecimiento. El uso del método de CMI facilita la ponderación y la comparación por pares. Además, la etapa de insumos para la aplicación del AHP fue un modelo de validación (como se muestra en la Tabla 3).

Todos los indicadores de las perspectivas financieras fueron la prioridad más alta en comparación con los KPI de otras perspectivas. Las prioridades de los

Tabla 2. Resultados de la verificación.

N°	Indicador clave de rendimiento (KPI)		
	KPI de la cadena de suministro *lean*	N°	KPI de la cadena de suministro *green*
1	Calidad del producto (CL1) [2][22] [19]	1	Nivel de interés del cliente por productos respetuosos con el ambiente (CG1) [4] [5] [14] [15]
2	Nivel de satisfacción del cliente (CL2) [5] [19][8][13]	2	Energía consumida (IBG1) [22] [9] [10][12]
3	Uso de la capacidad de procesamiento (IBL1) [22]	3	Residuos líquidos producidos (IBG2) [22] [9][12]
4	Precisión de entrega (IBL2) [22] [13]	4	Residuos sólidos producidos (IBG3) [22] [9] [19]
5	Tiempo total del ciclo de la cadena de suministro (IBL3)	5	Emisiones aéreas producidas (IBG4) [22] [9][19]
6	Duración del transporte (IBL4) [22]	6	Uso de sustancias peligrosas (IBG5) [12]
7	Plazo de entrega del pedido (IBL5) [22] [18]	7	Disposición de residuos (IBG6) [22] [5] [9]
8	Transparencia en la transacción comercial (IBL6) [5] [13][14]	8	Costo ambiental (FG1) [22] [4] [9] [10] [15]
9	Ingresos totales de la empresa (FL1) [22] [18] [19]	9	Mitigación para el riesgo de incidente ambiental (LGG1) [22] [12] [15]
10	Costo total de la cadena de suministro (FL2) [22] [18]	10	Disponibilidad de SOP (LG2) [12][13]
11	Costo operacional total (FL3) [22][14]	12	La actividad relacionada cumple con las leyes y regulaciones (LGG3) [5][12] [14] [19]
12	Exactitud de los documentos de aprobación del proveedor (LGL1) [22][14]	13	Relación entre la empresa y el vecindario (LGG4) [4] [5] [14]
13	Exactitud de los documentos de aprobación de la planta (LGL2) [22] [14]		
14	Capacitación y desarrollo de los empleados (LGL3) [14]		
15	Costo de capacitación del empleado, seminarios y desarrollos de la empresa (FL4) [4] [5] [15]		

KPI obtenidos indicaron que las mejoras en el rendimiento de la cadena de suministro de la empresa comenzaron con el aumento de los ingresos totales y la reducción de los costos totales de la empresa, incluidos los de operación y los de la cadena de suministro. Este concepto exigía que hubiera una excelente sincronización e integración con el aspecto financiero, que es la principal preocupación de la organización, para que pudiera mejorar continuamente su calidad y su concepto ecológico. Los esfuerzos de la empresa incluían aumentar la asignación de presupuestos para los gastos ambientales con el fin de reducir los impactos causados por sus actividades. Dichos esfuerzos estarán más integrados si se llevan a cabo a

Tabla 3. Peso total de los KPI

N°	Código del KPI	Peso	Peso en las perspectivas de CMI	Peso total
1	FL1	0,293		0,103
2	FG1	0,166		0,059
3	FL2	0,205	0,353	0,072
4	FL3	0,22		0,078
5	FL4	0,116		0,041
6	IBL1	0,068		0,017
7	IBG1	0,067		0,016
8	IBG2	0,087		0,021
9	IBG3	0,065		0,016
10	IBG4	0,092		0,023
11	IBG5	0,092		0,023
12	IBL2	0,045	0,246	0,011
13	IBL3	0,07		0,017
14	IBL4	0,068		0,017
15	IBG6	0,089		0,022
16	IBL5	0,065		0,016
17	IBL6	0,044		0,011
18	IBG7	0,148		0,036
19	LGG1	0,19		0,057
20	LGL1	0,136		0,041
21	LGL2	0,145		0,043
22	LGL3	0,146	0,299	0,044
23	LGG2	0,211		0,063
24	LGG3	0,131		0,039
25	LGG4	0,041		0,012
26	CL1	0,532		0,055
27	CL2	0,286	0,103	0,029
28	CG1	0,182		0,019

través de mejoras continuas mediante la asignación de presupuestos para la capacitación y el desarrollo de los empleados, que se espera optimicen su rendimiento y productividad para aumentar la calidad y la cantidad de la producción del aceite de palma.

En la perspectiva de la ecología empresarial interna (IBG por sus siglas en inglés), la prioridad es cómo se pueden gestionar y mantener los residuos producidos que se aplican al sistema de choque, que no sean perjudiciales para el ambiente o para el vecindario, para que la empresa siga preservando el medioambiente. Por el contrario, se espera que los residuos sólidos, los líquidos y las emisiones al aire puedan aportar valor agregado a la empresa. La planta de beneficio también genera desechos líquidos. Estos se encuentran en forma de efluente de aceite de palma proveniente del proceso en la planta de beneficio (POME), condensados de esterilización (8-12 %) y aguas residuales (13-23 %). A través del proceso de ingeniería, los residuos líquidos del aceite de palma podrían transformarse en biogás, si se ponen en un lugar especial llamado biorreactor. Además, también pueden utilizarse para piensos, materiales para fabricar jabones y biodiésel, y los restos se pueden usar para el riego, si se ha cumplido con la calidad establecida en las normas ambientales.

En términos del concepto de IBL *lean*, los KPI que se convierten en prioridades son el uso de la capacidad y el tiempo de transporte, que comienza desde la cosecha de los racimos de fruta fresca y va hasta el final del procesamiento. El aumento en el uso de la capacidad de procesamiento pretende subir la producción y el uso de los recursos. La mejora de este tiene como objetivo reducir el gasto por tonelada de aceite de palma producida. Se intenta disminuir el tiempo entre la cosecha y el procesamiento al mínimo posible para mantener la calidad de los racimos de fruta fresca y del APC. Una buena coordinación entre el gerente de la plantación y el transportista y la fábrica hará que las actividades de traslado sean rápidas, permitiendo minimizar los costos y mantener la calidad.

Desde el punto de vista del consumidor, el indicador prioritario es la calidad del aceite de palma crudo, que exige a las empresas mejorarla y mantenerla. Lógicamente, su buena calidad tendrá un impacto positivo en la compañía, incluyendo el aumento de la satisfacción del cliente y mejoras en los ingresos totales. El nivel de interés del consumidor en los productos respetuosos con el ambiente se utiliza como KPI que representa el lado ecológico de la perspectiva del cliente. Este KPI se mide averiguando el porcentaje de consumidores que están dispuestos a pagar más por productos respetuosos del medioambiente y los límites de tolerancia de estos para pagar más por el aceite de palma respetuoso con el ambiente.

En función del factor total de cada KPI, las prioridades de los KPI se determinan desde el factor más alto hasta el más bajo. La Tabla 4 muestra las prioridades de los KPI.

El KPI de la máxima prioridad es un KPI crítico, lo que significa que tiene una importancia fundamental para el rendimiento de toda la cadena de suministro. A partir de ahí, la empresa puede determinar las políticas adecuadas para lograr la eficacia y la eficiencia de su cadena de suministro. En este estudio, se encontró que las perspectivas financieras y de aprendizaje y crecimiento son prioridades. Las pruebas demostraron que los tres KPI con mayor factor son los ingresos totales de la empresa, los costos totales de operación y los costos totales de la cadena de suministro. Se descubrió que el aspecto importante que se convirtió en la prioridad de la empresa fue alcanzar el objetivo de mayores utilidades satisfaciendo las necesidades del cliente, ofreciendo la mejor calidad de los productos de APC con el mejor servicio a los consumidores para minimizar los costos y lograr los ingresos esperados. En términos de la ecología, la empresa también prioriza la realización de procesos y actividades respetuosos con el ambiente, asignando presupuesto para gastos ambientales, de modo que puedan tratar los residuos adecuadamente para reducir el riesgo de daños e incidentes de este tipo y el riesgo de accidentes laborales dentro de la empresa.

6. Conclusiones

Este estudio ha generado un conjunto de KPI para medir el rendimiento de la cadena de suministro del APC con el enfoque LGSCM en el modelo de sosteni-

Tabla 4. Prioridades de los KPI

Código del KPI	Definición	Factor total
FL1	Ingresos totales de la empresa	0,103
FL3	Costo operacional total	0,078
FL2	Costo total de la cadena de suministro	0,072
LGG2	Las actividades son legales y cumplen con la ley y las regulaciones	0,063
FG1	Costo ambiental	0,059
LGG1	Mitigación del riesgo de incidentes ambientales	0,058

bilidad. Existen 28 KPI que fueron el resultado de la formulación LGSMC; estos constan de 15 KPI de cadena de suministro *lean* y 13 KPI de cadena de suministro *green*. Estos KPI son un indicador importante para medir el cumplimiento de las necesidades de todas las partes interesadas involucradas en la cadena de suministro del APC. El indicador está basado en los aspectos de reducción de costos e impacto ambiental. La agrupación de los KPI en 4 perspectivas de CMI dio como resultado 5 KPI para la perspectiva financiera, 3 para la perspectiva del cliente, 13 para la perspectiva interna del proceso empresarial y 6 KPI para la perspectiva de aprendizaje y crecimiento. Los KPI con mayor factor son los de la perspectiva financiera, ya que los ingresos totales de la empresa (FL1) tienen un peso de 0,103. Por lo tanto, se espera que las empresas de APC puedan implementar estos KPI adquiridos y utilizarlos en sus procesos de negocios. Es necesario desarrollar los determinantes de subordinación para cada KPI, especialmente para determinar la escala de lo bueno, malo o moderado o para utilizar una escala de rendimiento.

Referencias

[1] McDonald, G. & Rahmanulloh, A. 2018. Indonesia Oilseeds and Products Annual *2018 USDA Foreign Agricultural Service*.

[2] Afriyanti, D., Kroeze, C. & Saad, A. 2016. Indonesia palm oil production without deforestation and peat conversion by 2050 *Science of the Total Environment* **557** 562-70.

[3] Lam, W. Y., Kulak, M., Sim, S., King, H., Huijbregts, M. A. & Chaplin-Kramer, R. 2019. Greenhouse gas footprints of palm oil production in Indonesia over space and time *Science of the Total Environment*.

[4] 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.

[5] Jelsma, I., Schoneveld, G. C., Zoomers, A. & Van Westen, A. C. M. 2017. Unpacking Indonesia's independent oil palm smallholders: An actor-disaggregated approach to identifying environmental and social performance challenges *Land Use Policy* **69** 281-97.

[6] RSPO. 2014. *Factsheet: roundtable on sustainable palm oil.* Recuperado de http://www.rspo.org/file/RSPO_factsheet_120705_25july.pdf

[7] Varkkey, H., Tyson, A. & Choiruzzad, S. A. B. 2018. Palm oil intensification and expansion in Indonesia and Malaysia: Environmental and socio-political factors influencing policy *Forest Policy and Economics* **92** 148-59.

[8] Munasinghe, M., Jayasinghe, P., Deraniyagala, Y., Matlaba, V. J., dos Santos, J. F., Maneschy, M. C. & Mota, J. A. 2019. Value-Supply Chain Analysis (VSCA) of crude palm oil production in Brazil, focusing on economic, environmental, and social sustainability *Sustainable Production and Consumption* **17** 161-75.

[9] Pye, O. 2019. Commodifying sustainability: Development, nature, and politics in the palm oil industry *World Development* **121** 218-28.

[10] Khatun, R., Reza, M. I. H., Moniruzzaman, M. & Yaakob, Z. 2017. Sustainable oil palm industry: The possibilities *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **76** 608-19.

[11] Huo, B., Gu, M. & Wang, Z. 2019. Green or lean? A supply chain approach to sustainable performance *Journal of Cleaner Production* **216** 152-166.

[12] Cherrafi, A., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Mishra, N., Ghobadian, A. & Elfezazi, S. 2018. Lean, green practices and process innovation: A model for green supply chain performance *International Journal of Production Economics* **206** 79-92.

[13] Leong, W. D., Teng, S. Y., How, B. S., Ngan, S. L., Lam, H. L., Tan, C. P. & Ponnambalam, S. G. 2019. Adaptive Analytical Approach to Lean and Green Operations *Journal of Cleaner Production* **235** 190-209.

[14] Farias, L. M. S., Santos, L. C., Gohr, C. F. & Rocha, L. O. 2019. An ANP-based approach for lean and green performance assessment *Resources, Conservation and Recycling* **143** 77-89.

[15] Dieste, M., Panizzolo, R., Garza-Reyes, J. A. & Anosike, A. 2019. The relationship between lean and environmental performance: Practices and measures *Journal of Cleaner Production* **224** 120-31.

[16] Kumar, M. & Rodrigues, V. S. 2018. Synergetic effect of lean and green on innovation: A resource-based perspective *International Journal of Production Economics.*

[17] Barth, H. & Melin, M. 2018. A Green Lean approach to global competition and climate change in the agricultural sector-A Swedish case study 183-92. *Journal of Cleaner Production* **204** 183-92.

[18] Reis, L. V., Kipper, L. M., Velásquez, F. D. G., Hofmann, N., Frozza, R., Ocampo, S. A. & Hernández, C. A. T. 2018. A model for Lean and Green integration and monitoring for the coffee sector *Computers and Electronics in Agriculture* **150** 62-73.

[19] Zhan, Y., Tan, K. H., Ji, G., Chung, L. & Chiu, A. S. 2018. Green and lean sustainable development path in China: Guanxi, practices and performance *Resources, Conservation and Recycling* **128** 240-9.

[20] Kaplan, R. S. & Norton, D. P. 1996. *Translating Strategy into Action: The Balance Scorecard* Boston: Harvard Business School Press.

[21] Saaty, T. L. 2008. Decision making with the analytic hierarchy process *International Journal of Services Sciences* **1(1)** 83-98.

[22] Hadiguna, R. A. & Tjahjono, B. 2017. A framework for managing sustainable palm oil supply chain operations: a case of Indonesia *Production Planning* & *Control* **28(13)** 1093-106.

Evaluación de la sostenibilidad y seguridad inherente de un proceso de producción de aceite de palma en el norte de Colombia*

Evaluating the Sustainability and Inherent Safety of a Crude Palm Oil Production Process in North-Colombia

Citación: González-Delgado, A. D., Barajas-Solano, A. F. & León-Pulido, J. (2021). Evaluación de la sostenibilidad y la seguridad inherente de un proceso de producción de aceite de palma en el norte de Colombia (Traductor C. Arenas). *Palmas, 42*(4), 33-49.

Palabras clave: SWROIM, ROI, Eficiencia exergética, Riesgos, Palma africana.

Keywords: SWROIM, ROI, Exergy efficiency, Risks, African palm.

* Traducido del original Evaluating the Sustainability and Inherent Safety of a Crude Palm Oil Production Process in North-Colombia. *Appl. Sci. 2021*, 11, 1046. doi: 10.3390/app11031046

Nota del editor: MDPI se mantiene neutral con respecto a las reclamaciones jurisdiccionales en los mapas publicados y las afiliaciones institucionales.

Derechos de autor: © 2021 de los autores. Licenciatario MDPI, Basilea, Suiza.

Este es un artículo de acceso abierto bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution (CC BY) (https:// creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

González-Delgado Ángel Darío
Grupo de Investigación en Nanomateriales e Ingeniería de Procesos Asistida por Computador (NIPAC), departamento de Ingeniería Química, Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias 130015, Colombia.
Autor de correspondencia
agonzalezd1@unicartagena.edu.co

Barajas-Solano Andrés F.
Grupo de Investigación en Medio Ambiente y Vida, departamento de Ciencias Ambientales, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta 540003, Colombia.
andresfernandobs@ufps.edu.co

León-Pulido Jeffrey
Programa de Ingeniería Química, U. EAN, Bogotá 110221, Colombia.
jleonp@universidadean.edu.co

Resumen

La palma africana es la principal fuente de aceite vegetal del mundo, ya que representa alrededor del 29,60 % de la producción global de aceites y grasas. La rápida expansión de este sector ha provocado varias preocupaciones relacionadas con aspectos ambientales y sociales

que han impulsado la búsqueda de alternativas sostenibles. En este trabajo se realizó un análisis de seguridad inherente y se evaluó la sostenibilidad del proceso de producción de aceite de palma crudo utilizando el método del índice de seguridad inherente (ISI) y la métrica de rendimiento ponderado sostenible de la inversión (SWROIM por sus siglas en inglés), respectivamente. El proceso fue diseñado para una capacidad de procesamiento de 30 t/h de racimos de fruto de palma y bajo las condiciones del norte de Colombia. Se consideraron tres indicadores técnicos para evaluar la sostenibilidad del proceso, incluyendo la eficiencia exergética, el potencial de impacto ambiental (productos del PEI, por sus siglas en inglés) y el índice de seguridad inherente total (I_{TI}). El factor económico se considera directamente, ya que el SWROIM es una extensión del retorno de la inversión (ROI) convencional. El I_{TI} de 11 resultante indicó un proceso intrínsecamente seguro, y se observó el mayor riesgo para el subíndice de seguridad de equipos del proceso. El SWROIM alcanzó un valor más alto (53 %) en comparación con el ROI convencional (43,99 %), lo que sugiere impactos positivos en la sostenibilidad. La novedad de este trabajo radica en detectar los riesgos inherentes y proporcionar un criterio de toma de decisiones para este proyecto, a través de una evaluación completa que relacione los criterios económicos, energéticos, ambientales y de seguridad.

Summary

The African palm is the main source of vegetable oil worldwide, representing about 29.60% of the total oil and fat production around the world. The rapid expansion of this sector has faced several concerns related to environmental and social aspects that have driven the search for sustainable alternatives. In this work, the inherent safety analysis and sustainability evaluation for the crude palm oil production process was performed using the inherent safety index (ISI) method and the sustainable weighted return on investment metric (SWROIM), respectively. The process was designed for a processing capacity of 30 t/h of palm bunches and under North-Colombian conditions. Three technical indicators were considered to evaluate the process sustainability including exergy efficiency, potential environmental impacts output (PEI output), and the total inherent safety index (I_{TI}). The economic factor is directly considered since the SWROIM is an extension of the conventional return on investment (ROI). The resulting I_{TI} at 11 indicated an inherently safe process, and the highest risk was observed for the process equipment safety subindex. The SWROIM reached a higher value (53%) compared to the conventional ROI (49.39%), which suggests positive impacts on sustainability. The novelty of this work lies in detecting the inherent risks and providing a decision making criteria for this project through a complete evaluation that relates economic, energy, environmental, and safety criteria.

Introducción

La palma africana es la principal fuente de aceite vegetal del mundo, ya que representa alrededor del 29,60 % de la producción global de aceites y grasas [1]. En 2016, el consumo de aceite de palma crudo alcanzó los 60.096 millones de toneladas [2]. Esta tasa de consumo está relacionada con su versatilidad, alta productividad y menor costo de producción. Indonesia (10.830.000 ha) y Malasia (5.150.000 ha) son los principales productores, con aproximadamente el 78 % de la superficie de producción mundial, mientras que Colombia es el quinto mayor productor de aceite de palma crudo del mundo y el primero de América Latina, con el 2,30 % de la superficie de producción mundial (465.000 ha) [3]. Estas plantaciones se encuentran en 4 zonas principales de Colombia: Norte, Central, Oriental y Suroccidental [4]; sin embargo, la mayor superficie sembrada se encuentra en el norte del país, con el 29 % de la superficie total [5]. La producción de aceite de palma crudo representa una actividad económica importante para el crecimien-

to socioeconómico del país [6]. Esta ha aumentado en los últimos años, impulsada por la demanda de países en desarrollo como China, India y Brasil [7]. También se prevé que en los próximos años la superficie sembrada con palma africana aumentará a 2 millones de hectáreas [8]. La rápida expansión de este sector ha causado varias preocupaciones ambientales y sociales, tales como la emisión de gases de efecto invernadero, la generación de residuos, la deforestación, la biodiversidad y la pérdida de la calidad del suelo y los cambios en el uso del suelo [9].

El desarrollo de alternativas sostenibles para la industria de la palma de aceite se ha convertido en una prioridad. Se han realizado varios trabajos para evaluar los aspectos económicos, energéticos, ambientales y sociales de estos sistemas de bioenergía e identificar oportunidades de mejora. Por ejemplo, González-Delgado y Peralta-Ruiz [10] realizaron un análisis ambiental utilizando el Algoritmo de Reducción de Residuos (WAR por sus siglas en inglés) para cuantificar la tasa de emisión y generación de impactos ambientales en la producción de aceite de palma crudo. Martínez *et al*. [11] realizaron el análisis exergético para identificar los principales sumideros de energía e ineficiencias del proceso; mientras que González-Delgado y Peralta-Ruiz [12] desarrollaron la evaluación tecnoeconómica para determinar la rentabilidad del proceso. En la Tabla 1 se presentan otros estudios que evaluaron la producción de aceite de palma crudo.

En este trabajo se realiza un análisis de seguridad inherente y una evaluación de sostenibilidad para un proceso de aceite de palma crudo bajo las condiciones del norte de Colombia. El primero nos permite evitar peligros reduciendo el material peligroso y el número de operaciones peligrosas en la planta [18], mientras que el segundo, el análisis completo del proceso incluyendo criterios económicos, ambien-

Tabla 1. Trabajos recientes sobre sistemas bioenergéticos en la industria de la palma de aceite.

Estudio de caso	Ubicación	Objetivo	Método	Resultados relevantes	Referencia
Cadena de suministro de la palma de aceite	Malasia	Análisis de la huella hídrica (WFP)	Contabilidad del agua y evaluación de la vulnerabilidad (WAVE)	33 % de reducción en la WFP cuando no hubo dilución en la planta de beneficio	Soly *et al.* [13]
Producción de aceite de palma crudo	Colombia	Determinar las emisiones de gases de efecto invernadero y la rentabilidad económica	Evaluación del ciclo de vida y análisis económico	Ganancia de energía neta = 12,5, 13,7 Tasa Interna de Retorno = 34 %, 43 %	Ramírez-Contreras *et al.* [9]
Producción de aceite de palma crudo	Colombia	Analizar los posibles peligros del proceso	Identificación y clasificación de peligros (HIRA)	Índice de daños por incendio y explosión = 400	Moreno-Sader *et al.* [14]
Producción de aceite de palma crudo y aceite de palmiste	Colombia	Cuantificar los posibles impactos ambientales (PEI)	Algoritmo de reducción de residuos (WAR)	Tasa de salida de PEI = 1,66 × 10-4 PEI/h	Alvarez-Cordero *et al.* [15]
Cadena de suministro de la palma de aceite	Brasil	Evaluar la sostenibilidad del proceso	Evaluación del ciclo de vida y análisis económico	Huella hídrica renovable = 6,8/ l de aceite	Munasinghe *et al.* [16]
Producción de aceite de palma crudo	Brasil	Realizar un balance de gases de efecto invernadero (GEI)	Análisis del ciclo de vida	GHG = -208 kg CO_2equiv./1.000 kg palma	Oliveira *et al.* [17]

tales, energéticos y de seguridad. Sanjuan *et al.* [19] analizaron la seguridad inherente de un proceso de producción de bioetanol, mientras que Meramo *et al.* [20] lo hicieron para un proceso de producción de ácido levulínico. En ambos casos, los procesos mostraron un buen rendimiento desde el punto de vista de seguridad. Meramo-Hurtado *et al.* utilizaron la métrica de rentabilidad ponderada sostenible de la inversión [21] para evaluar la sostenibilidad de un material lignocelulósico múltiple y comparar las vías de producción de biobutanol mediante la fermentación acetona-butanol-etanol. Los autores observaron un mayor rendimiento del proceso de este sistema utilizando la métrica SWROIM. La novedad de este trabajo radica en detectar los riesgos inherentes y proporcionar un criterio de toma de decisiones para este proyecto, a través de una evaluación completa que relacione los criterios económicos, energéticos, ambientales y de seguridad.

2. Materiales y métodos

La metodología utilizada en este estudio abarca el análisis de seguridad y la evaluación de sostenibilidad para un proceso de producción de aceite de palma crudo en las condiciones del norte de Colombia. El análisis de seguridad inherente se realizó utilizando la metodología del índice de seguridad inherente (ISI), mientras que se usó la métrica de rentabilidad ponderada sostenible (SWROIM, por sus siglas en inglés) como herramienta para evaluar la sostenibilidad. Para esto último, se consideraron criterios económicos, ambientales, energéticos y de seguridad. Los indicadores técnicos para evaluar la sostenibilidad del proceso incluyeron la eficiencia exergética, el potencial de impacto ambiental (producto del PEI) y el índice de seguridad inherente total (I_{TI}). El factor económico se incluyó directamente en el SWROIM y se evaluó mediante el retorno de la inversión (ROI). El ROI, la eficiencia exergética y el producto del PEI se obtuvieron de la evaluación tecnoeconómica, el análisis exergético y el análisis ambiental previamente realizados por González-Delgado y Peralta-Ruiz [12], Martínez *et al.* [11] y González-Delgado y Peralta-Ruiz [10], respectivamente. A continuación, se describe el proceso y la metodología utilizados para las evaluaciones.

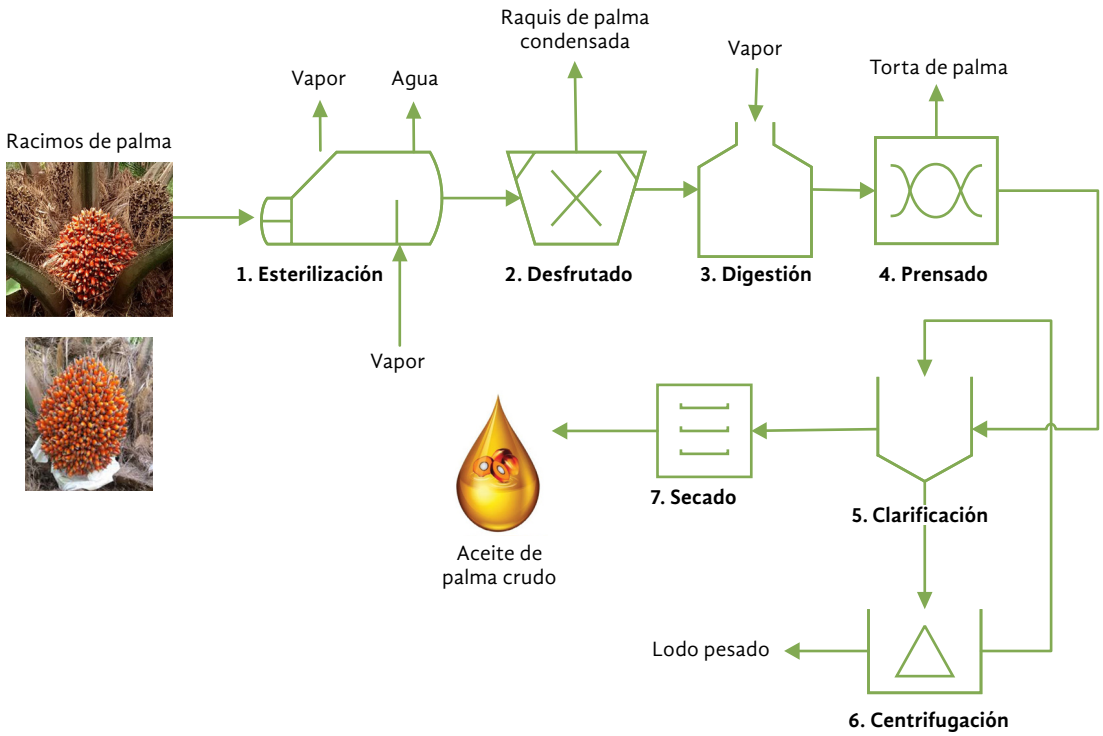
2.1 Descripción del proceso

El proceso fue modelado utilizando como referencia dos plantas de beneficio de aceite de palma crudo ubicadas en los departamentos de Bolívar y Cesar, en el norte de Colombia, y datos complementarios reportados en la literatura [22]. El procesamiento del fruto de la palma para extraer el aceite crudo implica cinco operaciones básicas: esterilización, desfrutado, digestión del fruto, extracción del aceite y purificación del aceite [23], como se muestra en la Figura 1. El racimo de palma africana (30 t/h) es esterilizado por la acción del vapor saturado para evitar el efecto de la enzima lipasa en los ácidos grasos libres e hidrolizar el raquis de la palma para suavizar los tejidos de la pulpa [15]. Después de la fase de esterilización, el racimo esterilizado, los condensados de esterilización y el vapor salen del sistema. Luego, los racimos esterilizados se envían a la etapa de desfrutado, donde los frutos se separan del raquis por medio de un tambor giratorio de 5 kW de potencia. El raquis se descarta mientras los frutos se recalientan en la etapa de digestión para facilitar la expulsión del aceite. El equipo de digestión tiene una potencia de 10,5 kW. Los frutos digeridos son prensados por una canasta horizontal perforada de forma cilíndrica, donde se extrae el licor de prensa con alto contenido de aceite. Posteriormente, se agrega agua al licor para facilitar la separación y purificación del mismo. En la fase de clarificación, hasta el 90 % del aceite se separa y se envía a un proceso de secado. El lodo pesado de la clarificación pasa a la fase de centrifugación, donde se recupera el 10 % del aceite. El agua y el lodo pesado de esta etapa abandonan el proceso, mientras que el aceite recuperado se recircula a la etapa de clarificación. En la fase de secado, el porcentaje de humedad e impurezas que aún contiene el aceite se reduce al mínimo. Debido a la alta temperatura a la que sale el aceite, este secado se realiza en condiciones de vacío; la presión del flujo se reduce y hace que el agua restante se evapore. La potencia del secador de vacío es de 15 kW. Por último, el aceite de palma seco se envía a su almacenamiento respectivo.

2.2. Análisis de seguridad inherente

En el análisis de seguridad para el proceso de producción de aceite de palma se desarrolló y se aplicó la

Figura 1. Diagrama del proceso para la producción de aceite de palma crudo.



metodología ISI basada en el cálculo del índice de seguridad inherente total (I_{TI}). El I_{TI} se calculó utilizando la Ecuación 1 como la suma del índice de seguridad química (I_{CI}) y el índice de seguridad inherente al proceso (I_{PI}) [21]. Un valor de I_{TI} superior a 24 para un proceso indica que es intrínsecamente inseguro, mientras que valores inferiores indican que es intrínsecamente seguro [18]. Además, para determinar el índice de seguridad inherente total, se evalúa el peor escenario que puede darse.

Ecuación 1 $$I_{TI} = I_{CI} + I_{PI}$$

El índice de seguridad química se determina como se muestra en la Ecuación 2 a partir de la estimación de los parámetros asociados a la naturaleza de los compuestos químicos que intervienen en el proceso, mientras que el índice de seguridad inherente al proceso incluye las variables del proceso calculadas mediante la Ecuación 3. La Tabla 2 presenta la información para el cálculo de cada subíndice.

Ecuación 2

$$ICI = I_{RM,máx} + I_{RS,máx} + I_{INT,máx} + (I_{FL} + I_{EX} + I_{TOX})_{máx} + I_{COR,máx}$$

Ecuación 3

$$I_{PI} = II + I_{T,máx} + I_{P,máx} + I_{EQ,máx} + I_{ST,máx}$$

2.3 Evaluación de sostenibilidad

Para determinar el rendimiento sostenible del proceso de producción de aceite de palma crudo, el enfoque propuesto en este estudio incluye parámetros económicos, medioambientales, energéticos y de seguridad. La métrica del rendimiento sostenible ponderado de la inversión (SWROIM) se utiliza para determinar un valor único que muestra el rendimiento global de la sostenibilidad del proceso [24]. El cálculo de este parámetro sigue la expresión mostrada en las Ecuaciones 4 y 5.

Tabla 2. Símbolos y descripción de los subíndices de seguridad inherentes, adaptados de [18].

Subíndices de seguridad inherentes	Símbolo	Descripción	Puntaje
Reactividad química	$I_{RM,máx}$ $I_{RS,máx}$	Determinado como las liberaciones de calor de las reacciones que tienen lugar dentro del proceso (primario y lateral)	0-4
Interacción química	$I_{INT,máx}$	Se determina teniendo en cuenta las reacciones no deseadas que se producen entre las especies químicas y los materiales del equipo	0-4
Inflamabilidad	I_{FL}	Se determina en función del punto de inflamación de los productos químicos	0-4
Explosividad	I_{EX}	Se determina en función de los límites de explosividad de los productos químicos	0-4
Exposición tóxica	I_{TOX}	Se determina en función de la toxicidad de cada producto químico	0-6
Corrosividad	$I_{COR,máx}$	Se determina en función del material seleccionado para la construcción del equipo	0-2
Inventario	I_I	Se determina según la masa contenida en el equipo para un tiempo de retención de 1 h	0-5
Temperatura del proceso	$I_{T,máx}$	Se determina en función de la temperatura máxima registrada en el proceso	0-4
Temperatura del proceso	$I_{P,máx}$	Se determina en función de la temperatura máxima registrada en el proceso	0-4
Seguridad del equipo	$I_{EQ,máx}$	Se determina para evaluar el equipo en el proceso	0-3
Estructura de proceso segura	$I_{ST,máx}$	Se determina según la información relacionada con los accidentes presentados previamente en la planta	0-5

Ecuación 4

$$SWROIM = \frac{ASP}{TCI}$$

Ecuación 5

$$ASP = AEP\left[1 + \sum_{i=1}^{N_{indicadores}} w_i \left(\frac{Indicador_i}{Indicador_i^{meta}}\right)\right]$$

TCI es la inversión total de capital, *AEP* es el beneficio neto anual del proyecto, w_i son los factores de ponderación del indicador de sostenibilidad *i*; $indicador_i$ e $indicador_i^{meta}$ son los valores actuales y los valores objetivo del indicador de sostenibilidad i, respectivamente. Los asignados a w_i dependen de la prioridad de los responsables de tomar decisiones [24]. Un valor $w_i = 1$ para el factor de ponderación significa que el parámetro tiene la misma relevancia para el diseñador que el *AEP*; los inferiores a 1 están relacionados con una menor relevancia, mientras que los valores superiores a 1 implican una mayor. La sencillez para estimar las contribuciones de los indicadores al rendimiento económico del sistema es una de las ventajas de esta métrica; sin embargo, el factor de ponderación puede afectar a la objetividad de este enfoque. Los indicadores incluidos en la evaluación de la sostenibilidad del proceso de producción de aceite de palma se describen a continuación.

2.4. Indicadores económicos

La evaluación tecnoeconómica se utiliza como herramienta para determinar la rentabilidad de los proyectos. Los costos primarios se evalúan como la suma de la inversión total de capital (TCI por sus siglas en inglés) y los costos de operación (OC por sus siglas en inglés) [25]. La inversión total de capital se refiere al dinero necesario para la compra e instalación de la planta [26]; mientras que los costos de operación son lo que se necesita para mantener el funcionamiento de la planta. El retorno de la inversión es un indicador económico muy utilizado para evaluar la rentabilidad de los proyectos de ingeniería. Se define utilizando la Ecuación 6 como la relación entre las utilidades anuales (después de impuestos) y la inversión total de capital.

Ecuación 6

$$\%ROI = \frac{Utilidades\ anuales}{TCI} \text{X } 100$$

2.5. Indicadores exergéticos

La exergía se define como el máximo trabajo teórico que puede realizarse a partir de la interacción entre un sistema termodinámico y un entorno de referencia [27]. Esta indica la calidad de la energía [28] y, en cualquier proceso químico, es destruida por irreversibilidades. El análisis de esta permite cuantificar las irreversibilidades termodinámicas de un proceso [29]; por lo tanto, es una herramienta útil para diagnosticar las operaciones químicas, identificando las etapas críticas que más contribuyen a la destrucción exergética [30].

La eficiencia exergética ($\eta_{exergía}$) es una medida del rendimiento del proceso en términos de flujo de exergía, como se indica en la Ecuación 7, donde $Ex_{total,\ in}$ es el flujo total de exergía de entrada y $Ex_{destruida}$ es la exergía total destruida. Las irreversibilidades o la exergía destruida se calculan como la diferencia del flujo de exergía total del producto de entrada y de salida. La eficiencia exergética puede calcularse para una sección o unidad de un proceso químico [31].

Ecuación 7

$$n_{exergía} = 1 - \left(\frac{Ex_{destruida}}{Ex_{total,\ in}} \right)$$

2.6. Indicadores ambientales

La evaluación ambiental permite analizar los procesos químicos para determinar los posibles impactos ambientales y proponer soluciones para el desarrollo sostenible [32]. El algoritmo de reducción de residuos (WAR por sus siglas en inglés) es una herramienta para evaluar el rendimiento ambiental de los procesos químicos [33]. La suma ponderada de todos los impactos permite calcular un valor final que mide el Impacto Ambiental Potencial (PEI) [34]. Este índice se considera desde dos puntos de vista, la producción de PEI y el PEI generado. El resultado del PEI mide los efectos ambientales que emite el proceso y su uso principal es mejorar la capacidad del proceso para obtener productos finales con una descarga mínima de potencial impacto ambiental [35]. La Ecuación 8 muestra la expresión para calcular la tasa de salida total de PEI sobre la base de la masa del producto.

$$I_{salida}^{(t)} = \frac{I_{entrada}^{(cp)} + I_{gen}^{(cp)}}{\sum_a K_k} = \frac{\sum_a \alpha_i \sum_j^{cp} M_j^{salidat} \sum_a^{cp} X_a \Psi_a + \sum_j^{ep-g} M_j^{(salida)} \sum_a^{ep-g} X_a \Psi_a}{\sum_a K_k}$$

donde $i_{salida}^{(cp)}$ es la velocidad de salida de PEI para el proceso químico; $i_{entrada}^{(cp)}$ e $i_{gen}^{(cp)}$ son la tasa de entrada total de PEI y la generación total de PEI, respectivamente. M_j es el caudal de masa del flujo *j*; X_a es la fracción de masa de un componente en en el flujo *j*; Ψ_k es el impacto ambiental potencial global de la sustancia *a*.

Además, para determinar el grado de mejora en el rendimiento ambiental o reducción porcentual en los impactos ambientales entre un caso o proceso base y el proceso mejorado ambientalmente, se sigue la Ecuación 9.

$$\%R\ PEI_{producido} = \left(\frac{\left(PEI_{producido}\right)_{máx} - \left(PEI_{producido}\right)_i}{\left(PEI\ /_{producido}\right)_{máx}} \right) \text{X } 100\%$$

donde $(PEI)_{máx}$ es la salida PEI para el proceso base y $(PEI_{producido})_i$ es la salida PEI para el proceso ambientalmente mejorado.

3. Resultados

3.1. Análisis de seguridad inherente

3.1.1 Índice de seguridad inherente de los productos químicos

La Figura 2 muestra los resultados del índice de seguridad química (I_{CI}). En el proceso de extracción de aceite de palma crudo no se produjo ninguna reacción, por lo que el subíndice de reactividad química fue nulo. Los subíndices de sustancia química peligrosa $(I_{FL} + I_{EX} + I_{TOX})_{máx}$ e interacción química ($I_{INT,máx}$) se calcularon con información de la ficha de datos de seguridad de los componentes. El subíndice de sustancia química peligrosa se estimó en 1 según los ácidos grasos del aceite de palma que solo son combustibles (punto de inflamación > 55 ˚C). La interacción química más peligrosa está representada por la formación de vapores no inflamables, por lo que se asignó una puntuación de 1. Además, las sustancias presentes en el proceso no son corrosivas; por lo tanto, no se requiere ningún material especial para la construcción del equipo y se asigna una puntuación igual a 0 para el subíndice de corrosión. El índice de seguridad inherente de los productos químicos se estimó en 2.

3.1.2 Índice de seguridad inherente del proceso

La Figura 3 muestra los resultados del índice de seguridad del proceso (I_{PI}). Para calcularlo se evaluó el riesgo asociado con las condiciones de funcionamiento, el tipo de equipo, las estructuras y el inven-

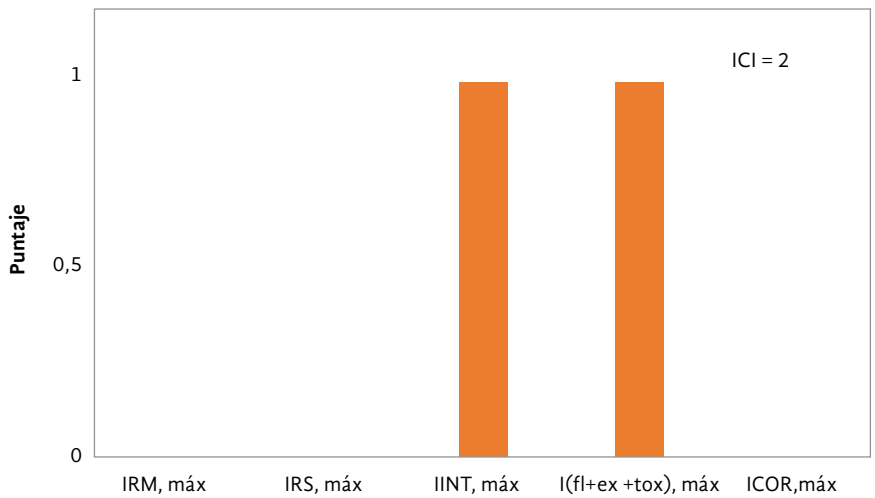


Figura 2. Subíndices calculados para el índice de seguridad inherente de productos químicos y la puntuación total

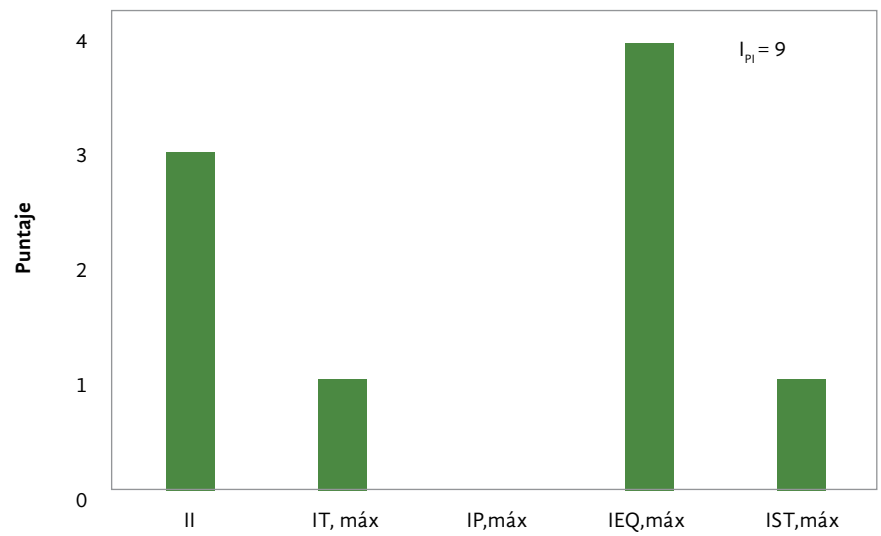


Figura 3. Subíndices calculados para el índice de seguridad inherente del proceso y puntuación total

tario. La materia prima para el proceso de extracción de aceite de palma crudo se estimó en aproximadamente 134 t/h; por lo tanto, la puntuación asignada para el subíndice de inventario fue de 3. Los subíndices de temperatura y presión se determinaron según la temperatura y presión máximas registradas en los procesos. La temperatura máxima se registró en la fase de digestión (95 °C), por lo que se asignó una puntuación de 1. Las presiones más críticas se encontraron en el secador de aceite que funciona en condiciones de vacío y en los flujos de vapor que entran en las etapas de esterilización y digestión a una presión de 440 kPa. Sin embargo, se consideró que las presiones no representaban ningún riesgo; por lo tanto, el valor del subíndice de presión fue cero.

Otro factor importante en la seguridad del proceso está asociado con la fiabilidad del equipo. Al índice de seguridad del equipo se le asignó una puntuación de 4, ya que los más inseguros eran la caldera y el secador. Finalmente, el subíndice de estructura segura se refiere a la seguridad del proceso desde el punto de vista de la ingeniería. La producción de aceite de palma crudo es un proceso ya implementado y se considera como una "práctica común en ingeniería"; por lo tanto, se le asignó una puntuación de 1. El índice de seguridad del proceso se estimó en 9.

3.1.3 Índice total de seguridad inherente

El índice total de seguridad inherente para la producción de aceite de palma crudo se estimó en 11, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Índice total de seguridad inherente.

Índice	Puntaje
I_{CI}	2
I_{PI}	9
I_{TI}	11

3.2. Evaluación de sostenibilidad

El indicador económico (ROI) para este proceso se obtuvo a partir del análisis tecnoeconómico realizado por González Delgado [12]. La evaluación tecno-económica se hizo utilizando la misma capacidad de procesamiento presentada en este estudio (30 t/año) para una producción anual de 54.056 toneladas de aceite de palma crudo. Se consideró el 10 % de la inversión de capital fijo como un valor de salvamento, 2 años para la construcción de la planta, tasa de impuesto igual al 39 %, una tasa de descuento del 9 %, una vida útil de la planta de 15 años, arcilla blanda como tipo de suelo, 13 trabajadores por turno con salarios de 30 USD/h, y un porcentaje de contingencia del 20 %, según el contexto de la economía en Colombia. Los principales resultados se muestran en la Figura 4. El ROI del 49,30 % indicó que el proyecto es económicamente atractivo.

El indicador de eficiencia exergética se tomó del análisis exergético realizado por Martínez *et al.* [11]. Los principales resultados se muestran en la Figura 5.

La producción total de PEI se obtuvo a partir del análisis ambiental realizado por González-Delgado y Peralta-Ruiz [10]. Las consideraciones para la evaluación incluyeron la evaluación de cuatro casos: caso 1, sin tener en cuenta las contribuciones a la energía y al flujo de productos; y casos 2, 3, y 4, considerando el flujo de productos, la energía del proceso y la cantidad de energía y el flujo de productos, respectivamente. Los principales resultados se muestran en la Figura 6.

El valor asignado para el factor de ponderación del parámetro de seguridad ($w_i = 1$) se estableció considerando que los riesgos asociados con el proceso pueden poner en peligro la producción, las instalaciones, la integridad del personal que trabaja en la planta y el bienestar de las comunidades vecinas [21]. Por lo tanto, el aspecto de seguridad del proceso debe ser el mayor e igualmente relevante al factor económico. Un proyecto peligroso afecta este aspecto y su sostenibilidad, por lo tanto, en el cálculo de SWROIM se estableció un indicador de seguridad negativo. El factor de ponderación para el indicador de energía ($w_i = 1$) se estableció considerando la importancia del consumo de energía en la sostenibilidad de los procesos. Finalmente, en cuanto al daño que los mismos pueden producir al ambiente y a los compromisos adquiridos por Colombia en términos de conservación y protección ambiental, se estable-

Figura 4. Resumen de los resultados de la evaluación económica del proceso de producción de aceite de palma crudo, adaptado de [12].

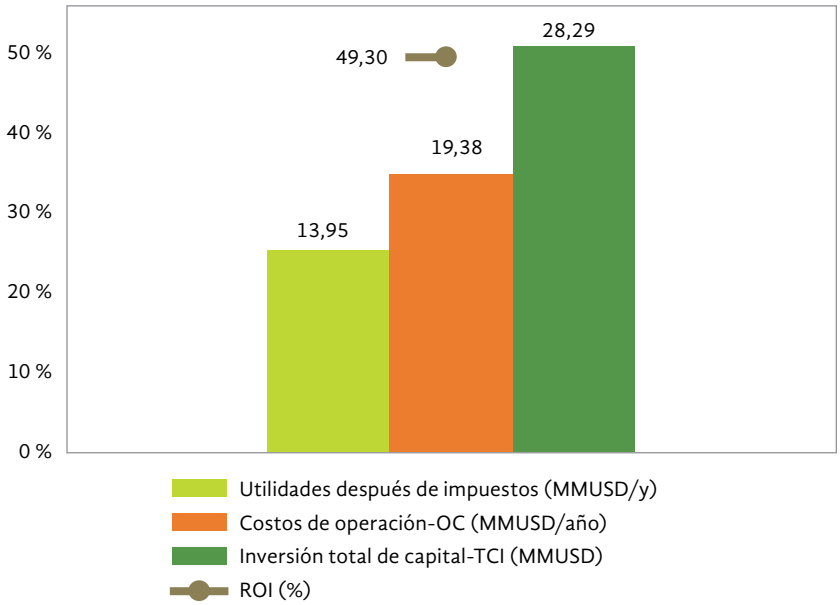


Figura 5. Eficiencia exergética del proceso de producción de aceite crudo. Adaptado de [11]

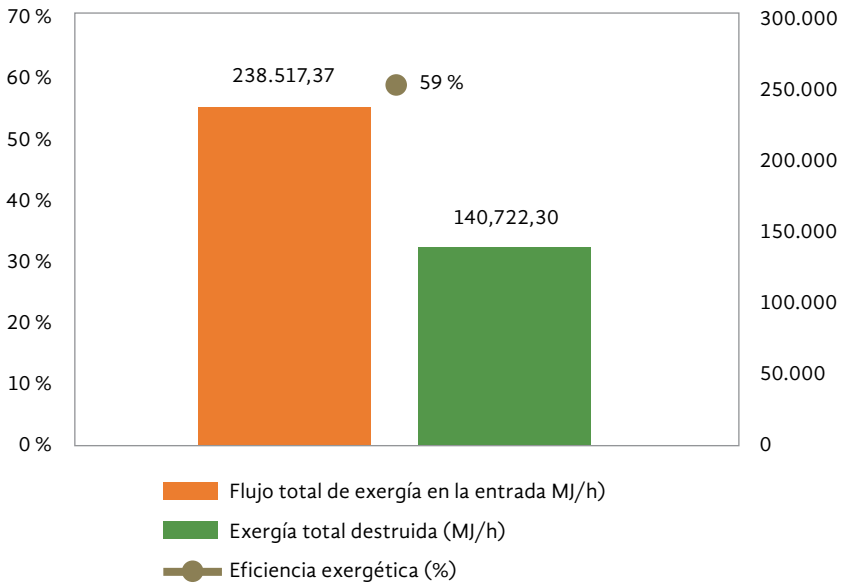
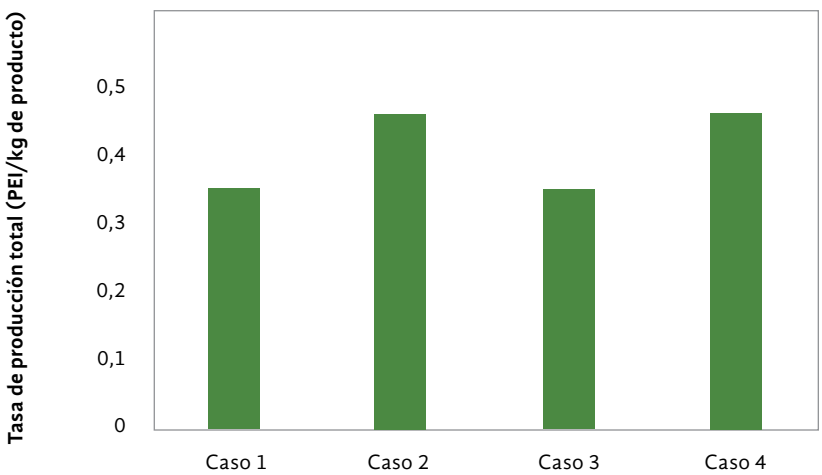


Figura 6. Producción total de PEI para el proceso de producción de aceite de palma crudo, adaptado de [10]



ció el factor de ponderación ambiental ($w_i = 1$) de máxima relevancia. En resumen, para este proyecto se consideraron los parámetros de seguridad, energía y ambiente con la misma relevancia que el factor económico dentro del concepto de sostenibilidad.

La aplicación del SWROIM requiere definir indicadores objetivo (*indicador* ^{objetivo}) para cada parámetro técnico. Además, que las cantidades correspondientes de estos parámetros muestren el desempeño actual del proceso (*indicador*$_i$). El objetivo del parámetro de seguridad se estableció igual al rendimiento actual, según la consideración que un proceso es seguro en términos de riesgos inherentes cuando el I_{TI} es inferior a 24. En este caso, el proceso tiene un rendimiento seguro, por lo tanto, no es necesario establecer un valor objetivo. Para el parámetro de energía, se estableció como meta la eficiencia exergética del 100 %. Los objetivos ambientales se instituyen de acuerdo con la recomendación hecha por El-Halwagi [36], que sugiere que las técnicas de proceso comparativo permiten establecer los objetivos de indicadores de sostenibilidad, teniendo en cuenta los mejores resultados. Por lo tanto, el indicador objetivo se toma considerando la reducción máxima en los impactos ambientales potenciales de la producción. Para este trabajo, se consideró como indicador objetivo una reducción del 50 % del PEI de la producción. Los valores de los factores de ponderación, indicadores e indicadores objetivo se resumen en la Tabla 4.

La evaluación de sostenibilidad del proceso de producción de aceite de palma crudo mostró un rendimiento del 53 %, que es superior al valor obtenido para el retorno de la inversión (49,30 %). Además, se realizó un análisis de sensibilidad para el SWROIM, cambiando el valor considerado para el factor de ponderación del parámetro técnico para analizar la importancia de cada factor en la métrica de rentabilidad ponderada de la sostenibilidad en la inversión. Se consideraron 3 estudios de caso: el primer caso, en el que los aspectos económicos y energéticos tenían la misma relevancia ($w_i = 1$), mientras que el valor del parámetro ambiental y de seguridad fue de 0,5. Un segundo caso, en el que el factor ambiental tenía la misma relevancia que el parámetro económico ($w_i = 1$), y un tercer caso, en el que el factor técnico de seguridad tenía la misma relevancia que el factor económico ($w_i = 1$). Los principales resultados se muestran en la Figura 7.

4. Discusión

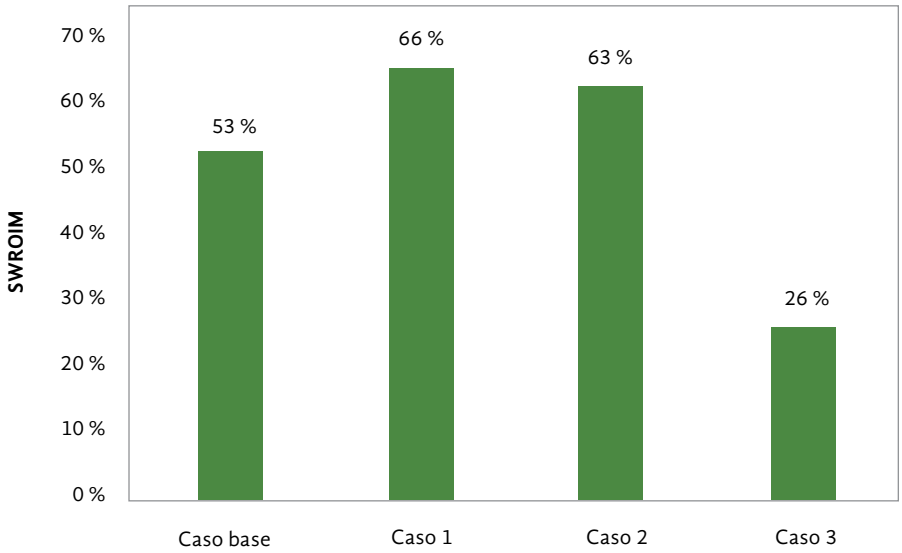
El índice de seguridad inherente de las sustancias químicas igual a 2 sugiere que no se manipulan sustancias altamente peligrosas en el proceso en términos de toxicidad, explosividad e inflamabilidad. Este hallazgo se comparó con los resultados del análisis de seguridad inherente que se reporta en la literatura para procesos basados en la palma de aceite. Sanjuan *et al.* [19] reportaron un ICI de 18 para la producción de bioetanol a partir de raquis de palma, que se atribuyó al alto valor del índice de calor de las reacciones, seguido por el indicador de inflamabilidad. La extracción del aceite de palma crudo alcanzó un CSI más bajo debido a la naturaleza de las sustancias manipuladas (que eran menos inflamables) y a la ausencia de reacciones.

El índice de seguridad del proceso que se muestra en la Figura 3 alcanzó un valor de 9, superior al registrado para el bioetanol producido a partir del raquis (5). Las condiciones que más afectan a la seguridad del proceso son el alto inventario y la seguridad del equipo. En particular, el funcionamiento de equipos inseguros, como la caldera y el secador, respalda este hallazgo. Moreno-Sader *et al.* [14] también se señalaron riesgos potenciales de incendio y explosión en la caldera de los sistemas de extracción del APC, que

Tabla 4. Parámetros, indicadores y factor de ponderación correspondientes a cada criterio técnico.

Aspecto	Índice	*indicador*^{i}	*Indicador*^{objetivo}	w_i
Seguridad	Índice total de seguridad inherente (I_{TI})	11	11	1
Energía	Eficiencia exergética	59 %	100 %	1
Ambiental	(% *R PEI*$_{producción}$)	24 %	50 %	1

Figura 7. Análisis de sensibilidad SWROIM



podrían ocurrir debido a fallas por ruptura, bajos niveles de agua, presión excesiva, entre otros. El resultado revela que la extracción de aceite de palma crudo es un proceso intrínsecamente seguro. El índice de seguridad del proceso es superior al índice de seguridad química, lo que muestra que las condiciones de funcionamiento son más críticas. Una comparación del índice de seguridad total inherente alcanzado en un proceso similar muestra que la producción de aceite de palma tiene un mejor rendimiento desde el punto de vista de la seguridad. La producción de bioetanol a partir del raquis de la palma mostro un I_{TI} = 23 [19]; mientras que un proceso para la producción de ácido levulínico alcanzó un I_{TI} = 24 [20]. Estos últimos procesos tienen reacciones químicas exotérmicas y disolventes inflamables que contribuyen al mayor índice total de seguridad inherente en comparación con la extracción del APC. En general, los resultados del análisis de seguridad inherente sugieren que es necesario vigilar el funcionamiento del horno de secado de aceite y la caldera, para evitar condiciones anormales.

En cuanto al desempeño de sostenibilidad del sistema bioenergético a partir del aceite de palma, la dimensión económica con *ROI* = 49,30 % reveló una rentabilidad prometedora en comparación con otros procesos con menor retorno de inversión. El sistema de extracción de APC es superior al valor umbral mínimo del 10 % que algunas empresas consideran como referencia [24]. Xuan Do *et al.*[37] reportaron valores de ROI menores que el 4,59-21,69 % para tres vías de conversión de energía de racimos de fruto vacíos que incluyeron la producción de bioetanol, la gasificación y la pirólisis rápida.

La eficiencia exergética general del 59 % indica que el proceso es eficiente desde el punto de vista energético. Para este sistema se observa una menor destrucción de exergía en comparación con otros procesos bioenergéticos, como la producción de biopetróleo a partir de microalgas y materias primas lignocelulósicas. Por ejemplo, Moreno-Sader *et al.* [38] evaluaron el rendimiento exergético del aceite crudo de microalgas *Chlorella* sp. y encontraron una eficiencia del 24 %. Gozmen Sanl *et al.* [39] lograron eficiencias exergéticas que oscilan entre el 32,50 % y el 33,64 % para un motor diésel que usa biodiésel de palma y amapola.

La producción total de PEI para la producción de aceite de palma crudo fue mayor en los casos 2 y 4 ($4{,}61 \times 10^{-1}$ y $4{,}61 \times 10^{-1}$, respectivamente) en comparación con los casos 1 y 3 ($3{,}50 \times 10^{-1}$ y $3{,}50 \times 10^{-1}$, respectivamente). Los hallazgos revelan que en los 4 casos el proceso no emite un gran número de impactos ambientales y, por lo tanto, tiene un buen desempeño ambiental. Este desempeño logró una mejora del 24 % sin considerar la contribución de la corriente de productos a la emisión de impac-

tos ambientales potenciales. Álvarez-Cordero *et al.* [15] informaron de impactos ambientales de 1,66 x 10^{-4} PEI/h para la doble producción de APC y aceite de palmiste. Moreno-Sader *et al.* [38] encontraron valores superiores a 3,00 x 10^{4} PEI/h para la producción de bioaceite lignocelulósico.

Los resultados mostrados en la Figura 7 revelan que el parámetro técnico energético es el más determinante en el resultado de SWROIM. Considerando el factor económico y energético de igual relevancia, se obtiene el valor más alto para el SWROIM (66 %). Por lo tanto, se deben incluir las estrategias de optimización para reducir las pérdidas de exergía. Por otra parte, el indicador de seguridad operacional demostró ser el determinante más débil de SWROIM, dado que las condiciones actuales ya son seguras. Para estudios futuros, se pueden considerar otros parámetros esenciales relativos a las características del proceso y los objetivos del modelo para permitir un análisis más amplio de la sostenibilidad. Este resultado podría significar que los parámetros técnicos evaluados tuvieron efectos positivos que favorecen el rendimiento económico de la planta. En particular, hay una contribución positiva asociada con la reducción de la producción total de PEI y el aumento de la eficiencia exergética. Además, este resultado comparado con el SWROIM reportó una biorrefinería lignocelulósica de varias materias primas donde se evalúan los mismos parámetros técnicos (27,29 %); en [21], se revela que la planta de producción de aceite de palma crudo tiene un desempeño más sostenible.

5. Conclusiones

En este estudio se realizó el análisis de seguridad inherente y la evaluación de sostenibilidad para el proceso de producción de aceite de palma crudo en un escenario del norte de Colombia. De los resultados obtenidos, se puede concluir que el proceso es intrínsecamente seguro. El mayor riesgo se encontró en la etapa de secado, por lo tanto, se recomienda controlar el funcionamiento del secador. Además, se determinó que el riesgo asociado con los productos químicos involucrados en el proceso era insignificante. El proceso es sostenible. Según el SWROIM, mostró un rendimiento del 53 %, lo que revela que los parámetros técnicos evaluados tienen un efecto positivo en el retorno de la inversión del proceso. El parámetro de energía fue el más determinante en este resultado, con contribuciones positivas asociadas al aumento de la eficiencia exergética. Para estudios futuros, se pueden considerar otros parámetros esenciales relativos a las características del proceso y los objetivos del modelo para permitir un análisis más amplio de la sostenibilidad. Además, la aplicación de técnicas de intensificación de procesos podría contribuir positivamente al desarrollo continuo de este sector.

Aportes de los autores: Conceptualización, A. D. G.-D.; metodología, A.F . B.-S., J. L.-P. y A. D. G.-D.; *software*, A. D. G.-D.; validación, A. F. B.-S., J. L.-P. y A. D. G.-D.; análisis formal, A. F. B.-S., J. L.-P. y A. D. G.-D.; investigación, A. F. B.-S., J .L.-P. y A. D. G.-D. S., J. L.-P. y A. D. G.-D.; investigación, A. F. B.-S., J. L.-P. y A. D. G.-D.; recursos, A. F. B.-S., J. L.-P. y A. D. G.-D.; conservación de datos, A. F. B.-S. S., J. L.-P. y A. D. G.-D.; redacción-preparación del borrador original, A. F. B.-S., J. L.-P. y A. D. G.-D.; redacción-revisión y edición, A. F. B.-S., J. L.- P. y A. D. G.-D.; visualización, A. D. G.-D.; supervisión, A. D. G.-D. y J. L.-P.; administración del proyecto, A. D. G.-D.; obtención de fondos, A. D. G.-D. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Financiación: Esta investigación no recibió financiación externa.

Declaración de la Junta de Revisión Institucional: no aplica.

Declaración de consentimiento informado: no aplica.

Declaración de disponibilidad de datos: Los datos presentados en este estudio están disponibles en González-Delgado y Peralta-Ruiz [12], Martínez *et al.* [11] y González-Delgado y Peralta-Ruiz [10].

Reconocimientos

Los autores expresan su gratitud a la Universidad de Cartagena, a la Universidad Francisco de Paula Santander y a la Universidad EAN por proveer equipo y *software* para concluir esta investigación.

Conflicto de intereses: los autores declaran que no hay conflicto de intereses.

Referencias

1. Rivera-Méndez, Y. D.; Rodríguez, D. T.; Romero, H. M. Carbon footprint of the production of oil palm (*Elaeis guineensis*) fresh fruit bunches in Colombia. *J. Clean. Prod.* **2017**, *149*, 743-750. [CrossRef]

2. Fedepalma. Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (Fedepalma) Statistical Yearbook. 2015. En *The oil palm agroindustry in Colombia and the world 2011-2015*; Área de Economía-UPSDS: Bogotá, Colombia, 2016.

3. Fedepalma. La palma de aceite en Colombia. 2019. Recuperado de https://web.fedepalma.org/la-palma-de-aceite-encolombia-departamentos (consultado el 15 de septiembre de 2020).

4. Ocampo-Peñuela, N.; García-Ulloa, J.; Ghazoul, J.; Etter, A. Quantifying impacts of oil palm expansion on Colombia's threatened biodiversity. *Biol. Conserv.* 2018, *224*, 117-121. [CrossRef]

5. Castiblanco, C.; Etter, A.; Ramírez, A. Impacts of oil palm expansion in Colombia: What do socioeconomic indicators show? *Land Use Policy* 2015, *44*, 31-43. [CrossRef]

6. Rincón, L. E.; Moncada, J.; Cardona, C. A. Analysis of potential technological schemes for the development of oil palm industry in Colombia: A biorefinery point of view. *Ind. Crop. Prod.* 2014, *52*, 457-465. [CrossRef]

7. Umar, M. S.; Urmee, T.; Jennings, P. A policy framework and industry roadmap model for sustainable oil palm biomass electricity generation in Malaysia. *Renew. Energy* 2018, *128*, 275-284. [CrossRef]

8. Montoya, M. I.; Quintero, J. A.; Sánchez, Ó. J.; Cardona, C. A. Evaluación del impacto ambiental del proceso de obtención de alcohol carburante utilizando el algoritmo de reducción de residuos. Environmental impact assessment for ethanol production process using the waste reduction algorithm. *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioq.* 2006, *36*, 85-95.

9. Ramírez-Contreras, N. E.; Munar-Flórez, D. A.; García-Núñez, J. A.; Mosquera-Montoya, M.; Faaij, A. P. C. The GHG emissions and economic performance of the Colombian palm oil sector; current status and long-term perspectives. *J. Clean. Prod.* 2020, *258*, 120757. [CrossRef]

10. González-Delgado, A. D.; Peralta-Ruíz, Y. Environmental assessment of a crude palm oil production process under northcolombian conditions using war algorithm. *Int. J. ChemTech Res.* 2016, *9*, 833-843.

11. Martínez, D.; Puerta, A.; Mestre, R.; Peralta-Ruiz, Y.; González-Delgado, A. D. Exergy-based evaluation of crude palm oil production in northcolombia. *Aust. J. Basic Appl. Sci.* 2016, *10*, 1-8.

12. González-Delgado, Á.; Peralta-Ruiz, Y. A hierarchical techno-economic sensitivity approach for evaluation of agroindustrial production chains. *Int. J. ChemTech Res.* 2017, *10*, 921-929.

13. Subramaniam, V.; Hashim, Z.; Loh, S. K.; Astimar, A. A. Assessing water footprint for the oil palm supply chain-a cradle to gate study. *Agric. Water Manag.* 2020, *237*, 106184. [CrossRef]

14. Moreno-Sader, K.; Alarcón-Suesca, C.; González-Delgado, Á.-D. Application of environmental and hazard assessment methodologies towards the sustainable production of crude palm oil in North-Colombia. *Sustain. Chem. Pharm.* 2020, *15*, 1-10. [CrossRef]

15. Álvarez-Cordero, A.; De Ávila-Alvis, Y.; Ortiz-Rincón, M.; González-Delgado, A.; Peralta-Ruiz, Y. Environmental assessment of dual crude palm and kernel oil production in north-Colombia using WAR algorithm. *J. Eng. Appl. Sci.* 2017, *12*, 7265-7271.

16. Munasinghe, M.; Jayasinghe, P.; Deraniyagala, Y.; Matlaba, V. J.; dos Santos, J. F.; Maneschy, M. C.; Mota, J. A. Value–Supply Chain Analysis (VSCA) of crude palm oil production in Brazil, focusing on economic, environmental and social sustainability. *Sustain. Prod. Consum.* 2019, *17*, 161-175. [CrossRef]

17. Oliveira-Rodrigues, T.; Caldeira-Pires, A.; Luz, S.; Albuquerque-Frate, C. GHG balance of crude palm oil for biodiesel production in the northern region of Brazil. *Renew. Energy* 2014, *62*, 516-521. [CrossRef]

18. Heikkilä, A. Inherent safety in process plant design. *VTT Publ.* 1999, *384*, 1-132.

19. Sanjuan, M.; Tobon, K.; Meramo-Hurtado, S.; Ojeda, K.; González, Á. Bioethanol production process from palm rachis using the computer-assisted intrinsic safety index method. *Int. J. Acad. Eng. Res.* 2018, *2*, 8-11.

20. Meramo-Hurtado, S. I.; Ojeda, K. A.; Sánchez-Tuiran, E. Environmental and safety assessments of industrial production of levulinic acid via acid-catalyzed dehydration. *ACS Omega*. 2019, *4*, 22302-22312. [CrossRef]

21. Meramo-Hurtado, S. I.; Sánchez-Tuiran, E.; Ponce-Ortega, J. M.; El-Halwagi, M. M.; Ojeda-Delgado, K. A. Synthesis and sustainability evaluation of a lignocellulosic multifeedstock biorefinery considering technical performance indicators. *ACS Omega* 2020, *5*, 9259-9275. [CrossRef]

22. Denny, K. S.; Wendy, P. Q.; Mei, F.; David, L. Waste recovery and regeneration (regen) system for palm oil industry. *Chem. Eng. Trans. 2015, 45*, 1315-1320.

23. Owolarafe, O. K.; Faborode, M. O. Micro-structural characterization of palm fruit at sterilisation and digestion stages in relation to oil expression. *J. Food Eng.* 2008, *85*, 598-605. [CrossRef]

24. Guillen-Cuevas, K.; Ortiz-Espinoza, A. P.; Ozinan, E.; Jiménez-Gutiérrez, A.; Kazantzis, N. K.; El-Halwagi, M. M. Incorporation of safety and sustainability in conceptual design via a return on investment metric. *ACS Sustain. Chem. Eng.* 2018, *6*, 1411-1416. [CrossRef]

25. El-Halwagi, M. Chapter 2-Overview of process economics. En *sustainable design through process integration*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2012; p. 1561.

26. Herrera-Rodríguez, T.; Parejo-Palacio, V.; González-Delgado, Á. D. Technoeconomic sensibility analysis of industrial agar production from red algae. *Chem. Eng. Trans.* 2018, *70*, 2029-2034.

27. Peralta-Ruiz, Y.; Saavedra, D.; González-Delgado, A. Exergy based evaluation of large-scale hydrogen production from African palm rachis. *Aust. J. Basic Appl. Sci.* 2016, *10*, 168-175.

28. Abusoglu, A.; Kanoglu, M. Exergetic and thermoeconomic analyses of diesel engine powered cogeneration: Part 1-Formulations. *Appl. Therm. Eng.* 2009, *29*, 234-241. [CrossRef]

29. Restrepo-serna, D. L.; Anderson, J.; Cardona-Alzate, C. A. Energy efficiency of biorefinery schemes using sugarcane bagasse as raw material. *Energies* 2018, *11*, 3474. [CrossRef]

30. Meramo-Hurtado, S.; Urbina-Suárez, N.; González-Delgado, Á. Computer-aided environmental and exergy analyses of a large-scale production of chitosan microbeads modified with TiO2 nanoparticles. *J. Clean. Prod.* 2019, *273*, 117804. [CrossRef]

31. Meramo-Hurtado, S. I.; González-Delgado, A. D.; Rehmann, L.; Quiñones, E.; Mehrvar, M. Comparison of biobutanol production pathways via acetone-butanol-ethanol fermentation using a sustainability exergy-based metric. *ACS Omega* 2020, in press. [CrossRef]

32. Cárdenas, Y.; Orozco, I.; González, A.; Kafarov, V. Enviromental assessment of microalgae biosiesel production in Colombia: comparison of three oil extraction systems. *Latinoam. J. Oil Gas Altern. Energy* 2013, *5*, 85-100.

33. Meramo-Hurtado, S.; Alarcón-Suesca, C.; González-Delgado, Á. D. Exergetic sensibility analysis and environmental evaluation of chitosan production from shrimp exoskeleton in Colombia. *J. Clean. Prod.* 2020, *248*, 119285. [CrossRef]

34. Carvajal, J. C.; Gómez, A.; Cardona, C. A. Comparison of lignin extraction processes: Economic and environmental assessment. *Bioresour. Technol.* 2016, *214*, 468-476. [CrossRef] [PubMed]

35. Meramo, S. I.; Bonfante, H.; De Ávila-Montiel, G.; Herrera-Barros, A. Environmental assessment of a large-scale production of TiO2 nanoparticles via green chemistry. *Chem. Eng. Trans.* 2018, *70*, 1063-1068.

36. El-Halwagi, M. M. *Sustainable design through process integration: fundamentals and applications to industrial pollution prevention, resource conservation, and profitability enhancement*; Butterworth-Heinemann: Oxford, UK, 2012; ISBN 9781856177443.

37. Do, T. X.; Lim, Y. Techno-economic comparison of three energy conversion pathways from empty fruit bunches. *Renew. Energy* 2016, *90*, 307-318. [CrossRef]

38. Moreno-Sader, K.; Meramo-Hurtado, S. I.; González-Delgado, A. D. Computer-aided environmental and exergy analysis as decision-making tools for selecting bio-oil feedstocks. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2019, *112*, 42-57. [CrossRef]

39. Gozmen S.¸anli, B.; Uludamar, E.; Özcanli, M. Evaluation of energetic-exergetic and sustainability parameters of biodiesel fuels produced from palm oil and opium poppy oil as alternative fuels in diesel engines. *Fuel* 2019, *258*, 116116. [CrossRef]

¿Compensación *offsetting*, *insetting* o ambas? Tendencias actuales en la certificación sostenible del aceite de palma*

Offsetting, Insetting, or Both? Current Trends in Sustainable Palm Oil Certification

Citación: Gallemore, C. & Jespersen, K. (2021). ¿Compensación *offsetting*, *insetting* o ambas? Tendencias actuales en la certificación sostenible del aceite de palma. Palmas 42(4), 50-69.

Palabras clave: Aceite de palma, Estándares ambientales, Iniciativas de múltiples partes interesadas (MSI), Mesa Redonda sobre Aceite de Palma Sostenible (RSPO), Aceite de palma, Offsetting, Insetting, Certificación.

Keywords: Palm oil, Environmental standards, Multi-stakeholder initiatives (MSi), Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO), Palm oil, Offsetting, Insetting, Certification.

* Traducido del original Gallemore, C. & Jespersen, K. Offsetting, Insetting, or Both? Current Trends in Sustainable Palm Oil Certification. *Sostenibilidad* 2019 , *11* , 5393. doi: 10.3390/su11195393

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo la licencia de atribución de Creative Commons que permite el uso, distribución y reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que el trabajo original se cite correctamente.

Gallemore Caleb
Programa de Relaciones Internacionales, Lafayette College, Easton, PA 18042, EE. UU.
gallemoc@lafayette.edu

Jespersen Kristjan
Escuela de Administración de Copenhague, 2000 Frederiksberg, Dinamarca.
Autor de correspondencia
kj.msc@cbs.dk

Resumen

Las normas ambientales privadas intentan, en parte, internalizar las externalidades ambientales. Una opción es la compensación *offset* de las externalidades ambientales de las empresas mediante la compra de créditos. Otra es la compensación *inset*, en la que las estas intentan abordar las externalidades y proporcionar beneficios positivos dentro de su propia cadena de suministro. Estos dos enfoques de la internalización de las externalidades pueden entrar en tensión y conducir a diferentes tipos de mercados sostenibles. Las empresas que adoptan nor-

mas privadas como forma de evitar los riesgos de reputación son más propensas a apoyar las estrategias de compensación *inset* que las *offset* si su objetivo principal es distinguirse del resto de su sector, pero estas estrategias también tienen el riesgo de separar el mercado en nichos de productores de alta calidad junto a una mayoría de baja calidad. Estas tensiones se manifiestan en la Mesa Redonda sobre el Aceite de Palma Sostenible (RSPO por sus siglas en inglés), donde el *offsetting* y el *insetting* coexisten. Las presiones estratégicas que promueven el *insetting* llevan a las organizaciones a salir del sistema del mercado de compensación, pero esto tiene el costo de perder parte de la flexibilidad y reduce las barreras de entrada que ofrece el enfoque *offset*. Las nuevas tecnologías podrían permitir a las normas combinar las ventajas de ambos enfoques, manteniendo los beneficios de reputación del *insetting* y la flexibilidad del *offsetting*.

Abstract

Private environmental standards attempt, in part, to internalize environmental externalities. Offsetting firms' environmental externalities by buying credits is one option. Another is insetting, in which firms attempt to address externalities and provide positive benefits within their own supply chain. These two approaches to internalizing externalities can be in tension, leading toward different types of sustainable markets. Firms adopting private standards as way of avoiding reputational risks may be more likely to support insetting than offsetting strategies if their primary goal is to distinguish themselves from the rest of their industry, but these strategies can also risk separating the market into niche, high-quality producers alongside a low-quality majority. These tensions play out in the Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO), where offsetting and insetting exist side-by-side. Strategic pressures promoting insetting strategies lead firms to exit the system's offset market, but this comes with the cost of losing some of the flexibility and lowered entry barriers the set approach others. New technologies might allow standards to combine the benefits of both approaches, keeping the reputational benefits of insetting and the flexibility offsetting.

Introducción

En 2010, Greenpeace lanzó una exitosa campaña contra el uso de aceite de palma por parte de Nestlé, particularmente en sus barras de chocolate marca Kit Kat. Los miembros de la cadena de suministro de aceite de palma recuerdan bien la campaña y siguen refiriéndose a ella casi una década después. Entre las numerosas imágenes icónicas, Greenpeace publicó un video en YouTube con un trabajador de oficina que abre el empaque de una barra Kit Kat para encontrar los dedos cercenados de un orangután en el interior. En pocas semanas, Nestlé se comprometió a hacer un seguimiento de su cadena de suministro de aceite de palma. A esto siguió una oleada de activismo de marca, centrado en los minoristas y los fabricantes, especialmente en Europa [1].

Dada esta historia, podría parecer sorprendente que la participación de Nestlé en la Mesa Redonda sobre Aceite de Palma Sostenible (RSPO por sus siglas en inglés) se suspendiera a finales de junio de 2018. La RSPO, una organización que supervisa y certifica la producción de aceite de palma de acuerdo con un conjunto de criterios de sostenibilidad, ha sido un recurso común para las empresas que se protegen contra los riesgos de reputación de este alimento, a pesar de la percepción de que sus requisitos son demasiado débiles [1, 2]. Por otra parte, en un comunicado de prensa, Benjamin Ware [3], jefe de abastecimiento responsable de Nestlé, sostuvo que "hay diferencias fundamentales en la teoría del cambio que Nestlé y RSPO están empleando para hacer realidad la ambición de una industria de aceite de palma totalmente sostenible". El comunicado decía que, sin embargo, Nestlé "cree en lograr la trazabilidad a las plantaciones y transformar las prácticas de la cadena de suministro a través de actividades intervencionistas (...) para integrar el costo real de la

producción sostenible en las prácticas de adquisición de la cadena de suministro", en contraste con el enfoque de certificación de la RSPO [3]. En ese caso, la empresa hizo una breve declaración de la situación, logrando su reintegro el 16 de julio de 2018. Después, Ware afirmó que Nestlé se centraría "en aumentar la trazabilidad (de la cadena de suministro), principalmente mediante aceite de palma segregado por RSPO", añadiendo que "esto se basa en sus actividades en curso para lograr una cadena de suministro de aceite de palma trazable y de origen responsable" (citado en [4]).

La declaración de Nestlé pone de manifiesto un debate clave en los esfuerzos transnacionales de sostenibilidad. Organizaciones como la RSPO, el Marine Stewardship Council (MSC), Forest Stewardship Council (FSC), Bonsucro y la Mesa Redonda sobre Soya Responsable (RTRS por sus siglas en inglés) utilizan normas privadas para afectar los precios, los costos de producción o el acceso al mercado en un intento de internalizar externalidades ambientales [5]. De acuerdo con Noor *et al*. [6] y Tipper *et al*. [7], podemos identificar dos enfoques que utilizan estas normas privadas: compensación *offsetting*, en la que una empresa recibe crédito por apoyar una acción positiva, incluso si esa acción no se encuentra dentro de su propia cadena de suministro; y compensación *insetting*, en la que una organización se compromete directamente con sus propios proveedores a través de la cadena de suministro, apoyando, por ejemplo, el desarrollo comunitario en áreas agrícolas. En un mercado *offset*, las externalidades se internalizan a través de la negociación coasiana [8] sobre los créditos negociables, mientras que en los mercados *inset* estas internalizan las externalidades en los costos de la contratación de bienes en una cadena de valor determinada. Este último es el enfoque respaldado en la declaración de Nestlé mencionada anteriormente. Muchos de los diversos enfoques de gobernanza ambiental privada identificados por Rueda *et al*. [9], tales como inversiones en origen de productos, normas de minoristas, mesas redondas, códigos de conducta y certificación de terceros, en principio podrían emplear enfoques *offsetting* o *insetting*.

Utilizando un estudio de caso de la RSPO, un ejemplo prominente de una norma privada en el que el *offsetting* y el *insetting* están institucionalizadas de forma paralela, presentamos las tensiones entre ambas estrategias. Seleccionamos a la RSPO para analizarla tanto por su estructura como porque sus informes obligatorios de Comunicación Anual del Progreso (ACOP por sus siglas en inglés) proporcionan un excelente repositorio de perspectivas sobre la norma en toda la cadena de valor [10]. Esto nos permite ver muy claramente cómo se desarrolla el apoyo al *insetting* o al *offsetting* en la organización. Comenzamos por esbozar cómo la mejora de las tecnologías de la información y la supervisión pueden transformar los mercados de productos básicos al hacer posible su diferenciación utilizando impactos ambientales y sociales que antes no se medían. En otras palabras, solo después de que los impactos negativos del consumo sean más fácilmente conocidos, los compradores pueden estar motivados para tratar de evitar a los peores infractores, añadiendo nuevos elementos de riesgo reputacional a las compras de productos básicos. Con base en una serie de fuentes, demostramos que, a pesar de los costos de la trazabilidad requeridos para el *insetting* y el hecho de que los requisitos sobre el terreno son generalmente los mismos para todas las certificaciones de la RSPO, los miembros de esta que se enfrentan a riesgos de reputación muestran una preferencia por el *insetting* sobre el *offsetting*. Concluimos con una discusión de los desafíos que puede plantear el establecimiento de normas privadas y sugerimos nuevas estrategias de gobernanza que podrían ayudar a abordar estos riesgos.

Normas privadas e información asimétrica

Para que el *offsetting* o el *insetting* internalicen las externalidades, las empresas deben ser capaces de transmitir un comportamiento positivo a los consumidores [11]. Sin embargo, en un análisis clásico del mercado de automóviles usados, Akerlof [12] demostró que la información asimétrica dificulta que las empresas que actúan de forma más responsable que otras en sus sectores puedan demostrar su credibilidad. Adoptando un término del argot estadounidense para referirse a un coche usado que se estropea con frecuencia después de la compra, Akerlof [12] lo llamó el problema del "mercado de limones". Explicó que el concesionario de automóviles usados tiene

mucha más información sobre la calidad de un auto que el comprador, pero este último no tiene forma de distinguir a los honestos de los deshonestos, precisamente porque su información es insuficiente para detectar el engaño. Al igual que el trabajador de oficina del video de Greenpeace que abre su Kit Kat para encontrarse con una desagradable sorpresa, en los últimos años Nestlé se ha visto obligada a reconocer tanto los problemas laborales y de derechos humanos como los continuos daños medioambientales en su cadena de suministro, tal y como señalan los activistas que sacan a la luz estos inconvenientes que continúan a pesar de la certificación de la RSPO [13,14].

Independientemente de que estas empresas hayan ignorado, inocente o deliberadamente, las repercusiones de su cadena de suministro, las recientes mejoras en las tecnologías de control hacen que aceptar o fingir la ignorancia sea una estrategia cada vez más arriesgada. Con algunas organizaciones de la sociedad civil llamando al boicot del aceite de palma [15], y con ciertas empresas que siguen su ejemplo [16], la cadena de suministro del aceite de palma, al igual que las de otros bienes con impactos sociales y medioambientales negativos, puede empezar a parecerse a una cadena de transacciones de vehículos usados, en la que cada paso de la cadena necesita comprobar las condiciones de producción del paso anterior y demostrar su credibilidad a los clientes. Como resultado, lo que antes era un mercado de productos básicos indiferenciados puede convertirse en un mercado de limones.

Las normas privadas pueden ser una forma atractiva de mitigar los problemas de información asimétrica y, por tanto, de escapar de los mercados de limones [17-20]. Mediante el uso de normas privadas acreditadas, las empresas situadas en el sector *upstream* de la cadena de suministro pueden mostrar un comportamiento responsable, mientras que las situadas en las fases *downstream* pueden evitar comprar limones de mala reputación. Sin embargo, para que las normas mitiguen los problemas de información asimétrica, sus miembros deben imponer costos elevados a las organizaciones que intenten utilizar la etiqueta con fines de *greenwashing* (lavado de imagen verde) [11], convirtiendo la reputación en un beneficio excluible y diferenciando al conjunto de empresas certificadas del sector [21]. Sin embargo, incluso estos esfuerzos pueden ser señales insuficientes. Cerri *et al.* [22] encuentran pruebas de que los consumidores más concienciados con el ambiente pueden ser menos persuadidos por las ecoetiquetas, y existe un movimiento creciente para promover las metaetiquetas para vigilar los limones entre las propias ecoetiquetas [23].

Estas consideraciones deberían afectar los incentivos de las empresas para optar por el *insetting* u *offsetting*. Como lo señalan Rueda *et al.* [9], es probable que una serie de factores afecten las preferencias de las empresas para uno u otro instrumento privado de gobernanza ambiental. Identifican varias consideraciones clave a nivel de la cadena de suministro en su conjunto: el grado de presión de la sociedad civil, los costos de prácticas más sostenibles, el alcance geográfico de las áreas de producción factibles y la visibilidad de las materias primas en el producto final. Además, reconocen varios factores que son más específicos sobre la empresa: el entorno institucional en los lugares de abastecimiento, el control de la cadena de suministro de la organización y el reconocimiento de la marca. Si bien el primer conjunto de factores afectará a todas las empresas de una cadena de valor determinada, es probable que el segundo varíe de una a otra, lo que dará lugar a preferencias diferentes para los instrumentos de gobernanza en función de la posición de las empresas en la cadena de suministro [18]. Si la principal motivación para adoptar normas privadas es evitar un mercado de limones, entonces es probable que prefieran el *insetting* al *offsetting*. Además, si el estándar no es suficientemente creíble, las empresas más grandes podrían optar por sus propios enfoques de *insetting*, como indica la declaración de Nestlé [24,25].

Por lo tanto, el *offsetting* y el *insetting* reflejan dos visiones de mercado muy diferentes. El *offsetting* imagina un mercado donde los precios reflejan verdaderos costos sociales marginales, de modo que las materias primas pueden ser tratadas sin problemas. El *insetting* separa una sección del mercado con prácticas de producción más responsables. En principio, cualquiera de los dos podría adaptarse casi universalmente, si la adhesión se volviera obligatoria para lograr ventas [25]. Sin embargo, en la medida en que el *insetting* impone costos de transacción relacionados con la trazabilidad, puede socavar la escalabilidad de

la norma [26] y, en ausencia de regulación, podría formarse un mercado de dos niveles [10].

Normas privadas en medio de información barata

En las últimas dos décadas, las mejoras en las tecnologías de cartografía, seguimiento y almacenamiento y transferencia de datos han reforzado la capacidad de los actores no estatales para participar en la política informativa, una tendencia que probablemente continuará durante algún tiempo [27]. Por ejemplo, en el contexto de la palma de aceite, Global Forest Watch [28] proporciona una interfaz fácil de usar para el cambio forestal y el monitoreo de incendios forestales que puede ser aplicada a una variedad de usos, tales como el monitoreo de plantas de beneficio de alto riesgo. El sistema *Trase* del Instituto del Medio Ambiente de Estocolmo y Global Canopy [29] agrega datos sobre el uso de la tierra y la importación y exportación para rastrear materias primas de fuentes (a menudo subnacionales), desde las empresas a los consumidores. El conjunto de herramientas de sostenibilidad y transparencia de la Sociedad Zoológica de Londres [30] analiza varias grandes organizaciones dedicadas a la producción de madera, papel y aceite de palma, calificando la transparencia de su cadena de suministro. El sistema Supply Change, administrado por Forest Trends [31], realiza un seguimiento de los compromisos de la cadena de suministro de las empresas que operan en cadenas de valor con riesgos de deforestación.

Estas tecnologías permiten a los grupos de incidencia promover la "transparencia pública" [18] como forma de hacer que las empresas individuales orientadas al consumidor, como los minoristas y los fabricantes de bienes de consumo, rindan cuentas de las actividades de su cadena de suministro [32, 33]. "Los días de pasar desapercibidos como una 'oveja negra' se han acabado", observó en 2015 el representante del Consejo Ejecutivo de la RSPO de la Asociación de Aceite de Palma de Malasia [34], reconociendo la importancia de las campañas dirigidas a las principales empresas *downstream* en la cadena de suministro [32, 33, 35, 36]. La evidencia sugiere que estas tácticas pueden conducir a cambios en las estructuras de administración de las empresas que, a su vez, también puede hacer que sean objeto de nuevas demandas [37] y más susceptibles al cambio cuando se les cuestiona [38].

A medida que estas tecnologías se desarrollan y despliegan pueden transformar los mercados de productos básicos indiferenciados en mercados en los que no solo las características físicas, sino también las sociales y medioambientales, importan a los clientes. Estas nuevas fuentes de información relativamente baratas añaden riesgo de reputación a las decisiones de adquisición, convirtiendo a los mercados de materias primas en mercados de limones de reputación que antes no se tenían en cuenta. Las empresas podrían responder a estos retos bien apoyando el *offsetting*, proporcionando apoyo material para incentivar la transformación de la base productiva en su conjunto, o bien mediante el *insetting*, diferenciándose mediante la mejora de sus propias cadenas de suministro. Dado que el *insetting* requiere la adquisición y el seguimiento de información detallada, así como una gobernanza integral y eficaz de la cadena de suministro, este puede requerir inversiones sustanciales en el seguimiento y la gestión de datos, incluso en condiciones de abundancia informativa [26,39]. Por el contrario, uno de los beneficios del *offsetting* es su barrera de entrada relativamente baja, al menos para las empresas que compran *offsets*.

Las motivaciones de las empresas para apoyar la difusión e institucionalización del *insetting* o el *offsetting* dependerán de los costos y beneficios relativos que, a su vez, dependen del producto en cuestión y de la posición de cada empresa en la cadena de suministro [18,26]. Auld ([40], pág. 47) sostiene que si las empresas reciben beneficios netos por ser certificadas, puede haber incentivos para que aumenten la dificultad de adherirse a una norma, conservando los beneficios de mercado de la etiqueta ecológica. Para estas, uno de los principales objetivos será garantizar que los beneficios de la norma se apliquen únicamente a los miembros que se adhieran a unos requisitos rigurosos y creíbles [21, 41, 42]. En un caso extremo, una empresa podría incluso mantener su propia norma exclusiva, si pudiera hacerla lo suficientemente creíble como para escapar del mercado de limones, especialmente si el reconocimiento de marca es bajo o si la materia prima es fácilmente reconocible en el producto final [9].

Materiales y métodos

Nuestro análisis del *insetting* y *offesetting* en la RSPO se basa en varias fuentes. En primer lugar, los documentos de la RSPO que están disponibles para el público, incluyendo los destinados a apoyar a los miembros para que comprendan e implementen la norma, noticias, resúmenes históricos y actas de las regiones de la Asamblea General (AG), la principal entidad de gobierno de la RSPO. Los complementamos con materiales secundarios de noticias y literatura académica y política, así como experiencias de la asistencia a tres conferencias RSPO en Europa y dos en Asia para desarrollar un entendimiento cualitativo de los principales debates internos en la RSPO. Nuestra tercera fuente de datos proviene del sitio web de la RSPO, así como de versiones anteriores del sitio web disponibles en el Internet Archive. Utilizamos Internet Archive para encontrar documentos y publicaciones con información sobre la producción potencial certificada total y la cuota de producción en el mercado *offset* de la RSPO, en comparación con la producción *inset*, reconstruyendo estos datos mensual o anualmente, dependiendo de su frecuencia, y utilizando la extrapolación lineal para rellenar las observaciones que faltan. Nuestra cuarta fuente es el sitio web de GreenPalm [43], que proporciona datos sobre las transacciones en el mercado *offset* de la RSPO (Book y Claim o B&C). Hemos descargado todos los miembros de B&C y sus compras anuales de créditos, así como los volúmenes y precios transaccionados al final del mercado de B&C en 2016.

Nuestra quinta fuente, que es la más importante, proviene de las presentaciones de las Comunicaciones Anuales de Progreso (ACOP). Se trata de encuestas que informan sobre actividades relacionadas con el aceite de palma sostenible certificado que los miembros afiliados y ordinarios de la RSPO tienen la obligación de presentar anualmente. Si bien las fallas múltiples para presentarlos pueden resultar en la suspensión o expulsión, todavía hay algunos problemas con la no presentación [44]. Aunque esto suscita cierta preocupación por los posibles efectos de selección, lo cierto es que la inmensa mayoría de los solicitantes requeridos se presentan. En cualquier caso, podemos suponer que las empresas que no se molestan en presentar ACOP no son particularmente activas en la organización. Desde 2012, los ACOP han incluido un punto en el que se pide a los miembros que hablen de las dificultades que han encontrado en sus actividades relacionadas con el aceite de palma sostenible, con lo cual aprovechan la oportunidad para abordar las preocupaciones que tienen respecto a la norma, así como para informar las dificultades generales que han encontrado. En concreto, la pregunta era: ¿qué obstáculos económicos, sociales o ambientales significativos ha encontrado en la producción, adquisición, uso y/o promoción de aceite de palma certificado sostenible (CSPO por sus siglas en inglés) y qué esfuerzos ha realizado para mitigarlos o resolverlos? Esta fue ligeramente diferente en 2012, ya que solo se cuestionaba por dificultades, pero como se puede ver en los resultados, las respuestas fueron similares en todos los años, lo que sugiere que los encuestados interpretaron el significado del punto de manera muy similar a lo largo del tiempo.

Por último, utilizamos dos elementos de una encuesta de miembros de la RSPO, realizada en línea y en inglés, bahasa indonesia, español, chino y japonés, entre el 9 de julio y el 16 de agosto de 2019 y en colaboración con el secretariado de la RSPO. Las invitaciones para responderla se enviaron a los representantes de miembros de la RSPO a través de las redes sociales, el sitio web de la Mesa y las listas de correo electrónico de sus miembros. Como incentivo, los encuestados participaron en un sorteo de una de las cinco tarjetas de regalo de 100 dólares. La encuesta fue respondida por 650 miembros, de los cuales 405 (aproximadamente el 10 % eran de RSPO) respondieron al primer punto, que pedía a los encuestados que clasificaran las 3 razones principales (de una lista de 17, con la opción de sugerir otras) por las que sus organizaciones seguían siendo miembros de la RSPO. En este análisis solo consideramos la proporción de encuestados que enumeran los elementos asociados con la energía en la cadena de suministro. Para el segundo punto, en el que se preguntaba si habían ayudado a capacitar a los proveedores en un problema relacionado con la RSPO durante el último año, consideramos a todos los encuestados que diligenciaron al menos el 70 % de la encuesta.

Las respuestas a este punto proporcionan una perspectiva valiosa y ampliamente representativa de los expertos sobre la cadena de suministro de acei-

te de palma sostenible, pero no se utiliza fácilmente. Comenzamos con los datos reportados en primer lugar por Gallemore *et al.* [25], que utilizaron un *script* R codificado a la medida para descargar y extraer este punto de los informes ACOP de 2012 a 2015. Aumentamos sus datos añadiendo los informes ACOP de 2016 publicados más recientemente en el sitio web de la RSPO [41], lo que da como resultado un total de 4.200 informes. Debido a que estas respuestas se introducen como texto libre, es necesario codificarlas cualitativamente para utilizarlas en el análisis. Para mantener la coherencia con los datos anteriores, utilizamos el esquema de codificación descrito en el apéndice de métodos de Gallemore *et al.* [25], aplicando el esquema a los informes de 2016. La Tabla 1 presenta las definiciones abreviadas de los códigos. Las definiciones más completas y los ejemplos de codificación se encuentran en Gallemore *et al.* [25].

Resultados: *offsetting* e *insetting* en la RSPO

Creada a principios de la década de 2000, la RSPO cuenta con miles de miembros. La organización se centra en la gestión de la marca y la cadena de suministro [43], con el apoyo de las normas de producción sobre el terreno descritas en los Principios y Criterios (P y C) establecidos por sus miembros. También gestiona sistemas para certificar que el acei-

Tabla 1. Esquema de codificación para las respuestas de los informes ACOP sobre las dificultades del aceite de palma crudo certificado (CSPO).

Código	Descripción
Certificación	Dificultades encontradas en el proceso de certificación.
Competencia	Competencia con los no miembros de la RSPO.
Costos elevados	Debate sobre los elevados costos asociados a la consecución y el cumplimiento de la certificación, ya sea en términos de prácticas sobre el terreno o de abastecimiento.
Baja demanda	Preocupación de que los consumidores tengan una baja demanda de aceite de palma certificado por RSPO.
Uso bajo	Discusión de las dificultades que conlleva la cadena de suministro de RSPO porque la empresa informadora no es un usuario grande de aceite de palma.
No interpretación nacional	Preocupa que no exista una interpretación nacional de los Principios y Criterios (P y C) para los países en los que opera la empresa.
Rigor sobre el terreno	Afirma que la norma no es suficientemente rigurosa sobre el terreno, ya sea debido a requisitos débiles o a una aplicación ineficaz.
Reputación del aceite de palma	Dificultades asociadas con la reputación general del aceite de palma, ya sea certificado o no.
Pequeños productores	Discusión específica sobre los desafíos que plantea la certificación de los pequeños productores.
Problemas de suministro	Dificultades encontradas al trabajar en la cadena de suministro, para asegurar proveedores o compradores.
Conocimiento de RSPO	Afirma que los consumidores no conocen suficientemente la norma RSPO.
Reputación de RSPO	Preocupación de que incluso la reputación del aceite de palma certificado por RSPO sea demasiado mala.
Trazabilidad	Dificultades relacionadas con la garantía de la trazabilidad de la cadena de suministro o para asegurar la trazabilidad de las fuentes de aceite de palma.
Derechos humanos/de los trabajadores	Preocupación por garantizar los derechos humanos y de los trabajadores en la cadena de suministro.

te de palma utilizado en los productos fue producido de acuerdo con los P y C. Si bien se espera que la implementación a nivel de campo sea uniforme, al permitir las variaciones descritas en las interpretaciones nacionales de estos, las empresas *downstream* pueden hacer declaraciones de trazabilidad que van desde la identificación de una planta de beneficio individual en el extremo superior, hasta un mecanismo de compensación denominado originalmente Book & Claim (B&C), ahora llamado créditos RSPO, en el extremo inferior (Tabla 2). Los debates sobre el rigor de la RSPO implican tanto requisitos sobre el terreno como expectativas de trazabilidad.

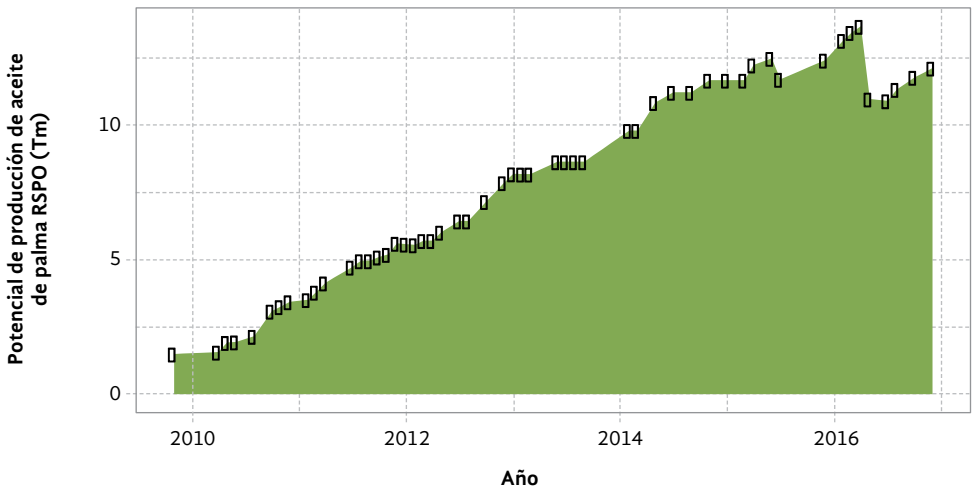
En efecto, la RSPO opera dos normas. Como se menciona en el sitio web de la organización, "una (es) garantizar que el aceite de palma se produzca de forma sostenible (...); la otra es garantizar la integridad del comercio de aceite de palma sostenible" [44,45]. Los requisitos sobre el terreno de los P y C abordan el objetivo previsto de la norma. Por otra parte, las normas de trazabilidad abordan cómo proteger las reputaciones y mitigar los riesgos. Los diversos niveles de la cadena de suministro de la RSPO la convierten en un caso ideal para estudiar la tensión entre el *offsetting* y el *insetting*. A menudo, las normas privadas con cierto grado de rigor encarnan totalmente el *offsetting* o el *insetting*. El FSC, por ejemplo, certifica la madera desde el lugar de producción hasta el usuario final, rastreándola a través de la cadena de suministro, lo que permite únicamente compensaciones dentro de la cadena de suministro de una sola organización [46]. Por otra parte, el *offsetting* es dominante en las normas voluntarias de carbono, como la norma Estándar de Carbono Verificado (VCS por sus siglas en inglés) y el Registro Americano de Carbono, donde los créditos se utilizan para permitir que las empresas demuestren esfuerzos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero [47]. En la RSPO, el *offsetting*, en forma de créditos B&C/RSPO, existe junto con el *insetting*, ejemplificada en los niveles de trazabilidad más altos. Mientras que Bonsucro y el RTRS operan sistemas similares a la RSPO [15], estas iniciativas son relativamente nuevas y carecen de una base de datos accesible similar a los informes ACOP.

La RSPO ha experimentado aumentos masivos en el área certificada y la capacidad de producción, particularmente en la última década (Figura 1). Toda la producción certificada debe cumplir los requisitos de los P y C independientemente del nivel en la cadena de suministro. De hecho, la única situación en la que difieren los requisitos mínimos sobre el terreno es cuando un productor está certificado bajo RSPO NEXT, que no ha sido ampliamente adoptado hasta ahora. Desde una perspectiva de *offsetting*, la mayoría del aceite de palma certificado por RSPO es igual. Sin embargo, hay fuertes presiones que motivan el *insetting*. Al menos algunos consumidores, por ejemplo, están dispuestos a pagar primas significativas por niveles de trazabilidad más altos [48] y varias empresas señalan en el ACOP que sus decisiones están basadas en las demandas de los clientes.

Tabla 2. Niveles de trazabilidad de la cadena de suministro de RSPO, dispuestos, de arriba a abajo, en orden decreciente de gastos, lo que corresponde a un orden decreciente de *insetting* [44].

Insetting ↕ ***Offsetting***	Identidad preservada: el aceite certificado se separa de otro aceite a lo largo de la cadena de suministro y es trazable a la planta de beneficio.
	Segregado: el aceite certificado se mantiene separado de otro aceite a lo largo de la cadena de suministro, pero no es trazable a plantas de beneficio individuales.
	Balance de masa: el aceite certificado se mezcla con aceite no certificado en una cantidad conocida a lo largo de la cadena de suministro.
	Book & Claim/créditos RSPO: las plantaciones certificadas producen frutos de palma y almendras que luego se venden en la cadena de aceite ordinario, pero venden créditos Book & Claim, ahora RSPO, a los usuarios que compensan el aceite de palma, quienes luego pueden aplicar créditos a sus declaraciones e informes de sostenibilidad.

Figura 1. Crecimiento de la capacidad de producción certificada por RSPO (RSPO, varias fechas del Internet Archive). Los marcadores rectangulares representan puntos con datos obtenidos directamente del sitio web de la RSPO



La diversidad en el interés de los consumidores y los costos involucrados en la construcción, mantenimiento y monitoreo de cadenas de suministro separadas y trazables [17, 45] requeridas para el *insetting* se reflejan en diferencias considerables en el precio y la disponibilidad a través de los niveles de la cadena de suministro, comúnmente notadas en los informes de la ACOP. Como observó una empresa en 2016, "las primas para los materiales de MB (balance de masa) y SG (segregados) no son transparentes (…) y difieren (sic) de proveedor a proveedor con una disimilitud de costos considerable". Otro, en 2015, informó que "el desafío más importante que hemos enfrentado es la disponibilidad de suministros físicos a precios competitivos (es decir, no B&C) de CSPO (aceite de palma sostenible certificado por sus siglas en inglés)".

Aunque varias empresas informan que han cambiado de proveedor o que han trabajado con los existentes para apoyar su propia certificación como parte de sus estrategias de *insetting*, tales acciones no son siempre una opción. Como un miembro se quejó en 2016, "tenemos varios proveedores que no tienen planes de obtener la certificación RSPO, ya que los volúmenes que tomamos de ellos no son lo suficientemente grandes". Los miembros que usan volúmenes bajos de aceite de palma a menudo replican esta preocupación. Otras empresas informaron que respondieron a los desafíos de adquirir u ofrecer más aceite rastreable al descender temporal o permanentemente a niveles inferiores, en particular al equilibrio de masas o a los créditos B&C/RSPO, mientras que algunas se alejaron del aceite de palma por completo. Por último, algunos combinan estrategias, como ocurrió con un fabricante, que en 2016 informó que "no todos los proveedores de productos terminados están comprometidos con la norma RSPO, lo que hace muy difícil para nosotros cumplir con el 100 % de CSPO de las cadenas de suministro físicas. Mitigamos esto contratando e incluso cambiando a nuevos proveedores comprometidos con RSPO, desarrollando productos sin aceite de palma y disminuyendo esta situación con la compra/canje de certificados Green Palm (B&C)."

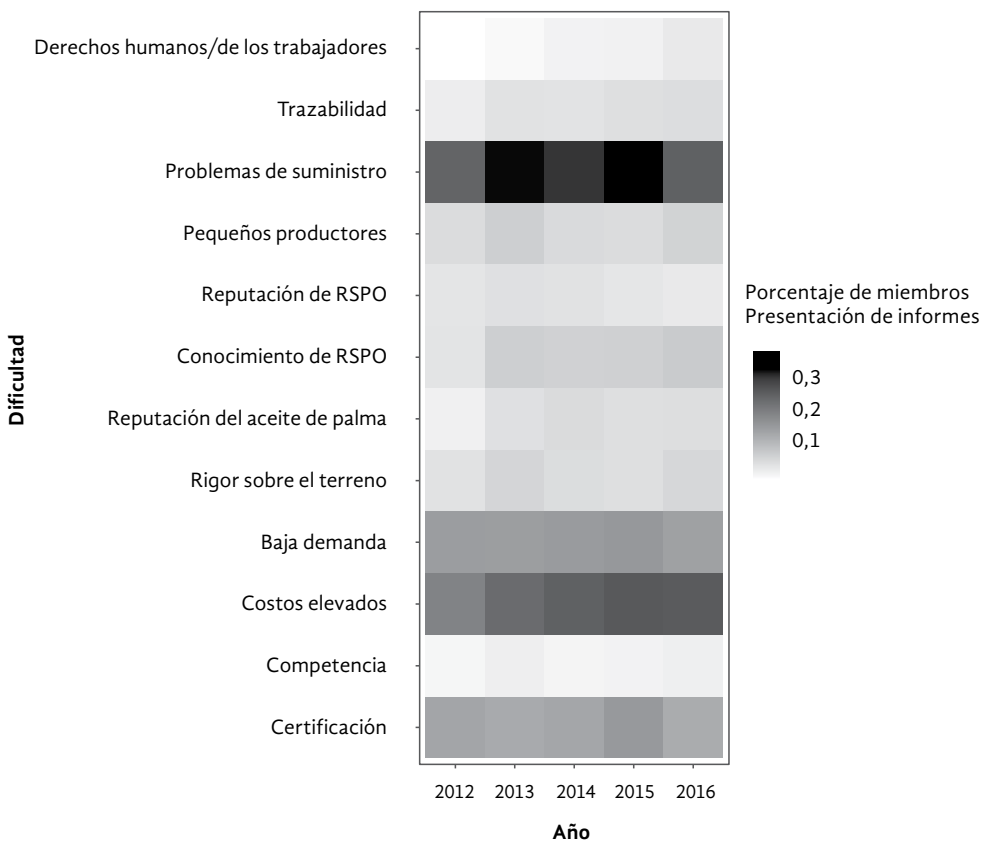
Estas dificultades no son aisladas, sino que de hecho se han divulgado ampliamente en los ACOP. La Figura 2 presenta la proporción de informes que mencionan cada una de las dificultades esbozadas en el Tabla 1. En sus puntos máximos, casi el 40 % de los ACOP mencionaron algún tipo de problema en la cadena de suministro, y alrededor de un tercio se refirió a los altos costos. Otras preocupaciones, tales como

la dificultad del proceso de certificación en sí, la baja demanda y el conocimiento sobre el aceite de palma certificado, y los desafíos que enfrentan los pequeños productores para lograr la certificación, se han mantenido estables con el tiempo. Sin embargo, algunas otras preocupaciones han crecido constantemente, aunque se plantean rara vez. Las referencias a los derechos humanos y de los trabajadores son particularmente notables y se presentan tras una poderosa exposición de las condiciones laborales en algunas plantaciones certificadas por la RSPO en 2016 [13], lo que lleva a un renovado interés por el *insetting*, con énfasis en las protecciones sociales.

A pesar de los considerables desafíos que se plantean, las empresas en general están avanzando hacia el *insetting*. La parte superior de la Figura 3 presenta el cambio en la proporción de aceite de palma certificado vendido vía B&C en los años previos a su transición a créditos RSPO. Mientras que B&C representó alrededor del 70 % de las ventas por volumen en 2010, a mediados de 2016 su participación cayó a menos de la mitad. La evidencia de la actividad de las empresas en el mercado de B&C sugiere que se utiliza para la transición a niveles más altos de la cadena de suministro. En la parte inferior de la Figura 3 se representa la parte correspondiente a la compra anual máxima de créditos de aceite de palma sostenible certificado de las empresas en B&C frente al número de años desde que se convirtieron en miembros B&C o hicieron su primera compra, lo que ocurra primero. Con muy pocas excepciones, las empresas comienzan con sus mayores compras de B&C en sus primeros años, pasando a cero en los próximos años.

Para comprender las fuerzas que impulsan este proceso, es útil examinar las dificultades señaladas en los informes ACOP, desglosados por sectores de

Figura 2. Proporción de informes ACOP que contienen las preocupaciones mencionadas en la Tabla 2, por año



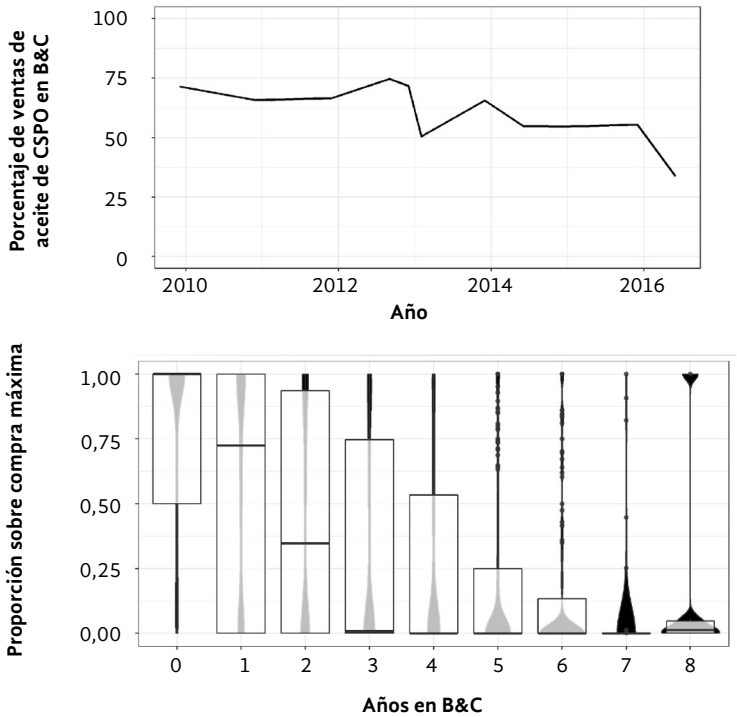
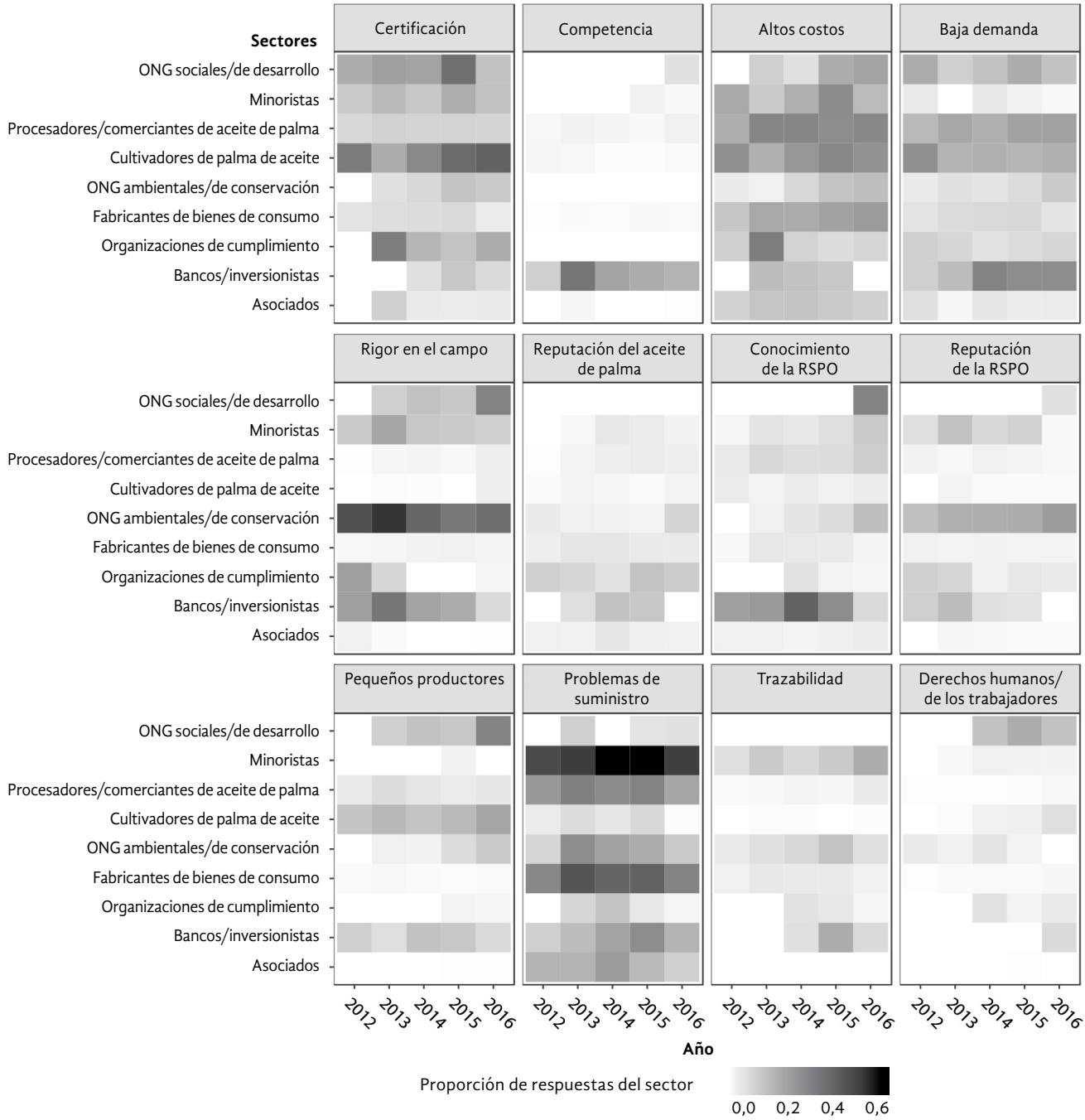


Figura 3. Porcentaje de ventas de aceite de palma sostenible certificado por RSPO a través de B&C (calculado a partir de RSPO, varias fechas del Internet Archive) y diagramas de caja superpuestos sobre diagramas de violín de compras de crédito de aceite de palma como proporción de la compra máxima de B&C por año de actividad [40]

la cadena de suministro de los miembros (Figura 4). Los productores, los procesadores y los comerciantes y las ONG sociales/de desarrollo tienden a ser más propensos que los miembros intermedios a plantear preocupaciones sobre la dificultad de la certificación, los altos costos de mantener la norma y una baja demanda que hace difícil la transferencia de esos costos a los consumidores, cuestiones que podrían abordarse de forma más eficaz con enfoques *offsetting*. Es más probable que las empresas que se enfrentan a los consumidores, en particular los minoristas, planteen preocupaciones sobre el grado de rigor sobre el terreno de la norma, la necesidad de mejorar la trazabilidad y la reputación de marca de la RSPO en su conjunto, asociadas con el *insetting*. De hecho, las empresas *downstream* a veces parecen bastante similares a las ONG ambientales. Por ejemplo, en 2016, una ONG argumentó que, "la gente pregunta: ¿cómo sabemos que las plantaciones y las empresas están haciendo lo que dicen que hacen?" Ese mismo año, según un fabricante, "los clientes necesitan cada vez más información en términos de trazabilidad y transparencia dentro de las cadenas de suministro. (...) En la vía del equilibrio de masas es difícil asegurar que todos los aspectos en términos de requisitos sociales y ambientales cumplan plenamente con las expectativas de la RSPO, sin que tengan lugar verificaciones independientes de todas las partes de la cadena de suministro".

Al igual que las empresas más pequeñas, los miembros *upstream* pueden verse presionados por estas demandas. En 2016, un procesador y comerciante de aceite de palma se quejó de tener problemas para "equilibrar nuestra producción en función de la demanda de los clientes, que solo pide aceite trazable en lugar de productos segregados y de balance de masa de RSPO". Ese mismo año, un fabricante expresó una opinión común entre los usuarios de volúmenes relativamente bajos o de diversas fuentes de aceite de palma: "La complejidad de nuestros acuerdos de suministro, combinada con volúmenes relativamente pequeños en una amplia gama de ingredientes, sigue siendo una barrera para cambiar a un suministro segregado". Estos miembros no son los únicos que enfrentan desafíos en dicha cadena. La Figura 4 demuestra que los minoristas y los fabricantes tienen los índices más altos de reportes de dificultades de la cadena de suministro, aunque estos fueron notablemente más bajos en 2016, lo que podría reflejar una mayor disponibilidad en los niveles más altos a

Figura 4. Proporción de los informes ACOP que abordan las dificultades esbozadas en la Tabla 2, por sector de la cadena de suministro



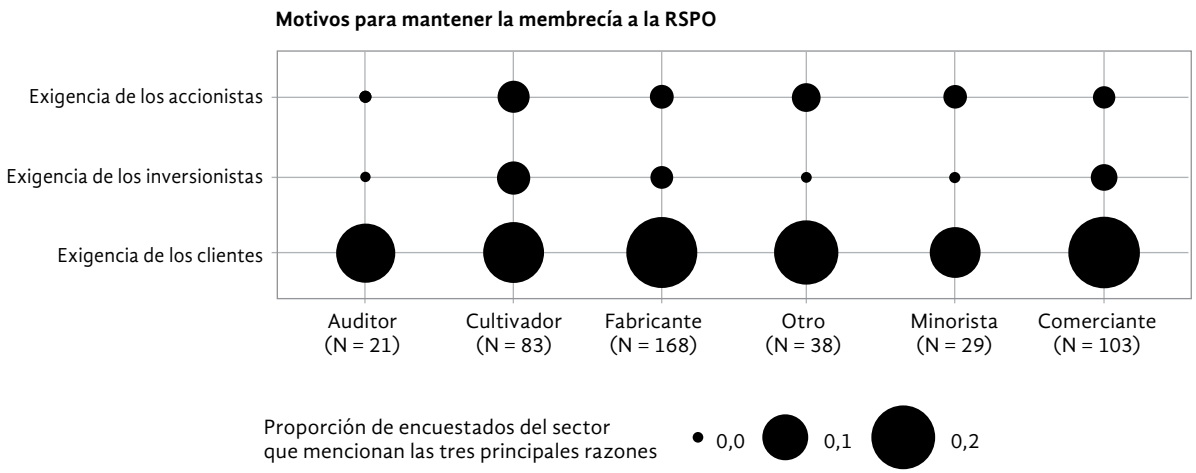
medida que los miembros de la cadena de suministro y de la línea de salida se alejan del mercado *offset*. Un problema adicional es que la infraestructura necesaria para separar el aceite de palma certificado del que no lo es puede no estar disponible localmente. Por ejemplo, en 2013 un miembro señaló que "faltan la infraestructura y la demanda necesarias para asegurar fuentes segregadas y de Identidad Preservada (IP) en los Estados Unidos". En 2015, otro informó que "la disponibilidad de materiales físicamente sos-

tenibles dentro de ciertas zonas geográficas es muy difícil debido a la falta de desarrollo en estas cadenas de suministro".

El hecho de que los miembros de la RSPO en su conjunto se inclinen hacia el *insetting* puede reflejar que solo este reconoce realmente escapar de los riesgos de reputación que surgen del mercado de limones. Por ejemplo, en 2016 un procesador/comerciante informó que estaban tratando con "clientes que no están en absoluto dispuestos a recurrir a fuentes sostenibles", pero que "parte de ellos están más interesados en la trazabilidad del aceite de palma". Otros miembros estaban preocupados porque la existencia misma del *offsetting* amenaza el *insetting*. En 2016, otro procesador y comerciante, repitiendo un apartado del ACOP anterior, afirmó que "la competencia de otros esquemas (es decir, International Sustainability and Carbon Certification [ISCC]) y B&C están obstaculizando la transformación física". Curiosamente, ISCC se centra en la trazabilidad y es un competidor de RSPO, por lo que este miembro está igualando el *offsetting* con una norma separada.

Según Oosterveer [49] podríamos pensar en el *insetting* y *offsetting* como modos diferentes de "programar" la red mundial de producción de aceite de palma, determinando qué actores deben ser incluidos o excluidos de las cadenas de valor sostenibles. A pesar de los costos adicionales de transacción y segregación asociados con una mayor trazabilidad [49], los miembros de la RSPO se están inclinando hacia el *insetting*, a pesar de las ventajas de costo y flexibilidad del *offsetting* mencionadas en los ACOP. Podemos explicar este patrón considerando el poder de las empresas de producción, en particular de los minoristas, en la cadena de suministro de aceite de palma, y el hecho de que las del sector *downstream* son más propensas a exigir aumentos en el rigor de la norma [25]. Estas organizaciones tienen una mayor exposición a la marca y tienden a ser más susceptibles a la presión de los activistas, dos factores que motivan el *insetting*. La Figura 5 presenta la proporción de encuestados de un ejercicio realizado de 2019 a miembros de la RSPO a los que se les pidió que enumeraran hasta tres razones principales por las que seguían siendo miembros de esta entidad. Mientras que ellos informaron de una amplia gama de razones para la membrecía continuada, mencionaron los requisitos de los clientes como una motivación principal de forma coherente en toda la cadena de suministro. De hecho, de las 18 opciones, los requisitos de los clientes fueron los que se enumeraron con más frecuencia en todos los sectores, excepto en los minoristas, que tuvieron más probabilidades de informar que su motivación estaba más impulsada en aumentar la adop-

Figura 5. Proporción de encuestados que mencionaron los requisitos de los accionistas, inversionistas y clientes como una de las tres razones principales para seguir siendo miembros de la RSPO, por sector de la cadena de suministro.



ción del aceite de palma sostenible certificado, que en los clientes. Algunas empresas del sector *downstream* también llevaron a cabo capacitación para apoyar a sus proveedores, y el 13 % de los encuestados en los sectores de procesadores/comerciantes, fabricantes y minoristas informaron que en el último año habían dado capacitación relacionada con RSPO a los miembros de la cadena de suministro.

Una segunda dimensión importante del poder en la cadena de suministro de aceite de palma sostenible, indicada anteriormente, tiene que ver con el tamaño de la empresa. A pesar de operar en el mismo sector de la cadena de suministro, las experiencias de los grandes y pequeños fabricantes de bienes de consumo pueden ser muy diferentes. Mientras que algunos fabricantes más pequeños pueden encontrar la certificación útil para llegar a mercados especializados más exclusivos, otros encuentran difícil el cumplimiento, ya que es menos factible o imposible, como sugieren algunas de las citas anteriores, que influyan en el mercado por sí solos. Como se ha mencionado anteriormente, el *insetting* no es una opción probable para empresas más pequeñas como estas, dado que la certificación en sí es a veces un desafío.

Discusión y conclusiones

Si bien el interés en el *insetting* puede ser una buena noticia para internalizar las externalidades en las cadenas de suministro de las empresas, puede que no sea la mejor noticia para hacerlo en toda la industria. Para las organizaciones más pequeñas o las que utilizan tipos más pequeños o diversos de aceite de palma, el *insetting* es difícil. De manera similar, los pequeños productores enfrentan barreras para la certificación y la trazabilidad [50], un hecho que a menudo señalan los agricultores y las ONG sociales y de desarrollo en su ACOP y que se reconoce en la postura más positiva que tiene la RSPO hacia el *offsetting* de los pequeños agricultores. Si bien para los pequeños agricultores y otros productores la salida al mercado puede no ser particularmente atractiva, lo que los lleva a optar por permanecer sin certificación, los ACOP muestran que algunos fabricantes de bienes de consumo pueden recurrir a alternativas diferentes al aceite de palma. Aunque los probables sustitutos en la alimentación corren el riesgo de causar un daño medioambiental aún mayor [51-53], tienen la ventaja de permitir a las empresas escapar de un mercado de limones especialmente observado. El caso de Nestlé puede representar otro camino, en el que las grandes empresas combinan la certificación con los esfuerzos de transparencia de la cadena de suministro gestionados internamente. Estos enfoques también tienen sus desventajas. Como Larsen *et al.* [50] señalan, los enfoques similares pueden ser potencialmente antidemocráticos, incluso neocoloniales, a medida que se vea que las empresas *downstream* dictan prácticas de producción.

Si bien los compromisos de trazabilidad parecen más comunes en el aceite de palma que en otros sectores [54], el *insetting* se encuentra en muchos mercados. Incluso en el mercado voluntario del carbono, que alguna vez fue sinónimo de *offsetting*, organizaciones como Gold Standard [55] y la International Carbon Reduction and Offset Alliance [56] han hecho declaraciones prominentes señalando que las compensaciones no son a menudo aceptadas por motivos éticos, llevando a las empresas líderes a fijar más reducciones de emisiones dentro de sus propias cadenas de suministro. Dadas las fuertes presiones que favorecen el *insetting* para las empresas más grandes y reconocibles, junto con sus costos concomitantes, ¿son las normas privadas como la RSPO, que corren el riesgo de crear una separación del mercado [25] en la que un pequeño número de productores escapa del mercado de limones, pero la norma no alcanza un punto de inflexión necesario para cubrir toda la industria?

Es posible que la creciente atención a los esfuerzos de certificación jurisdiccional, y su confluencia con compromisos de deforestación cero, sea una manera de unir las ventajas *offsetting* e *insetting* [57,58]. Actualmente, se están construyendo enfoques de certificación jurisdiccional, que reúnen las herramientas de política del gobierno local y la certificación basada en el mercado en unas pocas regiones con alta producción de bienes vinculados a la deforestación [50]. En virtud de este modelo, las organizaciones del sector privado adquieren un papel determinante, proporcionando garantías de compra, apoyando contratos para pequeños productores y otros incentivos para la sostenibilidad, mientras que el gobierno ayuda a apoyar prácticas mejoradas a través de la regulación

y la política [6,50]. Al mismo tiempo que se facilita claramente el *insetting*, los enfoques jurisdiccionales también podrían proporcionar oportunidades para un modelo de *offseting*. Ya la RSPO reconoce claramente los créditos producidos por los pequeños productores, de otros créditos, permitiendo la diferenciación de precios. Otras normas de certificación podrían adoptar enfoques similares. Además, el apoyo de las empresas a la certificación de los pequeños productores en contextos jurisdiccionales podría reformularse y ser una donación caritativa o una forma de responsabilidad social corporativa. Estas acciones no tienen por qué dirigirse solo a los pequeños productores de las cadenas de suministro de las propias empresas. Si bien ya no se utiliza el lenguaje de las compensaciones, este enfoque podría seguir siendo una forma de internalizar las externalidades sin tener en cuenta las conexiones de compra directa. En cualquier caso, el paso hacia la certificación jurisdiccional puede ser una oportunidad para repensar la división entre el *insetting* y el *offsetting* y buscar medios híbridos para internalizar las externalidades.

Aportes de los autores: los dos autores contribuyeron igualmente a la redacción del manuscrito y a la realización de la encuesta. Caleb Gallemore se encargó de codificar los datos de las Comunicaciones Anuales de Progreso, mientras que Kristjan Jespersen dirigió la observación de los participantes y el análisis de los documentos.

Financiación: los honorarios de traducción y la difusión de la encuesta reportada en esta investigación fueron proporcionados por la Mesa Redonda sobre Aceite de Palma Sostenible (RSPO), que también apoyó la asistencia de los autores a las reuniones de la RSPO en Europa y Asia durante 2018. La RSPO no tuvo ningún aporte en la redacción de este manuscrito.

Reconocimientos: los autores agradecen a la Escuela de Negocios de Copenhague por su apoyo para asistir a varias reuniones de la Mesa Redonda sobre Aceite de Palma Sostenible (RSPO) a partir de 2016 y a la RSPO por su apoyo para asistir a las reuniones de la Mesa Redonda en Europa y Asia durante 2018, así como por el financiamiento y apoyo de estipendios para conducir la encuesta de miembros de la RSPO. La RSPO no tuvo supervisión editorial de este manuscrito y las opiniones expresadas aquí son únicamente de los autores. También nos gustaría agradecer a los estudiantes del máster del laboratorio Innovación para el Impacto de la Escuela de Negocios de Copenhague, así como a varios participantes anónimos en varias conferencias RSPO, por algunas conversaciones muy perspicaces que nos ayudaron a mejorar nuestra forma de pensar en estos temas, y a dos revisores anónimos que nos proporcionaron sugerencias muy útiles.

Conflicto de intereses: los autores han sido contratados recientemente por la Mesa Redonda sobre Aceite de Palma Sostenible (RSPO) para estudiar las oportunidades de aplicar enfoques de economía del comportamiento para mejorar el funcionamiento y la aceptación de la norma, un proyecto del que la encuesta es un componente.

La RSPO patrocinó la asistencia de los autores a la última reunión de la Mesa Redonda Europea de la organización en junio de 2018 y a la Mesa Redonda Asiática en noviembre de 2018. El personal de la RSPO no ha tenido ninguna aportación sobre la investigación no encuestada aquí reportada, y sus comentarios no han sido buscados en ninguna fase en la redacción del manuscrito.

Referencias

Dauvergne, P. Is the power of brand-focused activism rising? The case of tropical deforestation. *J. Environ. Dev.* 2017, *26*, 135-155. [CrossRef]

Von Geibler, J. Market-based governance for sustainability in value chains: Conditions for successful standard setting in the palm oil sector. *J. Clean. Prod.* 2009, *56*, 39-53. [CrossRef]

Ware, B. Nestle.com. Recuperado de https://www.nestle.com/asset-library/Documents/Library/Documents/Suppliers/nestle-response-rspo-suspension-28-june-2018.pdf (consultado el 31 de julio de 2019).

Nestlé. RSPO Reinstates Nestlé's Membership. *Nestlé.com*. Recuperado de https://www.nestle.com/media/pressreleases/allpressreleases/rspo-reinstates-nestle-membership (consultado el 20 de septiembre de 2019).

Pirard, R. Market-based instruments for biodiversity and ecosystem services: A lexicon. *Environ. Sci. Policy* 2012, *19*, 59-68. [CrossRef]

Mohd Noor, F.; Gassner, A.; Terheggen, A.; Dobie, P. Beyond sustainability criteria and principles in palm oil production: Addressing consumer concerns through insetting. *Ecol. Soc.* 2017, *22*, 5. [CrossRef]

Tipper, R.; Coad, N.; Burnett, J. Is "Insetting" the New Offsetting? Recuperado de https://ecometrica.com/assets/insetting_offsetting_technical.pdf (consultado el 20 de junio de 2018).

Coase, R. H. The problem of social cost. En *Classic Papers in Natural Resource Economics*; Palgrave Macmillan: London, UK, 1960; pp. 87-137.

Rueda, X.; Garrett, R. D.; Lambin, E. F. Corporate investments in supply chain sustainability: Selecting instruments in the agri-food industry. *J. Clean. Prod.* 2017, *142*, 2.480-2.492. [CrossRef]

Roundtable on Sustainable Palm Oil [RSPO]. ACOP. Recuperado de https://www.rspo.org/members/acop (consultado el 25 de julio de 2019).

Ibanez, L.; Grolleau, G. Can ecolabeling schemes preserve the environment? *Environ. Resour. Econ.* 2008, *40*, 233-249. [CrossRef]

Akerlof, G. A. The market for "lemons": Quality uncertainty and the market mechanism. En *Uncertainty in Economics*; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 1978; pp. 235-251.

Amnesty International. *The great palm oil scandal: Labour abuses behind big brand names*; Amnesty International: New York, NY, USA, 2016.

Rainforest Action Network. *Leuser watch: PT. Agra Bumi Niaga: Destroying elephant habitat while breaching the indonesian government moratorium on forest clearance for palm oil*; Rainforest Action Network: San Francisco, CA, UAS, 2017; Recuperado de https://d3n8a8pro7vhmx.cloudfront.net/rainforestactionnetwork/pages/17392/attachments/original/1486495650/RAN_Leuser_Watch_PT_Agra_Bumi_Niaga_20170207.pdf?1486495650 (consultado el 8 de agosto de 2019).

Orangutan Foundation International. Problems with palm oil. *Orangutan Foundation International Website*. Recuperado de https://orangutan.org/palmoil/ (consultado el 20 de septiembre de 2019).

Fair, J. Christmas ad Conundrum: Is a palm oil boycott the way to save apes? *Mongabay*. 18 December 2018. Recuperado de https://news.mongabay.com/2018/12/christmas-ad-conundrum-is-a-palm-oil-boycott-theway-to-save-apes/ (consultado el 20 de septiembre de 2019).

Bartley, T. Standards for sweatshops: The power and limits of the club approach to voluntary labor standards. En *Voluntary programs: A club theory perspective*; MIT Press: Cambridge, MA, USA, 2009; pp. 107-131.

Mol, A.; Oosterveer, P. Certification of markets, markets of certificates: Tracing sustainability in global agro-food value chains. *Sustainability* 2015, *7*, 12258-12278. [CrossRef]

Montiel, I.; Husted, B. W.; Christmann, P. Using private management standard certification to reduce information asymmetries in corrupt environments. *Strateg. Manag. J.* 2012, *33*, 1103-1113. [CrossRef]

Prakash, A.; Potoski, M. Racing to the bottom? Trade, environmental governance, and ISO 14001. *Am. J. Political Sci.* 2006, *50*, 350-364. [CrossRef]

Prakash, A.; Potoski, M. Collective action through voluntary environmental programs: A club theory perspective. *Policy Stud. J.* 2007, *35*, 773-792. [CrossRef]

Cerri, J.; Testa, F.; Rizzi, F. The more I care, the less I will listen to you: How information, environmental concern and ethical production influence consumers' attitudes and the purchasing of sustainable products. *J. Clean. Prod.* 2018, *175*, 343-353. [CrossRef]

Dendler, L. Sustainability meta labelling: An effective measure to facilitate more sustainable consumption and production? *J. Clean. Prod.* 2014, *63*, 74-83. [CrossRef]

Greenpeace International. *Certifying Destruction: Why consumer companies need to go beyond the RSPO to stop forest destruction*; Greenpeace International: Amsterdam, The Netherlands, 2013.

Gallemore, C.; Guisinger, A.; Kruuse, M.; Ruysschaert, D.; Jespersen, K. Escaping the "teenage" years: The politics of rigor and the evolution of private environmental standards. *Ecol. Econ.* 2018, *152*, 76-87. [CrossRef]

Mol, A. P. J. Transparency and value chain sustainability. *J. Clean. Prod.* 2015, *107*, 154-161. [CrossRef]

Cashore, B.; Auld, G.; Bernstein, S.; McDermott, C. Can non-state governance 'ratchet up'global environmental standards? lessons from the forest sector. *Rev. Eur. Community Int. Environ. Law* 2007, *16*, 158-172. [CrossRef]

World Resources Institute. *Global Forest Watch*; World Resources Institute: Washington, D. C., USA, 2018; Recuperado de www.globalforestwatch.org/about (consultado el 25 de junio de 2018).

TRASE. TRASE. 2018. Recuperado de https://trase.earth/about.html#contact-us (consultado el 24 de septiembre de 2019).

Zoological Society of London. *About SPOTT*; Zoological Society of London: London, UK, 2018; Recuperado de www.spott.org/about/ (consultado el 20 de junio de 2018).

Supply Change. *Commitments that count*; Supply Change: Washington, D. C., USA, 2018; Recuperado de www.supply-change.org/pages/about (consultado el 15 de junio 2018).

Bartley, T.; Koos, S.; Samel, H.; Setrini, G.; Summers, N. *Looking behind the label: Global industries and the conscientious consumer*; Indiana University Press: Bloomington, IN, USA, 2015.

Dauvergne, P.; Lister, J. *Eco-business: A big-brand takeover of sustainability*; MIT Press: Cambridge, MA, USA, 2013.

Heng, N. *Satellite mapping ushers New Era of transparency for palm oil players*; Asia News Network: Bangkok, Thailand, 2015.

Bartley, T.; Child, C. Shaming the corporation: The social production of targets and the anti-sweatshop movement. *Am. Sociol. Rev.* 2014, *79*, 653-679. [CrossRef]

Wright, C. F. Leveraging reputational risk: Sustainable sourcing campaigns for improving labour standards in production networks. *J. Bus. Ethics* 2016, *137*, 195-210. [CrossRef]

Benton, R. A.; You, J. Endogenous dynamics in contentious fields: Evidence from the shareholder activism network, 2006-2013. *Socius* 2017, *3*. [CrossRef]

McDonnell, M. H.; King, B. G.; Soule, S. A. A dynamic process model of private politics: Activist targeting and corporate receptivity to social challenges. *Am. Sociol. Rev.* 2015, *80*, 654-678. [CrossRef]

Boons, F.; Mendoza, A. Constructing sustainable palm oil: How actors define sustainability. *J. Clean. Prod.* 2010, *18*, 1686-1695. [CrossRef]

Auld, G. *Constructing private governance: The rise and evolution of forest, coffee, and fisheries certification*; Yale University Press: New Haven, CT, USA, 2014.

Mueller, M.; Gomes Dos Santos, V.; Seuring, S. The contribution of environmental and social standards towards ensuring legitimacy in supply chain governance. *J. Bus. Ethics* 2009, *89*, 509-523. [CrossRef]

Vermeulen, W. J. V.; Seuring, S. Sustainability through the market-the impacts of sustainable supply chain management: Introduction. *Sustain. Dev.* 2009, *17*, 269-273. [CrossRef]

Greenpalm.org. GreenPalm: Supporting certified sustainable palm oil. Recuperado de https://www. greenpalm.org/ (consultado el 3 de julio 3 de 2019).

Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO). RSPO supply chains. Recuperado de www. rspo.org/certification/supplychains (Consultado el 26 de julio de 2019).

Offermans, A.; Glasbergen, P. Boundary work in sustainability partnerships: An exploration of the Round Table on Sustainable Palm Oil. *Environ. Sci. Policy* 2015, *50*, 34-45. [CrossRef]

Forest Stewardship Council [FSC]. Chain of custody certification. FSC-STD-40-004 V3-0. Recuperado de https://ic.fsc.org/en/document-center/id/80 (consultado el 15 de junio 2018).

Hamrick, K.; Melissa, G. *Unlocking Potential: State of the Voluntary Carbon Markets*; Forest Trends' Ecosystem Marketplace: Washington, D. C., USA, 2017; Recuperado de https://www.forest-trends.org/publications/ unlocking-potential/ (consultado el 6 de junio 2018).

Gassler, B.; Spiller, A. Is it all in the MIX? Consumer preferences for segregated and mass balance certified sustainable palm oil. *J. Clean. Prod.* 2018, *195*, 21-31. [CrossRef]

Oosterveer, P. Promoting sustainable palm oil: Viewed from a global network and flows perspective. *J. Clean. Prod.* 2015, *107*, 146-153. [CrossRef]

Larsen, R. K.; Osbeck, M.; Dawkins, E.; Tuhkanen, H.; Nguyen, H.; Nugroho, A.; Gardner, T. A.; Wolvekamp, P. Hybrid governance in agricultural commodity chains: Insights from implementation of 'No Deforestation, No Peat, No Exploitation' (NDPE) policies in the oil palm industry. *J. Clean. Prod*. 2018, 183, 544-554. [CrossRef]

Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO). RSPO Next-clarifications on the eligibility and application framework RSPO NEXT. Recuperado de https://rspo.org/ certification/rspo-next# (consultado el 3 de julio 2019).

World Wildlife Foundation (WWF) Deutschland. Palm oil report Germany: Searching for alternatives. Recuperado de https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_Report_Palm_Oil_-_ Searching_for_Alternatives.pdf (consultado el 3 de julio de 2019).

Meijaard, E. J.; García-Ulloa, D.; Sheil, S. A.; Wich Carlson, K. M.; Juffe-Bignoli, D.; Brooks, T. M. *Oil Palm and Biodiversity: A Situation Analysis by the IUCN Oil Palm Task Force*; International Union for the Conservation of Nature: Gland, Switzerland, 2018.

Donofrio, S.; Rothrock, P.; Leonard, J. *Zooming in: Companies, Commodities, & Traceability Commitments that Count*; Forest Trends: Washington, D. C., USA, 2018; Recuperado de https://www.forest-trends.org/ publications/zooming-in/ (consultado el 3 de julio de 2019).

Verles, M.; Leugers, S.; Hewlett, O.; Olsen, K.; Bürer, M. Gold Standard Policy Brief: A new paradigm for voluntary climate action: "reduce within, finance beyond". Recuperado de https://www.goldstandard.org/sites/default/files/documents/a_new_paradigm_for_voluntary_climate_action.pdf (consultado el 3 de julio de 2019).

International Carbon Reduction and Offset Alliance. Guidance report: Pathways to increased voluntary action by non-state actors. Recuperado de https://www.ieta.org/resources/International_WG/Article6/Portal/ICROA_Pathways%20to%20increased%20voluntary%20action.pdf (consultado el 3 de julio de 2019).

Umunay, P.; Lujan, B.; Meyer, C.; Cobián, J. Trifecta of success for reducing commodity-driven deforestation: Assessing the intersection of REDD+ programs, jurisdictional approaches, and private sector commitments. *Forests* 2018, *9*, 609. [CrossRef]

Buchanan, J.; Durbin, J.; McLaughlin, D.; McLaughlin, L.; Thomason, K.; Thomas, M. *Exploring the Reality of the jurisdictional approach as a tool to achieve sustainability commitments in palm oil and soy supply chains*; Conservation International: Washington, D. C., USA, 2019.

Características del aceite de palma/oleína de palma como aceite de fritura*

Characteristics of Palm Oil/Palm Olein as a Frying Oil

Minal Johari
Junta de Aceite de Palma de Malasia (MPOB)

Citación: Minal, J. (2021). Características del aceite de palma/oleína de palma como aceite de fritura (Traductor C. Arenas). *Palmas, 42*(4), 70-75.

* Traducido del original Characteristics of Palm Oil/Palm Olein as a Frying Oil, *Palm Oil Developments, 72* (junio 2020), 15-18.

Palabras clave: Aceite de fritura, Aceite de palma, Oleína de palma.

Keywords: Frying oil, Palm oil, Palm olein.

El material de esta publicación se puede usar o reproducir libremente, siempre que la fuente de información se registre con precisión y se reconozca a la Junta de Aceite de Palma de Malasia. Esta publicación en línea está compilada electrónicamente por Palm Information Center, Malaysia Palm Oil Board (MPOB).

Introducción

El aceite de palma se extrae del mesocarpio del fruto de la palma de aceite, *Elaeis guineensis*, nativa de África Occidental. En Malasia, la variedad *tenera* de alto rendimiento de *E. guineensis* es la palma de aceite más comúnmente cultivada. *Tenera* es un híbrido entre *dura* y *pisifera*. A partir del fruto de la palma se producen dos tipos de aceite: aceite de palma del mesocarpio (la capa externa fibrosa y anaranjada del fruto) y el aceite de palmiste, de la almendra blanca que se encuentra en el interior de la cáscara del

fruto de la palma. De estos dos se pueden producir muchas fracciones de aceite de palma y de palmiste para una variedad de usos alimentarios. Para frituras, el aceite de palma y la oleína de palma (la fracción líquida del aceite de palma) son los únicos que se utilizan comúnmente en la fritura industrial y en la de servicios alimentarios. La oleína de palma también se utiliza como aceite de cocina para el hogar en los países tropicales. A través de experiencias industriales y estudios científicos, se han establecido los siguientes hechos para el aceite/oleína de palma con uso de fritura: tienen una alta estabilidad oxidativa, el aceite de fritura tiene una vida útil prolongada, los alimentos fritos tienen una vida útil más larga y una calidad organoléptica favorable, la freidora requiere menos mantenimiento, los alimentos se cuecen más rápido y absorben menos aceite, y el aceite/oleína de palma es naturalmente estable, es decir, no necesita hidrogenación o adición de antioxidantes sintéticos para frenar la degradación oxidativa.

La fritura industrial representa más del 50 % del aceite total utilizado en aplicaciones alimentarias. Los fideos instantáneos, los pasabocas y los alimentos prefritos, que se producen industrialmente a granel, necesitan un buen aceite para lograr una buena calidad organoléptica y una larga vida útil. El aceite utilizado en la fritura desempeña un papel importante en la condición alimentaria de las comidas cocinadas y su vida útil. En el pasado, la grasa animal, el aceite de maní, el de semilla de algodón y las grasas hidrogenadas eran los principales aceites/grasas utilizados para este fin. Por razones técnicas y comerciales, estos fueron gradualmente sustituidos por el aceite de palma y la oleína de palma. Varios estudios revelaron que estos dos tienen un rendimiento de fritura deseable, mejor que o al menos comparable a sus alternativas (Berger, 2005). Hoy en día, el aceite de palma y la oleína de palma son los más consumidos en la industria de la fritura, mientras que la fritura es el principal uso del aceite de palma en el mundo. Este es también el más comercializado y está disponible en gran parte del planeta.

En los últimos años, también se han utilizado aceites de alto contenido oleico, como el aceite de girasol alto oleico, el aceite de canola alto oleico y el aceite de soya alto oleico, para la fritura a escala industrial, pero su disponibilidad es limitada. La versión de alto oleico del aceite de palma se produce en Colombia, pero su uso como aceite de fritura todavía no es popular debido a su costo y a su limitado suministro. Es posible obtener productos similares mediante el proceso de fraccionamiento en el que la oleína de palma se fracciona para producir una con valores de yodo (IV) más altos. Estos aceites se llaman superoleínas. Las superoleínas comúnmente producidas son aquellas que tienen IV 60, IV 63 e IV 65. La que cuenta con el IV más alto se produce solo bajo demanda debido a su mayor costo de producción. La superoleína se utiliza como aceite de fritura y de cocina para el hogar, principalmente en países tropicales. También se mezcla con aceites blandos y se utiliza como aceite de cocina.

Propiedades del aceite de palma como aceite de fritura

En general, el aceite/oleína de palma es la mejor opción como aceite de fritura. Tiene un excelente desempeño y, debido a que el aceite de palma se produce durante todo el año, hay un amplio suministro para la industria alimentaria en todo el mundo. Por lo tanto, es mucho más fácil para esta industria adherirse a las mismas formulaciones de productos para mantener la consistencia en el sabor y la calidad de los alimentos.

El aceite de palma es resistente a la oxidación, incluso a altas temperaturas de fritura, debido a su bajo contenido de ácido linoleico y a la presencia de antioxidantes naturales, es decir, tocoferoles y tocotrienoles. Contiene aproximadamente un 50 % de ácidos grasos saturados y un 50 % de ácidos grasos insaturados. Los primeros consisten en ácido linoleico al 10 % y una cantidad insignificante de ácido linolénico (Departamento de Normas de Malasia, 2018). El ácido linolénico es muy susceptible a la oxidación debido a la presencia de tres dobles enlaces en su estructura de ácido graso. Por lo tanto, el aceite de palma es menos susceptible a la oxidación debido a su bajo contenido de ácido linolénico en comparación con los aceites poliinsaturados, que tienen cantidades excesivas de este. El ácido linolénico puede autooxidarse incluso a temperatura ambiente. Los aceites poliinsaturados necesitan ser hidrogenados antes de que puedan utilizarse para la

fritura industrial. Desafortunadamente, el proceso de hidrogenación causa la formación de ácidos grasos *trans* dañinos.

Utilizando las tasas de oxidación relativas de los ácidos oleico, linoleico y linolénico, que son 1, 12 y 25, respectivamente, se puede calcular la estabilidad oxidativa inherente (IOS por sus siglas en inglés) de los aceites y grasas. Cuanto más baja sea la IOS, más estable es el aceite contra la oxidación. El aceite de palma, el de girasol alto oleico, el de girasol, el aceite de soya, el de maíz, el de semilla de algodón, el de canola y el de coco tienen una IOS de 1,5; 1,7; 7,1; 7,1; 6,5; 5,8; 4,5; y 0,2 respectivamente, indicando que el aceite de palma y el de girasol alto oleico son los más estables frente a la oxidación en comparación con otros (Min Hu, 2018).

La presencia de tocoferoles y tocotrienoles en el aceite de palma/oleína de palma proporciona una mayor estabilidad oxidativa. Para el aceite de palma refinado, blanqueado y desodorizado (RBD), la gama de antioxidantes presente en el aceite es de 280-890 ppm, mientras que para la oleína de palma los niveles están entre 560 y 900 ppm (Gaporo, 1989). Todo esto contribuye a un alto índice de estabilidad del aceite (OSI por sus siglas en inglés) en el aceite de palma y la oleína de palma. La OSI es un parámetro que mide la estabilidad oxidativa relativa de los aceites comestibles contra la oxidación y se determina a temperaturas elevadas para acelerar el proceso de oxidación. Cuanto más alto sea el valor OSI, mejor será la resistencia del aceite a la oxidación.

El aceite de coco tiene el OSI mayor debido a su alto contenido de ácidos láuricos y mirísticos. Sin embargo, el ácido graso láurico causa hidrólisis del aceite y, en última instancia, rancidez en los alimentos. Por lo tanto, este no es adecuado para la fritura industrial cuando los productos fritos necesitan una vida útil de entre uno y dos años, dependiendo del tipo de alimentos.

La mezcla de oleína de palma con aceites blandos aumentará el OSI y, al mismo tiempo, los aceites blandos aumentarán la resistencia a la cristalización de la mezcla al reducir su punto de enturbiamiento (CP por sus siglas en inglés).

Con base en los valores IOS y OSI anteriores, y clasificando los aceites con los valores IOS más altos y OSI más bajos como con baja estabilidad oxidativa, la estabilidad oxidativa de los aceites puede resumirse como se muestra en la Tabla 3.

Para evaluar la calidad de un aceite de fritura, debe usarse el OSI en combinación con otros parámetros de calidad como el contenido de ácidos grasos libres (AGL), valor de peróxido (PV), valor de p-anisidina (AV), materiales polares totales (MPT) y compuestos poliméricos totales, y respaldados por evaluación sensorial. Hay pruebas rápidas disponibles para controlar la calidad del aceite durante la fritura.

Si se añaden antioxidantes y agentes antiespumantes al aceite de palma/oleína de palma, su estabilidad oxidativa será excelente. Para los aceites blandos, es necesario añadir antioxidantes y anties-

Tabla 1. Composición de los ácidos grasos y grasas, y su OSI a 110 °C

	SBO	CO	GNO	RSO	SFO	PO	POL	CON
Láurico							**0,2**	**48,0**
Mirístico	0,1	0,1	0,1		0,1	1,0	1,0	18.2
Palmítico	11,0	11,0	11,5	4,3	7,0	46,0	40,6	9,0
Esteárico	3,6	2,0	2,0	1,7	4,2	4,0	3,8	2,0
Oleico	24,7	27,0	48,0	59,0	19,5	37,8	42,0	7,0
Linoleico	**53,5**	**58,5**	**31,0**	**27,8**	**68,9**	**10,0**	**11,5**	**2,0**
Linolénico	**6,4**	**0,5**	**1,0**	**8,3**		**0,5**	**0,4**	
OSI (hr, 110 °C)	5	7	8	7	5	25	24	75

Nota: SBO= aceite de soya; CO= aceite de maíz; GNO= aceite de maní; RSO= aceite de colza; SFO= aceite de semilla de girasol; PO= aceite de palma; POL= oleína de palma; CON= aceite de coco; OSI= índice de estabilidad oxidativa. Todos por sus siglas en inglés.

Fuente: Ismail (2019).

Tabla 2. Valores OSI de los aceites

Aceite	OSI (hr, 110 °C)	Aceite	OSI (hr, 110 °C)
Aceite de girasol	3,0-6,0	Aceite de canola alto oleico	12,0-18,0
Aceite de soya	5,0-6,7	Aceite de palma	20,0-30,0
Aceite de canola	6,0-8,0	Aceite de soya alto oleico	25,0-65,0
Aceite de maíz	7,0-11,0	Aceite de soya parcialmente hidrogenado	20,0-85,0

Nota: OSI = índice de estabilidad oxidativa por sus siglas en inglés.
Fuente: Min Hu (2018).

pumantes para aumentar su estabilidad oxidativa. De lo contrario, solo deben usarse para un número muy limitado de frituras repetidas (Fediol Nutrition Factsheet) y no deben utilizarse en frituras pesadas. El consumo de aceites poliinsaturados calentados puede causar daño celular al hígado y los riñones (Hageman *et al.*, 1991).

Los aceites blandos también se pueden mezclar con oleína/superoleína de palma para mejorar su estabilidad oxidativa. Por ejemplo, la mezcla de aceite de palma con el de semilla de algodón mejoró significativamente el rendimiento de fritura de este último (Fatma Nur Arslam *et al.*, 2017).

Los aceites de fritura a base de palma están disponibles en muchas formas, tales como manteca de palma, el aceite de palma vertible, oleína de palma, aceite de palma de calidad especial/oleína de palma (color bajo con mejor estabilidad oxidativa) y como varios grados de superoleínas. Las diversas formas de aceite de fritura a base de palma proporcionan a la industria alimentaria la flexibilidad de seleccionar el más adecuado para un uso determinado. Por ejemplo, los fabricantes de pasabocas en todo el mundo utilizan oleína de palma. En Japón, el aceite de palma se utiliza principalmente para fideos instantáneos, aperitivos y tempura (Kochhar, 1999). En EE. UU., el *shortening* es un medio popular para freír donas. En Malasia, las cadenas de comida rápida utilizan aceite de palma vertible. La industria de fideos instantáneos normalmente utiliza aceite de palma u oleína de palma como medio de fritura. En Vietnam, la estearina de palma también se utiliza para freír fideos instantáneos. En resumen, el aceite de palma ofrece la solución para todo tipo de operaciones de fritura, ya sea para superficial o profunda, en fritura continua o por lotes. Al menos una o más formas de aceites de palma se ajustarán a la operación de fritura requerida.

Tabla 3: Estabilidad oxidativa de los aceites

Aceite	Estabilidad oxidativa
Aceite de coco	Excelente
Aceite de soya hidrogenado	Buena/excelente
Aceite de palma	Buena
Oleína de palma	Buena
Aceite de girasol alto oleico	Buena
Aceite de canola alto oleico	Regular/buena
Aceite de maní	Regular
Aceite de semilla de algodón	Regular
Colza/aceite de canola	Regular
Aceite de maíz	Deficiente/regular
Aceite de girasol	Deficiente
Aceite de soya	Deficiente

Especificaciones para aceites de fritura

Durante la fritura ocurren varias reacciones químicas a la vez y a velocidades aceleradas. Estas incluyen hidrólisis, oxidación, formación de anillos y polimerización. La consecuencia de dichas reacciones químicas es la degradación del aceite, así como la calidad de los alimentos fritos en él. Cuanto mayor sea la temperatura, más rápida será la degradación. Los aceites blandos se degradan más rápido que el aceite de palma/oleína de palma debido a su mayor contenido de ácidos grasos poliinsaturados. Generalmente, un buen aceite de fritura debe cumplir con las especificaciones de la Tabla 4.

Conclusión

El tipo de alimento, los aspectos nutricionales, la clase de operación de fritura (ya sea continua o por lotes), el costo de mantenimiento, los precios del aceite, etc., son factores que suelen considerarse al seleccionar un aceite de fritura. Para freír, el aceite/oleína de palma ofrece varias ventajas tecnoeconómicas sobre la mayoría de los demás aceites y grasas en términos de precio, disponibilidad, propiedades para freír y aspectos nutricionales, entre otros. Las experiencias en la industria de las frituras han demostrado que cuando se utiliza el aceite de palma/oleína de palma para freír, la productividad es mayor, se reducen los costos de mantenimiento y la degradación de la producción, hay un aumento más lento en la formación de ácidos grasos libres, polares y polímeros y los alimentos fritos tienen una vida útil más larga (Berger, 2005).

Reconocimientos

Los autores agradecen al Director General de la MPOB por autorizar la publicación de este artículo.

Tabla 4. Especificaciones para aceites/grasas de fritura profunda

1. Ácidos grasos libres	£ 0,1 %
2. Olor y sabor	Insípido
3. Color	Ligero
4. Humedad	£ 0,1 %
5. Punto de humeo	^{3} 200 °C
6. Valor de peróxido	£ 1 meq kg^{-1}
7. Composición de ácidos grasos	
8. Ácido linoleico	£ 2 % (legislación francesa) o £ 3 %

Fuente: Stevenson *et al.* (1984); Binkman (2000).

Referencias

Berger, K. G. (2005). The use of palm oil in frying. Malaysian Palm Oil Council. p. 72-106.

Binkman, B. (2000). Quality criteria of industrial frying oils and fats. European J. *Lipid Science and Technology, 102*(8-9): 539-541.

Department of Standard Malaysia (2018). MS 814:2007, Amd. 1 2018: Palm oil - Specification (Second revision). Amendment 1. Malaysia. Department of Standard Malaysia.

Fatma Nur Arslan, F.; Şapçı, A. N.; Duru, F. & Kara, H. (2017). A study on monitoring of frying performance and oxidative stability of cottonseed and palm oil blends in comparison with original oils. *Int. J. Food Properties*, 20: 704-717.

FEDIOL Nutrition Factsheet. Recuperado de http://www.fediol.be/data/FEDIOL%20Factsheet% 20on%20Frying%20 oils%20-final.pdf. (consultado el 18 de octubre de 2019).

Gapor, M. T. (1989). Effect of refining and fractionation on vitamin E in palm oil. Proc. of PORIM International Development Conference, Kuala Lumpur.

Hageman, G. I.; Verhagen, H.; Schutte, B. & Kleinjans, J. (1991). Biological effects of short-term feeding to rats of repeatedly used deep-frying fats in relation to fat mutagen content. Food Chem. *Toxicol., 29*(10): 689-698.

Ismail, R. (2019). Personal communication. Unpublished data.

Kochhar, P. (1999). Stable and healthful frying oil for the 21st century. Inform, 11: 642-647. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/284100043_Stable_and_healthful_frying_oil_for_ the_21st_century, (consultado el 18 de octubre de 2019).

Min Hu (2018). Oxidative stability of oils and fats. *Inform*. Recuperado de http:// www.informmagazine-digital.org/informmagazine/february_2018/MobilePagedArticle.action?articleId=1330640, (consultado el 3 de octubre de 2019).

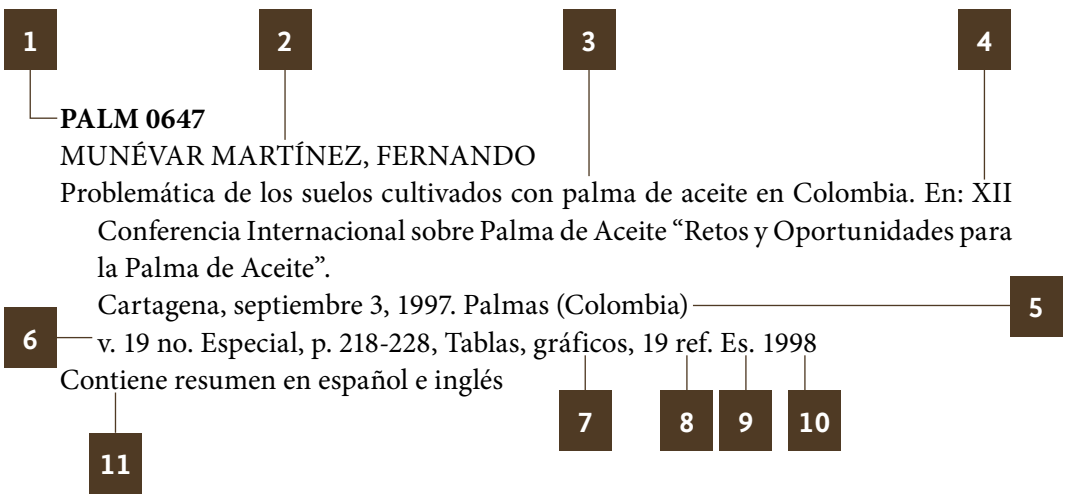
Stevenson, S. T.; Vaisey-Genser, M. & Eskin, N. A. M. (1984). Quality control in the use of deep-frying oils. *JAOCS, 61*(6): 1102-1108.

Índice de revista Palmas, volumen 42, 2021

Este índice, preparado por el Centro de Información y Documentación de Fedepalma (CID Palmero), consta de cuatro secciones: Referencias bibliográficas, Índice alfabético de secciones, Índice alfabético de autores e Índice alfabético de temas, continuando así con el esquema utilizado en el Índice 1980-1999.

Estructura para las referencias bibliográficas

Modelo de registro bibliográfico



1. Número que identifica cada referencia bibliográfica en el Índice
2. Autor del artículo
3. Título del artículo
4. Nombre de la reunión, ciudad y fecha
5. Título de la revista y país de origen
6. Volumen, número y páginas
7. Información descriptiva (tablas, gráficas, etc.)
8. Número de referencias
9. Idioma de publicación
10. Año de publicación
11. Notas

Índice alfabético de autores

M

MUNÉVAR MARTÍNEZ, FERNANDO
0647, 0701

Índice alfabético de temas

S

Suelos
0112, 0118, 0257, 0347, 0372, 0399, 0400, 0647, 0701

Referencias bibliográficas de revista Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021)

PALM 2392

EDITORIAL

Balance 2020 del sector en un entorno de COVID-19. 2020 Balance of the Sector in a COVID-19 Environment.

Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 1 p. 8-11

Contiene texto en español e inglés.

PALM 2393

SÁNCHEZ M., BERALDO E. / SOLANO S., JORGE N. / RINCÓN A., ORLANDO

Ceniza volante de palma de aceite: una alternativa en la construcción sostenible. Palm Oil Fly Ash: An Alternative in Sustainable Construction. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 1 p.13-28

Contiene resumen en español e inglés.

PALM 2394

NIÑO M., ANDRÉS F. / CADENA G., OMAR / PINEDA R., JULIETH K. / LATORRE R., SERGIO J. / ROJAS R., OSCAR J. / DURÁN S., CHRISTIAN E. / MATEUS, LUIS A.

Innovación en el tratamiento de la fibra prensada de la palma de aceite mediante la separación de su fase granular. Innovation in the Treatment of Oil Palm Pressed Fiber through the Separation of its Granular Phase. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 1 p. 29-42

Contiene resumen en español e inglés.

PALM 2395

MESA DISHINGTON, JENS

Retos y oportunidades de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia. Challenges and Opportunities of the Oil Palm Agribusiness in Colombia. Memorias de la XVI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 1 p. 44-47

PALM 2396

COOMAN, ALEXANDRE P.

Innovación sectorial para una palmicultura sostenible y resiliente, objetivo de la XVI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite. Sectorial Innovation for Sustainable and Resilient Oil Palm Cultivation, Purpose of the XVI National Technical Meeting in Oil. Memorias de la XVI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite.

Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 1 p. 48-54

PALM 2397

ROMERO A., HERNÁN M. / AYALA, IVÁN M.

Cómo alcanzar 10 toneladas de aceite por hectárea: tecnologías de manejo de los híbridos interespecíficos OxG hacia una producción altamente eficiente. How to Get 10 Tons of Oil per Hectare: Management Technologies of the Interspecific OxG Hybrids towards a Highly Efficient Production. Memorias de la XVI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite

Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 1 p. 55-64

PALM 2398

BAENA S., MARÍA A. / GARCÍA N., JESÚS A. / GONZÁLEZ D., ALEXIS / MONDRAGÓN, ALEXANDRA / CABALLERO B., KENNYHER

La calidad del aceite de palma como un nuevo reto para la palmicultura mundial. *Palm Oil Quality as a New Challenge for Palm Cultivation Worldwide.* Memorias de la XVI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 1 p. 65-80

Contiene resumen en español e inglés.

PALM 2399

ARIAS A., NOLVER A.

Agua y nutrición: eficiencias necesarias frente al cambio y la variabilidad climática. *Water and Nutrition: Necessary Efficiencies Facing of Climate Change and Variability.* Memorias de la XVI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 1 p. 81-95

Contiene resumen en español e inglés.

PALM 2400

MOSQUERA-MONTOYA, MAURICIO

Validación de tecnologías a escala comercial: el salto peligroso de la tecnología. *Scaling up Technologies: The Mortal Leap of Technologies.* Memorias de la XVI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 1 p. 96-98

PALM 2401

HINESTROZA C., ALCIBIADES / BARACALDO, JOSÉ L. / RODRÍGUEZ, ANA K. / OBANDO M., CAROLINA

Retos para el fortalecimiento de la asistencia técnica y oportunidades en la producción de aceite de palma sostenible. *Challenges for Strengthening Technical Assistance and Opportunities in the Production of Sustainable Palm Oil.* Memorias de la XVI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 1 p. 99-106

PALM 2402

OCHOA C., IVÁN E. / PALACIO M., NORBERTO

Contribución al diseño de racimos con ácido α-naftalenacético (ANA). *Contribution to Bunch Design with α-naphthaleneacetic Acid (NAA).* Memorias de la XVI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 1 p. 107-118

Contiene resumen en español e inglés.

PALM 2403

CORREDOR M., JORGE E.

Diseño de fruta en cultivares OxG con el uso estratégico de ANA. *Fruit Design in OxG Cultivars with the Strategic Use of NAA.* Memorias de la XVI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 1 p. 119-129

Contiene resumen en español e inglés.

PALM 2404

NIÑO E., ANDRÉS / GARCÍA P., ALEJANDRA M. / PULIDO Á., NÉSTOR F. / MENDOZA, JORGE / CRUZ, LUIS C. / TORRECILLA R., ENERILSON

Polinización, criterios de cosecha y procesamiento del híbrido OxG en Palmas y Extractora Monterrey S. A. *Pollination, Harvest Criteria and Processing of the OxG Hybrid in Palmas and Extractora Monterrey S. A.* Memorias de la XVI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 1 p. 130-138

Contiene resumen en español e inglés.

PALM 2405

FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE PALMA DE ACEITE, FEDEPALMA

Relación de las demás presentaciones del Módulo 1: Retos y oportunidades para la palmicultura colombiana: híbridos OxG y su procesamiento. *Other Presentations of Module 1: Challenges and Opportunities for Colombian Palm Cultivation: OxG Hybrids and their Processing.*

Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 1 p. 139-140

PALM 2406

OSSA M., MARIO A.

Masa que pasa al digestor, una metodología para la toma de decisiones gerenciales durante el procesamiento de fruto de palma de aceite. *Mass Going to Digester, a Methodology for Managerial Decision-making during Palm Oil Fruit Processing.* Memorias de la XVI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 1 p. 141-148

Contiene resumen en español e inglés.

PALM 2407

SIERRA Z., WILDER F.

Experiencia en el uso de tecnología TD-NRM en Unipalma S. A. *Experience in the Use of TD-NRM Technology in Unipalma S. A.* Memorias de la XVI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 1 p. 149-157

Contiene resumen en español e inglés.

PALM 2408

FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE PALMA DE ACEITE, FEDEPALMA

Relación de las demás presentaciones. *Other Presentations.* Memorias de la XVI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 1 p. 158-152

PALM 2409

FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE PALMA DE ACEITE, FEDEPALMA

Premiación a los mejores pósteres de investigación. *Award for the Best Research Posters.* Memorias de la XVI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 1 p. 163-165

PALM 2410

ENRÍQUEZ C., GABRIEL E. / BELTRÁN G., JORGE A.

Premio al Productor de Pequeña Escala con Mejor Productividad 2020. *Award for the Small-Scale Producer with Best Productivity 2020.* Memorias de la XVI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 1 p. 166-168

PALM 2411

BELTRÁN G., JORGE A.

Resumen y conclusiones de la XVI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite. *Overview and Concluding on the XVI National Technical Meeting in Oil.* Memorias de la XVI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 1 p. 169-172

PALM 2412

VIDAL, ALBERTO

Expopalma: Información de expositores. Memorias de la XVI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 1 p. 173-177

PALM 2413

MESA DISHINGTON, JENS

EDITORIAL

Una institucionalidad gremial de talla mundial para conquistar, desde Colombia, el mundo de los aceites y las grasas. *A world-class institutional framework to conquer the world of oils and fats from Colombia*. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 2 p. 6-9

Contiene texto en español e inglés.

PALM 2414

RAMÍREZ C., NIDIA E. / MUNAR F., DAVID A. / GARCÍA N., JESÚS A. / MOSQUERA-MONTOYA, MAURICIO / FAAIJ, ANDRÉ P. C.

Emisiones de GEI y desempeño económico del sector palmero en Colombia: escenario actual y perspectivas a largo plazo. *The GHG Emissions and Economic Performance of the Colombian Palm Oil Sector: Current Status and Long-term Perspectives.* Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 2 p. 15-48

PALM 2415

MUNAR F., DAVID A. / CHAPARRO T., DIANA C. / RAMÍREZ C., NIDIA E. / GARCÍA N., JESÚS A.

Emisiones de gases de efecto invernadero para diferentes métodos de cosecha, alce y transporte de racimos de fruta fresca de palma de aceite. *Greenhouse Gas Emissions for Different Harvesting, Rising, and Transportation Methods of Oil Palm Fresh Fruit Bunches.* Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 2 p. 49-61

PALM 2416

GUTIÉRREZ, PABLO E. / RICO, DANIEL M.

Estimación del dividendo palmero en Colombia. Efectos de la producción de palma en las condiciones socioeconómicas de los municipios productores, II parte. *Estimation of the Palm Dividend in Colombia. Effects of Oil Palm Production on the Socio-economic Conditions of Producers Municipalities, II Part.* Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 2 p. 62-81

PALM 2417

PÉREZ, WILSON A. / ARIAS A., NOLVER A.

Reducción del malogro en racimos de cultivares híbrido OxG (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*) mediante el uso de buenas prácticas. *Reduction of Oil Palm Bunch Failure in OxG Hybrid Cultivars (Elaeis oleifera x Elaeis guineensis) through the Deployment of Good Practices.* Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 2 p. 82-92

PALM 2418

LÓPEZ V., JUAN M. / MESA F., ELOÍNA / ACOSTA, MARÍA C. / TOVAR, JUAN P.

Descripción del comportamiento de la Marchitez letal de la palma de aceite a partir del análisis epidemiológico temporal. *Describing the Behavior of Lethal Wilt in Oil Palm from Temporal Epidemiological Analysis.* Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 2 p. 93-105

PALM 2419

PÉREZ M., NICOLÁS

EDITORIAL

Fusión científica y gremial. *Scientific and Sector Association Consolidation.* Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 3 p. 8-13

Contiene texto en español e inglés.

PALM 2420

SINISTERRA, KELLY / CAMPEROS, JHONATAN / CORTÉS, INGRID / CAICEDO, ARLEY / CASTILLA, CARLOS / CEBALLOS, DAVID / MOSQUERA-MONTOYA, MAURICIO

Validación a escala comercial del punto óptimo de cosecha para el cultivar híbrido interespecífico OxG (Cereté x Deli). *Commercial Scale Validation of the Optimal Harvest Point for the Interspecific Hybrid Cultivar OxG (Cereté x Deli).* Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 3 p. 15-23

PALM 2421

RAMÍREZ C., NIDIA E. / MUNAR F., DAVID A. / HILST FLOOR VAN DER / ESPINOSA C., JUAN C. / OCAMPO D., ÁLVARO / RUÍZ D., JONATHAN / MOLINA L., DIEGO L. / WICKE, BIRKA / GARCÍA N., JESÚS A. / FAAIJ, ANDRÉ P. C.

Balance de GEI de la intensificación agrícola y la producción de bioenergía en la región de la Orinoquia, Colombia GHG Balance of Agricultural Intensification & Bioenergy Production in the Orinoquia Region, Colombia. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 3 p. 24-61

PALM 2422

GONZÁLEZ D., ALEXIS / GARCÍA N., JESÚS A.

Subproductos de la cadena productiva de la palma de aceite como fuente potencial de fitoquímicos biológicamente activos. *By-products of the Oil Palm Production Chain as a Potential Source of Biologically Active Phytochemicals.* Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 3 p. 62-82

PALM 2423

PEDREIRA G., MARÍA DEL PILAR

Discurso de Asamblea de Afiliados de María del Pilar Pedreira González, Presidenta de la Junta Directiva de Fedepalma. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 3 p. 84-85

PALM 2424

MESA DISHINGTON, JENS

Reflexiones sobre la gremialidad palmera: historia, desafíos y oportunidades. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 3 p. 86-94

PALM 2425

FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE PALMA DE ACEITE, FEDEPALMA

30 años Cenipalma. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 3 p. 95-98

PALM 2426

FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE PALMA DE ACEITE, FEDEPALMA

Reconocimientos a Cenipalma por sus 30 años durante la XXXI Sala General. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 3 p. 99-101

PALM 2427

SARMIENTO G., MIGUEL E.

Palabras de Miguel Eduardo Sarmiento Gómez, Presidente de la Junta Directiva de Cenipalma, XXXI Sala General. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 3 p. 102-106

PALM 2428

COOMAN, ALEXANDRE P.

Cenipalma, tres décadas. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 3 p. 107-112

PALM 2429

PÉREZ M., NICOLÁS

Palabras de Nicolás Pérez Marulanda, Presidente Ejecutivo designado de Fedepalma. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 3 p. 113-115

PALM 2430

FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE PALMA DE ACEITE, FEDEPALMA

Palabras de agradecimiento a Jens Mesa Dishington. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 3 p. 116-118

PALM 2431

ROMERO A., HERNÁN M.

Rendición de cuentas: Mejorar el estatus fitosanitario. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 3 p. 119-123

PALM 2432

BELTRÁN G., JORGE A.

Rendición de cuentas: Incrementar la productividad y optimizar los costos de producción. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 3 p. 124-126

PALM 2433

SARDI B., DANIELLA

Rendición de cuentas: Optimizar la rentabilidad palmera. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 3 p 127-130

PALM 2434

GARCÍA A., ANDRÉS F.

Rendición de cuentas: Consolidar una palmicultura sostenible. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 3 p. 131-134

PALM 2435

LEZACA M., JUAN F.

Rendición de cuentas: Fortalecer la institucionalidad en el sector de la palma de aceite. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 3 p. 135-137

PALM 2436

TRIANA S., CRISTINA

Rendición de cuentas: Información financiera de organizaciones gremiales y cuentas especiales administradas por Fedepalma. Fecha de corte, diciembre de 2020. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 3 p. 138-146

PALM 2437

FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE PALMA DE ACEITE, FEDEPALMA / CORPORACIÓN CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN PALMA DE ACEITE. CENIPALMA

Sesiones Estatuarias del XLIX Congreso Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, XLIX Asamblea General de Fedepalma y XXXI Sala General de Cenipalma. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 3 p. 147-149

PALM 2438

ZEA N., RODOLFO

Conversatorio con Rodolfo Zea Navarro, Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 3 p. 150-165

PALM 2439

PEDREIRA G., MARÍA DEL PILAR

Palabras de María del Pilar Pedreira González en el acto de instalación. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 3 p. 166-168

PALM 2440

MESA DISHINGTON, JENS

Saludo de Jens Mesa Dishington, Presidente Ejecutivo de Fedepalma, a Iván Duque Márquez, Presidente de la República. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 3 p. 169-171

PALM 2441

DUQUE MÁRQUEZ, IVÁN

Palabras de Iván Duque Márquez, Presidente de la República de Colombia. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 3 p. 172-177

PALM 2442

MOLANO A., DIEGO

Conversatorio con Diego Molano Aponte, Ministro de Defensa Nacional. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 3 p. 178-185

PALM 2443

FRY, JAMES

Perspectivas de precios y mercados de aceites y grasas por James Fry. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 3 p. 186-193

PALM 2444

BORTHWICK, FIONA

Desarrollo del capital humano en la agricultura: cómo la enseñanza y la formación pueden mejorar la innovación de los sistemas alimentarios. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 3 p. 194-197

PALM 2445

GAUTTIER, FANNY

Acciones de la Unión Europea para proteger y restaurar los bosques en el mundo. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 3 p. 198-201

PALM 2446

MESA DISHINGTON, JENS

Palabras de bienvenida al Evento de Sostenibilidad. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 3 p. 202-204

PALM 2447

FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE PALMA DE ACEITE, FEDEPALMA

12° Concurso Nacional de Fotografía Ambiental y Social en Zonas Palmeras. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 3 p. 205-214

PALM 2448

FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE PALMA DE ACEITE, FEDEPALMA.

Programa de Aceite de Palma Sostenible de Colombia. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 3 p. 215-216

PALM 2449

FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE PALMA DE ACEITE, FEDEPALMA

Reconocimiento a empresas certificadas en sostenibilidad. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 3 p. 217-219

PALM 2450

BUCHANAN, JOHN

Cambios en los enfoques de las cadenas de suministro sostenibles, ¿oportunidades para Colombia? Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 3 p. 220-226

PALM 2451

FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE PALMA DE ACEITE, FEDEPALMA

Premio a la Mujer Palmera 2021. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 3 p. 227-229

PALM 2452

FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE PALMA DE ACEITE, FEDEPALMA

Movimiento Palmas por el Planeta. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 3 p. 230

PALM 2453

ALMONACID, JAIRO

Expopalma: Información de expositores. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 3 p. 231-235

PALM 2454

EDITORIAL

Sostenibilidad y salud y nutrición ¿Qué hay de nuevo en investigación? *Sustainability and health and nutrition What's new in research?* Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 4 p. 6-7

Contiene texto en español e inglés.

PALM 2455

MOSQUERA-MONTOYA, MAURICIO / RUIZ-ÁLVAREZ, ELIZABETH / MUNÉVAR, DANIEL A. / MORENO, LIZZETH / ESTUPIÑÁN, MARÍA / GUERRERO, ANDERSON E. / CALA, SILVIA L. / SIERRA, SONIA M.

Costos de producción 2020 para empresas *benchmark* de la agroindustria de la palma en Colombia. *2020 Production Costs for Benchmark Companies of the Colombian Oil Palm Agroindustry.* Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 4 p. 8-20

Contiene resumen en español e inglés.

PALM 2456

FAUZI KHAIR / DENDHY INDRA WIJAYA / HUBERTUS DAVY YULIANTO / KHRISTIAN EDI NUGROHO SOEBANDRIJA

Diseño de la medición del rendimiento para una cadena de suministro sostenible de las empresas de aceite de palma crudo (APC) utilizando el enfoque de gestión de la cadena de suministro *lean* y *green* (LGCSM) (estudio de caso: empresa de aceite de palma de Indonesia). *Designing the Performance Measurement for Sustainable Supply Chain of the Crude Palm Oil (CPO) Companies Using Lean & Green Supply Chain Management (LGSCM) Approach (Case Study: Indonesia's Palm Oil Company).* Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 4 p. 21-32

Contiene resumen en español e inglés.

PALM 2457

GONZÁLEZ-DELGADO, ÁNGEL D. / BARAJAS-SOLANO, ANDRÉS F. / LEÓN-PULIDO, JEFFREY

Evaluación de la sostenibilidad y seguridad inherente de un proceso de producción de aceite de palma en el norte de Colombia. Evaluating the Sustainability and Inherent Safety of a Crude Palm Oil Production Process in North-Colombia. Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 4 p. 33-49

Contiene resumen en español e inglés.

PALM 2458

GALLEMORE CALEB / JESPERSEN KRISTJAN

¿Compensación *offsetting*, *insetting* o ambas? Tendencias actuales en la certificación sostenible del aceite de palma. Offsetting, Insetting, or Both? Current Trends in Sustainable Palm Oil Certification

Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 4 p. 50-59

Contiene resumen en español e inglés.

PALM 2459

MINAL JOHARI

Características del aceite de palma/oleína de palma como aceite de fritura

Characteristics of Palm Oil/Palm Olein as a Frying Oil

Palmas (Colombia) Vol. 42 (2021): No. 4 p. 70-75

Contiene resumen en español e inglés.

Índice de secciones de revista Palmas volumen 42, 2021

A

ACTO DE INSTALACIÓN
2395 2396

ACTO ESPECIAL
2439 2440 2441

C

CONVERSATORIO
2438 2442

CULTIVO
2420

E

EDITORIAL
2392 2413 2419 2454

EVENTO DE SOSTENIBILIDAD PALMERA
2446 2447 2448 2449
2450 2451 2452

I

INFORME DE GESTIÓN Y LABORES
2431 2432 2433 2434
2435 2436

M

MEMORIAS DE LA XVI REUNIÓN TÉCNICA NACIONAL DE PALMA DE ACEITE
2395 2396 2397 2398
2399 2400 2401 2402
2403 2404 2405 2406
2407 2408 2409 2410
2411 2412

MEMORIAS DEL XLIX CONGRESO NACIONAL DE CULTIVADORES DE PALMA DE ACEITE 2021
2423 2424 2425 2426
2427 2428 2429 2430
2431 2432 2433 2434
2435 2436 2437 2438
2439 2440 2441 2442
2443 2444 2445 2446
2447 2448 2449 2450
2451 2452 2453

MÓDULO 1: RETOS Y OPORTUNIDADES PARA LA PALMICULTURA COLOMBIANA: HÍBRIDOS OXG Y SU PROCESAMIENTO
2402 2403 2404 2405

MÓDULO 2: MEJORAS EN PLANTAS DE BENEFICIO PARA INCREMENTAR CALIDAD DE ACEITE Y SOSTENIBILIDAD
2406 2407

O

OTROS
2408 2409 2410 2411
2412 2453

S

SALUD Y NUTRICIÓN
2459

SANIDAD
2417 2418

SESIÓN ESTATUARIA CONJUNTA
2423 2424 2425 2426
2427 2428 2429 2430

SESIONES ESTATUARIAS
2437

SESIONES PLENARIAS
2397 2398 2399 2400
2401

SESIONES SOBRE TEMÁTICAS DE INTERÉS SECTORIAL
2443 2444 2445

SOSTENIBILIDAD
2393 2414 2415 2416
2421 2455 2456 2457
2458

V

VALOR AGREGADO
2394 2422

Índice alfabético de autores de revista Palmas volumen 42, 2021

A

ACOSTA, MARÍA C.
2418
ARIAS A., NOLVER A.
2399 2417
AYALA, IVÁN M.
2397

B

BAENA S., MARÍA A.
2398
BARACALDO, JOSÉ L.
2401
BARAJAS-SOLANO, ANDRÉS F.
2457
BELTRÁN G., JORGE A.
2410 2411 2432
BORTHWICK, FIONA
2444
BUCHANAN, JOHN
2450

C

CABALLERO B., KENNYHER
2398
CADENA G., OMAR
2394
CAICEDO, ARLEY
2420
CALA, SILVIA L.
2455
CAMPEROS, JHONATAN
2420
CASTILLA, CARLOS
2420
CEBALLOS, DAVID
2420
CHAPARRO T., DIANA C.
2415
COOMAN, ALEXANDRE P.
2396 2428
CORPORACIÓN CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN PALMA DE ACEITE. CENIPALMA
2437
CORREDOR M., JORGE E.
2403
CORTÉS, INGRID
2420
CRUZ, LUIS C.
2404

D

DENDHY INDRA WIJAYA
2456
DUQUE MÁRQUEZ, IVÁN
2441
DURÁN S., CHRISTIAN E.
2394

E

ENRÍQUEZ C., GABRIEL E.
2410
ESPINOSA C., JUAN C.
2421
ESTUPIÑÁN, MARÍA
2455

F

FAAIJ, ANDRÉ P. C.
2414
FAUZI KHAIR
2456
FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE PALMA DE ACEITE, FEDEPALMA
2392 2405 2408 2409
2425 2426 2430 2437
2447 2448 2449 2451
2452 2454
FRY, JAMES
2443

G

GALLEMORE CALEB
2458
GARCÍA A., ANDRÉS F.
2434
GARCÍA N., JESÚS A.
2398 2414 2415 2422
GARCÍA P., ALEJANDRA M.
2404
GAUTTIER, FANNY
2445
GONZÁLEZ D., ALEXIS
2398 2422
GONZÁLEZ-DELGADO, ÁNGEL D.
2457
GUERRERO, ANDERSON E.
2455
GUTIÉRREZ, PABLO E.
2416

H

HILST FLOOR VAN DER
2421
HINESTROZA C., ALCIBIADES
2401
HUBERTUS DAVY YULIANTO
2456

J

JESPERSEN KRISTJAN
2458

K

KHRISTIAN EDI NUGROHO SOEBANDRIJA
2456

L

LATORRE R., SERGIO J.
2394
LEÓN-PULIDO, JEFFREY
2457
LEZACA M., JUAN F.
2435
LÓPEZ V., JUAN M.
2418

M

MATEUS, LUIS A.
2394
MENDOZA, JORGE
2404
MESA DISHINGTON, JENS
2395 2413 2424 2440 2446
MESA F., ELOÍNA
2418
MINAL JOHARI
2459
MOLANO A., DIEGO
2442
MOLINA L., DIEGO L.
2421
MONDRAGÓN, ALEXANDRA
2398
MORENO, LIZZETH
2455
MOSQUERA-MONTOYA, MAURICIO
2400 2414 2420 2455
MUNAR F., DAVID A.
2414 2415 2421
MUNÉVAR, DANIEL A.
2455

N

NIÑO E., ANDRÉS
2404
NIÑO M., ANDRÉS F.
2394

O

OBANDO M., CAROLINA
2401
OCAMPO D., ÁLVARO
2421
OCHOA C., IVÁN E.
2402
OSSA M., MARIO A.
2406

P

PALACIO M., NORBERTO
2402
PEDREIRA G., MARÍA DEL PILAR
2423 2439
PÉREZ M., NICOLÁS
2419 2429
PÉREZ, WILSON A.
2417
PINEDA R., JULIETH K.
2394
PULIDO Á., NÉSTOR F.
2404

R

RAMÍREZ C., NIDIA E.
2414 2415 2421
RICO, DANIEL M.
2416
RINCÓN A., ORLANDO
2393
RODRÍGUEZ, ANA K.
2401
ROJAS R., ÓSCAR J.
2394
ROMERO A., HERNÁN M.
2397 2431
RUÍZ D., JONATHAN
2421
RUIZ-ÁLVAREZ, ELIZABETH
2455

S

SÁNCHEZ M., BERALDO E.
2393
SARDI B., DANIELLA
2433
SARMIENTO G., MIGUEL E.
2427
SIERRA Z., WILDER F.
2407
SINISTERRA, KELLY
2420
SOLANO S., JORGE N.
2393

T

TORRECILLA R., ENERILSON
2404
TOVAR, JUAN P.
2418
TRIANA S., CRISTINA
2436

V

VIDAL, ALBERTO
2412
2453

W

WICKE, BIRKA
2421

Z

ZEA N., RODOLFO
2438

Índice alfabético de temas de revista Palmas volumen 42, 2021

A

ABRASIÓN
2393
ACACIA
2421
ACEITE CRUDO DE PALMA
2398 2455
ACEITE DE PALMA
2392 2394 2398 2414
2416 2419 2420 2421
2425 2428 2432 2433
2434 2435 2442 2443
2448 2456 2458 2459
ACEITE DE PALMA SOSTENIBLE
2446
ACEITES Y GRASAS
2413 2422
ÁCIDOS GRASOS
2459
ACTIVADOR ALCALINO
2393
ACTIVOS
2436
ACUERDO CERO DEFORESTACIÓN
2450
ADAPTACIÓN
2399 2429
AGENDA ACADÉMICA
2411
AGRADECIMIENTO
2429 2430
AGRICULTURA
2441
AGRICULTURA DE PRECISIÓN
2409
AGROINDUSTRIA DE LA PALMA DE ACEITE
2395 2396 2400 2413
2420 2427 2430 2438
2439
ALIMENTACIÓN ANIMAL
2394
ALIVIOS FINANCIEROS
2441
ANÁLISIS
2406
ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA
2415
ANÁLISIS DE RACIMO
2402
ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD
2414
ANIMALES
2415
ANTESIS
2402 2405
ANTIOXIDANTES
2422
ASISTENCIA TÉCNICA
2401 2428
AUTOABASTECIMIENTO
2392
AUXINA
2402

B

BENCHMARKING
2454
BIOCOMBUSTIBLE
2421 2433
BIODIVERSIDAD
2446
BIOMASA
2414 2421
BOSQUES
2445
BRASIL
2457
BUENAS PRÁCTICAS
2454

C

CABLE VÍA
2415
CADENA DE SUMINISTRO
2450 2456
CADENA DE VALOR
2433
CADENA PRODUCTIVA
2422
CALIDAD
2395 2398 2396 2420
CALIDAD DEL ACEITE
2408
CAMBIO DE USO DE SUELO
2421
CAMPAÑA
2452
CAÑA DE AZÚCAR
2421
CAROTENOIDES
2422
CATATUMBO, COLOMBIA
2442
CATEGORÍA AMBIENTAL
2447
CATEGORÍA SOCIAL
2447
CEMENTO PORTLAND
2393
CENIPALMA
2424 2426 2428
CENIZA
2393
CERTIFICACIÓN
2449 2458
CERTIFICACIÓN INTERNACIONAL DE SOSTENIBILIDAD Y CARBONO (ISCC)
2449

CERTIFICACIÓN RAINFOREST ALLIANCE
2449
CIERRE DE BRECHAS
2432
CLIMA
2399
COBERTURA
2399
COLOMBIA
2413 2457
COMERCIALIZACIÓN
2398 2433
COMPOSICIÓN DEL ACEITE DE PALMA
2398
CONCURSO NACIONAL DE FOTOGRAFÍA
2447
CONSERVACIÓN
2445
CONTAMINACIÓN
2398
CONTAMINACIÓN DEL ACEITE
2398
CONTROL DE ENFERMEDADES
2418 2431
CONTROL DE PLAGAS
2431
COSECHA
2397 2404
COSTOS
2455
COVID-19
2392
CULTIVAR
2403
CULTIVOS ILÍCITOS
2416

D

DEFENSA Y SEGURIDAD
2442
DÉFICIT HÍDRICO
2408
DEFORESTACIÓN
2445
DESARROLLO RURAL
2441 2442 2438
DESARROLLO SECTORIAL
2424
DESEMPEÑO ECONÓMICO
2414
DIGESTOR
2406
DIPLOMACIA COMERCIAL
2392
DIVIDENDO PALMERO
2416

E

ECONOMÍA
2419 2443
ECONOMÍA CIRCULAR
2408
EDUCACIÓN
2416
EFICACIA EN EL USO DEL AGUA
2399
EFICIENCIA
2407
EFICIENCIA ECONÓMICA
2400
EFICIENCIA ENERGÉTICA
2457
ELAEIS GUINEENSIS
2432 2455
EMISIONES
2415
EMPRESAS
2449
ENFERMEDADES DE LA PALMA DE ACEITE
2418
ESCALAMIENTO DE TECNOLOGÍAS
2409
ESTADÍSTICAS
2402 2424 2434
ESTADOS FINANCIEROS
2436
ESTÁNDARES AMBIENTALES
2458
ESTENOPERMOCÁRPIA
2403
ESTIMACIÓN
2455
EUROPA
2443
EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD
2457
EVALUACIÓN ECONÓMICA
2414
EVENTOS
2434
EXPOSITORES
2412 2453
EXTENSIÓN
2427
EXTENSIÓN DE TECNOLOGÍAS
2409
EXTENSIÓN RURAL
2432 2444
EXTRACCIÓN
2414 2420 2457

F

FENOLOGÍA
2404
FIBRA DE MESOCARPIO
2394
FINANCIAMIENTO
2438
FITOEPIDEMIOLOGÍA
2418
FITONUTRIENTES
2398
FONDO DE FOMENTO PALMERO
2436
FONDO DE SOLIDARIDAD PALMERO
2435
FONDO ESTABILIZACIÓN DE PRECIOS
2436
FORMALIZACIÓN LABORAL
2441
FOTOGRAFÍAS
2447
FRITURA
2459
FRUTO
2403
FUERZA PÚBLICA
2442

G

GANADERÍA
2421

GANADORES
2410 2447
GASES DE EFECTO INVERNADERO
2415
GENERACIÓN DE ENERGÍA
2421 2433 2440 2443
GESTIÓN AMBIENTAL
2445 2446
GESTIÓN EMPRESARIAL
2431 2456
GESTIÓN FINANCIERA
2436 2438
GESTIÓN GREMIAL
2427 2429 2438 2440
GESTIÓN SOCIAL
2446

H

HÍBRIDO INTERESPECÍFICO OXG
2397 2402 2403 2404
HÍBRIDO OXG
2432 2455
HISTORIA
2413 2424 2425 2428
HUELLA DE CARBONO
2414

I

INDICADORES
2408 2456
ÍNDICE DE ESTABILIDAD OXIDATIVA
2459
INFORME DE GESTIÓN
2431 2432 2433 2434 2435 2436
INNOVACIÓN
2395 2396 2417 2420 2444
INNOVACIÓN AGROPECUARIA
2419
INSTITUCIONALIDAD
2413 2423 2424 2425 2427 2436
INTERNACIONALIZACIÓN
2413 2419 2424 2439
INVERSIÓN
2396 2425 2427 2428 2435

J

JENS MESA DISHINGTON
2429 2430
JUNTA DIRECTIVA FEDEPALMA
2437
LABORATORIO DE ANÁLISIS FOLIAR Y DE SUELOS (LAFS)
2425
LEGISLACIÓN
2445
LÍNEA BASE DE DEFORESTACIÓN
2450
LINEAMIENTOS
2401
LINEAMIENTOS DE INVERSIÓN
2437
LUKER AGRÍCOLA
2418

M

MADUREZ
2406
MAGDALENA, COLOMBIA
2392
MALASIA
2457
MANEJO FITOSANITARIO
2409 2431
MANO DE OBRA
2400 2416
MARCHITEZ LETAL
2392 2418
MARÍA LA BAJA, COLOMBIA
2442
MATERIAL DE SIEMBRA
2428
MECANIZACIÓN
2415
MEDIOAMBIENTE
2450
MEJORES PRÁCTICAS AGRÍCOLAS
2401
MENCIONES
2447
MERCADOS
2419 2424 2433 2438 2439 2443
MESA REDONDA DE ACEITE DE PALMA SOSTENIBLE (RSPO)
2449 2458
METODOLOGÍA
2393 2406 2420
MÉTODOS DE COSECHA
2415
MICROSCOPÍA
2393
MODELOS
2456
MODELOS TEMPORALES
2418
MONTES DE MARÍA, COLOMBIA
2442
MORTERO
2393
MOVILIZACIÓN
2438
MUNICIPIOS
2416

N

NEGOCIO
2456
NICOLÁS PÉREZ MARULANDA
2440
NORMATIVIDAD
2398
NÚCLEOS PALMEROS
2401 2432
NUTRICIÓN
2399

O

OFERTA Y DEMANDA
2443
OLEÍNA DE PALMA
2459
OPORTUNIDADES
2419

P

PALABRAS DE AGRADECIMIENTO
2439 2440 2446
PALMA DE ACEITE
2397 2399 2414 2415 2419 2420 2422 2425 2428 2431 2432 2433

2434 2435 2442 2443
2447 2448 2450 2452
2454 2455 2457
PALMAR DE ORIENTE
2418
PALMAS MONTERREY S. A.
2404
PALMASOL S. A. S
2405
PANDEMIA
2392 2435 2437 2441
2450
PARAFISCALIDAD
2424
PARTENOCARPIA
2402 2403
PASIVOS
2436
PATRIMONIO
2436
PÉRDIDAS DE ACEITE
2407
PLANTA DE BENEFICIO
2406 2407
PLANTACIÓN SANTA SOFÍA
2408
PLANTAS DE BENEFICIO
2394
POLINIZACIÓN
2397 2408
POLINIZACIÓN ARTIFICIAL
2403 2404 2405 2417
2420
POLÍTICA PÚBLICA
2441
POSICIONAMIENTO
2424
PÓSTER
2409
POTENCIAL DE ACEITE
2406 2408
PRÁCTICAS AGRÍCOLAS
2417
PRECIOS
2433 2443
PREMIACIÓN
2410 2410 2411 2451
PREMIO A LA MUJER PALMERA
2451
PRINCIPIOS
2448
PROCESAMIENTO
2404
PROCESOS
2407
PRODUCCIÓN
2392 2397 2416 2425
2431 2434 2438 2454
PRODUCTIVIDAD
2401 2410 2432 2443
2444 2455
PRODUCTORES
2401
PRODUCTOS AGRÍCOLAS
2445
PROGRAMA DE ACEITE DE PALMA SOSTENIBLE DE COLOMBIA
2448
PROMOTORA PALMERA
2405
PROPIEDADES
2459
PROPIEDADES MECÁNICAS
2393
PROYECTOS
2435
PUBLICACIONES
2434
PUBLICIDAD
2433
PUDRICIÓN DEL COGOLLO
2392

R

RACIMO
2406
RACIMO FRUTA FRESCA
2455
REACTIVACIÓN ECONÓMICA
2441 2438
RECONOCIMIENTOS
2426 2429 2437 2441
2446 2449 2451
REGULACIÓN
2445
REGULADOR DE CRECIMIENTO
2402
RENDIMIENTO
2417 2443
REPRESENTACIÓN GREMIAL
2425
RESERVA DE CARBONO
2414
RESONANCIA MAGNÉTICA
2407
RESPONSABILIDAD SOCIAL
2434
RETOS
2396 2397 2401 2419
2424 2427 2429 2438
2439 2440
RIESGO
2457

S

SALUD
2416
SALUD Y NUTRICIÓN
2454
SANIDAD
2397
SEGURIDAD
2442
SEGURIDAD ALIMENTARIA
2392 2444
SESIONES ESTATUTARIAS
2437
SISTEMAS BIOENERGÉTICOS
2457
SISTEMAS DE MONITOREO
2450
SOSTENIBILIDAD
2395 2396 2401 2419
2421 2423 2434 2440
2444 2446 2449 2450
2454 2456
SUBPRODUCTOS
2394 2422
SUELO
2399

T

TASA DE EXTRACCIÓN
2406
TECNOLOGIA
2395 2396 2399 2400
2417 2425 2428
TEMPERATURA DE CURADO
2393
TEORÍA DEL COMPORTAMIENTO
2444

TRABAJO
2441
TRACTORES
2415
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA
2428 2432
TRICHODERMA SP
2408
TUMACO
2442

U

UNIÓN EUROPEA
2445

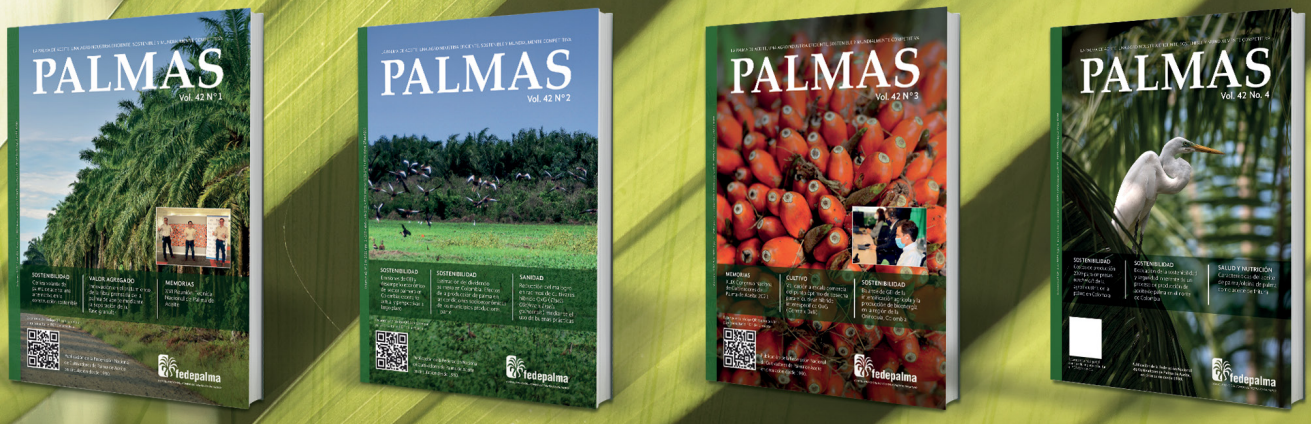
V

VALOR AGREGADO
2394
VIDEO
2452
VITAMINA E
2422

X

XLIX ASAMBLEA GENERAL DE FEDEPALMA
2437
XXXI SALA GENERAL DE CENIPALMA
2437

Paute con nosotros



Comercialización

Jairo Almonacid Guerrero
jalmonacid@fedepalma.org
Celular: 317 573 1521

#PALMASPOR ELPLANETA

Un movimiento que hace ECO

¿Sabías que cada litro de aceite puede contaminar hasta mil litros de agua? Únete al movimiento para reciclar el aceite de cocina usado y protege nuestros ríos y ecosistemas.

ENCUENTRA EL PUNTO DE RECICLAJE MÁS CERCANO AQUÍ:

¿CÓMO RECICLAR?

- Déjalo reposar entre 2-3 horas.
- Envasa el aceite de cocina usado en una botella plástica.
- Asegúrate que quede bien tapado y llévalo a un punto de reciclaje.

ACEITE DE PALMA
100%
COLOMBIANO

Esta publicación es propiedad de la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, Fedepalma, por tanto, ninguna parte del material ni su contenido, ni ninguna copia del mismo puede ser alterada en forma alguna, transmitida, copiada o distribuida a terceros sin el consentimiento expreso de la Federación. Al realizar la presente publicación, la Federación ha confiado en la información proveniente de fuentes públicas o fuentes debidamente publicadas. Contiene recomendaciones o sugerencias que profesionalmente resultan adecuadas e idóneas con base en el estado actual de la técnica, los estudios científicos, así como las investigaciones propias adelantadas. A menos que esté expresamente indicado, no se ha utilizado en esta publicación información sujeta a confidencialidad ni información privilegiada o aquella que pueda significar incumplimiento a la legislación sobre derechos de autor. La información contenida en esta publicación es de carácter estrictamente referencial y así debe ser tomada y está ajustada a las normas nacionales de competencia, Código de Ética y Buen Gobierno de la Federación, respetando en todo momento la libre participación de las empresas en el mercado, el bienestar de los consumidores y la eficiencia económica.

LA PALMA DE ACEITE, UNA AGROINDUSTRIA EFICIENTE, SOSTENIBLE Y MUNDIALMENTE COMPETITIVA

PALMAS

La revista Palmas Volumen 42, Número 4, fue editada por la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, Fedepalma. Se terminó de imprimir y encuadernar en los talleres de Estudio 45-8 S. A. S. en la ciudad de Bogotá-Colombia, con un tiraje de 1.500 ejemplares sobre papel Bond blanco de 90 g.