

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

# PALMAS



---

Memorias de la  
XIX Conferencia  
Internacional sobre  
Palma de Aceite  
Tomo II

---



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

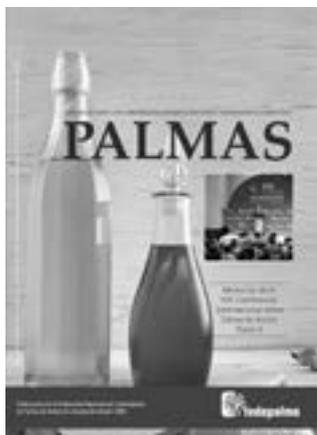


Foto portada: Esteban Mantilla. XIX Conferencia  
Internacional sobre Palma de Aceite. Cartagena,  
Colombia. 2018

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:  
<http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas>

Jens Mesa Dishington  
Presidente Ejecutivo de Fedepalma

Alexandre Patrick Cooman  
Director General de Cenipalma

Jorge Alonso Beltrán Giraldo  
Director de Extensión

Alcibiades Hinestroza Córdoba  
Gerente XIX Conferencia Internacional sobre Palma de Aceite

Alberto Vidal Gutiérrez  
Responsable XIX Conferencia Internacional  
sobre Palma de Aceite

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

Comité Editorial  
Jens Mesa Dishington  
Boris Hernández Salame  
Jaime González Triana  
Juan Fernando Lezaca Mendoza  
Tatiana Pretelt de la Espriella

Coordinación Editorial  
Yolanda Moreno Muñoz  
Esteban Mantilla

Traducción  
Carlos Arenas París

Diseño y Diagramación  
Ximena Díaz Ortiz

Impresión  
Javegraf

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

## 6 PRESENTACIÓN

## MÓDULO 2: PLANTAS DE BENEFICIO, VALOR AGREGADO, CALIDAD Y USOS DEL ACEITE DE PALMA

### SESIÓN 1. CALIDAD DEL FRUTO Y POTENCIAL DE ACEITE

---

- 9 Detector de madurez en palma de aceite (OPRID) y método térmico no destructivo para estimar la calidad del aceite de palma  
*Oil Palm Ripeness Detector (OPRID) and Non-Destructive Thermal Method of Palm Oil Quality Estimation*  
Shariff, R.
- 18 Maximización de la TEA de racimos de híbridos interespecíficos OxG mediante la implementación de puntos óptimos de cosecha específicos para cada cultivar  
*OER Maximization in FFB of OxG Interspecific Hybrids Via the Implementation of Optimal Harvesting Points Specific to Each Cultivar*  
Romero, H.
- 20 Uso de resonancia magnética en la investigación del potencial de aceite en frutas, su composición y pérdidas  
*Use of Magnetic Resonance in Research of Oil Potential in Fruits, its Composition and Losses*  
Consalter, D.
- 29 Masa que pasa al digestor (MPD) como metodología para la estimación del potencial de aceite industrial  
*MPD Method (Mass Passing to Digester) for Estimating the Potential of Industrial Oil*  
Ramírez, N.

### SESIÓN 2 ASPECTOS DE PROCESAMIENTO Y GERENCIA DE PLANTAS DE BENEFICIO

---

- 39 Proceso de extracción para la producción de glucosa y xilosa a partir de  $\alpha$ -celulosa y hemicelulosa presente en racimos de fruta fresca (RFF). Una alta cuantía en la producción de glucosa/xilosa garantiza una tasa de extracción de aceite (TEA) más alta  
*Milling Process to Produce Glucose and Xylose from  $\alpha$ -Cellulose and Hemicellulose of FFB. High Quantum of Glucose/Xylose Produced Guarantees Higher OER*  
Ariffin, A.

- 50 Mantenimiento como valor agregado en plantas de beneficio  
*Maintenance as Value Added in Oil Palm Mills*  
Ortiz, D.
- 56 Evaluación HIRA asistida por computador de peligros potenciales en la producción de aceite de palma crudo  
*Computer-assisted Hira Assessment of Hazardous in the Production of Crude Palm Oil*  
González, A.
- 67 Espectroscopía infrarroja para la palma de aceite: mejorando la eficiencia de los análisis de calidad de aceite y potencial de aceite  
*Infrared Spectroscopy for Oil Palm: Improving the Efficiency of Oil Quality Analysis and Oil Potential*  
Ramírez-Lopez, L.
- 69 Mitigación de 3-MCPDE y GE mediante diversas tecnologías de proceso  
*Mitigation of 3-MCPDE and GE through Various Process Technologies*  
Baldini, R.

### **SESIÓN 3: USOS ALTERNOS DE LA BIOMASA**

---

- 76 Convirtiendo una planta de beneficio en una biorrefinería: paso de tecnologías por el valle de la muerte  
*Turning an Oil Palm Mill into a Biorefinery: The Passage of Technologies through the Valley of Death*  
García, J.
- 104 De qué manera la producción sostenible de bioenergía puede contribuir al desarrollo de Colombia  
*How Sustainable Bioenergy Production Can Contribute to the Development of Colombia*  
Diaz-Chavez, R.
- 119 Productos de alto valor agregado a partir de la tusa de palma de aceite  
*High Valuable-Added Products from Oil Palm Empty Fruit Bunches*  
López, D.
- 129 Desarrollo de proyectos de biogás en Felda Palm Industries. Reflexiones, camino a seguir y oportunidades de generación de valor para el biogás a base de aceite de palma – Bio CNG y biogás para generación de energía fuera de la red  
*Development of Biogas Projects in Felda Palm Industries. Reflections & Way Forward and Opportunities for Value Creation in Palm Oil Based Biogas –Bio CNG and Biogas for Off-grid Power*  
Dzulkiflee, M.
- 131 Comercialización de energía a partir de biomasa-Modelo de negocio  
*Marketing of Biomass Derived of Energy - Business Model*  
Valencia, J.

### **SESIÓN 4. CALIDAD Y USOS DEL ACEITE**

---

- 135 Reducción de 3-MCPD y ésteres de glicidilo en aceite de palma mediante modificación del proceso de refinación  
*Mitigation of 3-MCPD and Glycidyl Esters in Palm Oil Via Modification of Refining Processes*  
Tan, C.

- 145 El aceite híbrido Sioma® - Características y aplicaciones  
*Sioma® Hybrid Oil – Characteristic and Applications*  
Muñoz, J.
- 154 Una plataforma tecnológica innovadora para el fraccionamiento multietapa consistente de aceite de palma  
*An Innovative Technology Platform for Consistent Multistage Fractionation of Palm Oil*  
Muñoz, J.
- 163 Desarrollo tecnológico para la eliminación de la filtrabilidad en biodiésel producido a partir de aceite de palma  
*Technological Development for the Elimination of Limitations of Filterability in Biodiesel Produced from Palm Oil*  
Sarmiento, J.

## MÓDULO 3: SOSTENIBILIDAD Y ENTORNO DEL MERCADO

### SESIÓN 1. RESPONSABILIDAD Y SOSTENIBILIDAD

---

- 169 Palma de aceite y biodiversidad: ¿qué sabemos? ¿para dónde vamos?  
*Oil Palm and Biodiversity: What Do We know? Where Are We Headed?*  
García-Ulloa, J.
- 175 Paisaje Palmero Biodiverso: una apuesta del sector palmero colombiano por desarrollar una agroindustria en armonía con nuestra riqueza natural  
*Biodiverse Palm Landscape: a Commitment of the Colombian Oil Palm Sector in Order to Develop an Agribusiness in Harmony with our Natural Wealth*  
Espinosa, J.
- 188 Oportunidades para la palma de aceite sostenible en Colombia  
*Opportunities for the Sustainable Oil Palm of Colombia*  
Furumo, P.
- 197 Inclusión de la actividad de cultivo de palma de aceite en la comunidad indígena de los Secoya  
*Inclusion of the Oil Palm Cultivation Activity in the Secoya Indigenous Community*  
Piyahuaje, E.
- 201 Trabajo decente y desarrollo rural  
*Decent Work and Rural Development*  
Morales, J.
- 206 Repensando la grasa saturada  
*Rethinking Saturated Fat*  
Ismail, A.
- 211 Vitamina E y tocotrienoles en la enfermedad renal crónica, ¿cumplen alguna función?  
*Vitamin E and Tocotrienols in Chronic Kidney Disease, is There a Role?*  
Khosla, P.
- 222 Grasas: nutriente estigmatizado en pediatría  
*Fats: Stigmatized Nutrient in Pediatrics*  
Álvarez, N.

- 228 Sin aceite de palma, con más grasas saturadas. Una investigación comparativa sobre el perfil nutricional indicado en el empaque de 25 productos alimenticios en Italia. ¿Aceite de palma = más grasas saturadas? ¡Falso!  
*Palm Oil Free, with More Saturated Fats. A Comparative Research on Nutritional Profile Indicated on the Packaging of 25 Food Products in Italy. Palm Oil = More Saturated Fats? False!*  
Paganini, P.
- 235 Transesterificación enzimática de aceite de palma como alternativa para producción de alimentos libres de grasas *trans*  
*Enzymatic Palm Oil Transesterification as an Option for the Production of Trans Fat Free Foods*  
López, G.

## SESIÓN 2. ENTORNO ECONÓMICO MUNDIAL

- 244 Situación actual y perspectivas del aceite de palma sostenible a nivel mundial  
*Current Situation and Perspectives of Sustainable Palm Oil in the World*  
Klepper, G.
- 245 La perspectiva económica y del mercado para la agroindustria de la palma de aceite en 2018-2019  
*The Economic and Market Outlook for the Palm Oil Industry in 2018-2019*  
Fry, J.
- 255 Tendencias del mercado mundial de fertilizantes  
*World Trends in the Global Fertilizer Market*  
Mello, M.
- 257 Desafíos y oportunidades del aceite de palma en Europa  
*Palm Oil Challenges and Opportunities in Europe*  
Olivero, J.
- 271 La revolución de los alimentos ¿Qué está haciendo su marca y qué tan rápido?  
*The Food Revolution What is Your Company Doing to Survive and How Fast?*  
Fedepalma
- 275 Rappi: cambiando el ecosistema comercial en América Latina  
*Rappi: Changing the Retail Ecosystem in Latin America*  
Fedepalma
- 278 Neuromarketing para productos saludables. El gran reto de la industria alimenticia  
*Neuromarketing for Healthy Products The Great Challenge of the Food Industry*  
Fedepalma
- 281 Las ideas, más poderosas que las balas  
*Ideas: More Powerful than Bullets*  
Fedepalma

## 284 REGISTRO FOTOGRÁFICO

## 286 CATÁLOGO DE EXPOSITORES EXPOPALMA 2018

## Presentación

---

Colombia se ha convertido en referente en palma de aceite, siendo el primer productor de aceite de palma en América y el cuarto a nivel mundial. Fedepalma, como representante del gremio palmicultor colombiano, es fuente y difusor de información, y la Conferencia Internacional se ha posicionado como uno de los principales eventos a nivel mundial y particularmente en América. Muestra de ello es el éxito creciente que ha tenido a lo largo de sus 19 versiones.

Este importante encuentro técnico es realizado actualmente cada tres años por la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, Fedepalma, con el apoyo de la Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma.

Bajo el enfoque “Innovación y sostenibilidad en palma de aceite, nutriendo personas y protegiendo el planeta”, la XIX Conferencia Internacional sobre Palma de Aceite superó todas las expectativas, con la presencia de más de 1.600 asistentes de diversos países, quienes durante tres días participaron en 66 conferencias ofrecidas por expertos nacionales e internacionales, que se destacan por su alto nivel de investigación y experiencia; y desde cada ámbito de conocimiento demuestran el compromiso del sector con una palmicultura económica, ambiental y socialmente responsable, y como transformador de los entornos donde se desarrolla esta actividad.

En consecuencia, en esta edición especial de la revista Palmas, se presentan los artículos de investigación de los trabajos presentados en el desarrollo de la Conferencia, con contenidos basados en el reconocimiento de las necesidades del sector, así como las innovaciones más recientes empleadas para afrontar los retos y oportunidades que ofrece el cultivo de palma de aceite, su producción y su comercialización.

La agenda académica inició con la instalación de la Conferencia, seguida del desarrollo de cinco sesiones plenarias con *keynote speakers* que abordaron temas de vanguardia e interés general para los participantes como los retos en materia de innovación y sostenibilidad; el pasado, presente y futuro de la palma de aceite; su importancia en la nutrición y salud humana; y el análisis del comportamiento y de los mercados del aceite.

Durante el segundo y tercer día, la agenda académica se desarrolló con tres módulos simultáneos con conferencias especializadas en temas de manejo del cultivo de palma de aceite, mejoramiento genético, plantas de beneficio, valor agregado, calidad, usos del aceite, sostenibilidad y entorno del mercado.

Fedepalma seguirá trabajando junto con Cenipalma, en el desarrollo de eventos de alto nivel investigativo. La próxima conferencia internacional se llevará a cabo en septiembre de 2021 en el Centro de Convenciones Cartagena de Indias, Colombia. Reciban desde ya, nuestra más cordial invitación.

## Introduction

---

Colombia has become a world leader in oil palm. Fedepalma, as the representative of the Colombian oil palm growers, is a source and disseminator of information, and the International Conference is positioned as one of the main events worldwide and particularly in America. Proof of this is the growing success it has had throughout its 19 versions.

This important technical meeting is organized every three years by the National Federation of Oil Palm Growers of Colombia, Fedepalma, with the support of the Colombian Oil Palm Research Center, Cenipalma.

Under the motto "Innovation and sustainability in oil palm, nourishing people and protecting the planet," the 19th International Oil Palm Conference exceeded all expectations. Throughout the event, over 1,600 participants from all over the globe participated in over 66 conferences given by national and international experts who are famous for their high-level research and experience. From all fields of knowledge, they showed their commitment to an economically, environmentally, and socially responsible palm growing that transforms the environments where this activity takes place.

Therefore, in this special issue of *Palmas*, we present the research articles presented during the Conference. Its contents recognize both the needs of the sector and the most recent innovations used to face the challenges and opportunities of oil palm cultivation, production, and commercialization.

The academic agenda began with the inauguration of the Conference, followed by five plenary sessions with keynote speakers who addressed state of the art issues and topics of general interest for the participants. These included the challenges in innovation and sustainability, the past, present, and future of palm oil, the importance of palm oil for human nutrition and health, and an analysis of the oil market behavior.

During the second and third days, the academic agenda revolved around three simultaneous modules, with specialized conferences on the specialized management of oil palm crops, genetic improvement, mills, added value, uses of palm oil, sustainability, and market environment.

Fedepalma will continue to work together with Cenipalma in the development of high-level research events. The next International Conference will take place in September 2021 at Centro de Convenciones Cartagena de Indias, Colombia. You are cordially invited.



## **MÓDULO 2**

Plantas de beneficio, valor agregado,  
calidad y usos del aceite de palma

## Detector de madurez en palma de aceite (OPRID) y método térmico no destructivo para estimar la calidad del aceite de palma

Oil Palm Ripeness Detector (OPRID) and Non-Destructive Thermal Method of Palm Oil Quality Estimation

**AUTORES:** Abdul Rashid Mohamed Shariff, Lim Voon Huey y Adiljiang Tuerxun.

**CITACIÓN:** Shariff, R. *et al.* (2019). Detector de madurez en palma de aceite (OPRID) y método térmico no destructivo para estimar la calidad del aceite de palma. *Palmas*, 40 (Especial Tomo II) 9-17.

**PALABRAS CLAVE:** madurez de la palma de aceite, calidad del aceite de palma, luz visible, NIR, temperatura.

**KEYWORDS:** oil palm ripenes, oil palm quality, visible light, NIR, temperature.



**ABDUL RASHID MOHAMED SHARIFF**  
Departamento de Ingeniería Biológica  
y Agrícola, Facultad de Ingeniería,  
Universiti Putra Malaysia, Malasia

### Resumen

El método que se utiliza actualmente para determinar los parámetros del aceite de palma requiere un análisis químico que es destructivo, lento y costoso. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es obtener uno no destructivo, más fácil y más rápido, y reemplazar el método actual. Al mismo tiempo, establecer un procedimiento para distinguir directamente los grados de madurez de RFF. Se utilizó el *software* Weka para analizar los datos. Se aplicó una clasificación por regresión lineal y una SMO con validación cruzada de 10 y porcentaje dividido de 66 %. Como resultado, una combinación del sensor 3 (Emisión Red, Detector Red), sensor 2 (Emisión Dred, Detector Dred), sensor 2 (Emisión Fre, Detector Fre), sensor 4 (Emisión Blu, Detector Blu) y sensor 4 (Emisión NIR, Detector NIR) mostró la mejor precisión general para distinguir la madurez de racimos de fruta fresca con 79,8 % para sobremaduro, 69,4 % para maduro y 93,3 % para poco maduro (inmaduro). El valor promedio de ROC fue de 80,6 %. Por otra parte, el sensor 2 (Emisión Fre, Detector Fre) mostró la mejor precisión promedio para medir valores de diferentes parámetros, con 59,81 % al determinar la proporción de

aceite por racimo, 73 % en la relación de aceite a pericarpio seco, 62,57 % en el índice de deterioro del blanqueo (DOBI), 71,22 % en carotenos, 48,68 % en el valor de peróxido y 35,76 % en los ácidos grasos libres (AGL). Los valores de precisión para la detección de estos últimos aumentaron al 70,94 % con la adición de temperatura promedio como sensor.

## Abstract

The present method used in determining oil palm parameters required chemical analysis which is destructive, time consuming and expensive. Hence, the purpose of this research is to obtain a non-destructive, easier and faster method in determining oil palm parameters to replace current method. At the same time, to obtain a method to directly distinguish the grades of FFB. Weka *software* was used to analyze data. Linear regression classification and SMO classification with cross validation of 10 and percentage split of 66% were applied. As a result, combination of Sensor 3(Red Emission, Red Detector), Sensor 2(Dred Emission, Dred Detector), Sensor 2(Fre Emission, Fre Detector), Sensor 4(Blu Emission, Blu Detector) and Sensor 4(NIR Emission, NIR Detector) showed the best overall accuracy to distinguish ripeness of fresh fruit bunch with 79.8% over ripe, 69.4% ripe and 93.3% under ripe. The mean average ROC value is 80.6%. On the other hand, Sensor 2(Fre Emission, Fre Detector) showed the best average accuracy in measuring different parameters values with 59.81% in determining oil to bunch ratio, 73% in determining oil to dry pericarp ratio, 62.57% in determining deterioration of bleaching index, 71.22% in determining carotene, 48.68% in determining peroxide value, 35.76% in determining free fatty acids. Accuracy values to detect free fatty acids increases to 70.94% with addition of average temperature as sensor.

---

## Introducción

La madurez de los racimos de fruta fresca (RFF) de la palma de aceite, se puede determinar a través del ojo humano, identificando su color. Actualmente, el sistema de clasificación se realiza a través de la visión humana y puede no ser consistente, debido a las capacidades para diferenciar el color de los diferentes operadores, ya que no todos son experimentados o han sido entrenados (Abdullah, 2001). Si se cosecha un RFF poco maduro, no producirá un contenido de aceite óptimo. Si se cosecha muy tarde, será demasiado maduro y tendrá una cantidad alta de ácidos grasos libres (AGL). Esto reducirá la calidad del aceite y producirá problemas durante el proceso de extracción (Ismail *et al.*, 2009). El método que se utiliza hoy para determinar los parámetros del aceite de palma, requiere un análisis químico que es destructivo, lento y costoso. Alternativamente, el procedimiento no destructivo que usa técnicas ópticas espectrales permite la detección rápida y puede ser utilizado dentro

de la plantación (Giovenzana *et al.*, 2015). En general, el color observado en un objeto es el resultado de la reflexión de la luz en varias longitudes de onda cuando entran en contacto con la superficie de un objeto. Por este motivo, el tono de los materiales biológicos puede ser utilizado para estimar la calidad del fruto. La capacidad de un dispositivo para capturar la cantidad de luz reflejada es un aporte significativo para la clasificación de la madurez del fruto (Alfatni *et al.*, 2008). En estudios previos, los datos de reflectancia espectral, específicamente a 570, 670, 750 y 870 nm en un sistema sensorial, lograron detectar la madurez de los RFF de palma de aceite (Sankaran *et al.*, 2012).

No existe un método que permita a los calificadores medir todos los parámetros del RFF directamente en el campo. Sin embargo, es posible estimar varios como los AGL, el contenido de aceite y la madurez del RFF, utilizando la técnica de espectroscopia VIS/NIR (Makky y Soni, 2014). Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es obtener un método no des-

tructivo, más fácil y más rápido, para determinar los criterios del aceite de palma y reemplazar el actual. Igualmente, establecer un procedimiento para distinguir los parámetros de los RFF directamente, sin realizar pruebas de laboratorio.

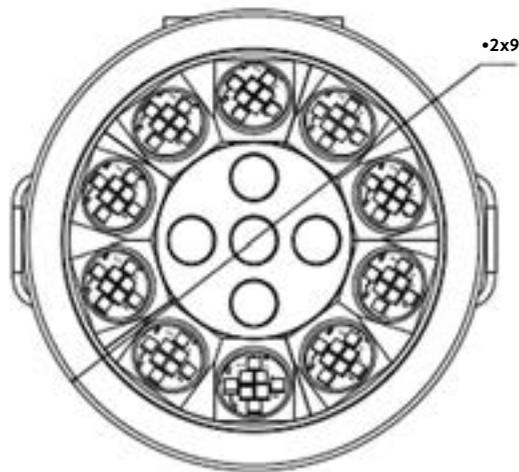
Para ayudarnos a identificar la mejor combinación del espectro de luz para determinar la madurez del RFF y otros de sus indicadores, durante la fase de análisis usamos un *software* de aprendizaje automatizado (*machine learning*) para que nos ayudara en el proceso de minería de datos. El WEKA ha sido ampliamente utilizado, y es útil para extraer información valiosa y predecir la precisión de combinaciones específicas de bandas de grandes conjuntos de datos (Khan y Quadri, 2012). El modelo de predicción es esencial para determinar la exactitud del sensor para medir los parámetros y la madurez del RFF. Estudios anteriores han demostrado que el método de regre-

sión lineal múltiple y las redes neuronales artificiales, pueden adaptarse para predecir la precisión del modelo (Makky *et al.*, 2014).

## Materiales y métodos

### Sensor óptico

Se utilizó un sensor OPRID para recolectar los datos. Este se dividió en dos partes: 10 módulos LED en la región externa y cinco módulos de sensor en la interna, tal y como se muestra en la Figura 1. Cada módulo LED consiste en ocho LEDES para cada longitud de onda, excepto luz UV y ámbar. Estas dos luces consisten en un máximo de 16 LEDES (dos módulos). La Tabla 1 muestra el número de módulos LED para cada longitud de onda. Los de sensores se dividieron en 450 nm (80 nm BW), 600 nm (25 nm BW), 674 nm



**Figura 1.** Disposición de los sensores y módulos LED.

**Tabla 1.** Número de módulos, con nombres para cada longitud de onda diferente.

Longitud de onda	Nombre de la luz	Número de módulos
365 nm	UV	2
460 nm	Azul	1
523 nm	Verde	1
590 nm	Ámbar	2
623 nm	Rojo	1
660 nm	Rojo oscuro	1
735 nm	Rojo lejano	1
850 nm	Infrarrojo cercano	1

(25 nm BW) y 750 nm (50 nm BW), y uno de sensor de todo el espectro. Cuatro filtros diferentes, con 25 nm de diámetro, fueron fijados a cada módulo del sensor.

## Recolección de datos

Se recolectaron y clasificaron muestras de 15 RFF inmaduros, 15 maduros y 10 sobremaduros de una plantación local. Primero, fueron cepillados para remover cualquier material extraño. Se utilizó un trozo de tela negra para cubrir el borde del sensor OPRID y la parte frontal del RFF que mira hacia este, tal y como se muestra en la Figura 2. Se evitó la interferencia de la luz externa empleando la tela negra. El sensor OPRID emitió luces hacia el RFF con diferentes longitudes de onda. Estas fueron categorizadas como luces ámbar (AM1AM2), UV (UV2UV1), rojas, azules (Blu), verdes, roja lejana (Fre), roja oscura (Dred) y del infrarrojo cercano (NIR). Una cierta cantidad de luz fue absorbida, mientras que la que no lo fue se reflejó de vuelta al sensor de detección. La intensidad de los valores de reflectancia para cada categoría de luz se obtuvo con cuatro filtros distintos, cada uno capaz de capturar longitudes de onda diferentes.

El conjunto de RFF fue enviado al laboratorio el mismo día. Los resultados obtenidos fueron el de aceite por racimo y por pericarpio seco, índice de deterioro del blanqueo (DOBI), valor de peróxido, ácidos grasos libres (AGL) y carotenos. Se registró la temperatura promedio del RFF.

## Análisis de datos

Primero, los datos logrados se filtraron para remover cualquier dato incompleto. Se obtuvieron tres conjuntos mediante diferentes métodos de remoción: (i) de cero datos (0 DN), (ii) de datos saturados (65.280 DN) y (iii) de cero datos y datos saturados. Ciertos sensores fallaron en absorber cualquier luz, debido a su capacidad de filtrarla en longitudes de onda específicas. Por lo tanto, estos sensores suministraron una cantidad alta de datos nulos. Los RFF con mayoría de datos nulos no fueron analizados y se removieron. Así, se utilizaron los datos de 11 RFF inmaduros, 12 maduros y siete sobremaduros.

Se usó el *software* WEKA 3.6 para un análisis adicional, y los datos del conjunto (i). La precisión de los sensores y las distintas combinaciones para medir parámetros diferentes, se hizo mediante la clasificación de regresión lineal con validación cruzada de 10 y una división porcentual de 66 %. Entretanto, se identificó la mejor combinación de sensores para distinguir la madurez del racimo de fruta fresca utilizando la clasificación SMO con validación cruzada de 10 y una división porcentual de 66 %. La curva de la característica operativa del receptor (ROC, por su sigla en inglés) obtenida de la clasificación SMO, sirvió para ilustrar el desempeño y la precisión en la distinción de la madurez de los RFF, con diferentes combinaciones de sensores. Se incluyó la temperatura promedio para observar cualquier efecto sobre la me-

**Figura 2.** Se utilizó un trozo de tela negra para cubrir el borde del sensor OPRID y la parte frontal del RFF.



dición de los distintos parámetros. La Tabla 2 presenta una lista de etiquetas y sus descripciones, usadas

para representar los tipos de emisión y detector, y que sirve como guía para la Tabla 3 y la Figura 3.

**Tabla 2.** Etiqueta y descripción del tipo de emisión y detector.

Etiqueta	Descripción
Sin temperatura	Sin sensor de temperatura promedio
Con temperatura	Con sensor de temperatura promedio
Color verde	Valores que aumentan con la adición de temperatura promedio
Color amarillo	Valores que disminuyen con la adición de temperatura promedio
S4 UV2UV1	Sensor 4 (Emisión UV2UV1 , Detector UV2UV1)
S1 Verde	Sensor 1 (Emisión Verde, Detector Verde)
S4 Verde	Sensor 4 (Emisión Verde, Detector Verde)
S4 Azul	Sensor 4 (Emisión Azul, Detector Azul)
S2 AM1AM2	Sensor 2 (AM1AM2 Emisión, Detector AM1AM2)
S4 AM1AM2	Sensor 4 (AM1AM2 Emisión, Detector AM1AM2)
S2 Rojo	Sensor 2 (Emisión Roja, Detector Rojo)
S3 Rojo	Sensor 3 (Emisión Roja, Detector Rojo)
S4 Rojo	Sensor 4 (Emisión Roja, Detector Rojo)
S2 Dred	Sensor 2 (Emisión Dred, Detector Dred)
S3 Dred	Sensor 3 (Emisión Dred, Detector Dred)
S4 Dred	Sensor 4 (Emisión Dred, Detector Dred)
S2 Fre	Sensor 2 (Emisión Fre, Detector Fre)
S3 Fre	Sensor 3 (Emisión Fre, Detector Fre)
S4 Fre	Sensor 4 (Emisión Fre, Detector Fre)
S4 NIR	Sensor 4 (Emisión NIR, Detector NIR)

**Figura 3.** Combinación del sensor 3 (Emisión Roja, Detector Rojo), sensor 2 (Emisión Dred, Detector Dred), sensor 2 (Emisión Fre, Detector Fre), sensor 4 (Emisión Blu, Detector Blu) y sensor 4 (Emisión NIR, Detector NIR) para detectar la madurez de RFF.

```

=== Detailed Accuracy By Class ===

      TP Rate  FP Rate  Precision  Recall  F-Measure  ROC Area  Class
      0         0         0           0         0           0.798   Overripe
      1         0.611   0.522       1         0.686       0.694   Ripe
      0.636     0         1           0.636     0.778       0.933   Underripe
Weighted Avg. 0.633   0.244     0.575     0.633     0.559     0.806

=== Confusion Matrix ===

 a  b  c  <-- classified as
0  7  0 | a = Overripe
0 12  0 | b = Ripe
0  4  7 | c = Underripe

```

**Tabla 3.** Resumen de los tipos de emisión, detector en diferentes parámetros.

Tipos de emisión, detector	o/b	o/dp	pv	AGL	DOBI	Caroteno
Relación de reflectancia (Azul/UV2UV1)	-	-	-	-	-0,1682	-
Relación de absorción (Azul/UV2UV1)	-	-	-	-	-0,1663	-
Sensor 4 (UV2UV1)	0,1807	-0,2367	0,0890	<b>-0,4021</b>	<b>-0,6257</b>	<b>-0,7122</b>
Sensor 4 (Blu)	-0,1957	0,131	-0,4868	-0,4021	-0,6257	-0,7122
Sensor 2 (Fre)	<b>-0,5981</b>	<b>-0,7300</b>	-0,4868	0,3571	-0,6257	-0,7122
Sensor 2 (Rojo)	-0,5242	-0,6441	-0,2382	-0,4021	-0,5901	-0,7122
Sensor 3 (Rojo)	-0,3594	-0,6441	-0,5081	0,141	-0,6257	-0,7122
S3 Rojo, S3 Dred	-0,4589	-0,6424	<b>-0,5889</b>	0,1410	-0,5507	-0,6504
2 Fre, S4 NIR	-0,5981	-0,7300	-0,4868	0,3222	-0,6257	-0,7122
S2 Rojo, S4 Blu	-0,205	0,131	-0,2382	-0,4021	-0,5901	-0,7122
S3 Rojo, S4 Azul	-0,2072	0,131	-0,5081	0,141	-0,6257	-0,7122
2 Fre, S4 Blu	-0,3493	0,0525	-0,4868	0,3571	-0,6257	-0,7122
S2 Rojo, S4 UV2UV1	0,1224	-0,2367	-0,0069	-0,4021	-0,5901	-0,7122
S3 Rojo, S4 Blu	0,1591	-0,2367	-0,0459	0,141	-0,6257	-0,7122
S2 Fre, S4 UV2UV1	0,1552	-0,3952	0,089	0,3056	-0,6257	-0,7122
2 Fre, S4 NIR, S4 AM1AM2	-0,5981	-0,7300	-0,2895	0,3220	-0,3885	-0,1945
S2 Fre, S3 Rojo, S4 AM1AM2	-0,5589	-0,7300	-0,3623	0,3571	-0,3885	-0,1945
S2 Fre, S4 NIR, S2 AM1AM2, S4 Rojo	-0,5981	-0,7300	-0,3572	0,2232	-0,6257	-0,7122
S2 Fre, S4 NIR, S2 AM1AM2, S3 Dred	-0,3275	-0,3715	-0,4801	0,1875	-0,5507	-0,52
S2 Fre, S4 NIR, S2 AM1AM2, S4 Dred	-0,384	-0,73	-0,4943	0,1233	-0,5552	-0,6052

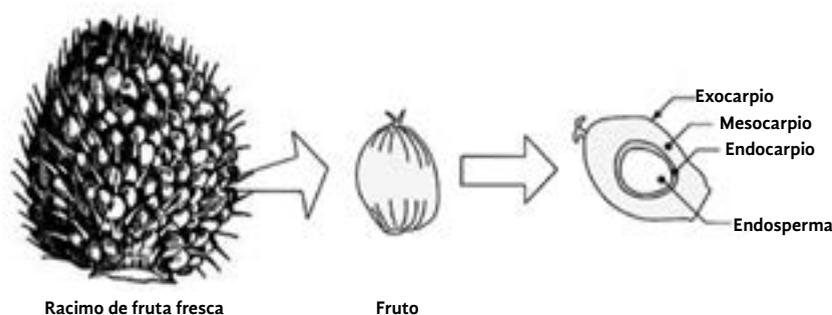
## Resultados y discusión

### Combinación de sensores para distinguir la madurez de RFF

La combinación del sensor 3 (Emisión Roja, Detector Rojo), sensor 2 (Emisión Dred, Detector Dred), sensor 2 (Emisión Fre, Detector Fre), sensor 4 (Emisión Azul, Detector Azul) y sensor 4 (Emisión NIR, Detector NIR) resultó ser la mejor para distinguir la madurez de RFF, con 79,8 % para sobremaduro, 69,4 % para maduro y 93,3 % para inmaduro. El valor medio promedio de ROC fue de 80,6 %. Esta combinación proporcionó el mayor valor ROC para determinar RFF maduros e inmaduros. En la matriz de confusión, todos los RFF maduros se clasificaron correctamente y los distinguió de los sobremaduros con cero clasificaciones erróneas. Sin embargo, hay cuatro clasificaciones erróneas para

RFF inmaduros. En esta situación existen dos posibilidades: o los clasificadores o el sensor los clasificó incorrectamente. La superficie cubierta por el sensor OPRID era muy limitada, y ciertas partes del RFF no fueron expuestas a las luces. Tal y como se muestra en la Figura 4, la estructura de los RFF pudo haber ocasionado que la luz no llegara a los pedúnculos y que cayera entre estos, resultando en una intensidad de reflexión más débil. Para evitar incertidumbres, la recolección de datos de cada RFF debe repetirse tres veces y obtener su valor promedio.

Refiriéndose a la Tabla 1, esta combinación muestra que una longitud de onda de entre 623 nm y 850 nm y de 460 nm es útil para distinguir la madurez de los RFF. Los racimos inmaduros tienen una mayor cantidad de clorofila, lo que da la apariencia de color verde. Dos tipos diferentes de clorofila son responsables de la absorción de luz en las plantas. La clorofila



**Figura 4.** La estructura del racimo de fruta fresca descrita por (Harun *et al.*, 2013).

b absorbe la luz en rojo y la clorofila a la azul-violeta; la verde no es absorbida y se refleja, dando como resultado que el objeto parezca verde. Por lo tanto, cuando esta combinación de luces es absorbida por el RFF, se registran bajos valores de reflectancia. Esto explica la capacidad de distinguir el 93,3 % de los frutos poco maduros. Para las categorías de maduro y sobremaduro, ambas deben ser cosechadas y contienen más carotenoides. Los carotenoides encontrados al interior de los racimos sobremaduros reflejan luces con una mayor longitud de onda, como la amarilla, roja y naranja (Karp y Pruitt, 2010). Entonces, el alto valor de reflectancia detectado por el sensor puede determinar los racimos de fruta sobremadura utilizando luces dentro del rango de color rojo: rojo, rojo oscuro y rojo lejano.

Esto coincide con el valor más alto de ROC registrado para determinar RFF sobremaduros correctamente al 88,5 %, utilizando la combinación del sensor 3 (Emisión Roja, Detector Rojo), el sensor 2 (Emisión Dred, Detector Dred) y el sensor 2 (Emisión Fre, Detector Fre). Otros valores de ROC son 6,1 % para maduro y 75,5 % para poco maduro.

### Precisión del sensor para medir parámetros diferentes

Cada sensor demostró diferentes capacidades al medir parámetros distintos. El sensor 2 (Emisión Fre, Detector Fre) presentó la mejor precisión promedio con 59,81 % al determinar la proporción de aceite por racimo, 73 % en la relación de aceite a pericarpio seco, 48,68 % en el valor de peróxido, 35,76 % en los AGL, 62,57 % en el DOBI y 71,22 % en los carotenos, tal y como se muestra en la Tabla 3. Si bien el sensor 3 (Emi-

sión Roja, Detector Rojo) mostró la mayor precisión al determinar el valor de peróxido con 50,81 %, sus resultados fueron bajos en otros parámetros. La mayor lectura de precisión registrada para la identificación de ácidos grasos libres fue de 40,21 % por otros sensores, que es ligeramente mayor que la del sensor 2 (Emisión Fre, Detector Fre). La precisión al establecer el valor DOBI mediante la proporción de absorción de luces azules a UV es considerada muy baja, con 16,63 %. Se obtuvieron resultados similares al utilizar una proporción de reflexión de luces azules a luces UV para determinar el valor DOBI, con una precisión del 16,82 %.

### Precisión de diferentes combinaciones de sensores para medir distintos parámetros

Con base en la Tabla 3, la mejor combinación de sensores con o sin temperatura promedio como sensor, es el sensor 2 (Emisión Fre, Detector Fre) y el sensor 4 (Emisión NIR, Detector NIR). La combinación del sensor Fre (Emisión, Detector Fre) con otras ha demostrado aumentar la precisión para medir diferentes parámetros. Por otra parte, la adición del sensor 4 (Emisión Blu, Detector Blu) reduce el valor de precisión para tasar la proporción de aceite a pericarpio seco, y la del sensor 4 (Emisión UV2UV1, Detector UV2UV1) disminuye notablemente la precisión para calcular el valor de peróxido. También se descubrió que el sensor 4 (Emisión AM1AM2, Detector AM1AM2) reduce el valor de precisión para medir carotenos a un valor promedio inferior al 20 %. La exactitud para la medición de todos los parámetros no aumentó cuando se utilizaron más de cuatro tipos diferentes de emisión y de detectores.

## Efectos de la temperatura promedio en la medición de diferentes parámetros

Los valores de precisión de todas las combinaciones de sensores para detectar RFF aumentaron con la adición de la temperatura promedio como un sensor. El sensor 2 (Emisión Fre, Detector Fre) mostró el mayor valor de precisión registrado: 70,94 %. Este es el doble del sensor 2 (Emisión Fre, Detector Fre) sin temperatura promedio como sensor, que es de 35,71 %. Sin embargo, los valores de precisión para otros parámetros, tales como DOBI, carotenos, proporción aceite a racimo y aceite a pericarpio se redujeron en general y permanecieron constantes con la adición de la temperatura promedio como sensor. El valor de precisión de DOBI y carotenos, que anteriormente se registró con un máximo de 62,57 % y 71,22 % utilizando el sensor 2 (Emisión Fre, Detector Fre), se redujo hasta 23,94 % y 29,83 %, respectivamente, con la adición de la temperatura promedio como sensor. La precisión del valor de peróxido no se vio afectada en gran medida, ya que la del sensor 2 (Emisión Fre, Detector Fre) permaneció en 48,68 % con la adición de la temperatura promedio como sensor (Tabla 4).

**Tabla 4.** Efectos de la temperatura promedio en la medición de diferentes parámetros.

Tipos de emisión, detector	o/b		o/dp		pv		AGL		DOBI		Caroteno	
	w/o temp	w temp	w/o temp	w temp	w/o temp	w temp	w/o temp	w temp	w/o temp	w temp	w/o temp	w temp
Reflectancia promedio	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,1682	-0,0628	-	-
Absorción promedio	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,1663	-0,0663	-	-
<b>Sensor 2 (Fre)</b>	<b>-0,5981</b>	<b>-0,3954</b>	<b>-0,73</b>	<b>-0,5001</b>	<b>-0,4868</b>	<b>-0,4868</b>	<b>0,3571</b>	<b>0,7094</b>	<b>-0,6257</b>	<b>0,2394</b>	<b>-0,7122</b>	<b>0,2983</b>
Todos los sensores	-0,0493	0,2297	-0,2068	-0,2484	-0,5022	-0,5073	0,0692	0,4786	-0,285	-0,1698	-0,2795	0,0355
Sensor 4 (UV2UV1)	0,1807	0,1807	-0,2367	-0,2367	0,089	0,0501	-0,4021	0,6654	-0,6257	0,2037	-0,7122	0,2983
Sensor 1 (Verde)	-0,5242	-0,277	-0,6441	-0,394	-0,2431	-0,4178	-0,1909	0,6654	-0,6257	0,2037	-0,7122	0,2983
Sensor 4 (Verde)	-0,3074	-0,277	-0,6441	-0,394	-0,1482	-0,1524	-0,4021	0,636	-0,6257	0,2394	-0,5379	0,2671
Sensor 4 (Blu)	-0,1957	-0,2458	0,131	0,0439	-0,4868	-0,4868	-0,4021	0,6654	-0,6257	0,2394	-0,7122	0,2983
Sensor 2 (AM1AM2)	-0,5242	-0,277	-0,6441	-0,394	-0,4868	-0,4868	-0,4021	0,6654	-0,6257	0,2394	-0,7122	0,2983
Sensor 4 (AM1AM2)	-0,5242	-0,277	-0,6441	-0,394	-0,2118	-0,2144	-0,4021	0,6654	-0,3958	0,1806	-0,7122	0,2983
Sensor 2 (Rojo)	-0,5242	-0,277	-0,6441	-0,4269	-0,2382	-0,2382	-0,4021	0,6654	-0,5901	0,1467	-0,7122	0,2983
Sensor 3 (Rojo)	-0,3594	-0,3006	-0,6441	-0,394	-0,5081	-0,5081	0,141	0,6654	-0,6257	0,2394	-0,7122	0,2983
Sensor 4 (Rojo)	-0,5242	-0,277	-0,6441	-0,394	-0,3572	-0,3572	-0,4021	0,6654	-0,6257	0,2394	-0,7122	0,2983
Sensor 2 (Dred)	-0,5242	-0,277	-0,6441	-0,394	-0,2786	-0,2786	-0,4021	0,6654	-0,6257	0,2394	-0,7122	0,2983
Sensor 3 (Dred)	-0,5242	-0,2428	-0,6424	-0,484	-0,4801	-0,4801	-0,4021	0,6654	-0,5507	0,2394	-0,6504	0,2983
Sensor 4 (Dred)	-0,2845	-0,2428	-0,6441	0,394	-0,4943	-0,4943	-0,3502	0,6654	-0,5552	0,2394	-0,6052	0,2094

## Conclusión

La mejor combinación de sensores para distinguir la madurez del racimo de fruta fresca es utilizar el sensor 3 (Emisión Roja, Detector Rojo), sensor 2 (Emisión Dred, Detector Dred), sensor 2 (Emisión Fre, Detector Fre), sensor 4 (Emisión Blu, Detector Blu) y sensor 4 (Emisión NIR, Detector NIR). Se determinó la precisión de los sensores para medir diferentes parámetros y las características de los mismos ante distintas longitudes de onda. Adicionalmente, se mostró que una combinación diferente de sensores utilizados para tasar parámetros diversos tiene una mayor precisión promedio en comparación con el sensor 2 (Emisión Fre, Detector Fre) por sí solo. Por último, el efecto de la adición de la temperatura promedio como sensor puede aumentar el valor de precisión únicamente en el caso de los ácidos grasos libres.

## Trabajos a futuro

El sensor 4 permite la detección de todos los espectros. Por lo tanto, en sus resultados se encuentra una

gran cantidad de datos saturados. Estos pueden proporcionar información útil sobre la capacidad del sensor 4 para detectar parámetros específicos y la

madurez del RFF. Trabajos futuros pueden explorar aún más la correlación entre estos indicadores y los parámetros de calidad del aceite de palma.



## Referencias

- Abdullah, M.G. (2001). Stepwise Discriminant Analysis for Colour Grading of Oil Palm Using Machine Vision System. *Food and Bioprocess Technology* 79(4). doi:10.1205/096030801753252298
- Alfatni, M.S., Shariff, A.R., Shafri, H.Z., Saaed, O.M., and Eshanta, O.M. (2008). Oil Palm Fruit Bunch Grading System Using Red, Green and Blue Digital Number. *Journal of Applied Sciences* 8(8): 1444-1452. doi:10.3923/jas.2008.1444.1452
- Giovenzana, V., Beghi, R., Civelli, R., and Guidetti, R. (2015). Optical techniques for rapid quality monitoring along minimally processed fruit and vegetable chain. *Trends in Food Science & Technology* 46(2): 331-338. doi:10.1016/j.tifs.2015.10.006
- Harun, N., Mison, N., Sidek, R., Aris, I., Ahmad, D., Wakiwaka, H., and Tashiro, K. (2013). Investigations on a Novel Inductive Concept Frequency Technique for the Grading of Oil Palm Fresh Fruit Bunches. *Sensors* 13(2); 2254-2266. doi:10.3390/s130202254
- Ismail, W.I.W., Razali, M.H., Ramli, A.R., Sulaiman, M.N., and Harun, M.H.B. (2009). Development of Imaging Application for Oil Palm Fruit Maturity Prediction. *Engineering e-Transaction* 4(2): 56-63.
- Karp, G., and Pruitt, N.L. (2010). Cell and molecular biology: Concepts and Experiments. In: G. Karp, and N.L. Pruitt, *Cell and molecular biology: Concepts and Experiments* (p. 212). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Khan, M., and Quadri, S. (2012). Evaluating Various Learning Techniques for Efficiency. *International Journal of Engineering and Advanced Technology* 2(2): 326-331.
- Makky, M., and Soni, P. (2014). *In situ* quality assessment of intact oil palm fresh fruit bunches using rapid portable non-contact and non-destructive approach. *Journal of Food Engineering* 120; 248-259. doi:10.1016/j.jfoodeng.2013.08.011
- Makky, M., Soni, P., and Salokhe, V. (2014). Automatic non-destructive quality inspection system for oil palm fruits. *International Agrophysics* 28(3): 319-329. doi:10.2478/intag-2014-0022
- Sankaran, S., Shariff, A.R., Shafri, H.Z., Ehsani, R., Alfatni, M.S., and Hazir, M.A. (2012). Classification of oil palm fresh fruit bunches based on their maturity using portable four-band sensor system. *Computers and Electronics in Agriculture* 82: 55-60. doi:10.1016/j.compag.2011.12.010

# Maximización de la TEA de racimos de híbridos interespecíficos OxG mediante la implementación de puntos óptimos de cosecha específicos para cada cultivar \*

OER Maximization in FFB of OxG Interspecific Hybrids Via the Implementation of Optimal Harvesting Points Specific to Each Cultivar



## HERNÁN MAURICIO ROMERO

Director de Investigación y Coordinador del Programa de Biología y Mejoramiento Genético, Cenipalma. Profesor Asociado, Universidad Nacional de Colombia.

Research Director and Coordinator of the Biology and Breeding Program, Cenipalma. Associated Professor, Universidad Nacional de Colombia.

**CITACIÓN:** Romero, H. M. (2019). Maximización de la TEA de racimos de híbridos interespecíficos OxG mediante la implementación de puntos óptimos de cosecha específicos para cada cultivar. *Palmas*, 40 (Especial, Tomo II), 18-19.

**PALABRAS CLAVE:** híbridos interespecíficos OxG, tasa de extracción de aceite (TEA), punto óptimo de maduración, potencial de aceite, rentabilidad.

**KEYWORDS:** OxG interspecific hybrids, oil extraction rates (OER), optimal harvesting point, potential oil, profitability.

\*Resumen original recibido en español e inglés.

## Resumen

Los híbridos interespecíficos OxG entre *Elaeis oleifera* y *Elaeis guineensis* son ampliamente cultivados en diferentes países de Latinoamérica, debido a sus especiales características de resistencia a la enfermedad Pudrición del cogollo. Así mismo, crecen lentamente (25 a 35 cm por año) y los frutos producen aceite rico en ácido oleico. Tradicionalmente se ha aceptado que los híbridos interespecíficos, independientemente de su genética (relacionada en especial con el sitio de origen de la madre *oleifera*), tienen menores tasas de extracción de aceite (TEA) que cultivares *E. guineensis*. Sin em-

bargo, trabajos de Cenipalma iniciados hace 10 años con la determinación de la escala fenológica de los híbridos OxG, han demostrado que cada cultivar híbrido debe ser cosechado en un punto de maduración específico, que es diferente del punto óptimo de maduración para racimos de *E. guineensis*. Así, en diferentes zonas de Colombia se ha logrado establecer el punto óptimo de cosecha para los principales híbridos que se cultivan comercialmente (Coari x La Mé, Brasil x Djongo, Manaos x Compacta, Cereté x Deli).

En todos los casos, la modificación del punto de cosecha utilizado por las plantaciones comerciales (tradicionalmente similar al de *E. guineensis*) para la implementación de criterios específicos para cada híbrido, definidos en esta investigación, han permitido elevar el potencial de aceite entre cuatro y 10 puntos porcentuales a nivel de parcela de experimentación. Adicionalmente, plantaciones que han establecido los criterios de cosecha definidos, reportan aumentos en la TEA en más de cuatro puntos porcentuales, alcanzando niveles cercanos a la de cultivares comerciales de *E. guineensis*. En este trabajo se reportan los criterios de cosecha de los híbridos mencionados en la Zona Suroccidental colombiana, en diferentes épocas del año, y los incrementos en potencial de aceite derivados de la implementación de esta tecnología. Los niveles de aceite encontrados al poner en práctica estos criterios, son fundamentales para la viabilidad financiera de los proyectos con híbridos OxG y la maximización de la rentabilidad.

## Abstract

OxG Interspecific hybrids between *Elaeis oleifera* and *Elaeis guineensis* are extensively planted in several Latin American countries due to their particular trait of resistance to the bud rot disease. Additionally, these hybrids grow slowly (25 to 35 cm per year) and their fruit produces oleic acid-rich oil. Traditionally, the fact that interspecific hybrids, regardless of their genetics (particularly associated with the place of origin of the *oleifera* mother) have lower oil extraction rates (OER) than *E. guineensis* has been accepted. However, studies started by Cenipalma 10 years ago to determine the phenology scale of OxG hybrids have shown that each hybrid cultivar should be harvested at a specific point of ripeness, which differs from the optimal point of ripeness of *E. guineensis* bunches. Therefore, the optimal harvesting point of major commercial hybrids grown in various areas in Colombia has been established (Coari x La Mé, Brazil x Djongo, Manaos x Compacta, Cereté x Deli).

In all cases, modifications to the harvesting points adopted by commercial plantations (traditionally similar to the harvest point of *E. guineensis*) in order to implement specific harvest criteria for each hybrid determined in this research have generated an oil potential increase of 4 to 10 percentage points at the level of experimental plots. Additionally, plantations that have implemented well defined harvest criteria report OER increases of over 4 percentage points and have reached OER levels close to those of commercial *E. guineensis* cultivars. This presentation reports the harvest criteria of the above mentioned hybrids established for the southwest of Colombia at different times of the year and the potential oil output increases derived from the implementation of this technology. Oil levels resulting from the implementation of these criteria are crucial to the financial viability of OxG hybrid projects and to profitability maximization.

# Uso de resonancia magnética en la investigación del potencial de aceite en frutas, su composición y pérdidas

## Use of Magnetic Resonance in Research of Oil Potential in Fruits, its Composition and Losses



**DANIEL CONSALTER**

Fine Instrument Technology, Chief  
Technology Officer. Brasil/Brazil.

**AUTORES:** Flores, D.W.M.<sup>1</sup>, Carvalho, A.S.<sup>1</sup>, Azevedo, S.P.<sup>1</sup>; Colnago, L.A.<sup>2</sup>, y Consalter, D.M.<sup>1\*</sup>

**CITACIÓN:** Consalter, D. *et al.* (2019). Uso de resonancia magnética en la investigación del potencial de aceite en frutas, su composición y pérdidas. *Palmas*, 40 (Especial Tomo II). 20-28.

**PALABRAS CLAVE:** TD-NMR, contenido potencial de aceite, aceite de palma, aceite de palmiste, control de procesos.

**KEYWORDS:** TD-NMR, potential oil content, palm oil, palm kernel oil, process control.

1. Fine Instrument Technology, Rua Laura Villani Piovesan, 130, Jardim Ipanema, São Carlos SP, 13563-652.
2. Embrapa Instrumentação, Rua XV de Novembro, 1452, São Carlos-SP, 13561-206, Brasil.

### Resumen

La mayoría de métodos analíticos utilizados en la industria de la palma de aceite son destructivos, laboriosos, consumen mucho tiempo y están basados en procedimientos de química húmeda que, normalmente, producen grandes cantidades de residuos químicos. Por ejemplo, el contenido de aceite se mide mediante la extracción por solvente y la composición de ácidos grasos involucra la reacción de transesterificación, purificación e inyección en un cromatógrafo de gases que toma casi una hora para cada análisis. El objetivo de este artículo es demostrar el potencial de un espectrómetro nuclear de resonancia magnética de dominio temporal (TD-NMR, por sus siglas en inglés) de escritorio, como una alternativa efectiva a los métodos tradicionales de química húmeda para medir el contenido de aceite y la composición de grasa en el fruto de la palma. Puede ser utilizado en varias etapas en la producción de aceite de palma y tiene ventajas sobre el método de extracción Soxhlet con experiencia del usuario mínima, libre de químicos, velocidad (30 a 120 s por medición), análisis de toda la muestra en vez de superficies y pocos puntos para la curva de calibración (siete

para el contenido de aceite). El uso de TD-NMR como herramienta para las mediciones de aceite ha demostrado su eficiencia para determinarlo en muestras de frutos de la palma, la almendra, el fruto seco, la fibra seca, los racimos secos, el lodo, el efluente, el tridecanter y la torta de palmiste. Adicionalmente, es posible cuantificar los principales ácidos grasos que tienen una combinación lineal en el aceite de palma: palmítico, oleico, linoleico, esteárico y mirístico. Así mismo, clasifica el aceite de palma en contenido oleico alto 50-100 % o medio 40-49,9 %, en un análisis rápido y no destructivo con un puntaje de éxito del 83,3 %. Según los resultados presentados, se podría utilizar el TD-NMR como una herramienta poderosa para un rápido control de procesos, evitar las pérdidas y, en consecuencia, aumentar el rendimiento y la evaluación regular del aceite de palma con alto contenido oleico.

## Abstract

Most analytical methods used in palm oil industries are destructive, laborious, time consuming and based on wet chemistry procedures that normally produces lot of chemical waste. For example, the oil content is measured by solvent extraction and the fatty acid composition involve transesterification reaction, purification and injection in gas chromatographer that the almost one hour for each analysis. The aim of this paper is to demonstrate the potential of low field, time domain bench top Nuclear magnetic resonance spectrometer (TD-NMR) as an effective alternative to traditional wet chemical methods, to measure the oil content and fat composition in palm fruits and during several stages of the production processes. Therefore, it can be used in several stages of palm oil production and has advantages over Soxhlet extraction method with minimal user experience, free of chemicals, velocity (30 to 120s per measurement), whole sample analysis instead surfaces and few points for calibration curve (7 points for oil content). The use of TD-NMR as a tool for oil measurements has proved its efficiency for measure oil in palm fruits, palm kernel, dry palm fruit, dry palm fiber, dry palm bunches, palm sludge, palm effluent, palm tridecanter and palm kernel cake samples. In addition, it is possible to quantify the major fatty acids that has linear combination in palm oil: palmitic, oleic, linoleic, stearic and miristic. Also, classify palm oil in high 50-100% or medium 40-49.9% oleic in a fast and nondestructive analysis with 83.3% of success score. According to the results presented in this paper, TD-NMR could be used as a powerful tool to fast process control avoiding losses and consequently improving yield and screening regular oil from high oleic palm oil.

---

## Introducción

La producción de aceite de palma involucra varios pasos, desde la cosecha de racimos hasta la extracción de aceite de alto rendimiento, así como la mejora de la calidad y el potencial de aceite a partir del mejoramiento genético, la polinización y el punto óptimo de cosecha. El proceso de extracción involucra la recepción de los racimos de fruta, la esterilización y trilla para recolectar los frutos de palma, macerarlos para separar la pulpa de la almendra y prensar la pulpa para obtener el aceite crudo de palma. El aceite se purifica aún más, lo que incluye procedimientos de

clarificación y secado. Un proceso adicional extrae aceite de la almendra de palma. El análisis que más se utiliza en la agroindustria de la palma para medir el potencial de aceite en los frutos y para controlar y monitorear las pérdidas, está basado en la extracción por solvente, que emplea productos químicos peligrosos y requiere de al menos ocho horas para los residuos y días para extraer completamente el aceite residual en las muestras. Adicionalmente, el resultado de esta extracción es usado para controlar el proceso de trituración de frutos, lo que toma mucho tiempo y resulta en enormes brechas y pérdidas consecutivas de aceite. La agroindustria del aceite de palma ha

buscado metodologías para aumentar la rentabilidad, incrementando el contenido de aceite de los frutos, reduciendo las pérdidas en el proceso de extracción y pagando al productor por el aceite presente en los racimos de palma. Después de la extracción del aceite, se utiliza la cromatografía de gases (CG), un método lento, complejo y costoso, para caracterizar el perfil de ácidos grasos del aceite de palma y dirigir el producto hacia aplicaciones alimentarias, biocombustible u otras, dependiendo de la composición.

La resonancia magnética nuclear (RMN) ha sido desarrollada como una importante metodología analítica desde su descubrimiento en los años 50. La técnica explora las propiedades magnéticas de ciertos núcleos químicos y ha sido utilizada en varias aplicaciones en el procesamiento de alimentos, incluyendo la determinación de la cantidad de aceite de oliva, el contenido de aceite al interior de semillas oleaginosas intactas y el análisis de calidad para la madurez de frutos (Pereira *et al.*, 2013; Ribeiro *et al.*, 2014; Santos *et al.*, 2016; Flores *et al.*, 2016).

En este trabajo demostramos que la RMN puede ser utilizada en varias etapas de la producción de aceite de palma, con ventajas sobre la extracción Soxhlet y la cromatografía de gases, tales como experiencia de usuario mínima, ausencia de químicos y velocidad (30 a 120 s por medición). El hecho de que la muestra no requiera extracción con solventes orgánicos o una etapa en seco, es una gran ventaja porque el análisis se vuelve rápido, seguro, independiente del usuario y preciso, permitiendo su aplicación para evaluar el alto contenido oleico del aceite regular y medir el volumen de aceite en un gran número de frutos. Así se ayuda al mejoramiento genético y a controlar todo el proceso a través de la medición rápida de aceite en la fibra, lodo, agua del tridecanter, agua efluente e incluso del racimo. Adicionalmente, sirve para determinar el contenido de aceite de palmiste residual en la torta de palmiste.

## Materiales y métodos

### Muestras

Utilizamos datos de cuatro agroindustrias diferentes de aceite de palma en Brasil y Colombia, que tienen equipos de TD-NMR en sus plantas. Estos

colaboradores recolectaron muestras en diferentes días, horas y ubicaciones de palmas de aceite. Las enumeraron, realizaron mediciones no invasivas en TD-NMR y, posteriormente, un análisis destructivo de referencia.

### Resonancia magnética nuclear de dominio temporal

El espectrómetro TD-NMR utilizado fue el modelo SpecFIT, desarrollado por FIT (Fine Instrument Technology) con base en un imán permanente de 0,35 T (15 Mhz para  $^1\text{H}$ ) y una cabeza de sonda para muestras de 40 mm de diámetro y 40 mm de alto.

La señal de la RMN tiene un formato de decaimiento dentro de la frecuencia de operación (en este caso, 15 MHz). El equipo cuenta con los métodos programados en su *software* y proporciona el tiempo de intensidad y decaimiento de la señal, ambos parámetros útiles para extraer información de la muestra utilizando RMN. La intensidad sirve para medir el contenido de aceite y el decaimiento para el análisis de ácidos grasos.

El primer método desarrollado fue utilizado para tasar el contenido total de aceite en frutos enteros. Después, la cantidad de aceite para muestras de 30 g, cortadas y secadas (racimos de aceite de palma secos, pulpa, residuos de almendra y tridecanter) y, para completar, el análisis de ácidos grasos del aceite crudo.

### Método de extracción Soxhlet

Las muestras sólidas secas fueron mezcladas y colocadas en el dedal de extracción y se realizó la extracción utilizando un solvente de hexano en un aparato Soxhlet. Este método es aplicable para separar los compuestos orgánicos no volátiles y semivolátiles de sólidos, como suelos, lodos relativamente secos y desechos sólidos. La extracción de Soxhlet utiliza material de vidrio relativamente barato, y una vez se carga no requiere manos para su manipulación. Proporciona una extracción eficiente, pero bastante larga (ocho horas al día, dependiendo del contenido de aceite en la muestra), y usa grandes volúmenes de solvente. Es considerado como un método riguroso, ya que hay muy pocas variables que puedan afectar adversamente su eficiencia.

## Perfil de ácidos grasos del aceite de palma

Se analizó el perfil de ácidos grasos en 12 muestras de aceite de palma de diferentes regiones de Colombia, utilizando la cromatografía de gases junto con un detector de llama con volumen de inyección de 0,5 µl. Se usó un método para determinar el contenido de ácidos grasos en el aceite de palma y en otros productos relacionados, desarrollado y realizado por nuestros colaboradores en Colombia. Se cuantificaron los siguientes ácidos grasos: palmítico (C16:0), oleico (C18:1), linoleico (C18:2), esteárico (C18:0) y mirístico (C14:0). Estos fueron elegidos porque tenían una concentración mayor que o igual al 0,9 % en las muestras.

Se utilizó una regresión de mínimos cuadrados parciales (PLS, por su sigla en inglés) y el TD-NMR para predecir el aceite en un fruto de palma intacto.

Con el fin de obtener la mayor variabilidad posible de las muestras para la construcción del método, se analizaron un total de 31 de frutos de palma, incluyendo especies híbridas y *E. guineensis*, en diferentes etapas de maduración con la presencia de frutos con y sin semilla. Las muestras fueron medidas en el equipo TD-NMR y, posteriormente, secadas y molidas para la extracción de aceite mediante Soxhlet.

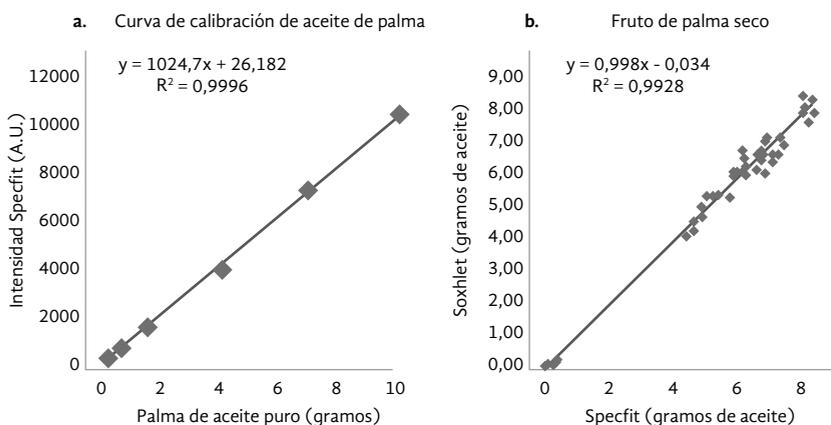
El objetivo de PLS es correlacionar  $n$  variables independientes (X) con una variable dependiente (Y). De esta forma, es posible aplicarla a los datos RMN, donde se obtienen 1.500 variables X durante los análisis en el equipo Specfit, y se correlacionan con estudios fisicoquímicos, por ejemplo, de contenido de aceite

mediante extracción directa Soxhlet. En consecuencia, los datos RMN contienen la matriz independiente de datos X y los de laboratorio obtenidos de Soxhlet en los dependientes Y (Bizzani *et al.*, 2017). Se realiza un PLS con datos masivos normalizados, enfocados en la media y se seleccionan las variables más importantes por medio del intervalo PLS (iPLS). Los resultados se expresan como la diferencia entre el valor predicho por medio de TD-NMR y el medido en el Soxhlet, así como en el coeficiente de determinación ( $R^2$ ).

## Resultados y discusión

Se reconoce TD-NMR como una técnica no invasiva y no destructiva para medir el aceite y la humedad, en menos de un minuto, en granos con humedad inferior al 12 % (International Organization for Standardization, 1998). El TD-NMR SpecFIT utiliza estas metodologías con unas mejoras para evaluar muestras de diferentes granos y con más de 12 % de humedad, tales como las del proceso del aceite de palma. Algunas aún necesitan una reducción estandarizada de la humedad de la muestra inicial mediante un método de secado rápido por microondas, anterior al proceso. Dicho método depende de cada muestra y del proceso de la planta, adaptado *in situ*.

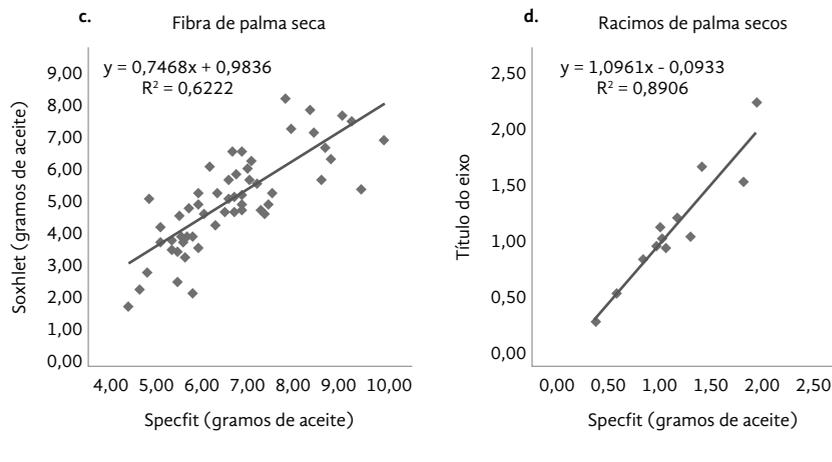
La Figura 1 a, muestra la curva de calibración de aceite de palma en TD-NMR, desarrollado utilizando la señal Specfit, donde la intensidad es lineal y proporcional a la masa del aceite de palma, con  $R^2 = 0,999$ . El aumento de masa de hidrógenos en el aceite de palma a la misma temperatura, corresponde a incrementos en la intensidad del eco de la señal del



**Figura 1.** Correlaciones entre el método de referencia y TD-NMR para diferentes muestras (fruto de palma N = 60, fibra N = 57, racimos N = 12)

### Continuación Figura 1.

Correlaciones entre el método de referencia y TD-NMR para diferentes muestras (fruto de palma N = 60, fibra N = 57, racimos N =12)



TD-NMR. Se utilizó esta relación para predecir los gramos de aceite y compararlos con los del método de extracción Soxhlet en otros subproductos del proceso del aceite de palma, como el fruto seco, la fibra seca y los racimos secos. La Figura 1 b, c y d presentan los valores predichos de gramos de aceite TD-NMR Specfit y los obtenidos con el método de extracción Soxhlet de referencia, y sus correlaciones.

Observando la Figura 1 b, algunas muestras del fruto seco de palma tienen un contenido de aceite muy bajo (~0,5 gramos de aceite). Esto ocurre porque los frutos están en la etapa temprana de su desarrollo. Las c y d evidencian que se encontraron grandes diferencias absolutas entre el método de referencia y Specfit TD-NMR. Algunas veces, en los procedimientos diarios de la agroindustria, la humedad puede fluctuar y afectar el proceso prelimi-

nar de secado por microondas realizado, llevando a algunos valores atípicos. Sin embargo, en la media absoluta, los valores de fibra seca de palma y racimo vacío obtenidos con TD-NMR están muy correlacionados con la extracción Soxhlet. La diferencia promedio para fibra es de aproximadamente 0,10 g de contenido de aceite en una muestra de 12 g, igual a 0,8 %, y de 0,12 g de contenido de aceite en una muestra de 12 g, igual a 1,0 %. Considerando la desviación estándar sumada de la técnica TD-NMR y Soxhlet, lo aceptable es 0,5 g; entonces, este resultado es completamente aceptable.

Los valores predichos por TD-NMR se aplicaron a muestras recolectadas en diferentes momentos de los procesos. La Tabla 1 resume los valores de la media absoluta y relativa de la diferencia entre el método Soxhlet y Specfit TD-NMR de las muestras enteras.

**Tabla 1.** Diferencia en la media absoluta entre el método de referencia de aceite y TD-NMR.

Muestra	Masa de la muestra (g)	Diferencia media absoluta (g)	Diferencia media (%)
Fruto seco	25	0,19	0,8
Fibra seca	12	0,10	0,8
Racimos secos	12	0,12	1,0
Lodo	30	0,16	0,5
Efluente	50	0,26	0,5
Tridecanter	50	0,35	0,7
Torta de palmiste	25	0,30	1,2
Almendras	25	0,42	1,7

Considerando la recepción de frutos y el control del proceso, es posible utilizar TD-NMR para medir más muestras por hora, aumentando la frecuencia de muestreo y reduciendo las brechas sin resultados durante el proceso de extracción, con una baja desviación del método de referencia (Soxhlet). También permite avanzar en el resultado del mejoramiento genético y de siembra de las especies de palma. Con un análisis rápido y fácil se puede evaluar una gran cantidad de frutos, obteniendo resultados más precisos y representativos.

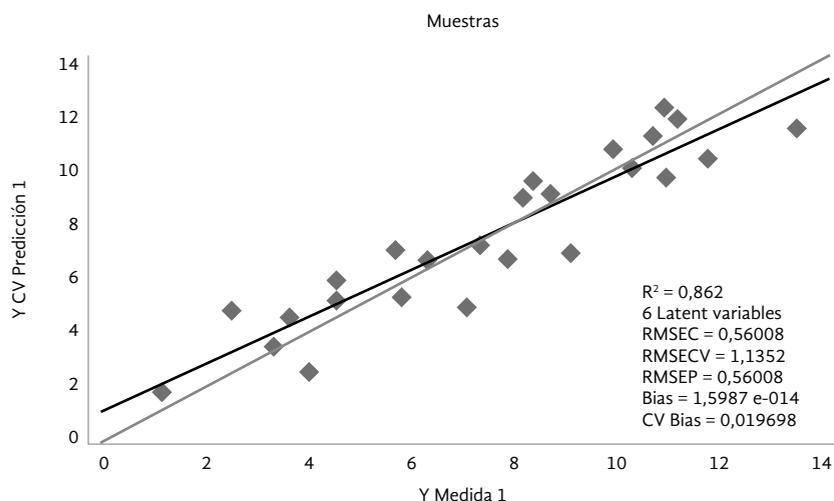
Después de confirmar el uso de la técnica para medir el contenido de aceite en el mesocarpio, comenzamos a desarrollar un método para hacerlo con el contenido de aceite en el fruto de palma intacto y entero. La Figura 2 muestra una regresión PLS desarrollada para esto, incluyendo la almendra. Se filtró la señal del aceite de palmiste con el fin de medir únicamente el aceite de palma en principio.

Cada fruto de palma fue insertado en el equipo y analizado sin ningún tratamiento. La raíz cuadrada del error medio de la validación cruzada fue de 1,13 g y  $R^2$  de 0,86. Estos resultados corroboran y confirman que se puede utilizar TD-NMR en la agroindustria de la palma como una poderosa herramienta para medir frutos intactos sin preparación, monitorear el proceso de extracción y estudiar los ácidos grasos para el mejoramiento genético, midiendo el ácido oleico presente en el aceite de palma. Sin embargo, se recomienda mejorar los imanes del TD-NMR para obtener una homogeneidad más alta y aumen-

tar la brecha para insertar más muestras a la vez en el equipo, y conseguir mejores resultados en la predicción del contenido de aceite de palma de los frutos de palma intactos.

El porcentaje de ácidos grasos en el aceite de palma para las muestras de ácido palmítico (C16:0), oleico (C18:1), linoleico (C18:2), esteárico (C18:0) y mirístico (C14:0), al ser correlacionadas con la señal del TD-NMR Specfit, ajustado utilizando una ecuación exponencial de segundo orden con una constante de primer decaimiento ( $T_2$ ), mostró buenos valores de los coeficientes de determinación. Los  $R^2$  obtenidos fueron de 0,84, 0,80, 0,77, 0,78 y 0,78 para ácido palmítico (C16:0), oleico (C18:1), linoleico (C18:2), esteárico (C18:0) y mirístico (C14:0), respectivamente. La desviación media absoluta encontrada para la calibración de todas las curvas desarrolladas fue de +/- 1,5 %. A continuación (Figura 3), se pueden ver las correlaciones obtenidas entre el ajuste exponencial de dos órdenes ( $T_2$ )1 y los valores en porcentaje de ácidos grasos medidos por la cromatografía de gases.

La Figura 3 evidencia que, en comparación con la cromatografía de gases, es posible utilizar TD-NMR  $T_2$  como un método rápido, no invasivo y no destructivo para medir algunos ácidos grasos en el aceite crudo de palma, ya que las combinaciones lineales entre los principales ácidos grasos están correlacionadas con TD-NMR  $T_2$  en muestras con temperatura controlada. El análisis de datos para la concentración

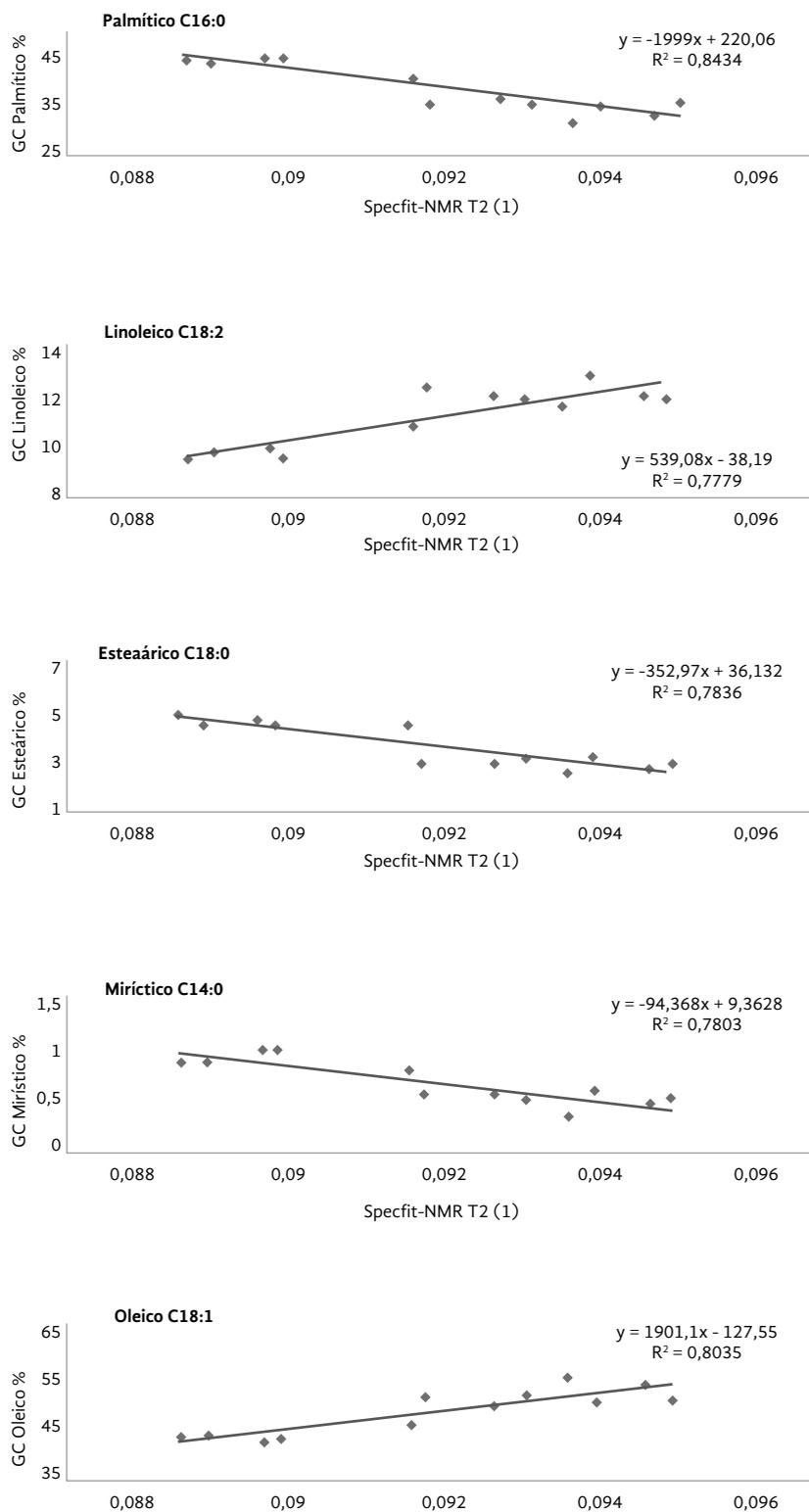


**Figura 2.** Los ácidos grasos medidos con la cromatografía de gases y la misma muestra medida con TD-NMR Specfit. (N = 12).

oleica alta y baja, con base en la regresión lineal desarrollada utilizando T2 (1) para predecir el porcentaje oleico, fue posible para clasificar las muestras de acei-

te de palma con oleico medio 41-49,9 % como clase 2 y de alto oleico 50-100 % como clase 3, con un puntaje de 83,3 % (Tabla 2).

**Figura 3.** Regresión de mínimos cuadrados parciales utilizando señal de TD-NMR y Soxhlet para el contenido de gramos de aceite en el fruto de palma.



**Tabla 2.** Puntaje de clasificación TD-NMR Specfit en comparación con cromatografía de gases (CG) para diferenciar el contenido oleico medio 41-49,9 % de alto 50-100 % en aceite de palma crudo.

Clase de referencia CG	Clase específica	Comparación	Puntaje (%)
2	2	1	83,3
2	2	1	
3	3	1	
2	3	0	
3	2	0	
3	3	1	
3	3	1	
2	2	1	
2	2	1	
2	2	1	
2	2	1	
2	2	1	

## Conclusión

Este artículo presenta la posibilidad de utilizar el sensor innovador TD-NMR Specfit para monitorear y controlar los procesos en la agroindustria del aceite de palma.

El uso de TD-NMR como herramienta para las mediciones de aceite, ha demostrado su eficiencia para medir las pérdidas de aceite de palma y de palmiste en diferentes etapas del proceso, tales como en muestras del fruto intacto, del fruto seco, de la fibra seca, de los racimos secos, de los cauchos, del efluente, del tridecanter, de torta de palmiste y de la molienda de la almendra. Adicionalmente, es posible cuantificar los principales ácidos grasos que tienen una combinación lineal en el aceite de palma:

palmítico, oleico, linoleico, esteárico y mirístico. También, clasificar el aceite de palma en contenido oleico alto 50-100 % o medio 40-49,9 % en un análisis rápido y no destructivo, con un puntaje de éxito del 83,3 %.

Según los resultados presentados, se podría utilizar TD-NMR como una herramienta poderosa para controlar los procesos, y se cree que pronto se desarrollarán o mejorarán aplicaciones adicionales.

## Reconocimientos

Agradecemos a las subvenciones FAPESP 2016/00989-2 por el apoyo financiero, y a Palmeiras Colombia, Denpasa y Biopalma por las muestras y el análisis de referencia.

## Referencias

- Pereira, F.M.V., Carvalho, A.deS., A. de S.Cabeça, L.F., and Colnago, L.A. (2013). Classification of intact fresh plums according to sweetness using time- domain nuclear magnetic resonance and chemometrics. *Microchemical Journal* 108: 14–17. doi:10.1016/j.microc.2012.12.003.
- Ribeiro, R.O.R., Teserira, E., Da Silva, C., Guerra, M.L., Conte, C., and Oliveira, E.F. (2014). Detection of honey adulteration of high fructose corn syrup by Low Field Nuclear Magnetic Resonance (LF 1H NMR). *Journal of Food Engineering* 135: 39-43. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2014.03.009.
- Santos, P.M., Santos, M.S, Koch. F.V.C., Lobo, C.M.S., Carvahlo, A.S., and Colnago, L.A. (2016). Non-Invasive Detection of Adulterated Olive Oil in Full Bottles Using Time-Domain NMR Relaxometry. *Jornal of the Brazilian Chemical Society*.
- Flores, D.W.M., Colnago, L.A., Ferreira, M.D., and Spoto, M.H.F. (2016). Prediction of Orange juice sensorial attributes from intact fruits by TD-NMR, *Microchemical Journal* 128: 113-117. doi:10.1016/j.microc.2016.04.009.
- Bizzani, M., Flores, D.W.M., Colnago, L.A., and Ferreira, L.a: (2017). Non-invasive spectroscopic methods to estimate orange firmness, peel thickness, and total pectin content. *Microchemical Journal* 133: 168-174. doi:10.1016/j.microc.2017.03.039.
- International Organization for Standardization. (1998). Simultaneous determination of oil and water contents, ISO 10565.

# Masa que pasa al digestor (MPD) como metodología para la estimación del potencial de aceite industrial\*

## MPD Method (Mass Passing to Digester) for Estimating the Potential of Industrial Oil

**AUTORES:** Kennyher Caballero Blanco, Ingrid L. Cortés Barreto, Nidia E. Ramírez Contreras y Jesús A. García Núñez. Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma.

**CITACIÓN:** Caballero, K., Cortés, I. L., Ramírez, N. E., & García, J. A. (2019). Masa que pasa al digestor (MPD) como metodología para la estimación del potencial de aceite industrial. *Palmas*, 40 (Especial, Tomo II), 29-38.

**PALABRAS CLAVE:** masa que pasa al digestor (MPD), RFF híbridos OxG, RFF *E. guineensis*, potencial de aceite, balance de masa.

**KEYWORDS:** Mass Pasing to Digester (MPD), FFB OxG hybrid, FFB *E. guineensis*, oil potential, mass balance.

\*Artículo original recibido en español.



**NIDIA E. RAMÍREZ CONTRERAS**  
Investigadora Asociada, Programa de  
Procesamiento de Cenipalma, Associate  
Researcher Processing Program,  
Cenipalma  
Colombia

## Resumen

Ante las frecuentes oscilaciones que presenta la tasa de extracción de aceite (TEA), durante el procesamiento de los racimos de fruta fresca de cultivares híbridos OxG y *E. guineensis*, se han propuesto diferentes alternativas para la estimación del potencial de aceite y así explicar causas de estas variaciones. Sin embargo, a pesar de las diversas metodologías existentes, aún no ha sido posible determinar en su totalidad los factores responsables que afectan la TEA. Es por ello, que se propuso la MPD o masa de frutos esterilizados que pasa al digestor como una opción para la evaluación de la calidad de los racimos que llegan a la planta de beneficio.

El MPD permitió evaluar el potencial de aceite de los proveedores que participan en el proceso de extracción, determinando su incidencia (positiva o negativa) sobre el rendimiento. Esto se logró mediante la caracterización de una muestra de masa de fruto esterilizado tomado a la salida del tambor desfrutador, clasificándolos en sus componentes: frutos normales, frutos abortados, frutos partenocárpicos e impurezas.

Los resultados expuestos en esta investigación corresponden a información preliminar de gran valor para la agroindustria. Es posible inferir que el MPD puede ser utilizado como una herramienta para la predicción del comportamiento de la TEA dentro de la planta de beneficio, y dar respuesta a las eventuales fluctuaciones de la misma. Por otro lado, se observó que es factible desarrollar modelos teóricos que relacionen las variables intrínsecas del fruto y racimo como, por ejemplo, la humedad en el mesocarpio, la cantidad de mesocarpio a fruto, el MPD a racimo, etc.

## Abstract

Given the frequent fluctuations in the oil extraction rate (OER) during the processing of fresh fruit bunches of OxG and *E. guineensis* materials, different alternatives have been proposed for estimating oil potential and explaining the causes of such variations. However, despite the various existing methodologies, it has not yet been possible to fully determine the responsible factors that affect OER. For this reason, the analysis of the mass passing through the digester (MPD) was proposed as an option for evaluating bunch quality at palm oil mills.

MPD analysis allowed to evaluate the oil potential of producers who supply oil palm fruit to palm oil mills, determining their incidence (positive or negative) on the total yield. This was achieved by characterizing a sample of mass of sterilized fruit taken at the exit of the drum and classifying its components: normal fruits, aborted fruits, parthenocarpic fruits, and impurities.

Our results provide preliminary information of great value for the oil palm agroindustry, since it is possible to infer that MPD can be used as a tool for the prediction of the behavior of OER within mills and to address OER fluctuations. On the other hand, it was observed that it is feasible to develop theoretical models that relate the intrinsic variables fruit to bunch, such as moisture in the mesocarp, the amount of mesocarp, and MPD to bunch, etc.

□

## Introducción

En la búsqueda de herramientas para dar explicación a las oscilaciones que presenta la tasa de extracción de aceite (TEA) dentro de las plantas beneficio, se han diseñado estrategias que van desde la normalización en la metodología para cuantificar y expresar las pérdidas de aceite y almendra (balance de masa) (García *et al.*, 2000), hasta la implementación de procedimientos para la estimación en los racimos de fruta fresca (RFF) del potencial de aceite (análisis fisicoquímico de racimos y estimación del caudal de aceite en vertedero) (Prada & Romero, 2012; Cadena, 2004). A pesar de los esfuerzos por encontrar metodologías adecuadas para la medición, se han reportado diferencias (Cadena, 2004) hasta de cinco puntos entre el potencial industrial de aceite (suma de la TEA +

pérdidas de aceite por balance) y los obtenidos de los racimos en tolva. Con el fin de generar una aproximación entre los resultados de las mediciones e identificar los factores que podrían afectar el rendimiento de la extracción de aceite, se retoma el uso de la metodología para la caracterización de la masa de frutos esterilizados que pasa al digester (MPD), como herramienta de control para evaluar las características de los racimos que llegan a la planta y de los frutos que se procesan (Coronado, 2003). La metodología MPD fue desarrollada en 1993 por Golden Hope en Malasia, para evaluar el potencial de aceite de los racimos de cultivares *E. guineensis* (Chong & Shawaluddin, 1993), pero actualmente está en estudio para racimos de híbridos interespecíficos OxG.

La MPD no solo determina el potencial de aceite (% Ac/RFF) sino también los componentes del raci-

mo y de los frutos, tales como formación de frutos fértiles, mesocarpio en fruto, aceite en fruto, etc. Esta caracterización puede relacionarse con factores agroeconómicos en campo como son la nutrición del cultivo, la disponibilidad de agua, polinización, etc. Un componente adicional que se cuantifica a través de esta metodología es la medición de impurezas como espigas, espigas, pedúnculo, piedras y sólidos. Esta variable no es evaluada con el método de análisis de racimo tradicional.

El balance másico para la MPD se realiza en el conjunto esterilizador – desfrutador. La muestra de estudio es una cantidad representativa de frutos esterilizados tomados a la salida del tambor desfrutador, que permite incluir la variabilidad propia de los racimos que vienen en un lote determinado. A diferencia de la metodología de análisis de racimo convencional, en la que para aumentar la confiabilidad y precisión de los resultados se debe incrementar el número de racimos a evaluar, incurriendo en mayores gastos económicos y tiempo (Coronado, 2003), la MPD permite analizar una mayor cantidad de racimos correspondientes a través del estudio de sus frutos. Por ejemplo, para un contenedor de 10 toneladas de RFF, la metodología de análisis de racimo requiere 28 racimos (Prada & Romero, 2012; García & Yáñez, 2000), mientras que con la MPD se pueden muestrear las 10 t de acuerdo con la capacidad de la vagoneta de cada planta extractora.

El objetivo de la metodología es obtener datos más confiables de la cantidad de aceite que los racimos puedan tener, permitiendo observar el comportamiento e incidencias (positivas o negativas) de la materia prima de los diferentes proveedores que participan en el proceso de extracción de aceite dentro de las plantas de beneficio. De esta manera, se pretende establecer canales de comunicación asertiva entre el campo y la planta de beneficio. A continuación se presentan algunos avances obtenidos en la implementación y ajustes de MPD, tanto para racimos provenientes de cultivares híbridos OxG como para los *E. guineensis*.

## Materiales y métodos

En colaboración con las plantas Alianza Oriental S.A. ubicada en el municipio de Acacias (Meta) en la Zona

Oriental, y Salamanca Oleaginosas S.A. en el municipio de San Andrés de Tumaco (Nariño) en la Zona Suroccidental, se llevó a cabo la experimentación a nivel industrial en la etapa de esterilización – desfrutación para RFF de OxG y de *E. guineensis*.

## Balance másico para MPD

El balance másico del MPD se fundamenta en la ecuación de continuidad que se desarrolló durante esta investigación en el sistema esterilizador – desfrutador. Esta ecuación define que el peso de los racimos es equivalente a sus componentes de tusas, el MPD y la pérdida de humedad durante la esterilización

(Ec1):

$$RFF = Tusas + MPD + humedad\ perdida$$

Donde:

- Aceite/RFF: aceite a racimos de fruta fresca.
- Aceite/MPD: aceite a masa de frutos esterilizados que pasan al digestor.
- MPD/RFF: Masa de frutos esterilizados que pasa al digestor a racimos.
- Pérdida de humedad/RFF: pérdida de humedad de los racimos durante el proceso de esterilización.
- Tusa/RFF: tusa a racimo.
- MPD<sub>fn</sub>: masa que pasa al digestor de frutos esterilizados normales.
- MPD<sub>fp</sub>: masa que pasa al digestor de frutos partenocápicos.
- MPD<sub>fab</sub>: masa que pasa al digestor de frutos abortados.
- MPD<sub>imp</sub>: masa que pasa al digestor de impurezas.

Para cuantificar el %MPD/RFF, se debe determinar la humedad perdida durante la esterilización (Tabla 1). Para ello, se pesan 10 RFF de tamaño similar los que se ubican en la parte superior de la vagoneta. El peso de estos mismos racimos obtenidos después de la esterilización corresponde a la pérdida

**Tabla 1.** Ecuaciones para el establecimiento del balance másico de MPD en planta de beneficio.

Parámetro	Ecuación
Potencial de aceite MPD	$\% \frac{\text{Aceite}}{\text{RFF}} = \% \frac{\text{Aceite}}{\text{MPD}} * \% \frac{\text{MPD}}{\text{RFF}}$
MPD a racimo	$\% \frac{\text{MPD}}{\text{RFF}} = 100 - \% \frac{\text{Pérdida de humedad}}{\text{RFF}} - \% \frac{\text{tusa}}{\text{RFF}}$
Aceite a MPD	$\% \frac{\text{Aceite}}{\text{MPD}} = \% \frac{\text{Aceite}}{\text{MPD}_{fn}} + \% \frac{\text{Aceite}}{\text{MPD}_{fp}} + \% \frac{\text{Aceite}}{\text{MPD}_{fab}} + \% \frac{\text{Aceite}}{\text{MPD}_{imp}}$

de humedad. Debido a la variación inherente de la pérdida de humedad entre racimos, y el peso que esta variable tiene sobre el balance másico para la MPD, se compara el procedimiento anterior con el peso total de los racimos dentro de la vagoneta a medir. De esta forma se calcula el error de la estimación de la pérdida de humedad en los 10 racimos.

Para determinar el %Aceite/MPD, se debe estimar el aceite de cada componente. La muestra MPD se toma a la salida del tambor desfrutador y representa 1 % del peso promedio de la vagoneta de ensayo. Posteriormente, se cuartea y se toman dos submuestras de 1.000 g de la masa de frutos esterilizados para su análisis. Este tamaño se estandarizó a través del método de

*bootstrapping* (coeficientes de variación por debajo del 4 %, condición favorable de muestreo). Cada una de los submuestras de 1.000 g se caracteriza identificando sus componentes: frutos normales, partenocárpico, abortados e impurezas. Posteriormente, estos son analizados mediante extracción Soxhlet para calcular el contenido de aceite (Figura 1). Las ecuaciones para definir la cantidad de aceite de cada componente se presentan en la Tabla 2.

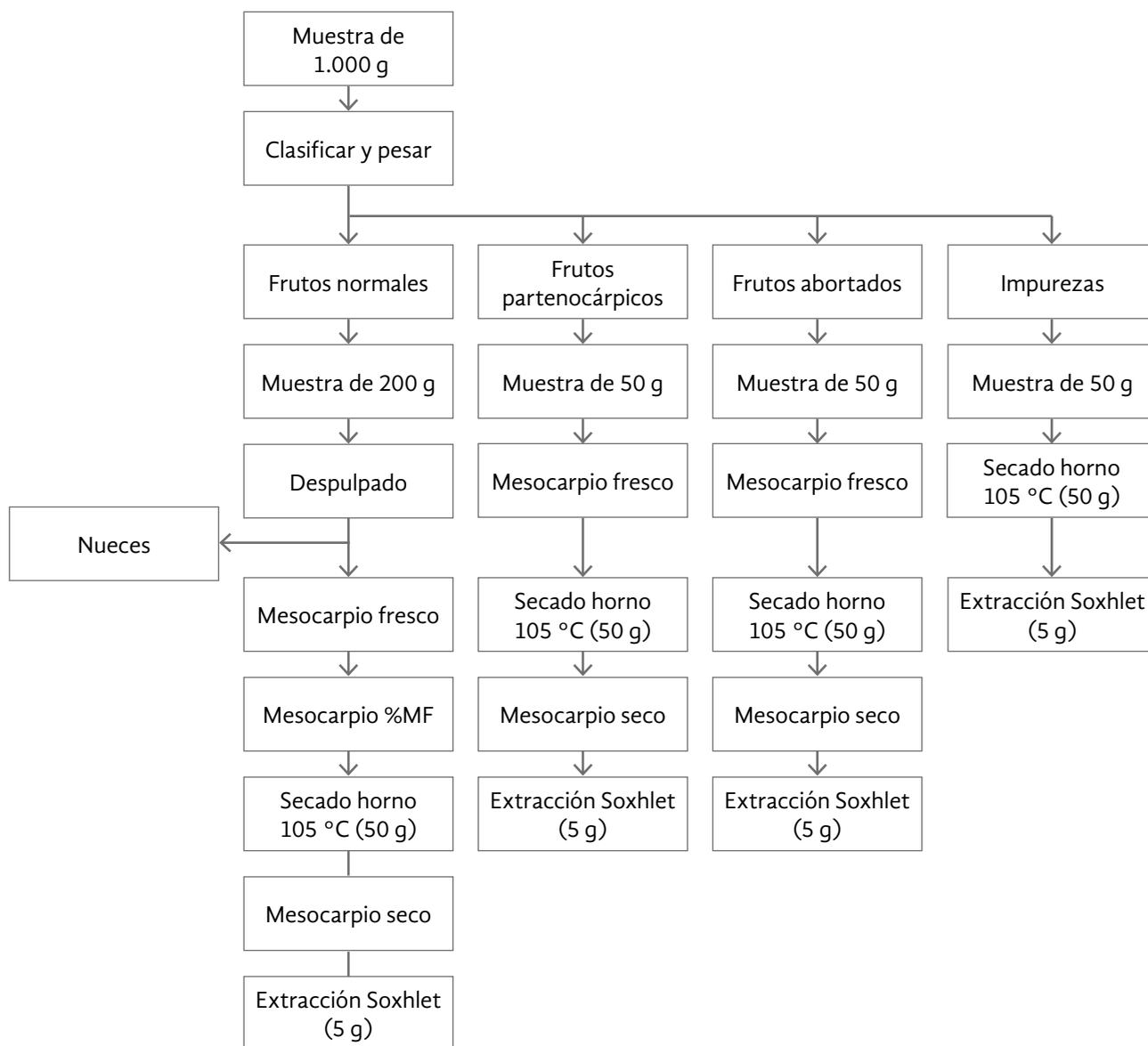
Donde:

- Fn: fruto normal
- Fp: fruto partenocárpico
- Fab: fruto abortado
- Imp: impurezas

**Tabla 2.** Ecuaciones para determinar el contenido de aceite en la masa de frutos esterilizados.

Parámetro	Ecuación
Aceite a $\text{MPD}_{fn}$	$\% \frac{\text{Aceite}}{\text{MPD}_{fn}} = \% \frac{\text{Aceite}}{\text{Fn}} * \frac{\text{Fn}}{\text{MPD}}$
Aceite a $\text{MPD}_{fp}$	$\% \frac{\text{Aceite}}{\text{MPD}_{fp}} = \% \frac{\text{Aceite}}{\text{Fp}} * \frac{\text{Fp}}{\text{MPD}}$
Aceite a $\text{MPD}_{fab}$	$\% \frac{\text{Aceite}}{\text{MPD}_{fab}} = \% \frac{\text{Aceite}}{\text{Fab}} * \frac{\text{Fab}}{\text{MPD}}$
Aceite a $\text{MPD}_{imp}$	$\% \frac{\text{Aceite}}{\text{MPD}_{imp}} = \% \frac{\text{Aceite}}{\text{Imp}} * \frac{\text{Imp}}{\text{MPD}}$

**Figura 1.** Pasos para determinar los componentes del racimo y fruto en el análisis de aceite a MPD.



## Resultados y discusión

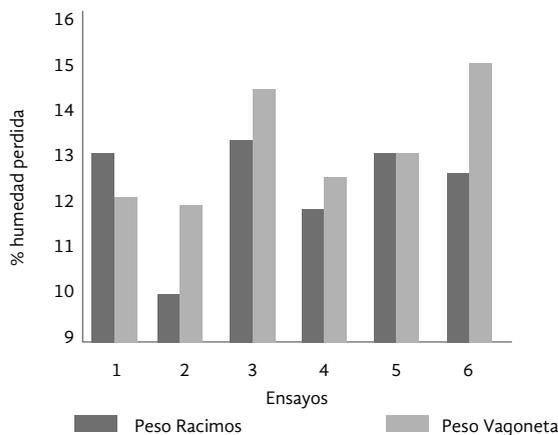
### Pérdida de humedad en esterilización

En la Figura 2, se observa que la metodología propuesta permite estimar la pérdida de humedad que sufren los racimos durante el proceso de esterilización con un error aproximado del 7 %. Es de resaltar que como se mencionó inicialmente, estos son datos

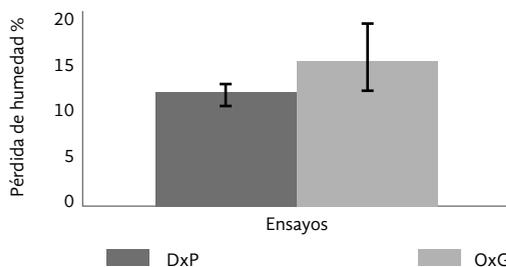
parciales que requieren un mayor número de repeticiones para aumentar su fortaleza estadística.

La Figura 3 registra la pérdida de humedad encontrada para los cultivares de estudio en el proceso de esterilización. Se evidencia de manera preliminar, que existe una mayor deshidratación en los racimos híbridos. Estudios realizados por Coronado (2003) han encontrado valores similares de pérdida de humedad para los racimos *E. guineensis*.

**Figura 2.** Porcentaje de pérdida de humedad pesaje de racimos vs. pesaje de vagoneta.



**Figura 3.** Humedad promedio perdida durante el proceso de esterilización para RFF *E. guineensis* y OxG.



## Balance de masa MPD

Estudio comparativo entre potencial de aceite obtenido por la metodología MPD y el potencial industrial de aceite en planta de beneficio.

El potencial industrial de aceite (PIA) en planta de beneficio se expresa como la cantidad de aceite producido más las pérdidas del proceso de extracción. Es decir

(Ec. 2):

$$\%PIA = \%TEA + \%pérdidas \text{ de proceso}$$

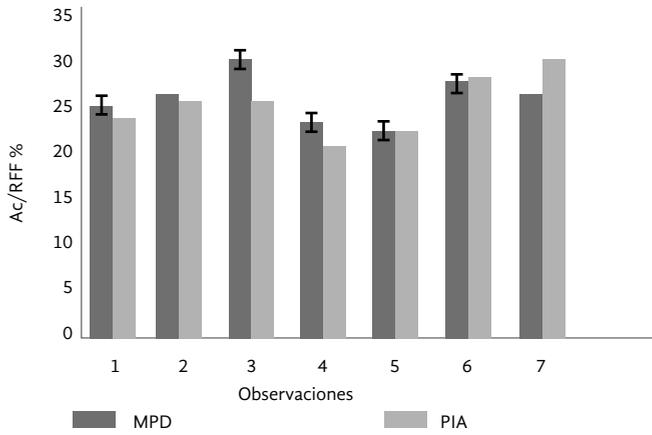
Se debe mencionar que al establecer el balance de MPD no se asocian las pérdidas de aceite en tusa y condensados. Por lo que, al PIA no se le suman las pérdidas mencionadas para poder comparar la metodología de estudio.

La Figura 4, muestra el comportamiento de MPD y PIA. Se observa que existe una diferencia promedio de 0,82 puntos sobre el PIA para este caso de estudio.

Lo anterior permite inferir que la MPD es una herramienta que podría predecir el PIA y por consiguiente la TEA. Estadísticamente, esta hipótesis se ha validado por medio de una prueba no paramétrica (test de rango signado de Wilcoxon), y se demostró que bajo una significancia del 5 %, la MPD no presenta diferencias significativas con el PIA (Tabla 3). Es decir, la MPD sirve para predecir la TEA y el PIA.

Determinación del potencial de aceite de proveedores en planta de beneficio mediante el análisis MPD

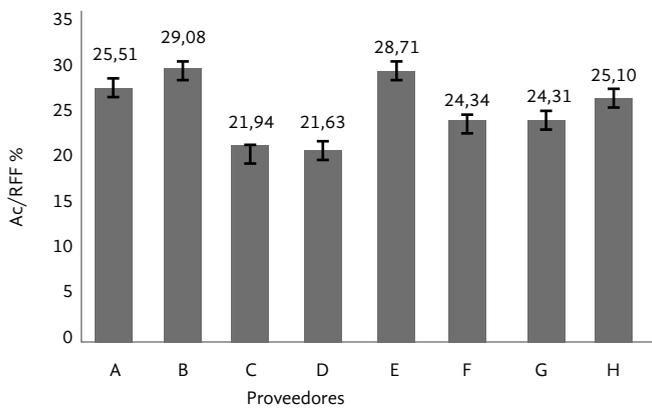
La Figura 5, muestra el potencial de aceite promedio de algunos proveedores en una de las plantas de beneficio en estudio. Para el caso, los proveedores C, D y F presentan los potenciales de aceite más bajos. Esto se debe a la existencia de una relación de aceite a fruto de 7 % menos con respecto a los demás proveedores evaluados (Figura 6), asociado a una cantidad menor de aceite a mesocarpio y de mesocarpio a fruto (2,5 y 9 % respectivamente) (Figuras 7 y 8).



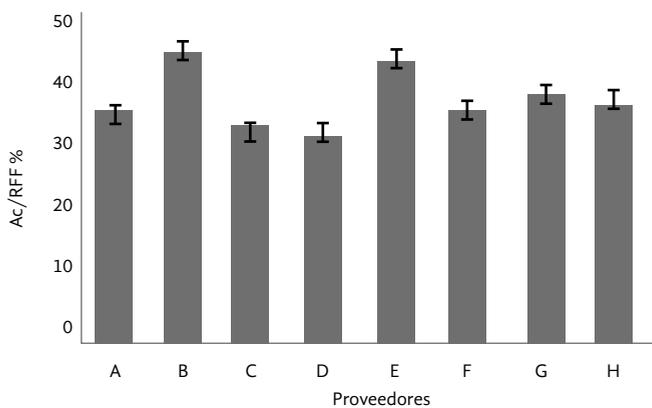
**Figura 4.** Comparación entre el potencial de aceite MPD vs. PIA en planta de beneficio para el procesamiento de RFF *E. guineensis*.

**Tabla 3.** Prueba no paramétrica de Wilcoxon. % Aceite/RFF.

Variable	Promedio	Significancia P (%)
MPD	25,51	0,5781
PIA	24,69	

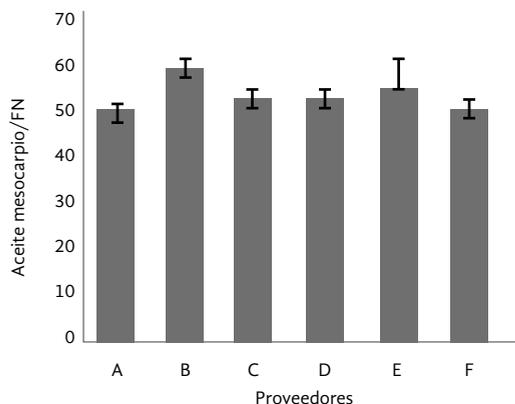


**Figura 5.** Potenciales de aceite promedio mediante análisis MPD de proveedores.

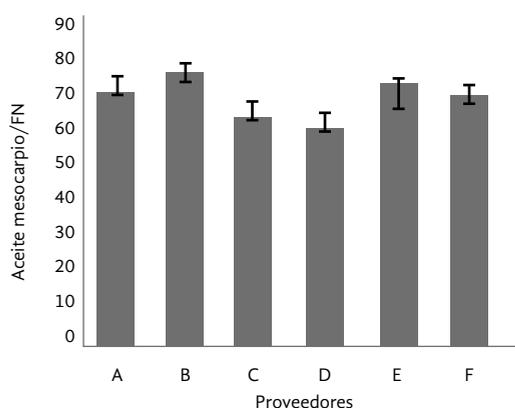


**Figura 6.** Relación de aceite a fruto normal para los proveedores evaluados.

**Figura 7.** Aceite en mesocarpio fresco para los proveedores evaluados.



**Figura 8.** Relación de mesocarpio a fruto para los proveedores evaluados



Una de las posibles causas de los bajos contenidos de aceite a mesocarpio puede estar relacionado con la cosecha. Es decir, es probable que se estén cosechando los RFF sin que lleguen a su máximo estado de lipogénesis. Por otro lado, la cantidad de mesocarpio a fruto está relacionado con el tipo de cultivar sembrado.

Evaluación de las correlaciones existentes entre el contenido de humedad y aceite a racimo en MPD

Los resultados de 32 análisis de MPD y los componentes de los frutos permitieron obtener un modelo matemático preliminar para determinar el contenido de aceite en mesocarpio de frutos normales, partenocárpicos e impurezas impregnadas, por medio de su contenido de humedad. Esto tiene por objeto evitar el procedimiento Soxhlet disminuyendo tiempos y consumo de reactivos.

La Figura 9a muestra que existe una correlación alta ( $R = 80,93 \%$ ) entre el aceite a mesocarpio del

fruto normal y su humedad (Ec.3). Esta correlación también se ha encontrado en el análisis de racimos tradicional (Ec. 4) (Escobar, 2004).

(Ec.3)

$$\% \frac{AC}{Mf} = 83,568 - 1,167 * (\text{humedad en pulpa}) \quad R^2 = 81,42 \%$$

(Ec.4)

$$\% \frac{AC}{Mf} = 83,561 - 0,942 * (\text{humedad en pulpa}) \quad R^2 = 91,81 \%$$

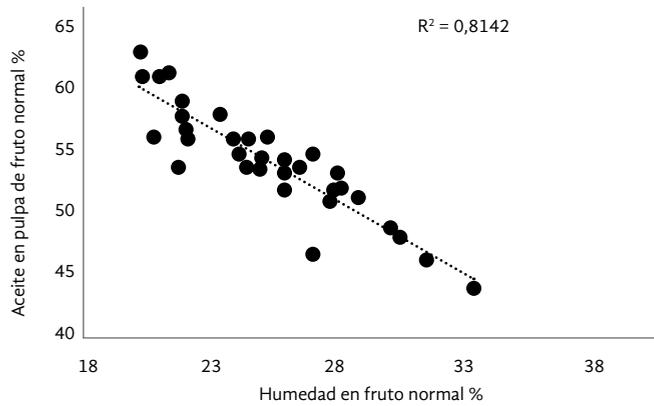
Las Figuras 9b y 9c evidencian que también existe esa relación entre el contenido de aceite impregnado tanto en frutos abortados como en las impurezas, con el contenido de humedad.

(Ec. 5)

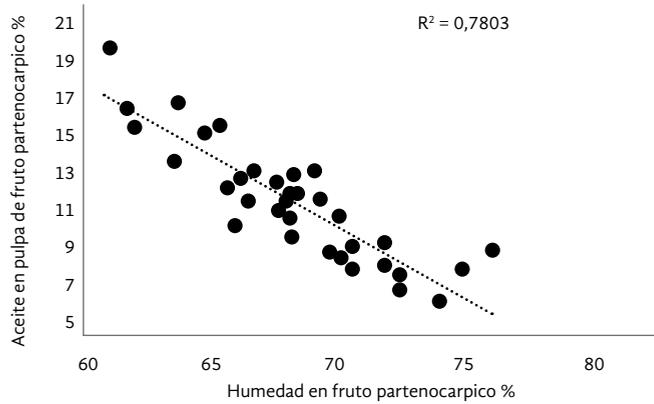
$$\% \frac{AC}{Fab} = 63,129 - 0,7549 * (\text{humedad en Fab}) \quad R^2 = 78,03 \%$$

(Ec. 6)

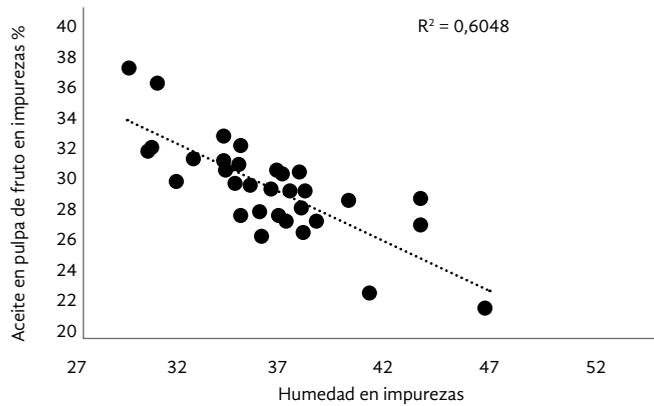
$$\% \frac{AC}{Imp} = 52,821 - 0,6273 * (\text{humedad en Imp}) \quad R^2 = 60,48 \%$$



**Figura 9a.** Análisis de regresión de aceite en mesocarpio de fruto normal (%) y su contenido de humedad.



**Figura 9b.** Análisis de regresión de aceite impregnado en fruto partenocárpico (%) y su contenido de humedad.



**Figura 9c.** Análisis de regresión de aceite impregnado en impurezas (%) y su contenido de humedad.

## Conclusiones y recomendaciones

- La metodología MPD muestra una gran posibilidad para obtener resultados acertados para la evaluación de racimos de fruta fresca de los diferentes proveedores. Además, debido a la opción de analizar una mayor cantidad de fruta, podría ser implementada como una práctica periódica en las plantas de beneficio.
- La MPD es una herramienta que puede predecir el comportamiento de la tasa de extracción de aceite (TEA) permitiendo una retroalimentación, en un menor tiempo, entre la planta de beneficio y el campo gracias a la caracterización del racimo por medio del análisis de componentes del mismo.
- La MPD permite obtener una mayor representatividad del fruto evaluado.

- Se vislumbra la determinación del contenido de aceite de MPD a través del desarrollo de modelos teóricos que relacionen las variables intrínsecas del fruto y racimo como, por ejemplo, la humedad en el mesocarpio, la cantidad de mesocarpio a fruto, MPD a racimo, etc. Sin embargo, es necesario realizar análisis estadísticos complementarios para las relaciones de humedad en los componentes de MPD y la pérdida de humedad en los racimos durante la esterilización.

## Agradecimientos

Agradecemos a las plantas Alianza Oriental S.A., y Salamanca Oleaginosas S.A., por permitir el desarrollo de la investigación, por su hospitalidad e interés en todas y cada una de las etapas del trabajo. A los ingenieros Jorge Reyes, Adison Beleño y Mario Alava por su acompañamiento y guía durante la ejecución de las actividades, y a Mabel Ospina por su colaboración durante la realización del proyecto.

---

## Referencias

- García, J., Yáñez, E., & Rodríguez, N. (2000). Balance de pérdidas de aceite en plantas de beneficio de las zonas palmeras colombianas Norte y Central. *Palmas*, 21(1), 375–380.
- Prada, F., & Romero, H. (2012). Muestreo y análisis de racimos en el cultivo de la palma de aceite. Fedepalma.
- Cadena, O. (2004). Métodos para la estimación del potencial de aceite y su relación con la tasa de extracción de aceite en planta ( TEA ). *Palmas*, 25(II), 509–518.
- Coronado, L.E.P. (2003). Implementación de los análisis MPD (Mass passing to digester) como herramienta de control para la estimación del potencial de aceite en la planta extractora de aceite de palma africana. Agroince Ltda.
- Chong, L. & Shawaluddin, T. (1993). Recent trends in OER in relation to MPD analyses in golden hope mills. *Palm Oil Information*.
- García J., & Yáñez, E. (2000). Aplicación de la metodología alterna para análisis de racimos y muestreo de racimos en tolva. *Palmas*, 21(1), 303–311.
- Escobar, C. (2004). Guía de potenciales de extracción de aceite de fruto de palma. *Palmas*, 25 (Especial, Tomo II), 492–500.

## Proceso de extracción para la producción de glucosa y xilosa a partir de $\alpha$ -celulosa y hemicelulosa presente en racimos de fruta fresca (RFF). Una alta cuantía en la producción de glucosa/xilosa garantiza una tasa de extracción de aceite (TEA) más alta\*

Milling Process to Produce Glucose and Xylose from  $\alpha$ -Cellulose and Hemicellulose of FFB. High Quantum of Glucose/Xylose Produced Guarantees Higher OER

**CITACIÓN:** Ariffin, A. A. (2019). Proceso de extracción para la producción de glucosa y xilosa a partir de  $\alpha$ -celulosa y hemicelulosa presente en racimos de fruta fresca (RFF). Una alta cuantía en la producción de glucosa/xilosa garantiza una tasa de extracción de aceite (TEA) más alta. *Palmas*, 40 (Especial, Tomo II), 39-49.

**PALABRAS CLAVE:** aceite, TEA,  $\alpha$ -celulosa, hemicelulosa, glucosa y xilosa, innovación química.

**KEYWORDS:** Oil, OER,  $\alpha$ -cellulose, hemicellulose, glucose and xylose, chemical innovation.

\* Artículo original recibido en inglés y traducido por Carlos Alberto Arenas



**DR. ABDUL AZIS ARIFFIN**  
Director Dolphin International Berhad  
Malasia/Malaysia

## Resumen

A pesar de los condicionamientos pasados y actuales, las tres etapas secuenciales de las tecnologías de procesamiento de aceite de palma: liberación de los frutos de los RFF, extracción del aceite crudo de los frutos y la purificación hasta la obtención de aceite crudo de palma (APC), deben mantenerse constantes. Morfológicamente, los RFF son más complejos, con los frutos desordenadamente alrededor de las espigas, y con cada espiga también ubicada desordenadamente alrededor del pedúnculo central de los RFF. El aceite de palma se atribuye a las células presentes en el mesocarpio de los frutos.

Hidratos de carbono muy estables ( $\alpha$ -celulosa) forman la pared celular que envuelve el citoplasma, el núcleo, las mitocondrias, las vacuolas de enzimas, el aparato de Golgi, el retículo endoplásmico, el aceite, etc. Todas y cada una de las células están apoyadas entre sí y en las fibras lignificadas orientadas longitudinalmente por hemicelulosa. Esta forma una goma “temporal” que permite que los frutos se peguen al tallo del racimo y “amortigua” cada célula en el RFF.

Por lo tanto, el aceite es físicamente expulsado del mesocarpio de la fruta durante el procesamiento. Las técnicas y las condiciones de extracción adecuadas implementadas hace años, continuarán siendo las mismas. De igual manera, los valores actuales de TEA y los parámetros fisicoquímicos en vertimientos, como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO), también se mantendrán.

El mejoramiento del proceso de extracción de aceite se ha y sigue enfocándose en la ingeniería. Esto con el objetivo de maximizar la recuperación de aceite crudo de palma. Y, de hecho, la extracción también es, prácticamente, un proceso químico. Maximizar la hidrólisis de la  $\alpha$ -celulosa como de la hemicelulosa, a glucosa y xilosa, lleva a una mejor y mayor separación, segregación y congregación de las moléculas de aceite.

Este artículo discute la química del procesamiento de aceite de palma para mejorar la producción de glucosa y xilosa. Esta innovación química ha resultado en un incremento de la TEA.

## Resumen

The 3 sequential phases in the milling technology; freeing fruits from FFB, extracting crude oil from the fruits and purifying the crude to CPO and albeit the past and current processing conditionings, shall sustain. FFB is morphologically more complex, with fruits helter-skelterly whorled around spikelet and each spikelet then also helter-skelterly whorled around the central palm bunch stalk. Palm oil is ascribed in cells of the palm fruit mesocarp. Very stable carbohydrate ( $\alpha$ -cellulose) forms the cell wall that envelopes the cellular cytoplasm, nucleolus, mitochondria, enzyme vacuoles, Golgi body, endoplasmic reticulum, oil, etc. Each and every cell is cushioned to each other and to the longitudinally oriented lignified fibers by hemicellulose. Hemicellulose forms a “temporary” gum that allows attaching fruits to the bunch stalk and “cushions” every cell in the FFB.

Oil is, henceforth, physically pressed out of the fruit mesocarp. The technique and conditions aptly fit for FFB borne years ago will stay. Likewise, the current OER and POME BOD/COD values shall also stay.

Milling process improvement has and is solely focused on the engineering consequential for maximizing oil recovery. Well and behold palm oil mill process is also and practically a chemical process. Maximizing hydrolysis of both  $\alpha$ -cellulose and hemicellulose to glucose and xylose shall lead to better, greater and higher separation and segregation and congregation of oil molecules. And at the same time prepares the glucose and xylose biomasses of the milling process. This paper discusses the processing chemistry to enhance productions of glucose and xylose. This chemical innovation has accorded increment of OER.

This paper discusses the processing chemistry to enhance productions of glucose and xylose. This chemical innovation has accorded increment of OER.

## Introducción

El aceite de palma crudo (APC) se obtiene del mesocarpio del fruto de la palma de aceite.

El mesocarpio en buen estado, procedente de los RFF, contiene muchos compuestos químicos naturalmente estables: aceite o triacilglicéridos (TAG),  $\alpha$ -celulosa, hemicelulosa, lignina y agua, principalmente.

La tecnología que envuelve el procesamiento está bien diseñada para extraer el aceite de los RFF maduros de la palma de aceite. El proceso de extracción establecido hace mucho, y bien ajustado, continuará siendo el mismo durante los próximos años, diseñado para remover, sistemáticamente, el aceite de los RFF. La medida de aceite recuperada depende de la cantidad inicial del mismo en los RFF procesados, menos las pérdidas durante el proceso.

Básicamente, una planta de beneficio de aceite de palma consiste en una serie de procesos físicos para desprender sistemáticamente los frutos de palma, ricos en aceite, de los RFF: liberar los aceites de las células del mesocarpio de la fruta, separando el aceite, los hidratos de carbono hidrofílicos ( $\alpha$ -celulosa y hemicelulosa) y la lignina, y finalmente, el secado del aceite hasta la obtención de APC.

En cada paso del procesamiento secuencial se realizan parámetros predeterminados, incluyendo temperatura, presión y rendimiento de biomasa. Los condicionamientos respectivos deben ayudar a liberar los frutos, sacar el aceite de las células y separar y purificar las moléculas químicas oleosas de las no oleosas.

Sin embargo, además de la extracción física del aceite, el proceso también produce químicamente diacilglicerol (DAG), monoacilglicerol (MAG) y ácidos grasos libres (AGL),  $\alpha$ -celulosa y hemicelulosa despolimerizada, glucosa, xilosa y lignina. La presencia inherente de  $\alpha$ -celulosa, hemicelulosa y lignina, afectan negativamente la recuperación de aceite y, en consecuencia, la TEA.

El fruto de la palma, al igual que en el caso del mesocarpio, es bastante complejo morfológicamente. El aceite de palma se encuentra en las células del mesocarpio del fruto. Hidratos de carbono muy es-

tables ( $\alpha$ -celulosa) forman la pared celular que envuelve el citoplasma, que a su vez también contiene el núcleo, las mitocondrias, las vacuolas de enzimas (lipasa), el aparato de Golgi, el retículo endoplásmico, el aceite, etc. En los frutos maduros, el aceite está presente en el citoplasma y existe como un único glóbulo o cuerpo. Todas y cada una de las células están apoyadas entre sí por hemicelulosas, que junto con la  $\alpha$ -celulosa, conforman las fibras lignificadas mesocárpicas orientadas longitudinalmente, química e intensamente estables. La hemicelulosa también forma una goma “temporal” que permite que los frutos se peguen al tallo del racimo y “amortigüen” cada célula en el racimo.

La fruta se separa del tallo como resultado de la hidrólisis enzimática desencadenada por hormonas de la hemicelulosa, que pega el fruto al tallo en la capa de abscisión. El contenido de aceite se maximiza y el racimo de fruta es cosechado.

El RFF no tiene glucosa y xilosa libre.

Los daños al mesocarpio contienen triacilglicéridos (TAG), DAG, MAG y AGL. La estructura de la  $\alpha$ -celulosa, la hemicelulosa y la lignina se conserva, el agua se evapora. La morfología celular y la orientación bioquímica sigue siendo similar a la del racimo de fruta de la palma.

La abrasión física del mesocarpio termina con la hidrólisis enzimática (lipasa) instantánea del aceite (TAG) a diacilglicerol (DAG), monoacilglicerol (MAG) y a ácidos grasos libres (AGL). Mientras que todos los contenidos bioquímicos (aceite, hidratos de carbono, lignina, etc.) se conservan (Figura 1).

El procesamiento siempre ha sido percibido más como un proceso de ingeniería mecánica. La alta presión de carga eficiente y la temperatura fluyen hacia un recipiente cerrado cargado con RFF. El vapor energizado cataliza los desprendimientos de frutas del tallo del racimo, y libera los frutos de estos RFF “cocinados” por medio de un tambor desfrutador giratorio. Con una lenta acción de agitación en el digestor a temperatura controlada, se exprime el aceite de la fracción líquida de la biomasa sólido-líquida homogeneizada del digestor, mediante una prensa de tornillo. El aceite crudo, supuestamente líquido y prensado, también contiene degradados (mono-, di-,

oligómeros) e hidratos de carbono libres (polímeros de peso molecular). Estos contaminantes, que no son del aceite, deben ser separados y descargados como efluentes. El aceite libre recuperado es secado y despachado como APC.

Un RFF contiene aceite, hidratos de carbono ( $\alpha$ -celulosa, hemicelulosa), lignina, fenoles y, por consiguiente, componentes menores muy importantes, principalmente carotenos y tocoferoles.

El proceso de extracción solo debería recuperar el aceite. No obstante, los productos del proceso de extracción, además del aceite (TAG), también incluyen DAG, MAG, AGL, cetonas y aldehídos (Kuntum & Ariffin, 2010) del aceite,  $\alpha$ -celulosa, hemicelulosa, glucosa e hidroximetilfurfural (Ariffin *et al.*, 2014a), xilosa y furfural (Loi *et al.*, 2011).

La hipótesis es que, durante la hidrólisis enzimática, la hemicelulosa de la fruta para la abscisión del tallo conduce al desprendimiento de las frutas. Una hidrólisis similar activada químicamente de las moléculas de celulosa y hemicelulosa debería resultar en la lixiviación del aceite de las células oleosas.

## Química del proceso de extracción

Después de ser expuestos a 132 °C, 45 psi, los RFF estacionarios en el esterilizador, desprenden vapor durante un tiempo y los frutos empiezan a desprenderse del tallo. La causa del desprendimiento no tiene nada que ver con ingeniería, sino que es puramente química. A temperaturas elevadas, el vapor energiza y ioniza las moléculas de agua a H<sup>+</sup> y OH<sup>-</sup> en el tejido del mesocarpio. Algunos de los componentes de 6-carbonos y 5-carbonos de la hemicelulosa, se incorporan con el OH<sup>-</sup> para formar moléculas libres de glucosa y xilosa. Las moléculas de agua optimizadas energéticamente y, por lo tanto, una mayor cantidad de OH<sup>-</sup>, hidrolizan por completo la hemicelulosa en glucosa y xilosa. También provocan la despolimerización o descomposición total de la hemicelulosa (hidrato de carbono-goma) en la capa de abscisión que une la fruta al tallo, de la hemicelulosa que envuelve cada célula del mesocarpio de la palma y de los tejidos del tallo de la palma, a monómeros singulares de glucosa y xilosa.

La  $\alpha$ -celulosa, que constituye las células de cada planta, incluyendo el mesocarpio y las del tallo, es excepcionalmente estable químicamente. Las incidencias de las condiciones actuales de esterilización no afectan a la  $\alpha$ -celulosa. Sin embargo, el polímero de  $\alpha$ -celulosa puede ser quebrado física y fácilmente.

El RFF no contiene glucosa ni xilosa libre.

El condensado del esterilizador reafirma la presencia de glucosas y xilosas. Bajo estas circunstancias de procesamiento, las  $\alpha$ -celulosas muy fuertes no pueden ser hidrolizadas a los monómeros de glucosa de 6-carbonos. El daño físico a la  $\alpha$ -celulosa de la célula lleva a la liberación del aceite.

Una alta proporción de racimos de fruta sin pelar (RFP) refleja la degradación incompleta de los polímeros de hemicelulosa.

La química necesita continuar la producción de monómeros de glucosa de 6-carbonos y monómeros de xilosa de 5-carbonos, respectivamente, para que sus formaciones/producciones lleven a una mayor recuperación de aceite. La  $\alpha$ -celulosa es resistente a los condicionamientos actuales de proceso (temperatura/presión/rendimiento) y, por lo tanto, es quebrada físicamente.

Es probable que entre el 80 % y el 90 % de la química de la extracción de aceite de palma ocurra durante el proceso de esterilización (Figura 1).

## Proceso de extracción

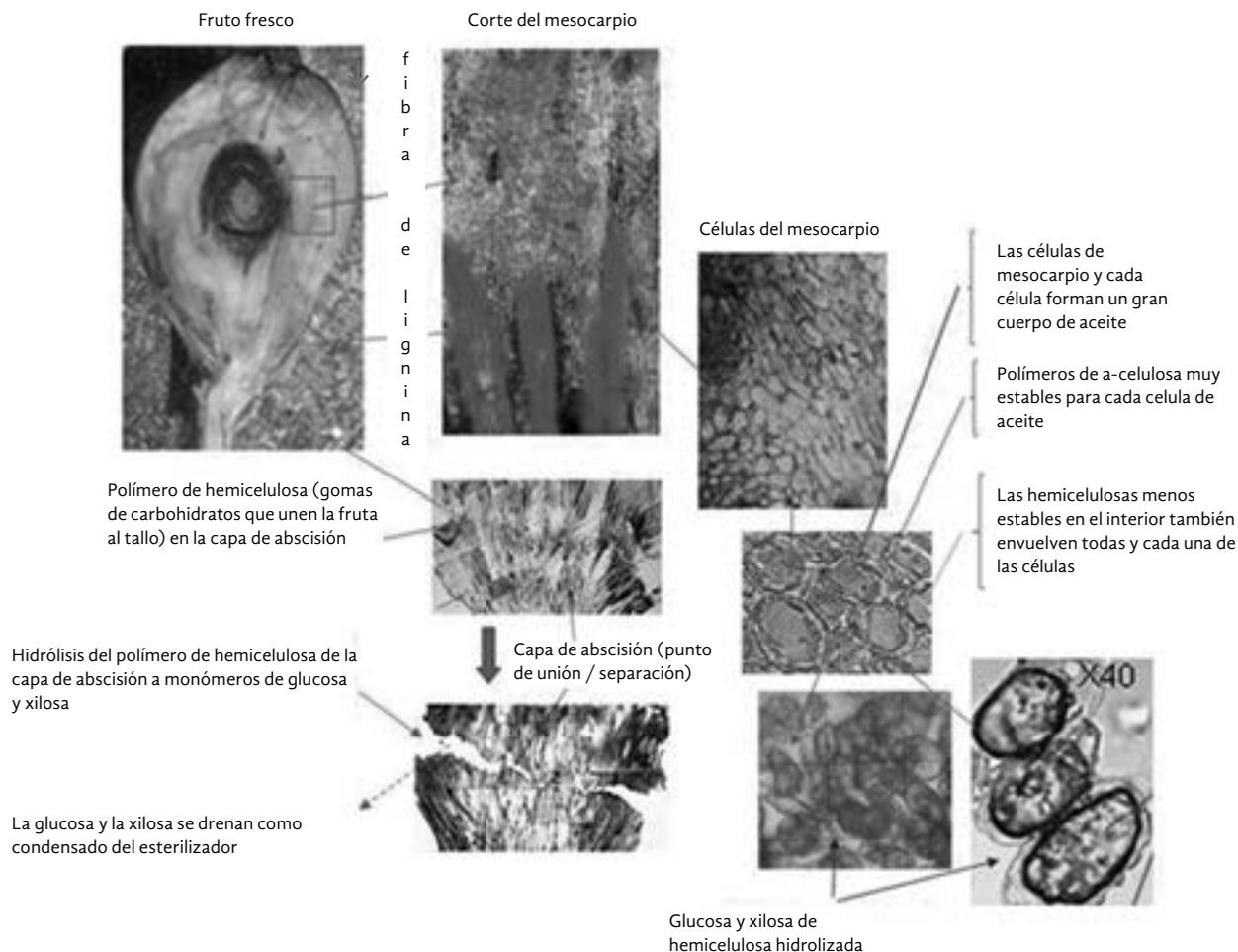
Las etapas o secuencias del proceso de extracción se conservan. La secuencia de procesamiento incluye la etapa de preparación (pesaje, manejo de los RFF, esterilización y trituración) de los frutos sueltos esterilizados, la etapa de extracción (digestión, prensado, filtración y dilución) y la etapa de purificación (clarificación, centrifugación y secado). El APC es bombeado al tanque de almacenamiento.

### Etapas de preparación

**Biomasa estacionaria:** racimo de fruta fresca (RFF).

**Productos:** frutos sueltos.

**Figura 1.** Morfología y distribución bioquímica del mesocarpio del fruto de la palma.



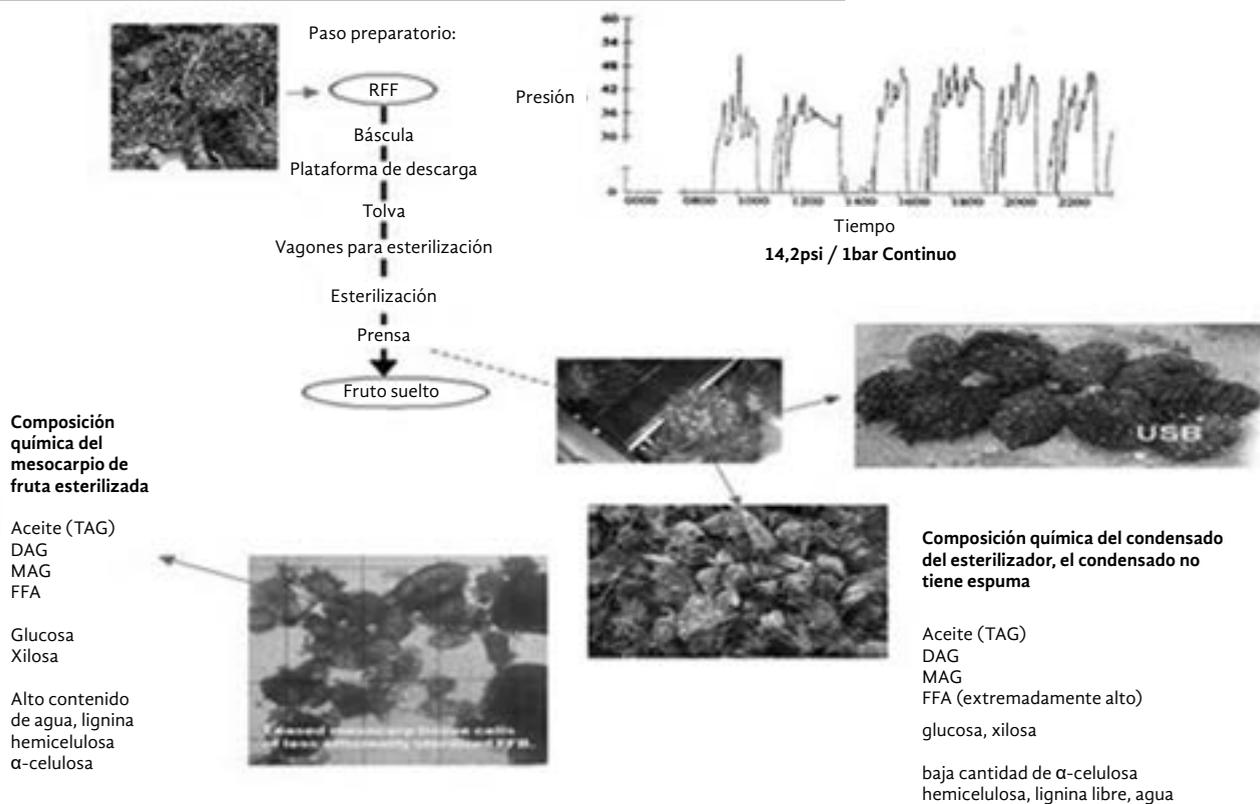
### Objetivo: más frutos secos, glucosa y xilosa

En particular, la etapa de preparación se encarga de que la biomasa del RFF sano, el aceite y todos los otros compuestos químicos se mantengan estacionarios dentro del tejido. Los racimos nunca son agitados ni sacudidos durante el proceso de esterilización. El desprendimiento del pedúnculo dentro del tallo mediante la abscisión del fruto al tallo se debe, virtual y puramente, a la degradación química de las gomitas de azúcar o hidratos de carbono (hemicelulosa) que atan la fruta al tallo. Una buena condición de esterilización también permite la descomposición hidrolítica de la hemicelulosa que igualmente envuelve cada célula oleosa en el mesocarpio (Figura 2).

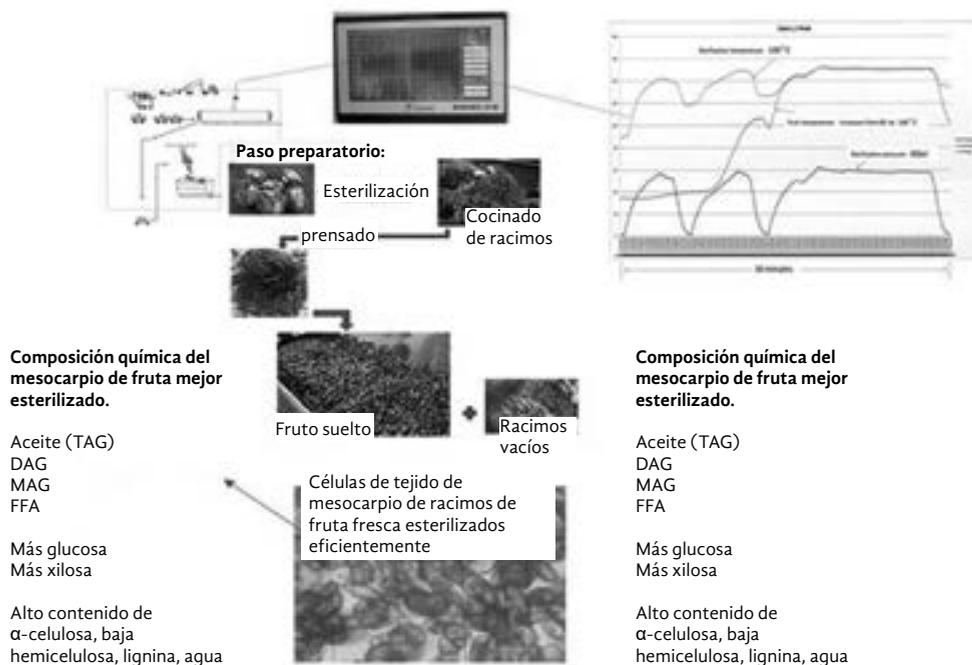
Mejorar la hidrólisis (Ariffin *et al.*, 2014b) (Figura 3) de la hemicelulosa en la capa de abscisión y también de las hemicelulosas que envuelven cada célula del RFF, incluyendo el mesocarpio del fruto, y una mayor cantidad de monómeros de glucosa y xilosa muy solubles en agua, debería resultar en muchas células oleosas libres (Figura 4).

La  $\alpha$ -celulosa auténtica que forma y constituye la pared celular de todas las células vegetales, incluyendo las del mesocarpio del fruto de la palma, es muy estable químicamente. La  $\alpha$ -celulosa, el polímero de 6-carbono (glucosa) de cadena larga, no es hidrolizada con facilidad bajo ciertas circunstancias. Los polímeros de  $\alpha$ -celulosa solo se rompen mediante el corte físico.

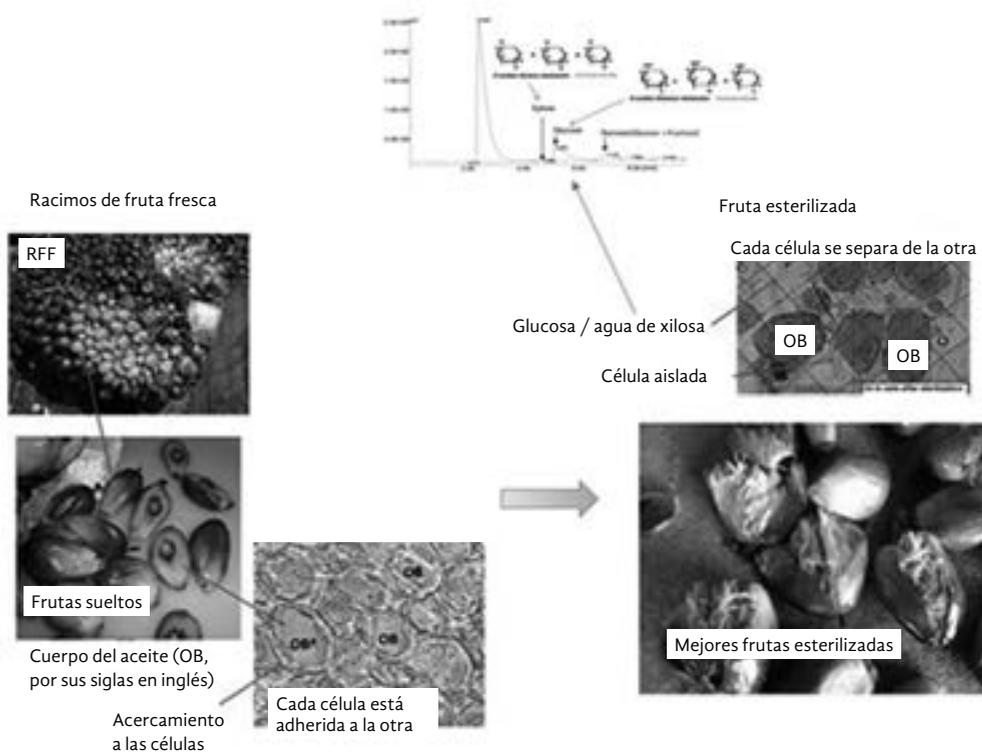
**Figura 2.** Efecto de un condicionamiento de esterilización más suave en la hidrólisis de hemicelulosa en el desprendimiento de frutos.



**Figura 3.** Efecto de un condicionamiento de esterilización con mayor presión que mejora la hidrólisis de hemicelulosa para el desprendimiento completo de los frutos.



**Figura 4.** Morfología celular del mesocarpio del fruto de palma antes y después de la esterilización.



Entre otros, el mesocarpio del fruto de la palma contiene moléculas macroquímicas orientadas sistemáticamente, hemicelulosa (cadena más corta y menos estable de moléculas de 6-carbonos [glucosa]/5-carbonos [xilosa]), que amortiguan cada célula de aceite,  $\alpha$ -celulosa (pared celular de polímero de cadena larga muy estable de 6-carbonos (glucosa) que envuelve el glóbulo oleoso citoplásmico de la célula y, excepcionalmente, fibra lignificada polifenólica estable.

Otros compuestos químicos menores beneficiosos (caroteno [provitamina A], tocoferoles/tocotrienoles [vitamina E]), fenoles y antocianinas, no contribuyen a la TEA.

### Etapa de extracción

**Biomasa no estacionaria:** frutos sueltos esterilizados que conforman polímeros y monómeros libres, del tejido del mesocarpio, aceite, lignina e hidratos de carbono.

**Productos:** aceite, glucosa, xilosa, hemicelulosa y celulosa, lignina como fibras.

**Objetivo:** aceite, más glucosa y xilosa, menos  $\alpha$ -celulosa, hemicelulosa y lignina, más agua.

**Digestor/prensa/filtro:** La etapa de extracción (digestión, prensado y filtrado), se enfoca en procesar o tratar las masas que ahora son no estacionarias o las masas (mallas) en movimiento homogeneizadas/no homogeneizadas. La malla está conformada por derivados compuestos químicos (polímeros de  $\alpha$ -celulosa, hemicelulosa), glucosas y xilosas, tejidos del mesocarpio ricos en aceite libres y atrapados, y agua. Esta masa en movimiento también contiene lignina muy estable y no reactiva, así como compuestos químicos lignificados.

Mejorando la hidrólisis de las hemicelulosas

El grado de reacciones químicas intencionales es ligeramente inferior en comparación con el proceso de esterilización (etapa de preparación). La biomasa moderadamente caliente (entre 80 y 90 °C) continuamente agitada y en movimiento, reduce la eficiencia de la

Proceso de extracción para la producción de glucosa y xilosa a partir de  $\alpha$ -celulosa y hemicelulosa presente en racimos de fruta fresca (RFF). Una alta cuantía en la producción de glucosa/xilosa garantiza una tasa de extracción de aceite (TEA) más alta • Ariffin, A.

hidrólisis. El exceso de hemicelulosa que se adhiere a las células ricas en aceite, permite la recuperación del aceite al presionar la biomasa. La fibra prensada es un excelente combustible para la caldera.

La hidrólisis de las hemicelulosas remanentes, y quizás de las  $\alpha$ -celulosas que continúan existiendo o que están atrapadas al interior de la biomasa de fruta esterilizada, que es transferida al digestor, se puede mejorar mediante la inyección continua y consistente de vapor, para mantener la temperatura de la biomasa por encima de 90 °C.

La congregación de hemicelulosa y  $\alpha$ -celulosa con hidrólisis incompleta, atrapa y absorbe el aceite en el foso de lodo.

La masa aún sólida y el aceite licuado, y los hidratos de carbono hidrolizados y solubles en agua, son canalizados hacia la prensa.

Ahora, el aceite crudo prensado está compuesto de hidratos de carbono degradados, más libres y con menor peso molecular (polímeros más cortos de bajo peso molecular, glucosa y xilosa), aceite libre (y derivados) y agua. También hay presencia de moléculas libres de lignina.

## Etapa de purificación

**Producto:** aceite y polímeros ( $\alpha$ -celulosa, hemicelulosa) y monómeros (glucosa y xilosa) de hidratos de carbono, células oleosas, fragmentos microscópicos de lignina, agua.

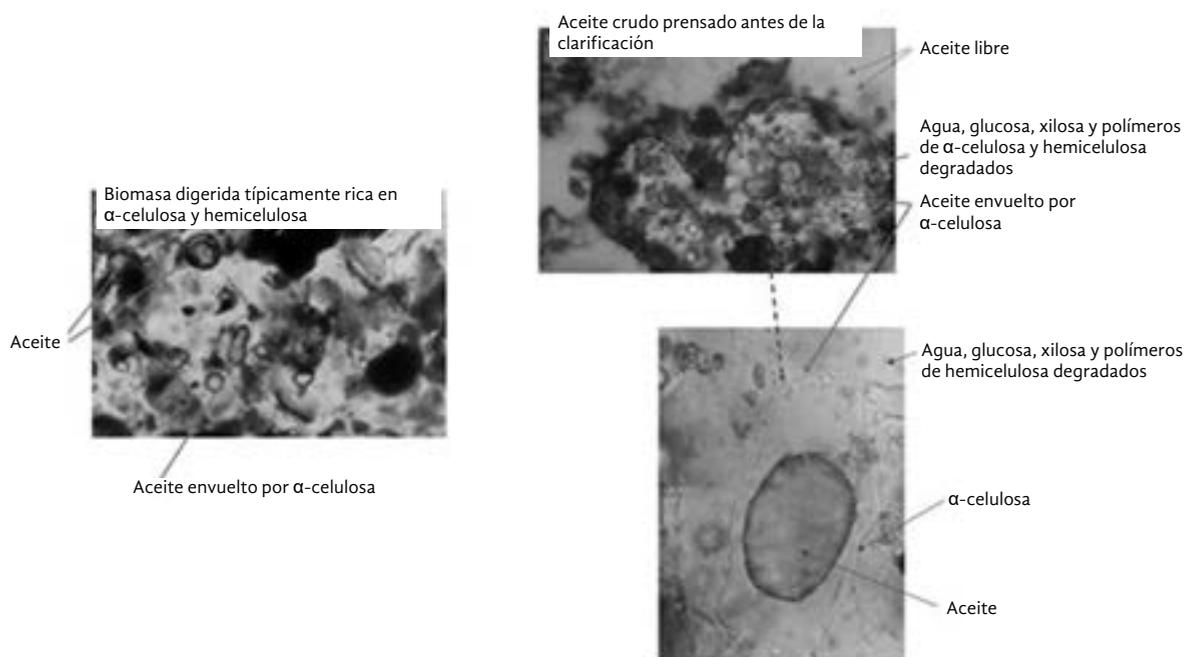
**Objetivo:** aceite seco.

La purificación circunnavega en la recuperación de las moléculas químicas deseadas o tratadas, incluido el aceite. En esta instancia, el aceite es una mezcla de muchas formas de moléculas químicas libres que incluyen  $\alpha$ -celulosa (de diferentes pesos moleculares) y hemicelulosa (también de distintos pesos moleculares), glucosa y xilosa, lignina, aceite (TAG), DAG, MAG, AGL y agua.

Convenientemente, la propiedad hidrofóbica de baja densidad del agua ayuda en la separación rápida del aceite y de los AGL y, en cierta medida, de los DAG y MAG del agua y de la  $\alpha$ -celulosa, hemicelulosa, glucosa y xilosa hidrófilas. La lignina se hunde.

La alta cantidad de células oleosas (cuerpos de aceite envueltos por  $\alpha$ -celulosa) solo demuestra que no se

**Figura 5.** Morfología de la biomasa digerida antes de ser prensada, aceite crudo prensado.



ha completado el aspecto físico o químico durante el proceso de ruptura, especialmente el de la  $\alpha$ -celulosa.

## Pautas para mejorar la hidrólisis de hemicelulosa en la planta de beneficio

Condiciones actuales de procesamiento *in situ* para hidrólisis conductiva.

### Esterilización

Hidrólisis de todas las hemicelulosas del RFF, en glucosas y xilosas durante el proceso de esterilización.

La esterilización satisface la necesidad de intensidad en los cambios químicos al interior del RFF; desactiva la hidrólisis del aceite en AGL e intensifica la hidrólisis de hemicelulosa en glucosa y xilosa que permite el desprendimiento de los frutos del tallo.

Para maximizar la hidrólisis de hemicelulosa es necesario imponer el régimen rápido y equilibrado de 50 psi, 134 °C durante una hora, o 60 psi, 140 °C durante 45 minutos, o 70 psi, 145 °C durante 30 minutos en el esterilizador.

Estos regímenes de esterilización no degradan los carotenos.

### Digestión y clarificación

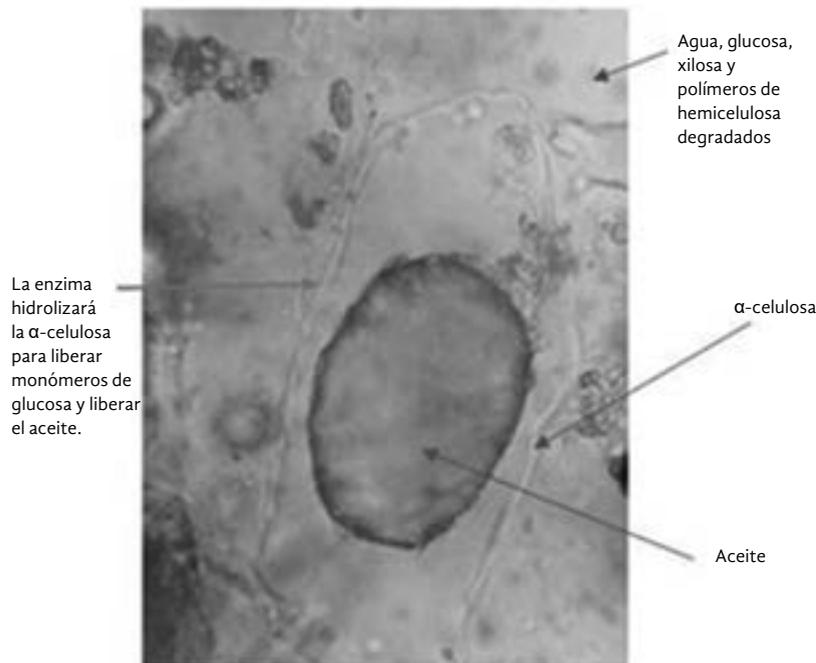
Aumentar y mantener la temperatura de digestión y clarificación a >90 °C y 80 °C, respectivamente.

### Pautas adicionales

Incorporación de enzimas o catalizadores químicos a la biomasa del digestor y/o al aceite crudo prensado.

### Enzima

La  $\alpha$ -celulosa es un componente estructural importante de la pared celular principal de las plantas verdes, incluyendo las células oleosas del mesocarpio del fruto de la palma. Y la enzima hidrolasa ha demostrado ser efectiva para hidrolizar el polímero  $\alpha$ -celulosa de alto peso molecular en monómeros individuales de glucosa (Figura 6) (Silvamany & Jahim, 2015; Wai, 2017). La descomposición bioquímica de la  $\alpha$ -celulosa permite la separación del aceite.



**Figura 6.** Hidrólisis enzimática de  $\alpha$ -celulosa.

Proceso de extracción para la producción de glucosa y xilosa a partir de  $\alpha$ -celulosa y hemicelulosa presente en racimos de fruta fresca (RFF). Una alta cuantía en la producción de glucosa/xilosa garantiza una tasa de extracción de aceite (TEA) más alta • Ariffin, A.

Se ha demostrado que la enzima comercial transmitida a la biomasa del digester y/o al aceite crudo prensado contribuye a un aumento de la TEA de entre 0,5 y 0,75 %.

La enzima depende altamente de la temperatura.

### Catalizador químico

Específicamente, el químico comercializado como D3 permite la hidrólisis de la hemicelulosa a monómeros de glucosa y xilosa, que tiene lugar a varias temperaturas (>90 °C). Este catalizador también solubiliza dímeros y oligómeros de bajo peso molecular y se ha agregado a las etapas de digestión y/o clarificación. La incorporación de D3 ha resultado en que las plantas de beneficio tengan un aumento de la TEA de entre 0,5 y 0,75 % (Tabla 1).

### Inferencias

El análisis del mesocarpio de frutos de palma por lo general contiene aceite (TAG), un porcentaje mínimo pero significativo de diacilglicerol (DAG), monoacilglicerol (MAG), ácidos grasos libres (AGL),  $\alpha$ -celulosa, hemicelulosa, glucosa, xilosa, furfural, hidroximetilfurfural, lignina, fenoles, proteínas degradadas y agua.

El mesocarpio magullado y dañado de RFF expone el aceite a las lipasas (del mesocarpio del fruto o

microbial) que, instantáneamente, hidrolizan el aceite en diacilglicerol (DAG), monoacilglicerol (MAG) y ácidos grasos libres (AGL).

Pues bien, afortunadamente la alta temperatura del proceso de esterilización detiene la acción de esta enzima de lipólisis sobre el aceite.

El aceite, incluyendo el DAG, MAG Y AGL, se extrae de esta biomasa del mesocarpio tratado.

Si bien los principios y el tipo de condiciones impuestas durante el procesamiento continúan, los condicionamientos (temperatura, presión y producción) no cambian mucho entre diferentes plantas de beneficio.

Por lo general, y en su totalidad, las condiciones de procesamiento han sido similares en todas las plantas de beneficio de aceite de palma durante los últimos años.

Cambios en los aspectos físicos, calderas más grandes, esterilizadores diseñados, prensas de alta capacidad y clarificador. Aquí, el RFF ingresa primero inclinado en el recipiente de manera que el esterilizador pueda ser cargado en esta posición, esterilizado en una postura horizontal, e inclinado para descargarlo en una banda transportadora en el menor tiempo posible. Tres o cuatro conjuntos de esterilizadores ubicados a lado y lado, cada uno con un tubo de inyección de vapor a alta presión de 70 psi. Estas modificaciones, no obstante, solo satisfacen las necesidades de producción.

**Tabla 1.** Mejoramiento positivo de la TEA en presencia de un catalizador químico (D3).

		APC	RFF	TEA	Varianza
	Semana	mt	mt	%	%
SIN D3	W1	1.094	5.901	18,55	0,75
	W3	1.105	5.989	18,44	
	W6	831	4.399	18,89	
	W9	909	4.557	19,94	
	W11	1.053	5.277	19,96	
	Total	4.992	26.123	19,11	
CON D3 AP 75,01	W2	906	5.047	17,96	
	W4/5	1.528	7.588	20,13	
	W7/8	2.132	10.424	20,45	
	W10	914	4.563	20,02	
	W12	1.060	5.310	19,96	
	Total	6.539	32.932	19,86	

Independientemente de estos cambios, la producción paralela del efluente líquido continúa beneficiándose de los altos valores de DBO Y DQO en mm/litro. El fenómeno de los altos efluentes con grandes concentraciones de DBO/DQO, culmina con el establecimiento de plantas de producción de biogás (metano).

## Conclusión

¿Sabía que el procesamiento de aceite de palma es en realidad un proceso para producir glucosa y su hermana menor, xilosa?

Y, casualmente, entre más glucosa produzcamos, ¡más aceite recuperamos! ¿Y que casi toda la glucosa del racimo de fruta fresca (RFF) se produce durante el proceso de esterilización?

La glucosa es agradablemente dulce y bastante expansiva. Su hermana menor, la xilosa, es más expansiva. Y solo para recordar que, en la planta de beneficio de aceite de palma, entre más glucosa produzcamos, más aceite recuperamos.

Entonces, vamos a producir glucosa.

---

## Referencias

- Kuntum, A., & Ariffin, A. (2010). Flavors of Palm Oil. In: Y. H. Hui (Ed.), *Handbook of Fruit and Vegetable Flavors* (pp. 1052-1069). John Willey & Sons, Incorporated.
- Loi, C. C., Boo, H. C., Chern, H., Mohammed, A. S., & Ariffin, A. (2011). A high performance liquid chromatography method for determination of furfural in crude palm oil. *Food Chemistry*, 128(1), 223–226.
- Ariffin, A., Ghazali, H. M., & Kavousi, P. (2014a). Validation of a HPLC method for determination of hydroxymethylfurfural in crude palm oil. *Food Chemistry*, 154, 102 – 107.
- Ariffin, A. (2012). High Pressure Equilibrated Sterilization of Fresh Fruit Bunches (FFB) for Zero USB (un- stripped fruit bunches) and 5 % max. Oil to Pressed Fiber (ODM). 17th International Oil Palm Conference and Expopalma, Cartagena, Colombia.
- Ariffin, A., Foster, G., & Low, E. (2014b). Maximising hydrolysis of sugar (gum/hemicellulose) that binds fruits to stalk and cell to cell; ensure greater detachment of fruits from stalk and very low viscosity pressed crude that enhances separation of oil during clarification. IOPC, Bali, Indonesia.
- Silvamany, H., & Jahim, J. (2015). Enhancement of Palm Oil Extraction Using Cell Wall Degrading Enzyme Formulation. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 19(1), 77 – 87.
- Wai, H. (2017). Enzymes to Improve OER in Palm Oil Extraction. MPOB International Palm Oil Congress and Exhibition (PIPOC).

# Mantenimiento como valor agregado en plantas de beneficio\*

## Maintenance as Value Added in Oil Palm Mills



**DANIEL ORTIZ PLATA**

Asociación Colombiana de Ingenieros,  
ACIEM  
Colombian Engineering Association,  
ACIEM  
Colombia

**CITACIÓN:** Ortiz, D. (2019). Mantenimiento como valor agregado en plantas de beneficio. *Palmas*, 40 (Especial, Tomo II), 50-55.

**PALABRAS CLAVE:** mantenimiento, valor agregado, gestión de riesgos, gestión de activos, ciclo de vida, sistémico, integración.

**KEYWORDS:** Maintenance, value added, risk management, asset management, life cycle, systemic, integration.

\*Artículo original recibido en español.

## Resumen

Por muchos años se consideró al área de mantenimiento como aquella que solo produce gastos, a la que se le “echan las culpas” de los problemas de una planta o instalación. Sin embargo, este concepto ha venido cambiando en el mundo, hasta el punto de verse hoy como lo que debe ser en las empresas industriales: un generador de valor, gracias a su aporte a la seguridad de las personas, al cuidado del medioambiente, a su contribución en el cumplimiento de las metas de producción y costos (objetivos estratégicos de la organización), y a la sostenibilidad de la imagen corporativa. Pero esto se logra en la medida que se le defina como proceso clave en la gestión de los activos productivos; a su inclusión como parte estratégica de la empresa; al trabajo sinérgico con los demás procesos del negocio, y a la toma de decisiones basada en riesgos.

## Abstract

Traditionally, maintenance has been viewed as an expense, a process to “be blamed” or, in short, as something harmful. However, this idea has been changing worldwide over the past two decades, both in geographical and industrial terms. This paradigm shift has led to a new vision on what maintenance is or should be for the company: a value generator, thanks to its contribution to the safety of people, the care of the environment, its contribution in the fulfillment of production goals and costs (strategic objectives of the organization), and in the sustainability of the corporate image. But this is achieved to the extent that it is defined as a key process in the management of productive assets; to its inclusion as a strategic part of the company; to work synergistically with other business processes, and to make decisions based on risks.

## Evolución del mantenimiento en la industria

En las primeras generaciones del mantenimiento (Moubray, 1997) en las empresas industriales, este concepto estaba asociado a su necesidad y desempeño como un gasto, como un proceso al que se le acusaba por la pérdida de producción. Era tal el paradigma que llegó a acuñarse la frase: “Cuando todo va bien nadie se da cuenta que existe mantenimiento. Cuando algo va mal todos dicen que mantenimiento no existe”. Esta percepción ha venido cambiando durante los últimos 20 años a lo largo y ancho del mundo, tanto geográfica como industrialmente. Varios factores han sido claves en esto, entre ellos, la incorporación del Modelo de Gestión de Activos y la redefinición contable del mantenimiento como un costo y no como un gasto. Pero, tal vez, lo más importante de estos cambios es que su visión al interior de muchas industrias se ha transformado en lo que para muchos gerentes es o debería ser mantenimiento: un generador de valor.

Pero, ¿cómo es que todo este cambio ha sido posible?, en realidad ¿sí lo es?

Para despejar las dudas que estas dos preguntas generan, por simple reacción, hay que decir en primer lugar que el mantenimiento al que nos referimos es el “buen mantenimiento”, aquel que está “bien hecho” como resultado de su diseño desde un proceso de empresa formal y, por ello, de una adecuada planeación. No aludimos al correctivo, que, de una u otra manera,

tradicionalmente hemos estado forzados a realizar. En este sentido, una de las más recientes definiciones lo plantea como “Un proceso de toma de decisiones para alinear los productos del mantenimiento con los objetivos y estrategias del negocio”.

Lo anterior nos lleva a determinar, que mantenimiento requiere reformularse en muchas empresas como un proceso con objetivos y actividades en los niveles estratégico, táctico y operativo, pasando por ajustes a los modelos de medición que se les asigna, de tal forma que esté alineado con los objetivos y metas del negocio.

Una de las definiciones más aceptadas sobre los objetivos de mantenimiento es “Generar la disponibilidad de los sistemas y equipos requerida por el programa de producción, con el cuidado de las personas y el medioambiente, al costo óptimo”. ¿Esto cómo se integra con los objetivos del negocio? Revisando el primer concepto, disponibilidad, encontramos que se define, en términos técnicos, como “La probabilidad de que un sistema esté operando durante un intervalo de tiempo y bajo unas condiciones predefinidas”. Para muchos gerentes de planta no relacionados con mantenimiento esto podría ser confuso. Por ello, hay quienes plantean complementar la definición de la disponibilidad en los términos del negocio con “La capacidad real de generar caja por parte del negocio” (Santamaría, 2018).

Bajo estos criterios, es preciso revisar y replantear los indicadores y las metas de mantenimiento, de tal forma que estén alineados con los del negocio. Un

ejemplo es el indicador de Eficiencia Global del Equipo (EGE) que se define como la multiplicación de la Disponibilidad, por la Eficiencia, por la Calidad. En la Figura 1 se muestra un ejemplo del efecto que tiene la variación en un punto porcentual de uno de ellos, como parte de la optimización del mantenimiento sobre el resultado económico del negocio.

Aterrizando este concepto, a través de un análisis rápido sobre los datos reales que se tienen de una planta de beneficio, se puede observar que existe un alto potencial de mejora si se establece una correcta relación entre la operación y el mantenimiento (Figura 2). Efectos como la disminución de la cosecha y los momentos del mantenimiento preventivo optimizado, que conlleven a una mayor disponibilidad y eficiencia de los equipos, deben introducirse adecuadamente en el análisis para establecer una programación acertada.

También, es preciso redefinir la integración de mantenimiento con los otros procesos de la empresa preguntándonos: desde los proyectos ¿cómo se afectarán los indicadores del mantenimiento a lo largo del ciclo de vida de los activos y cómo deben incidir las

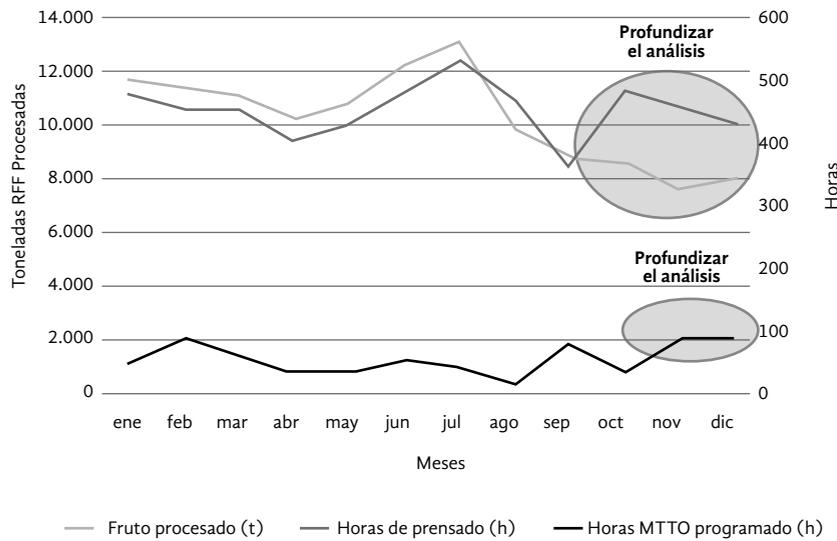
áreas de mantenimiento en la toma de decisiones en los proyectos?, o desde la operación ¿cómo se controlan los equipos para no inducir problemas en los mismos, que al final terminan reflejándose en los indicadores de mantenimiento, y cómo mantenimiento contribuye con la operación para el logro de los objetivos mutuos? Estos cambios de paradigmas deben trabajarse aplicando el pensamiento sistémico para identificar las verdaderas causas de los problemas, enfocando los esfuerzos de mejora en los eslabones débiles de la cadena productiva, sin caer en la tentación de ver las causas en los síntomas.

El segundo concepto que soporta el nuevo paradigma es el modelo aplicado para la toma de decisión. Siendo un hecho que los gerentes, desde cualquier nivel de la organización, siempre seguirán teniendo que tomar decisiones, ¿qué cambio se ha propuesto? La respuesta es la inclusión formal y sistemática de un modelo basado en la gestión del riesgo. Normas internacionales como la ISO 9000, ISO 31000 e ISO 55000, plantean esta estrategia como la mejor alternativa conocida para enfrentar los retos de nuestras decisiones (Figura 3).

**Figura 1.** Ejemplo del efecto de la optimización del mantenimiento en el resultado del negocio.

Fuente: datos calculados a partir de la ponencia realizada por César Díaz, Investigador del Programa de Procesamiento de Cenipalma, sobre Plan de excelencia industrial para el gremio palmero colombiano: diagnóstico, análisis de causa raíz y plan de trabajo para la solución de fallas y oportunidades de mejora a nivel industrial, XIX Congreso Internacional de Mantenimiento y Gestión de Activos, CIMGA, 2017.

	Actual		Opt. Mantto
<b>Disponibilidad (D)</b>	90 %		91 %
<b>Eficiencia (E)</b>	90 %		90 %
<b>Calidad (C)</b>	90 %		90 %
<b>Eficiencia Global de Equipo - EGE (DxExC)</b>	72,9 %		73,7 %
Cargue de fruto (t/año)	240.000	↑	242.667
Margen del fruto	20 %	↔	20 %
Porcentaje de recuperación	48.000	↑	48,533
Margen por tonelada (USD)	666	↔	\$ 666
Margen bruto (USD)	31'968.000	↑	32'323.200
Presupuesto de operación (USD)	5'000.000	↔	5'000.000
Presupuesto de mantenimiento (USD)	1'015.000	↑	1'026.278
Utilidad (USD)	25'953.000	↑	26'296.922
Valor de remplazo de la planta (RV)(USD)	30'000.000	↔	30'000.000
Devolución sobre el valor de reposición (RRV)	86,5 %	↑	87,7 %



**Figura 2.** Relación mensual de operación y mantenimiento en 2015.

Fuente: ponencia realizada por César Díaz, Investigador del Programa de Procesamiento de Cenipalma, sobre Plan de excelencia industrial para el gremio palmero colombiano: diagnóstico, Análisis de Causa Raíz y plan de trabajo para la solución de fallas y oportunidades de mejora a nivel industrial, XIX Congreso Internacional de Mantenimiento y Gestión de Activos, CIMGA, 2017.

Severidad \ Probabilidad	Catastrófico (1)	Crítico (2)	Marginal (3)	Despreciable (4)
Frecuente (A)	Alta	Alta	Seria	Media
Probable (B)	Alta	Alta	Seria	Media
Ocasional (C)	Alta	Seria	Media	Baja
Remota (D)	Seria	Media	Media	Baja
Improbable (E)	Media	Media	Media	Baja
Eliminada (F)	Eliminada			

**Figura 3.** Modelo de matriz para valoración de riesgos.

Fuente: norma internacional MIL-STD-882E.

El enfoque de riesgos para algunas industrias y para mantenimiento no es nuevo. Hace casi 40 años este concepto se incorporó en sectores industriales como el transporte aéreo cuando, en diciembre de 1978, se estableció la metodología Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM, por su sigla en inglés). Allí se indica que el plan de mantenimiento debe construirse con base en sus contextos operacional y ambiental, lo que implica valorar el riesgo sobre el negocio de hacer o no mantenimiento. Otras metodologías, fundadas en el análisis de riesgos para el negocio, que se han venido aplicando desde mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los activos, son: Análisis de Causa Raíz (RCA, por su sigla en inglés), Priorización de Trabajos, Definición de Criticidad de Equipos e Inventario de Repuestos Alineados con el Riesgo y la Confiabilidad (RARC). Pero este concepto de riesgos no solo debe emplearse en

mantenimiento, también es necesario que procesos como Abastecimiento, Gestión de Proyectos, Gestión Humana, entre otros, lo hagan sistemática y sistemáticamente, para que los beneficios sean generales (para toda la empresa) y no particulares (para un solo proceso). Aplicando este modelo de toma de decisiones, mantenimiento agrega también valor al negocio al orientar sus esfuerzos en reducir el riesgo en las personas, el medioambiente, la producción, entre otros.

Un tercer concepto que aporta al nuevo enfoque es Costo del Ciclo de Vida del Activo. En algunos casos, no pocos, podemos encontrar ejemplos donde las organizaciones toman decisiones de adquisición de equipos por el precio más bajo y no por lo que este ha de aportar a lo largo de su ciclo de vida, así como sus respectivos costos, incluyendo claramente el de la disposición final. Hay casos de empresas que compran uno u otro equipo sin tener en cuenta si los costos

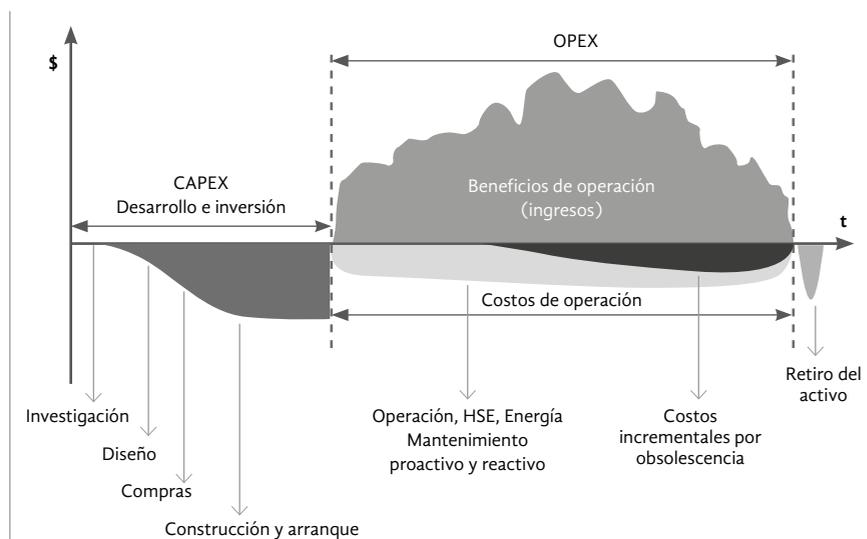
operativos o los de mantenimiento son los mejores para el negocio. Infortunadamente, los impactos por la aplicación de estas decisiones no son inmediatos. Corresponden a lo que hace ya más de 20 años planteó Peter Senge (uno de los más destacados consultores internacionales en gestión empresarial) en su obra *La Quinta Disciplina*: “La causa raíz y el efecto generalmente están lejos en el tiempo y en el espacio”. Lo que se haga bien o mal desde los proyectos y las decisiones que se tomen sobre la gestión de mantenimiento, como recortes presupuestales o disminución de personal, solo se verá reflejado en el largo plazo o, en el mejor de los casos, en el mediano.

Tanto la serie de normas ISO 55000, creadas para la Gestión de Activos, como las organizaciones internacionales concebidas para el apoyo en la implementación de este modelo de gestión, indican que en cada etapa o fase del ciclo de vida se debe estar evaluando las consecuencias que tengan sus decisiones sobre los resultados de las etapas posteriores. Así se propone que, como mejor práctica para la toma de decisión en la adquisición de activos, se utilice la metodología Costo Total del Ciclo de Vida con la que se realiza el balance entre los ingresos potenciales recibidos por su adquisición y los egresos (compra, instalación, puesta en servicio, operación, mantenimiento y desinstalación) a lo largo de su vida productiva esperada en la empresa (Figura 3). Como resultado de este proceso, se estaría adquiriendo el equipo con el mejor resultado proyectado para el negocio y no, simplemente, el de menor precio al momento de la compra.

Esta integración con proyectos no debe ser en una sola vía, sino en doble vía. La participación del personal de mantenimiento y operaciones en varias etapas de los proyectos es clave para que se incorporen las experiencias (conocimiento tácito y explícito) que se tienen sobre los diferentes tipos de equipos; se construyan estándares propios para la selección de los mismos; se incluyan los costos de mantenimiento lo más aproximado posible a la realidad de las condiciones operacionales y ambientales, y para que se adquiriera el conocimiento mínimo necesario de aquellos que son nuevos en los procesos productivos y que el personal de mantenimiento requiere para atenderlo una vez puesto en servicio.

De la misma manera como se busca la integración entre mantenimiento y proyectos, se debe también plantear e implementar una interrelación de colaboración mutua entre operación y mantenimiento. Normalmente no es fácil porque son frecuentes las disputas, las culpas lanzadas el uno contra el otro y las recriminaciones. Las mejores prácticas están mostrando que el trabajo en equipo, entre los responsables de estos dos procesos, da muy buenos frutos. ¿Cómo lograrlo? Hay que eliminar las barreras mentales y estructurales que se crean con las divisiones departamentales surgidas, en gran parte, desde la construcción del organigrama de la empresa y la asignación de indicadores individuales. En las industrias donde se ha podido resolver esta división, una de las acciones fundamentales fue la de compartir indicadores claves de desempeño, esto es, por ejemplo, que tanto

**Figura 3.** Flujos de caja en los ciclos de vida del activo.  
Fuente: Ortiz (2017).

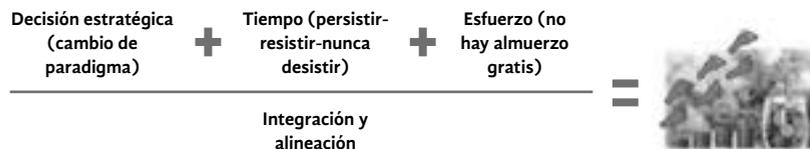


mantenimiento como operación deben dar respuesta, como un equipo y no por separado, de las indisponibilidades de los sistemas y equipos. Así, operaciones tiene que trabajar los equipos dentro de sus ventanas operativas, realizar el cuidado básico y ser rigurosos con la disciplina operativa. Como contraparte, mantenimiento está obligado a apoyar a operaciones en la búsqueda de la mejor condición operativa de los equipos, con la oportunidad y la calidad necesaria para restablecer el servicio acorde con las necesidades del negocio y con un manejo adecuado de los riesgos y los costos (riesgo+costo+desempeño).

Podría pensarse que por la cantidad de temas o por lo complejas que parezcan las metodologías planteadas, este cambio de paradigma es muy difícil o complicado. Pero las realidades de varias compañías demuestran lo contrario. No se pretende desconocer que es un proceso que toma tiempo, que requiere planeación y un esfuerzo por parte de la empresa. Pero esto no debe desanimar a los gerentes, ni

de mantenimiento, ni de operaciones, ni de planta. Por el contrario, es un reto que se puede plantear y lograr en la medida que se determine el camino a recorrer, se identifiquen victorias tempranas con resultados sostenibles para motivar al equipo de trabajo, tomando lo más pronto posible la decisión estratégica de implementar esos cambios, y llevar a sus empresas a tener un mejor desempeño en la seguridad, en el cuidado del medioambiente, en los resultados financieros y en la imagen corporativa. Trabajando sobre estos factores, podemos hacer que mantenimiento genere valor a la compañía.

Para terminar, la invitación es a replantear los paradigmas, iniciando desde lo estratégico y llegando hasta la ejecución y evaluación, de manera tal que mantenimiento se integre a los procesos corporativos y se establezca como un proceso clave y central en la cadena de valor de la empresa. La Figura 4 presenta una ecuación en forma gráfica de las claves para que mantenimiento sea un generador de valor.



**Figura 4.** Claves del mantenimiento para ser generador de valor en el negocio.

Fuente: Ortiz (2017).

## Referencias

- International Organization for Standardization. (2014). ISO 55001:2014. Asset management: Management systems -Requirements, first edition.
- The Institute of Asset Management. (2015). Asset Management – an anatomy. Version 3.
- SAE JA1012. (2011). A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard.
- Moubray, J. (1997). RCM II. Aladon, second edition.
- NORSOK STANDARD, Z008. (2011). Risk based maintenance and consequence classification.
- SMRP. (2009). Guide to the Maintenance and Reliability Body of Knowledge.
- Senge, P. (1992), *La Quinta Disciplina*. Argentina, Ediciones Juan Granica S.A.
- International Organization for Standardization. (2009). ISO 31000:2009, Risk Management — Principles and Guidelines.
- Ortiz, D. (2017). Mantenimiento con Parada de Planta. Ortiz Ruiz Consultores.
- Santamaría, A. (2018). La Gerencia de Activos en el Negocio y el Negocio en la Gerencia de Activos. Conferencia en el XX Congreso Internacional de Mantenimiento ACIEM.
- Department of Defense U.S. (2012). MIL-STD-882E System Safety.

# Evaluación HIRA asistida por computador de peligros potenciales en la producción de aceite de palma crudo\*

Computer-assisted Hira Assessment of Hazardous in the Production of Crude Palm Oil



## ÁNGEL D. GONZÁLEZ DELGADO

Departamento de Ingeniería Química, Grupo de Investigación en Nanomateriales e Ingeniería de Procesos Asistida por Computador (NIPAC), Universidad de Cartagena, Colombia.

Department of Chemical Engineering, Group of Research in Nanomaterials and Process Engineering Assisted by Computer (NIPAC), University of Cartagena, Colombia.

**CITACIÓN:** González, A.D. (2019). Evaluación HIRA asistida por computador de peligros potenciales en la producción de aceite de palma crudo. *Palmas*, 40 (Especial, Tomo II), 56-66.

**PALABRAS CLAVE:** aceite de palma, seguridad de procesos, evaluación, CAPE, HIRA.

**KEYWORDS:** Palm oil, process safety, assessment, CAPE, HIRA.

\*Artículo original recibido en español.

## Resumen

El procesamiento de aceite de palma es una de las actividades económicas más dinámicas en Colombia, dada su alta productividad para la extracción de aceite crudo. Dicho aceite vegetal se usa ampliamente como fuente de biodiésel, cosméticos y productos alimenticios, después de varias etapas de refinación. La extracción de aceite de palma crudo (CPO, por su sigla en inglés) de los racimos de fruta fresca,

requiere fases de procesamiento (por ejemplo, esterilización, desfrutado, digestión, prensado, clarificación y secado) que pueden ser una fuente de riesgos potenciales. En este trabajo, estos se determinan a través de la metodología de Identificación y Clasificación de Riesgos (HIRA, por su sigla en inglés) con el objetivo de identificar las unidades más críticas y proponer correcciones relevantes. La evaluación de la seguridad del proceso mostró riesgos de incendio y explosión, debido a las emisiones de polvo combustible y al manejo de materiales inflamables. Para la mayoría de las unidades estudiadas, el índice de daño por incendio y explosión (FEDI) alcanzó valores por encima de 400, que corresponden a la categoría altamente peligrosa. Para reducir los riesgos, se sugirieron algunos controles de seguridad del proceso hacia una producción de aceite crudo más segura.

## Abstract

The palm oil processing is one of the most dynamic economic activities in Colombia due to its high productivity for crude oil extraction. Such vegetable oil is widely used as source of biodiesel, cosmetics and food products after further refining steps. The crude palm oil (CPO) extraction from fresh fruit bunches requires processing stages (e.g. sterilization, threshing, digestion, pressing, clarification and drying) that may generate potential hazards, which can be identified through Hazard Identification and Ranking (HIRA) methodology in order to identify the most critical units and propose relevant safety corrections. The process safety assessment showed risks of fire and explosion due to emissions of combustible dust and handling flammable materials. For most of the studied units, FEDI achieved values above 400, which correspond to highly hazardous category. To reduce risks, some process safety controls were suggested towards a safer crude oil production.

---

## Introducción

La demanda global de aceite de palma, como fuente de grasas y aceites baratos en la industria alimenticia y oleoquímica, ha aumentado con los años. Para 2018, su consumo global alcanzó 19.72 millones de toneladas (Ahmad *et al.*, 2019). La producción de aceite de palma en Colombia representa una importante actividad para el crecimiento socioeconómico del país, posicionándose como el primer productor latinoamericano (Rincón *et al.*, 2014). En 2015, se cosecharon más de 150.000 ha de palma para cubrir la demanda colombiana en aplicaciones alimentarias e industriales (Rincón *et al.*, 2015). El aceite que contiene la fruta es extraído como un aceite naranja brillante, conocido como aceite de palma crudo (CPO, por su sigla en inglés), que se puede usar para cocinar, producir biodiésel o como fuente de antioxidantes de alto valor como tocotrienoles y betacaroteno (Castiblanco *et al.*, 2015; Lau *et al.*, 2019). El CPO se extrae a través de dos métodos comunes que involucran procesos húmedos o secos. Sin embargo, ambos requieren etapas

tales como la recepción de racimos de fruta fresca, esterilización y digestión (Inyang *et al.*, 2019).

La seguridad de los procesos es otro tema importante que afecta la productividad en todo el mundo, y es necesario explorar las mejoras relacionadas con esta para la extracción del aceite de palma crudo, con el propósito de garantizar la expansión continua de la agroindustria. Se han reportado muchos incidentes, que incluyen incendios y explosiones. Por ejemplo, una máquina de esterilización explotó y la puerta fue lanzada a unos 11 metros de distancia, matando a cuatro trabajadores (Kamarden *et al.*, 2014). Los casos de percances revelan la necesidad de alternativas de gestión de seguridad de procesos en la agroindustria del aceite de palma, que pueden identificarse mediante el uso de ingeniería de procesos asistida por computador. Se han desarrollado varios indicadores para cuantificar los riesgos de explosión e incendio en cualquier proceso, entre los que se destacan el índice de seguridad inherente (ISI), el índice de riesgo ponderado de seguridad (SWHI) y el índice de incendio y explosión (F&EI) (Jafari *et al.*, 2018). A pesar del

progreso actual en la gestión de la seguridad del proceso en la agroindustria, existe una brecha de conocimiento en la identificación de riesgos de incendio y explosión en cada etapa de la producción de CPO.

Este trabajo intenta evaluar el desempeño de seguridad del proceso de producir aceite de palma crudo a partir de los racimos de fruta fresca, utilizando herramientas asistidas por computadora. Para este fin, se aplicó la metodología HIRA para calcular los peligros potenciales de explosión e incendio. La siguiente sección proporciona la descripción del proceso convencional de extracción de aceite de palma crudo, y explica la metodología seleccionada para realizar la evaluación de la seguridad del proceso. Luego se presentan los principales resultados obtenidos y se brinda información sobre las posibles mejoras.

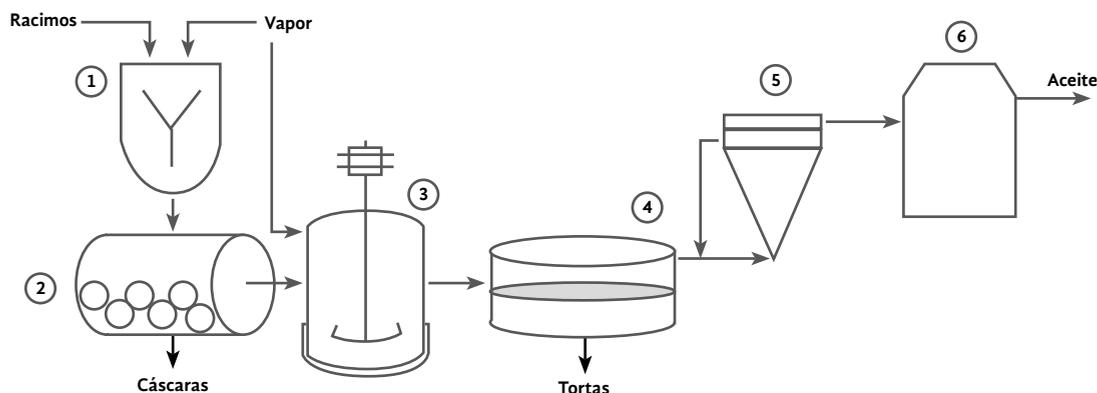
## Materiales y métodos

### Descripción del proceso

La Figura 1 muestra el diagrama de flujo simplificado de un proceso convencional de extracción de aceite de palma crudo. Los racimos de fruta fresca (FFB, por su sigla en inglés) se someten a esterilización con vapor a alta presión, para inhibir la formación de ácidos grasos libres (FFA, por su sigla en inglés) y aflojar las frutas en el racimo (Sukaribin & Khalid, 2009). La esterilización es un paso clave en productos de alta calidad debido a la mejora de la ruptura de las células con aceite, así

como a la presencia de cambios químicos como la hidrólisis (Syahro *et al.*, 2016). Los racimos esterilizados se separan del vapor y los condensados restantes, y se envían a la etapa de desfrutado, para separar los frutos de los tallos del racimo (Chavalparit *et al.*, 2006). Los racimos de fruta vacíos que se extraen de esta corriente, contienen altos nutrientes para las plantas y se usan comúnmente como fertilizantes y acondicionadores del suelo después de la incineración. Sin embargo, las preocupaciones ambientales relacionadas con el humo blanco han limitado su aplicación (Yusoff, 2006). Los frutos se someten a un proceso de digestión para la ruptura de las células de aceite, permitiendo que el aceite fluya durante la operación de prensado (Owolarafe & Faborode, 2008). El digestor usa vapor para aumentar la temperatura de operación que ayuda a destruir la cubierta exterior de la fruta y reducir la viscosidad del aceite. Las frutas digeridas se introducen en un equipo de prensado, en el que se obtiene un licor compuesto de aceite crudo, junto con la torta de prensado. El aceite retenido en esta torta podría emplearse como un buen combustible sólido, pero, este trabajo está restringido para considerarlo como desechos de procesamiento. El licor resultante se mezcla con agua para diluirlo y facilitar su posterior procesamiento. La mezcla de aceite y agua se somete a un proceso de clarificación con un decantador, en el que el aceite se separa de los lodos. Estos se envían a centrifugación con el objetivo de recircular el aceite recuperado a la etapa de mezcla. Finalmente, el aceite de palma crudo se seca y se almacena.

**Figura 1.** Diagrama simplificado de la producción de aceite de palma crudo a partir de racimos de fruta fresca. 1. Esterilización. 2. Desfrutado. 3. Digestión de frutas. 4. Prensado. 5. Clarificación. 6. Secado.



## Evaluación de la seguridad del proceso de producción de aceite de palma crudo

El enfoque principal de este estudio se basa en la identificación de mejoras del proceso desde un punto de seguridad, con el objetivo de desarrollar rutas más sostenibles. Los actores de la sociedad, es decir, las empresas, el Gobierno y la comunidad, deben avanzar hacia prácticas más seguras y sostenibles, por lo tanto, se han propuesto metodologías para evaluar y comparar alternativas a través de herramientas asistidas por computadora. Los peligros potenciales en la producción de aceite de palma crudo a partir de racimos de frutas frescas, se analizaron utilizando el enfoque de HIRA, seleccionado debido a su disponibilidad y simplicidad. La Figura 2 muestra una representación esquemática de los pasos implicados en esta metodología.

La evaluación de la seguridad del proceso se realizó a través de Identificación y Clasificación de Riesgos (HIRA), un algoritmo sistemático, completo y fácil de implementar. Este enfoque presenta una combinación del índice de daño por incendio y explosión (FEDI), así como índice de daño por toxicidad (TDI). Es una herramienta de evaluación para determinar qué peligros representan el mayor riesgo

y qué tan grandes pueden ser sus impactos potenciales (Sunaryo & Hamka, 2017). La metodología propuesta de HIRA incluye los siguientes pasos:

- Clasificación de las unidades de la planta en cinco categorías: i) de almacenamiento, ii) que involucren operaciones físicas, iii) que implican reacciones químicas, iv) de transporte, y v) otras unidades peligrosas
- Evaluación de factores energéticos.
- Asignación de sanciones.
- Valoración del daño potencial.
- Estimación de FEDI.

**Unidades de almacenamiento:** para la clasificación de esta unidad, se seleccionan tres factores diferentes (F1, F2, F3) que tienen en cuenta la energía química y física, como se indica en las ecuaciones 1 a 3.

(Ec. 1)

$$F1 = 0,1 * M * Hc / k$$

(Ec. 2)

$$F2 = 1,304 * 10^{-3} * PP * V$$

(Ec. 3)

$$F3 = 1,0 * 10^{-3} * 1 / (T + 273) * (PP - PV)^2 * V$$

Las penalizaciones se calculan para medir el impacto de los parámetros en FEDI. El de la tempera-

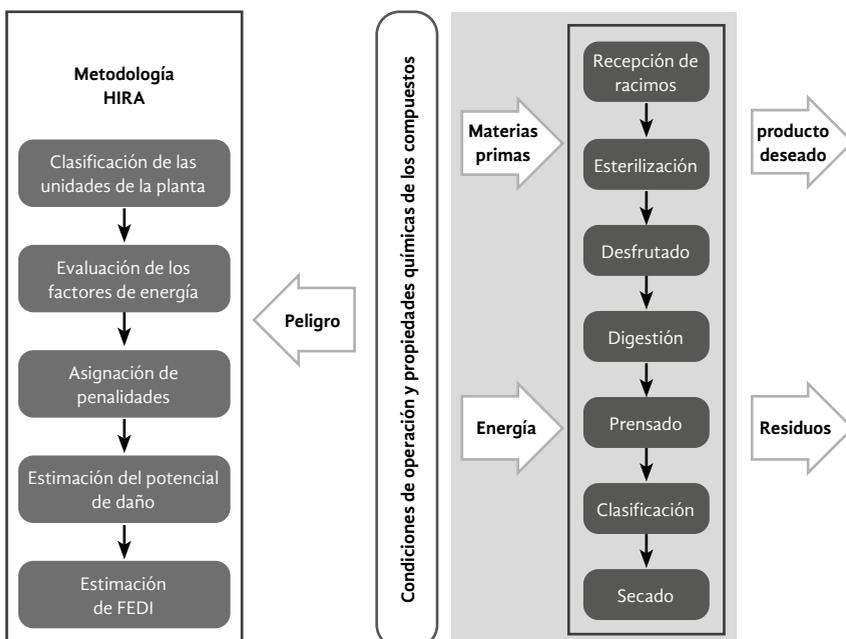


Figura 2. Esquema de la metodología propuesta.

tura se refiere a  $pn1$  y es función del punto de inflamación, la temperatura de ignición y la de operación. Para una temperatura de operación mayor que el punto de inflamación y la de ignición mayor que el punto de inflamación ( $\text{temperatura} > \text{punto de inflamación} < \text{temperatura de ignición}$ ), la penalización  $pn1$  toma el valor de 1.34. Si  $\text{temperatura} > \text{temperatura de ignición} < \text{temperatura de auto-ignición}$ ,  $pn1$  es 1.55. Para otros casos, el valor seleccionado de  $pn1$  es 1.1. El impacto de la presión se cuantifica mediante la penalización  $pn2$ , utilizando los valores de los factores de energía  $F2$  y  $F3$ . La función  $f$  (condiciones de funcionamiento) se traza en relación con el factor  $F$ , que se calcula de la siguiente manera:

(Ec. 4)

$$F = F2 + F3 \text{ (If } VP > AP \text{ \& } PP > VP)$$

(Ec. 5)

$$F = F2 \text{ (If } VP > AP \text{ \& } PP < VP)$$

(Ec. 6)

$$F = F3 \text{ (If } VP < AP \text{ \& } PP < VP)$$

La penalización  $pn3$ , debida a la ubicación de la unidad de almacenamiento cerca de otras unidades riesgosas, se estima en función de la distancia del peligro más cercano. La penalización  $pn4$  está relacionada con la cantidad de producto químico manejado en la unidad. Las características de estos productos también se incluyen en la metodología, como se indica en la ecuación 7.

(Ec. 7)

$$pn5 = 1 + 0,25 * (NR + NF)$$

La penalización debida a la densidad de unidades  $pn6$ , corresponde al porcentaje de espacio ocupado por la unidad en un área de 30 m. Después de estimar tanto las penalizaciones como los factores de energía, el potencial de daño y el FEDI se calculan mediante las ecuaciones 8 y 9.

(Ec. 8)

$$damg.pot = (F * pn2 + F1 * pn1) * pn3 * pn4 * pn5 * pn6$$

(Ec. 9)

$$FEDI = 4,76 * (DAMG.POT)^{1/3}$$

**Unidades que involucran operaciones físicas:** las operaciones unitarias que se ajustan a esta clasi-

ficación involucran transferencia de masa y calor. En este caso, tres factores de energía y seis penalizaciones se estiman de manera similar a las unidades de almacenamiento. Sin embargo, la formulación de sanciones varía para este propósito y debe explicarse claramente. La penalización debida a la temperatura ( $pn1$ ) tiene un valor máximo de 1.95, cuando la temperatura de operación es mayor que la del punto de ignición de los químicos. Puede tomar valores de 1.45, 1.75 o 1.1, según la temperatura de operación, de ignición, de autoignición y el punto de inflamación.

La penalización debida a la presión se calcula de dos maneras: i) decidiendo la combinación de los factores de energía  $F2$  y  $F3$ , ii) estimándola comparando la presión de operación con la presión de vapor. Las funciones empleadas en la formulación de penalizaciones están definidas por las ecuaciones 10 a 12.

(Ec. 10)

$$fp1 = 1 + ((PP - PV) / PP) * 0,6$$

(Ec. 11)

$$fp2 = 1 + ((PP - PV) / PP) * 0,4$$

(Ec. 12)

$$fp3 = 1 + ((PP - PV) / PP) * 0,2$$

Las penalizaciones por la cantidad de producto químico manejado en la unidad ( $pn4$ ) y la ubicación de la unidad peligrosa más cercana ( $pn3$ ), se determinan de manera similar a la de las unidades de almacenamiento. El efecto de la inflamabilidad y reactividad del producto químico se cuantifica en función de  $NF$  y  $NR$  (ver la ecuación 7). Entonces, el daño potencial se calcula utilizando la siguiente ecuación:

(Ec. 13)

$$damg.pot = (F1 * pn1 + F * pn2) * pn3 * pn4 * pn5 * pn6$$

**Unidades que involucran reacciones químicas:** las reacciones químicas representan una fuente de varios peligros debido a la reactividad y la inflamabilidad de los productos químicos, y al cambio repentino de temperatura o presión que causa reacciones fuera de control. En este sentido, se incluye un nuevo factor de energía ( $F4$ ) para considerar la entalpía de la reacción, por lo tanto, la liberación de energía debido a las reacciones químicas:

(Ec. 14)

$$F4 = M * Hrxn / k$$

También se consideraron sanciones adicionales relacionadas con la naturaleza de la reacción (pn7) y la probabilidad de reacciones secundarias o "reacciones fuera de control" (pn8). Finalmente, el daño potencial está definido por la ecuación 15:

(Ec. 15)

$$damg.pot = (F1 * pn1 + F * pn2 + F4 * pn7 * pn8) * pn3 * pn4 * pn5 * pn6$$

**Unidades de transporte:** las penalizaciones asignadas a las unidades de transporte están relacionadas con la temperatura (pn1), la presión (pn2), la cantidad transportada (pn3), característica de los productos químicos como la inflamabilidad y la reactividad (pn4), el estado físico del producto químico durante el transporte (pn5), ubicación de la unidad peligrosa más cercana (pn6) y densidad de unidades en el área (pn7). Este trabajo se limita a la transformación de materias primas en productos de alto valor, y no se consideran las unidades de transporte. Por lo tanto, estas no tomarán relevancia durante la aplicación del enfoque HIRA.

**Otras unidades peligrosas:** las unidades incluidas en esta clasificación son calderas, intercambiadores de calor de combustión directa, hornos, entre otros. Las penalizaciones adicionales de esta tienen en cuenta el efecto del tipo de combustible (pn1), el estado físico del combustible (pn2) y la tasa de uso del combustible (pn3). La penalización pn1 viene dada por la siguiente ecuación:

(Ec. 16)

$$pn1 = \text{minimum}(1, 0.25 * (NF + NR))$$

La penalización pn2 y pn3 se calculan mediante las ecuaciones 17 y 18, respectivamente.

(Ec. 17)

$$pn2 = f(\text{physical state})$$

(Ec. 18)

$$pn3 = 1 + \frac{NF}{1000} * \text{quantity in use per hour (t/h)}$$

## Resultados y discusión

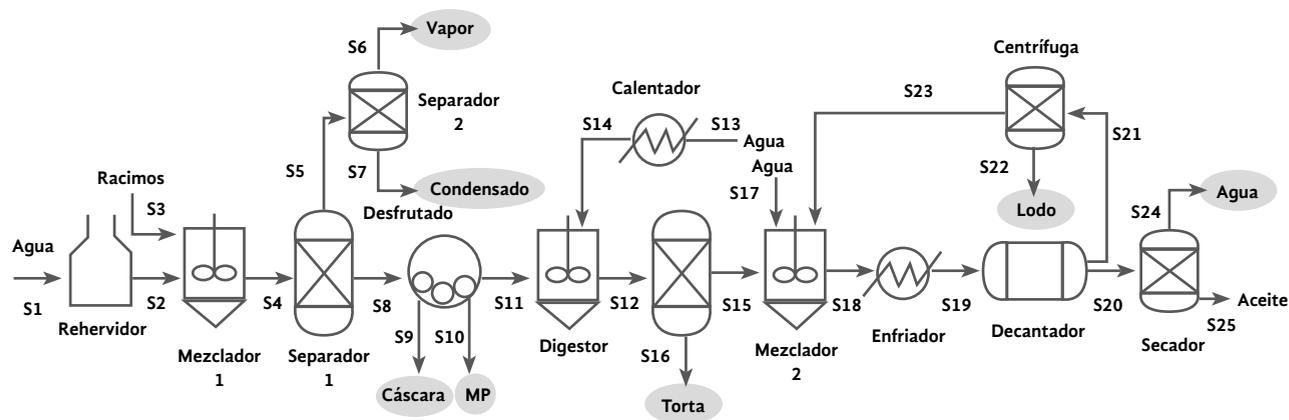
### Simulación de procesos

La simulación de la producción de CPO proporcionó balances de masa y energía extendidos, condiciones operativas, estimación de propiedades termodinámicas, entre otros parámetros, que se requieren para realizar una evaluación de seguridad. La capacidad de procesamiento de 30 t/h de racimos de fruta fresca se seleccionó de acuerdo con una planta real de extracción de aceite crudo, ubicada en el Departamento de Bolívar (Colombia). El diagrama de flujo del proceso de esta planta se muestra en la Figura 3. Como se observa, la corriente del proceso S1 ingresa a la caldera con el objetivo de producir el vapor sobrecalentado (S2), requerido para esterilizar los FFB (S3) en el mezclador 1. Durante la esterilización, se generan condensados debido a la saturación de vapor, por lo tanto, la mezcla resultante (S4) pasa a través de una etapa de separación (separador 1) para eliminar dichos condensados (S7) del vapor saturado (S6). Los racimos (S8) se envían a un tambor giratorio para separar los racimos de fruta vacíos (EFB, por su sigla en inglés) de la fruta (S10). Esta última corriente se somete a un proceso de digestión (digestor) utilizando vapor (S13). Las frutas tratadas (S11) se prensan para extraer el aceite (S14) que se diluye con agua (S16) y el líquido remanente después de la centrifugación (S22). Esta mezcla (S18) se envía a una etapa de clarificación (decantador), en la que se recolecta el 90 % del aceite. Finalmente, el contenido de humedad del aceite de palma crudo se reduce al evaporar el agua bajo condiciones de vacío. Las propiedades de operación (por ejemplo, temperatura, presión y flujo de masa) de las corrientes principales del proceso se resumen en la Tabla 1.

### Evaluación de la seguridad del proceso

El potencial de explosión o incendio en la planta de beneficio de aceite de palma se cuantifica a través del índice de daño de incendio y explosión. Como se reportó anteriormente, esta metodología requiere datos detallados de las corrientes, propiedades químicas de las sustancias, clasificación de la NFPA y datos de

**Figura 3.** Diagrama de flujo del proceso de extracción de aceite crudo a partir racimos de frutos de palma.



**Tabla 1.** Flujo másico y condiciones operativas de las principales corrientes del proceso.

Corrientes	S3	S6	S7	S9	S12	S16	S22	S24	S25
Temperatura (K)	303.15	420.85	358.15	406.3	378.19	378.19	375.46	332.6	332.57
Presión (atm)	1.00	4.40	1.00	2.72	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Flujo másico (kg/h)	30000	1416	10063	7756.22	20277	11695	6039.59	7.531	5070.2
Composición másica									
Agua	0.3010	1.000	0.999	0.215	0.2669	0.2109	0.9061	1.000	1.8E-04
Aluminio	3.5E-02	0.000	0.000	3.9E-02	3.7E-02	1.9E-02	8.7E-02	0.000	0.000
Silicio	1.9E-03	0.000	0.000	2.2E-03	2.0E-03	0.000	6.8E-03	0.000	1.6E-05
Celulosa	0.1784	0.000	0.000	0.200	0.1871	0.3244	0.000	0.000	0.000
Hemicelulosa	9.9E-02	0.000	0.000	0.112	0.1047	0.1816	0.000	0.000	0.000
Lignina	0.1212	0.000	0.000	0.136	0.1271	0.2204	0.000	0.000	0.000
Ácido palmítico	5.5E-03	0.000	7.9E-06	6.2E-03	5.8E-03	2.3E-04	0.000	0.000	2.2E-02
Ácido esteárico	5.3E-04	0.000	1.1E-06	5.9E-04	5.6E-04	1.9E-05	0.000	0.000	2.2E-03
Ácido oleico	5.1E-03	0.000	6.8E-06	5.8E-03	5.4E-03	2.7E-04	0.000	0.000	2.1E-02
Ácido linoleico	9.2E-04	0.000	1.1E-06	1.0E-03	9.6E-04	2.5E-05	0.000	0.000	3.8E-03
Ácido mirístico	1.9E-04	0.000	0.000	2.1E-04	1.9E-04	1.4E-04	0.000	0.000	4.8E-04
Ácido láurico	2.3E-04	0.000	0.000	2.6E-04	2.4E-04	4.2E-04	0.000	0.000	0.000
Tripalmitin	1.4E-02	0.000	1.9E-05	1.6E-02	1.5E-02	4.1E-04	0.000	0.000	5.8E-02
TAG-P-01	7.2E-02	0.000	1.0E-04	8.1E-02	7.6E-02	2.1E-03	0.000	0.000	0.2978
TAG-P-02	6.2E-02	0.000	8.8E-05	6.9E-02	6.5E-02	1.8E-03	0.000	0.000	0.2566
TAG-P-03	2.6E-02	0.000	3.7E-05	2.9E-02	2.7E-02	7.6E-04	0.000	0.000	0.1076
TAG-P-04	2.4E-02	0.000	3.3E-05	2.7E-02	2.5E-02	7.0E-04	0.000	0.000	9.9E-02
Triolina	1.6E-02	0.000	2.3E-05	1.8E-02	1.7E-02	4.6E-04	0.000	0.000	6.6E-02
TAG-P-05	1.6E-02	0.000	2.2E-05	1.8E-02	1.6E-02	4.5E-04	0.000	0.000	6.5E-02
TAG-L-01	4.9E-03	0.000	0.000	5.5E-03	5.1E-03	8.9E-03	0.000	0.000	0.000
Trilaurina	5.8E-03	0.000	0.000	6.6E-03	6.1E-03	1.1E-02	0.000	0.000	0.000
TAG-L-02	2.7E-03	0.000	0.000	3.1E-03	2.8E-03	4.9E-03	0.000	0.000	0.000
TAG-L-03	3.3E-03	0.000	0.000	3.7E-03	3.5E-03	6.1E-03	0.000	0.000	0.000
CCLA	2.8E-03	0.000	0.000	3.1E-03	2.9E-03	5.1E-03	0.000	0.000	0.000

los equipos (Guillen-Cuevas *et al.*, 2018). Primero, el equipo de proceso fue categorizado de acuerdo con el tipo de unidad. Como se indica en la Tabla 2, todos los equipos instalados en unidades que involucran operaciones físicas y otras unidades peligrosas, se caracterizan principalmente por la transferencia de calor y de masa. El alcance de este trabajo se restringió solo a la desfrutadora, prensadora, decantador y secador, porque el contenido de agua de las corrientes en las otras unidades de procesamiento fue significativamente alto, y ningún tipo de riesgo puede cuantificar el índice FEDI para el agua.

Las propiedades de los productos químicos, como la temperatura del punto de inflamación, la del punto de ignición, la de autoignición y el calor de combustión, se encontraron en la hoja de datos de seguridad del material (MSDS) que está disponible en los sitios web de los proveedores y en la literatura (Bailey, 2005; Emmons & Atreya, 1982). El tamaño del equipo para todas las unidades se estimó de acuerdo con la capacidad de procesamiento cotizada por proveedores. Los pasos adicionales son el cálculo de los factores de energía para unidades que involucran operaciones físicas a través de las ecuaciones 1-2 y asignación de sanciones. La Tabla 3 resume los resultados de los pasos intermedios en el cálculo de FEDI, que se emplearon para determinar el potencial de daño.

El índice de incendio y explosión calculado para cada equipo de proceso, se informa en la Figura 4. La caracterización del peligro se realizó de acuerdo con el valor de FEDI. La mayoría de las unidades reportaron valores superiores a 400, que corresponden a la categoría altamente peligrosa. La causa de tales riesgos en este caso, podría ser el resultado de varios factores en cada unidad de proceso. En el desfrutado, las emisiones de material particulado durante la remoción de los racimos de fruta vacíos (cáscara), pueden causar posibles incidentes de incendio debido al polvo combustible. La inflamabilidad y otras propiedades potencialmente peligrosas del aceite de palma crudo (aceites vegetales en general), también presentan tales riesgos en su manejo. La adición de la corriente S17 en la segunda mezcla, aumentó la cantidad de agua que se usa en el decantador, lo que redujo el calor promedio de la combustión y, por lo tanto, los riesgos de incendio y explosión. Así, se esperaba que el decantador alcanzara el valor FEDI más bajo (349). La cuantificación de peligros similares fue realizada por Nezamodini *et al.* (2017), cuyo trabajo se centró en la evaluación de la seguridad del proceso de una fábrica de extracción de petróleo utilizando el índice de incendio y explosión de Dow. Ellos categorizaron la unidad de extracción como un riesgo grave (índice de incendio y explosión de DOW = 243,68) y, en consecuencia, requirieron una medida de corrección.

**Tabla 2.** Clasificación de unidades de proceso de la planta de beneficio de aceite de palma crudo.

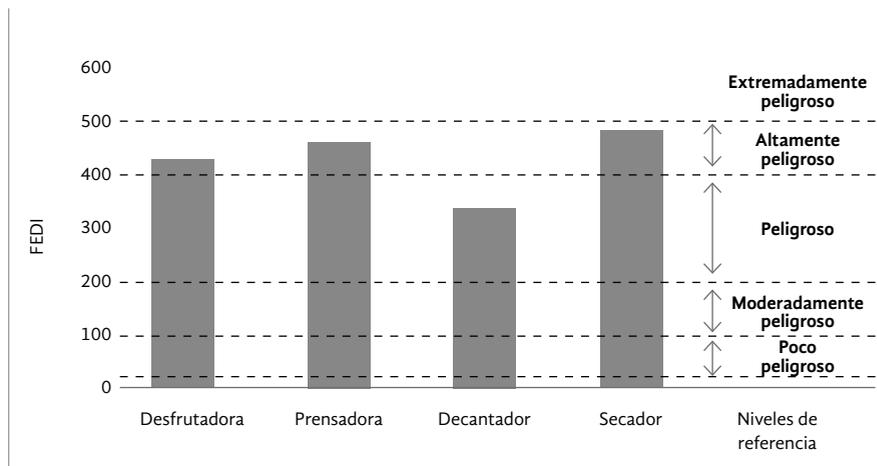
Unidades	Tipo de unidad según HIRA	Compuestos químicos	Tipo de peligro
Rehervidor	Otras unidades peligrosas	Agua	
Mezclador 1	Operaciones físicas	Agua, materiales lignocelulósicos*	-
Separador 1	Operaciones físicas	Agua, materiales lignocelulósicos*	
Separador 2	Operaciones físicas	Agua	-
Desfrutadora	Operaciones físicas	Materiales lignocelulósicos	Incendio & Explosión
Digestor	Operaciones físicas	Agua, materiales lignocelulósicos, aceite de palma*	-
Calentador	Operaciones físicas	Agua	
Prensadora	Operaciones físicas	Materiales lignocelulósicos, aceite de palma	Incendio & Explosión
Mezclador 2	Operaciones físicas	Agua, materiales lignocelulósicos*	-
Enfriador	Operaciones físicas	Agua, materiales lignocelulósicos*	
Decantador	Operaciones físicas	Aceite de palma	Incendio & Explosión
Centrífuga	Operaciones físicas	Agua	
Secador	Operaciones físicas	Aceite de palma	Incendio & Explosión

\* Las corrientes de procesamiento en estas unidades son en su mayoría agua.

**Tabla 3.** Clasificación de unidades de proceso de la planta de beneficio de aceite de palma crudo.

Parámetros	Valores				
	Unidad	Desfrutadora	Prensa	Decantador	Secador
Factores de energía					
Factor "F1"		3.03E+05	3.78E+05	1.91E+05	4.86 E+05
Factor "F2"		1.17E+04	1.95E+04	1.93E+04	6.76E+03
Factores de severidad					
Penalidad "pn1"		1.1	1.1	1.1	1.1
Penalidad "pn2"		1.2	1.2	1.2	1.2
Penalidad "pn3"		1.1	1.1	1.0	1.0
Penalidad "pn4"		1.25	1.25	1.25	1.25
Penalidad "pn5"		1	1	1	1
Penalidad "pn6"		1.5	1.5	1.5	1.5

**Figura 4.** Resultados FEDI de la planta de beneficio de aceite de palma crudo.



Los peligros de explosión pueden ocurrir en el procesamiento de material lignocelulósico (por ejemplo, palma de aceite y madera), bajo la presencia de un agente iniciador de ignición, debido a la formación de una atmósfera explosiva con polvos de material. Por lo tanto, se esperaba un alto riesgo potencial de explosión en el caso de estudio seleccionado, y se propusieron algunos controles de seguridad o salvaguardas para evitar cualquier incidente. Dudarski *et al.*, (2015) sugieren estas correcciones para el procesamiento de madera, que también pueden considerarse para la extracción de CPO:

- Evitar la formación de atmósferas explosivas al eliminar las fuentes de emisión de polvo.
- Quitar las fuentes de ignición cuando es imposible eludir la emisión de polvo.

- Minimizar las posibles consecuencias de las explosiones.

## Conclusiones

En este estudio, se realizó la evaluación de seguridad del proceso utilizando la herramienta asistida por computadora HIRA, con el objetivo de cuantificar los peligros potenciales en la producción de CPO. De igual forma, se identificaron posibles mejoras de procesos desde una perspectiva de seguridad. Se encontró que la mayoría de las unidades alcanzaron valores FEDI superiores a 400, que corresponden a la categoría altamente peligrosa, lo que indica riesgos potenciales de incendio y explosión. Tales resultados permitieron sugerir mejoras en la seguridad del proceso, relacionadas con la eliminación de las

fuentes de emisión de polvo durante la producción de CPO, al minimizar las emisiones de materia incorporando ciclones o precipitadores electrostáticos, bajo un control de gestión de seguridad de procesos bien establecido.

## Agradecimientos

El autor agradece a la Universidad de Cartagena por proporcionar el *software* de simulación requerido para llevar a cabo esta investigación.

---

## Referencias

- Sunaryo, & Hamka, M. A. (2017). Safety Risks Assessment on Container Terminal Using Hazard Identification and Risk Assessment and Fault Tree Analysis Methods. *Procedia Engineering*, 194, 307–314. doi:10.1016/j.proeng.2017.08.150
- Ahmad, F. B., Zhang, Z., Doherty, W. O. S., & O Hara, I. M. (2019). The outlook of the production of advanced fuels and chemicals from integrated oil palm biomass biorefinery. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 109(3), 386–411. doi:10.1016/j.rser.2019.04.009
- Bailey, A. E. (2005). *Bailey's industrial oil & fat products*. John Wiley & Sons, Inc.
- Castiblanco, C., Moreno, A., & Etter, A. (2015). Impact of policies and subsidies in agribusiness: The case of oil palm and biofuels in Colombia. *Energy Economics*, 49, 676–686.
- Chavalparit, O., Rulkens, W. H., Mol, A. P. J. & Khaodhair, S. (2006). Options for environmental sustainability of the crude palm oil industry in Thailand through enhancement of industrial ecosystems. *Environment, Development and Sustainability*, 8, 271–287. doi:10.1007/s10668-005-9018-z
- Dudarski, G., Kowal, M., & Stochowski, C. Z. (2015). Dust explosion hazard in wood processing. *Annals of Warsaw University of Life Sciences*, 65(90), 61–65.
- Guillen-Cuevas, K., Ortiz-Espinoza, A. P., Ozinan, E., Jimenez-Gutierrez, A., Kazantzis, N. K., & El-Halwagi, M. M. (2018). Incorporation of Safety and Sustainability in Conceptual Design via a Return on Investment Metric. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 6(1), 1411–1416. doi:10.1021/acssuschemeng.7b03802.
- Inyang, J., Andrew-Munot, M., Tarmizi, S., Shazali, S., & Tanjong, S. J. (2019). A Model to Manage Crude Palm Oil Production System. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 255, pp. 1–7).
- Jafari, M. J., Mohammadi, H., Reniers, G., Pouyakian, M., Nourai, F. Torabi, S. A. & Raffie Miandashti, M. (2018). Exploring inherent process safety indicators and approaches for their estimation : A systematic review. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 52(December 2017), 66–80. doi:10.1016/j.jlp.2018.01.013.
- Kamarden, H., Kidam, K., Hassan, O. & Hashim, H. (2014). An Investigation Into the Need of Process Safety Management (PSM) in the Palm Oil Industry. *Applied Mechanics and Materials*, 625, 458–461. doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.625.458.
- Owolarafe, O., & Faborode, M. (2008). Microstructural characterization of palm fruit at sterilization and digestion stages in relation to oil expression. *Journal of Food Engineering*, 85(4), 598–605.
- Rincón, L. E., Moncada, J., & Cardona, C. A. (2014). Analysis of potential technological schemes for the development of oil palm industry in Colombia : A biorefinery point of view. *Industrial Crops & Products*, 52, 457–465. doi:10.1016/j.indcrop.2013.11.004

- Rincón, L. E., Valencia, M. J., Hernández, V., Matallana, L. G., & Cardona, C. A. (2015). Optimization of the Colombian biodiesel supply chain from oil palm crop based on techno-economical and environmental criteria. *Energy Economics*, 47, 154–167. doi:10.1016/j.eneco.2014.10.018
- Nezamodini, Z. S, Rezvani, Z., & Kian, K. (2017). Dow's fire and explosion index: a case-study in the process unit of an oil extraction factory. *Electron Physician*, 9(2), 3878–3882.
- Sukaribin, N., & Khalid, K. (2009). Effectiveness of sterilisation of oil palm bunch using microwave technology. *Industrial Crops and Products*, 30(2), 179–183. doi:10.1016/j.indcrop.2009.05.001
- Syahro, N., Yunus, R., Abidin, Z. Z., Syafiie, S., Ramanaidu, V & Rashid, U.(2016). Effect of high pressurized sterilization on oil palm fruit digestion operation Effect of high pressurized sterilization on oil palm fruit digestion operation. *International Food Research Journal*, 23(1), 129–134.
- Emmons, H. W., & Atreya, A. (1982). The science of wood combustion. *Proceedings of the Indian Academy of Sciences*, 5, 259–268.
- Lau, S. Y., Phuan, S. Lee, S., Danquah, M. K., & Acquah, C. (2019). Sustainable palm oil refining using pelletized and surface-modified oil palm boiler ash (OPBA ) biosorbent. *Journal of Cleaner Production*, 230, 527–535. doi:org/10.1016/j.jclepro.2019.04.390.
- Yusoff, S. (2006). Renewable energy from palm oil e innovation on effective utilization of waste. *Journal of Cleaner Production*, 14(1), 87–93. doi:10.1016/j.jclepro.2004.07.005

# Espectroscopía infrarroja para la palma de aceite: mejorando la eficiencia de los análisis de calidad de aceite y potencial de aceite\*

## Infrared Spectroscopy for Oil Palm: Improving the Efficiency of Oil Quality Analysis and Oil Potential

**AUTORES:** Leonardo Ramírez-López, BUCHI Labortechnik AG; Nathalia Forero Cabrera, BUCHI Labortechnik AG, Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma; César Díaz Rangel, Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma; Alexis González Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma, y Jesús García Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma.

**CITACIÓN:** Ramírez-Lopez, L., Forero, N., Díaz, C., González A., & García, J. (2019). Espectroscopía infrarroja para la palma de aceite: mejorando la eficiencia de los análisis de calidad de aceite y potencial de aceite. *Palmas*, 40 (Especial, Tomo II), 67-68.

**PALABRAS CLAVE:** sistema sensor, luz infrarroja, análisis, muestra, calidad del aceite, potencial de aceite.

**KEYWORDS:** Sensor system, infrared light, analysis, sample, oil quality, oil potential.

\*Resumen original recibido en español e inglés.



**LEONARDO RAMÍREZ-LÓPEZ**  
Gerente de Ciencias de Datos  
Data Analytics Manager  
BUCHI Labortechnik AG  
Alemania/Germany

## Resumen

En este trabajo de investigación se estudió el uso de un novedoso sistema sensor, que permite cuantificar varios parámetros fisicoquímicos de los productos obtenidos durante el procesamiento del fruto de palma de aceite. El sistema se basa en mediciones de la cantidad de luz infrarroja absorbida por dichos productos, a diferentes longitudes de onda. Este nuevo tipo de herramienta permite que las plantas puedan procesar un amplio número de muestras, de forma rápida y económica. Por ejemplo, para una de aceite de palma crudo, el análisis de ácidos grasos libres, humedad, impurezas e índice de blanqueabilidad, tarda aproximadamente 15 segundos y su costo de procesamiento es menor a 20 centavos de dólar.

Exponemos los resultados que demuestran la capacidad de este tipo de sensores para mejorar el monitoreo de los procesos en plantas de beneficio. Además, presentamos una metodología para la determinación del potencial de aceite con el uso de sensores infrarrojos.

## Abstract

This research paper presents the use of an innovative sensor system that quantifies various physical and chemical parameters of the products resulting from oil palm fruit processing. This sensor system is based on measuring the amount of infrared light absorbed by these products at different wavelengths. This new tool allows mills to rapidly and economically process a large number of samples. For example, the analyses of free fatty acid, moisture, impurities, and bleachability index of a crude palm oil sample takes approximately 15 seconds and the sample processing cost is less than USD \$0.20.

This presentation will show the results that evidence the potential of this type of sensors to improve process monitoring in palm oil mills. Additionally, we will show the methodology used to determine oil potential by using infrared sensors.

# Mitigación de 3-MCPDE y GE mediante diversas tecnologías de proceso\*

## Mitigation of 3-MCPDE and GE through Various Process Technologies

**CITACIÓN:** Baldini, R. (2019). Mitigación de 3-MCPDE y GE mediante diversas tecnologías de proceso. *Palmas*, 40 (Especial, Tomo II), 69-75.

**PALABRAS CLAVE:** 3-monocloropropanodiol, ésteres de glicidilo, cloruros, acidez, temperatura.

**KEYWORDS:** 3-monochloropropanediol, glycidyl esters, chlorides, acidity, temperature.

\*Artículo original recibido en inglés y traducido por Carlos Alberto Arenas.



**RAFFAELE BALDINI**  
Gerente de Tecnología  
Technology Manager  
Alfa Laval Copenhagen A/S  
Dinamarca/Denmark

## Resumen

El éster de 3-monocloropropanodiol (3-MCPDE) y los ésteres de glicidilo (GE) son dos contaminantes de proceso encontrados en todos los tipos de aceite vegetal. Han sido definidos como posibles cancerígenos para los humanos, siguiendo las clasificaciones del Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer. Los precursores del 3-MCPDE son los cloruros, la acidez y la alta temperatura durante el proceso de refinación. Los cloruros pueden aparecer naturalmente en los aceites o mediante la contaminación de la fuente de agua utilizada en la extracción. Durante la refinación, se introduce ácido en la etapa de desgomado en seco, donde se añaden ácidos fosfóricos a los aceites para convertir las gomas no hidratables en hidratables. Adicionalmente, se suele utilizar tierra de blanqueo activada por ácido en la etapa de blanqueo para absorber las gomas coaguladas y colorear el cuerpo. Esta tierra se usa por

su mayor eficiencia (más superficie por gramo) en la absorción, por lo que puede reducir la dosis de tierra y minimizar las pérdidas de aceite. Por otro lado, el GE se forma por los diacilglicéridos de la fase de desodorización a altas temperaturas. Actualmente, los refinadores están buscando una etapa de refinación optimizada que pueda reducir la formación de 3-MCPDE y GE.

## Abstract

3-monochloropropanediol ester (3-MCPDE) and glycidyl esters (GE) are two process contaminants found in all kind of vegetable oils. 3-MCPDE is termed as possibly carcinogenic to humans whereas GE is termed as probably carcinogenic to humans, following classifications by International Agency for Research on Cancer. The precursors of 3-MCPDE are chlorides, acidity and high temperature during the refining process. The chlorides can appear naturally in oils or through contamination of water source used in milling. During refining, acid is introduced in the dry degumming step where phosphoric acids are added to oils to convert non-hydratable gums to hydratable gums. Furthermore, acid activated bleaching earth is commonly used in the bleaching step to adsorb coagulated gums and colour body. Acid activated bleaching earth is used because it has higher efficiency (more surface per gram) in absorption, hence can reduce dosage of earth and minimize oil losses in spent bleaching earth. On the other hand, the GE is formed by the diacylglycerides under high temperature deodorizing step. Currently, refiners are searching for an optimized refining step which can reduce the formation of 3-MCPDE and GE.

□

## Introducción

El aceite de palma tiene muchos usos, desde la cocina hasta grasas modificadas para energía y químicos. Es ampliamente utilizado como aceite de cocina porque es asequible. Si bien el 3-MCPDE y el GE están presentes en todos los tipos de aceite vegetal, el nivel de estos contaminantes es aparentemente más alto en el aceite de palma, en comparación con otros como el de soya y el de girasol. Esto podría deberse a las diferencias en el proceso de molienda y refinación. El Panel de Contaminantes en la Cadena Alimentaria (CONTAM) de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, por su sigla en inglés), estableció la Ingesta Diaria Tolerable (TDI, por su sigla en inglés) de 3-MCPD libre y enlazado en 0,8 µg por kg de peso corporal por día.

## Cloruros en la naturaleza

El cloro (Cl) es un elemento esencial para los humanos, los animales y las plantas. Es un anión y existe principalmente en combinación con otro catión metálico en forma de sales de cloruro. Estas, como el clo-

ruro de sodio, son muy solubles en el agua. También se forma un ion de cloro cuando el ácido clorhídrico se disuelve en agua. No debemos confundir el ion cloruro (Cl<sup>-</sup>) del cloro (Cl<sub>2</sub>). El cloro es un gas venenoso, tóxico y corrosivo, utilizado como agente blanqueador o como desinfectante. No ocurre en la naturaleza, solo es soluble en agua y es descompuesto fácilmente por la luz. Por otro lado, el ion cloruro es muy soluble en agua y fácilmente absorbido por las plantas.

En las plantaciones de palma de aceite, el cloruro de potasio (KCl) es uno de los principales fertilizantes utilizados para tratar la deficiencia de potasio, que contribuye a la desecación prematura de la fronda y a pérdidas de rendimiento. Esta condición suele encontrarse en suelos de turba, donde el nivel freático es bajo. El KCl puede ser el principal donante de iones cloruro en el suelo, pero estos también suelen venir de la salinidad del suelo, la contaminación por herbicidas o los agentes de tratamiento de agua. Los cloruros pueden ser absorbidos por la planta durante su ciclo de crecimiento como cloruros orgánicos; o igualmente, las sales de cloruro (cloruro inorgánico) del suelo pueden entrar en contacto con los racimos de fruta durante la cosecha.

## Influencia de cloruros durante la extracción

Al esterilizar los racimos con vapor, el fruto de la palma puede entrar en contacto con cloruros arrastrados desde la caldera en forma de vapor húmedo. Durante el paso de esterilización, algunos frutos sueltos son triturados prematuramente y es posible encontrar aceite mezclado con el condensado. Para maximizar el rendimiento de aceite, a menudo se utiliza el condensado como dilución del aceite antes de su recuperación. El flujo de aceite recuperado del condensado tiene alto contenido de cloruro. Lo mismo pasa con los otros flujos de recuperación del aceite del prensado del licor del racimo de fruta vacío, y el aceite derramado del estanque de lodo, que están prohibidos por la ley.

## Eliminación de cloruros mediante lavado de aceite

A diferencia de la extracción de otros aceites de fruta (por ejemplo, el de oliva), el fruto de la palma no pasa por el proceso de lavado antes de la extracción. También, para maximizar el rendimiento en la producción de aceite de palma y la recuperación de este de flujos secundarios, se han añadido más cloruros. Renovar todo el proceso de extracción en el corto plazo puede ser demasiado optimista. Entonces, el lavado del aceite de palma crudo (APC) se ha convertido en la respuesta más apropiada para mitigar el 3-MCPDE. Según las pruebas de campo que se muestran en la Tabla 1, la remoción de cloruro es muy efectiva, y constantemente podemos ver una de más del 80 % en el APC. Es sabido que el lavado del APC no reacciona con el aceite, pero solo elimina el ion cloruro en el contenido de humedad y las sales de cloruro que son menos solubles.

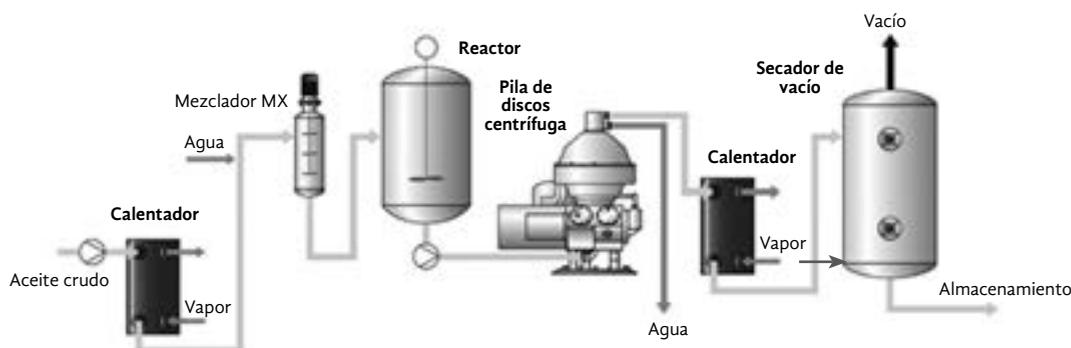
En general, el APC fresco tiene aproximadamente 20 % de cloruro orgánico y 80 % de inorgánico. Además de los largos periodos de tránsito entre puertos marítimos, que llegan a durar hasta dos meses, el APC también estará expuesto a varias circunstancias externas que pueden causar inestabilidad en su forma, volviendo el cloruro inorgánico en orgánico. Por lo tanto, es crucial lavar el APC en los países productores, en vez de en el país receptor. Esto, para reducir el cloruro total de manera más eficiente y conservar la calidad del aceite tanto como sea posible.

## Metodología

### Lavado del APC: mitigación de 3-MCPDE mediante la eliminación de cloruro en el aceite de palma crudo

Se añade agua libre de cloruro a 90 °C al APC. La mezcla de aceite-agua se conserva en el tanque de mezcla durante 20 minutos. El tiempo de conservación es controlado por el transmisor de nivel y la bomba de descarga. El tanque de mezcla está equipado con el agitador. El agua es apartada mediante un separador de alta velocidad en modo purificador. La fase ligera es en la que el agua lavada es separada del aceite continuamente. El aceite lavado tiene una humedad restante del 0,5 % después de la separación, y esta se reducirá aún más, a menos del 0,1 %, utilizando una secadora de vacío. El aceite lavado puede ser enfriado a temperatura de almacenamiento, empleando un economizador de aceite crudo, en el que se usa el aceite lavado a 90 °C para calentar el aceite a ser alimentado a la planta (Figura 1).

Figura 1. Lavado de aceite de palma crudo de etapa única.



**Tabla 1.** Resultado del lavado de aceite de palma crudo de etapa única.

Temperatura	90 °C	90 °C	90 °C	90 °C
Flujo APC, Mt/hr	5,5	4,0	4,0	6,0
Flujo de agua caliente, L/hr	300	300	300	300
Dosis de agua caliente, % wt/wt	5.5 %	7,5 %	7,5 %	4,3 %
Cloruro total, ppm (antes del lavado)	13	10	10	10
Cloruro total, ppm (después del lavado)	1,5	1	0,5	1,5

Es mejor lavar el APC en dos etapas. Esto porque, con dos etapas, se tiene una buena flexibilidad para hacer un lavado a contracorriente cáustico o con ácido, y se puede utilizar la misma planta para la neutralización química del aceite de palma. Esto significa que se usa agua libre de cloruro para lavar el aceite en el segundo separador, y que el agua lavada se añade con ácido o una sustancia cáustica para ser reutilizada para el lavado de primera etapa. Al añadir ácido antes del lavado, se eliminan las gomas en el primer separador. Y, cuando se agrega la sustancia cáustica, se puede realizar un lavado alcalino o una neutralización parcial. El jabón generado se limpia en el segundo separador. La Figura 2 muestra la configuración de una planta de neutralización de aceite de palma.

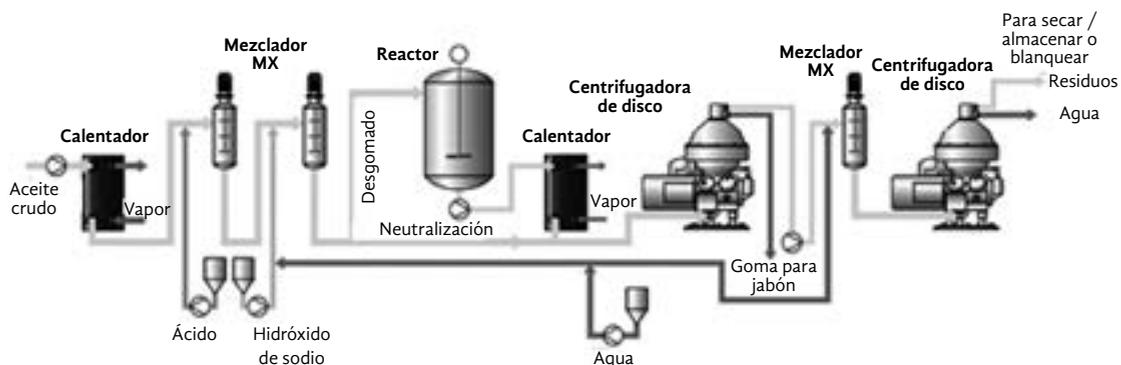
### Lavado del APC ¿mejor en el molino o en la refinería?

Existen ventajas para ubicar la planta de lavado en el molino o en la refinería. Cuando se lava en el molino, la configuración es simple y con menos automa-

tización. Este puede añadirse con facilidad después del tanque de aceite puro, y el aceite lavado puede secarse en la secadora de vacío existente. Una ventaja obvia es que el agua lavada se descarga directamente al sistema existente de efluentes. Sin embargo, muchas plantas de beneficio no tienen acceso al acueducto municipal. Esto representa un desafío, ya que el molino tendría que mejorar su planta de tratamiento de agua cruda para producir agua libre de cloruro para el lavado de aceite. También, el aceite lavado debería ser llevado a la refinería más rápido para su procesamiento. El almacenamiento prolongado puede deteriorar la calidad porque durante el lavado se eliminan algunos antioxidantes.

Por otra parte, la ventaja de hacer el lavado de APC en la refinería es que la capacidad de una sola planta de lavado puede ser superior a 1.000 toneladas métricas por día. Y es más adecuado para aquellas de gran capacidad, que no quieren depender de las plantas de beneficio para recibir el APC lavado. Sin embargo, el principal reto es el manejo del agua lavada, debido a

**Figura 2.** Planta de neutralización de aceite de palma.



la capacidad limitada de la planta de tratamiento de efluentes. Esta observación, junto con muchos otros factores, apunta al beneficio de ubicar el molino y la refinería en el mismo sitio.

### Mitigación de 3-MCPDE en la etapa de blanqueo

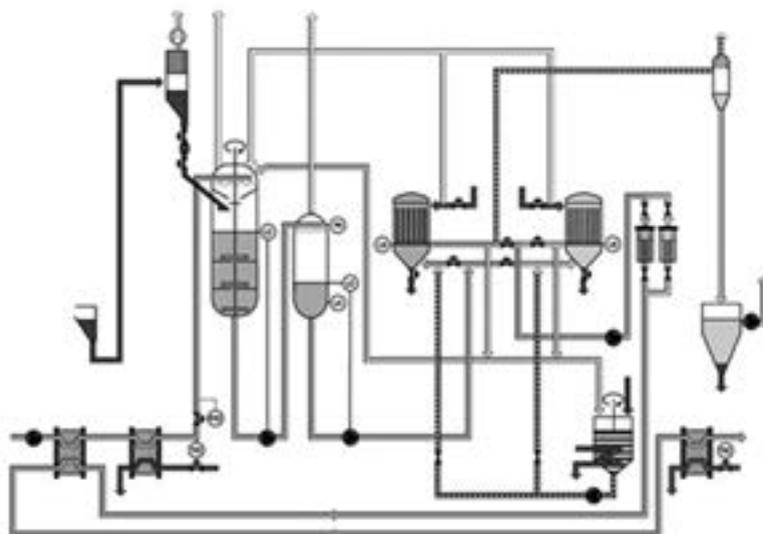
Ramli *et al.* (2011) investigaron los efectos de la acidez de la tierra de blanqueo (TB) en la formación de 3-MCPDE. La arcilla natural mostró una menor formación en comparación con la activada por ácido. Sin embargo, no es tan efectiva, especialmente para el tratamiento de aceites de baja calidad. Esto es porque la arcilla natural tiene menos superficie por gramo para absorción y menos actividades catalizadoras para descomponer peróxidos. En pruebas industriales recientes, se demostró que si se eliminan los cloruros a un nivel satisfactorio (cloruro total en el aceite lavado <1 ppm), se puede utilizar la arcilla ácida sin ningún problema. Aunque la refinería debe asegurarse que la usada no esté llevando ácido hacia el aceite durante el proceso de blanqueo.

En caso de que se emplee arcilla natural, se recomienda mejorar el proceso de blanqueo en seco bajo vacío a 100 °C, a un proceso de blanqueo húmedo a 85 °C, con un nivel de humedad del 0,5 %. Así, todos los tipos de absorbentes funcionan mejor bajo cierto nivel de humedad. Esto compensa la ineficiencia de la arcilla natural y evita emplear demasiadas dosis, lo que

aumenta las pérdidas de aceite. La Figura 3 muestra un sistema de blanqueo húmedo que se realiza bajo presión y a una temperatura baja. Posteriormente, el aceite blanqueado es calentado a 100 °C para una filtración óptima. Además del uso de arcilla natural y el blanqueo húmedo, Zulkanain *et al.* (2013) también demostraron el uso de silicato de magnesio para mitigar la formación de 3-MCPDE en la etapa de blanqueo.

### Mitigación de GE en la etapa de desodorización

El GE es el contaminante que resulta de la reacción de los diacilglicéridos (DAG) con las altas temperaturas. La mayoría del aceite de palma se refina físicamente para obtener una buena economía de procesamiento. El blanqueado se calienta a temperaturas muy altas (260 °C - 265 °C) para remover los ácidos grasos libres, seguido de una retención de 60 minutos para el blanqueo con calor y la desodorización. Sin embargo, debido a la naturaleza del aceite de palma y su alto porcentaje de DAG en comparación con otros, la etapa de desodorización a altas temperaturas puede formar GE no deseados con facilidad. Para mantener la economía del procesamiento, Alfa Laval introdujo la desodorización de doble temperatura en una planta comercial. En la Tabla 2, el aceite blanqueado es calentado a 260 °C para remover los ácidos grasos libres, seguido de un enfriamiento del aceite a 215 °C - 230 °C para su desodorización.



**Figura 3.** Planta de blanqueo húmedo de aceite de palma.

**Tabla 2.** Resultado de desodorización de doble temperatura. Fuente: resultados industriales de Alfa Laval.

Remoción (°C)	260	260	260	260	260	260	260
Desodorización en 60 minutos (°C)	255	240	230	230	225	220	215
Color Rojo (Célula Lovibond 5,25")	2,5	2,5	2,5	2,6	2,8	2,8	3,2
3-MCPDE en aceite refinado, ppm	2,95	2,5	2,0	2,2	2,0	2,5	2,3
GE en aceite refinado, ppm	8,5	4,5	3,2	3,5	3,0	2,5	2,2
Presión de vacío en las bandejas de desodorización mbarg	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5

Cuando la temperatura se reduce para la segunda etapa, el GE en el aceite refinado también lo hace en consecuencia. Sin embargo, el color se sale de las especificaciones a más de 3R. Entonces, se demuestra que la desodorización por temperatura doble funciona, pero que es necesario aumentar el tiempo de retención para compensar el efecto del blanqueo con menor calor causado por la menor temperatura.

Igualmente, para mejorar aún más la eliminación de GE, es necesario reducir el vacío de operación a menos de 2,5 mbarg en las bandejas de desodorización. Esto porque, en la zona de alta temperatura, la competencia entre la eliminación de GE en el vacío y la formación de GE durante la desodorización es constante.

### Proceso de postratamiento para la eliminación de 3-MCPDE y GE

Se refiere al tratamiento del aceite después de su etapa de refinación para eliminar los contaminantes del proceso o para pulir o mejorar la calidad del aceite. Hasta el momento, la industria no ha encon-

trado un método efectivo para suprimir el 3-MCPDE después de su formación porque no es volátil. Es sabido que puede ser destruido con el contacto con un cáustico fuerte, por ejemplo, durante la interesterificación química (CIE). Sin embargo, es posible que el proceso CIE cambie las propiedades de fusión de las grasas, lo que hace que su aplicación sea muy limitada.

Respecto a la eliminación de GE, este se puede convertir con facilidad en monoacilglicéridos (MAG) con tierra de blanqueo activada y, posteriormente, ser removido en el desodorizante. No obstante, debemos asegurarnos de que la etapa de desodorización en la planta de postratamiento se realice a una temperatura <230 °C para evitar formar nuevos GE en el aceite. En resumen, el postratamiento es apropiado para un requisito bajo de color, en el que la primera refinación se hace con el proceso estándar utilizando una alta temperatura, dejando la eliminación del GE para la etapa del postratamiento. El GE final, después del postratamiento, puede ser <0,5 ppm, dependiendo de la temperatura de desodorización.

## Referencias bibliográficas

- MacMahon, S. (2015). *Processing Contaminants in Edible Oils* (1<sup>st</sup> Edition). Academic Press & AOCS Press.
- Ramli, M. R., Siew, W. L., Ibrahim, N. A., Hussein, R., Kuntom, A., Razak, R. A., & Nesaretnam, K. (2011). Effects of degumming and bleaching on 3-MCPD esters formation during physical refining. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 88,1839-1844.
- World Intellectual Property Organization. (2011). Glycidyl Ester Reduction in Oil. International Publication WO2011/069028 A1.
- Zulkanain, M., Lai, O. M., Tan, S. C., Latip, R. A., & Tan, C. P. (2013). Optimization of palm oil physical refining process for reduction of 3-monochloropropane-1,2-diol (3-MCPD) ester formation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(13), 3341-3349.
- EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). (2016). Risk for human health related to the presence of 3- and 2-monochloropropanediol (MCPD), and their fatty acid esters, and glycidyl fatty acid esters in food. *EFSA Journal*. doi:10.2903/j.efsa.2016.4426.
- Chlorine vs Chloride. A&L Canada Laboratories, Inc. Recovered from: [http://www.alcanada.com/index\\_htm\\_files/Chlorine%20vs%20Chloride.pdf](http://www.alcanada.com/index_htm_files/Chlorine%20vs%20Chloride.pdf)

## Convirtiendo una planta de beneficio en una biorrefinería: paso de tecnologías por el valle de la muerte\*

Turning an Oil Palm Mill into a Biorefinery:  
The Passage of Technologies through the Valley of Death



**JESÚS ALBERTO GARCÍA NÚÑEZ**  
Coordinador del Programa de  
Procesamiento de Cenipalma  
Processing Program Coordinator,  
Cenipalma  
Colombia

**AUTORES:** Jesús Alberto García Núñez, Darlis Varón Cárdenas y Juan Camilo Barrera Hernández. Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma

**CITACIÓN:** García, J. A., Varón, D., & Barrera, J. C. (2019). Convirtiendo una planta de beneficio en una biorrefinería: paso de tecnologías por el valle de la muerte. *Palmas*, 40 (Especial, Tomo II), 76-103.

**PALABRAS CLAVE:** bioeconomía, biomasa de aceite de palma, biorrefinerías, nivel de madurez tecnológica, sistemas de innovación tecnológica.

**KEYWORDS:** Bioeconomy, palm oil biomass, biorefineries, level of technological maturity, technological innovation system.

\*Artículo original recibido en español.

### Resumen

La agroindustria del aceite de palma, además de producir el aceite vegetal más consumido en el mundo, está comprometida con el cumplimiento de estándares de sostenibilidad. Para esto es necesario el ajuste de prácticas de manejo de los subproductos generados en las plantas de beneficio. Uno de los usos actuales de la biomasa es la generación de energía térmica y eléctrica. Sin embargo, su utilización en una planta de beneficio de aceite de palma debe abordarse como una biorrefinería que genere valor agregado. Para lograrlo, es preciso identificar los productos promisorios que puedan ser desarrollados con rutas de conversión y nivel de madurez tecnológica (TLR, por su sigla en inglés), que superen la etapa de comercialización en el mercado nacional e internacional. Cada una de dichas etapas incluye la aplicación y seguimiento de indicadores que envuelven temas como cambios de uso de suelo (LUC, por su sigla en inglés), biodiversidad, emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y empleo del agua, entre otros.

En este documento se realiza una revisión de las alternativas tecnológicas actualmente disponibles para aplicar en plantas de beneficio, de acuerdo con el tamaño de escala que se pretende alcanzar. Se hace énfasis en las perspectivas y tendencias actuales del mercado de bioproductos en fase de escalamiento industrial, que pueden ser utilizadas en plantas de beneficio de aceite de palma sostenible, integrando tecnologías que permitan abrir nuevos mercados de biomasa. Se presentan algunos estudios de caso para ilustrar el enfoque propuesto de lograr infraestructuras estratégicas, con rendimiento económico y un mínimo impacto ambiental.

## Abstract

The palm oil agroindustry, in addition to producing the most consumed vegetable oil in the world, is committed to meeting sustainability standards. For this, the adjustment of management practices of the by-products generated in the oil palm mills is necessary. One of the current uses of biomass is the generation of thermal and electrical energy. However, its use in a palm oil mill should be addressed as a biorefinery that generates added value. To achieve this, it is necessary to identify promising products that can be developed with conversion paths and Technology Readiness Level (TLR), which exceed the marketing stage in the national and international market. Each of these stages includes the application and monitoring of indicators that involve issues such as land use changes (LUC), biodiversity, greenhouse gas (GHG) emissions and water use, among others.

In this document, a review of the technological alternatives currently available to be applied in oil palm mills is carried out, according to the scale size that is intended to be achieved. Emphasis is placed on the current perspectives and trends of the bioproduct market in industrial scaling phase, which can be used in sustainable oil palm mills, integrating technologies that allow new biomass markets to be opened. Some case studies are presented to illustrate the proposed approach of achieving strategic infrastructure, with economic yields and minimal environmental impact.

---

## Introducción

La bioeconomía industrial está interesada en la conversión de biomasa en productos que satisfagan las necesidades humanas, al reemplazar las materias primas de origen fósil por materias primas renovables. En términos prácticos, una opción es la construcción de biorrefinerías en las que se pueda hacer una conversión eficiente de biomasa, obteniendo productos de mayor valor agregado. Las biorrefinerías se consideran una parte integral del desarrollo hacia una futura bioeconomía sostenible. Bajo esta iniciativa, se encuentra el modelo de economía circular, que puede entenderse como aquella de la que se derivan los componentes básicos para materiales, productos químicos y energía, a partir de recursos renovables. Este concepto puede ser abordado a través de una economía baja en carbono, sostenible y competitiva. La agroindustria de aceite de palma en Colombia ha venido trabajando en los últimos años en modelos de

producción sostenible, donde se destaca la obtención de energía renovable y aprovechamiento de recursos como la biomasa. La utilización de la biomasa es reconocida como un componente crítico en los planes estratégicos de las naciones, para hacer frente a la dependencia energética de recursos fósiles y volatilidad de los precios del petróleo. Se proyecta que la energía primaria generada por biomasa aumente el equivalente de 1.827 MT de petróleo para 2030 (12 % de la demanda mundial total) (International Energy Agency, 2018). De igual forma, se cuenta con marcos de referencia para la fabricación de productos provenientes de biomasa que involucran la sostenibilidad en toda la cadena de producción a nivel social, ambiental y económico.

La estrategia del sector palmero en Colombia ha sido el uso eficiente de biomasa en la cadena de suministro de aceite de palma, desde la perspectiva de conversión de plantas de beneficio a biorrefinerías, teniendo en cuenta las importantes cantidades de

biomasa generada por hectárea cultivada, en comparación con otros cultivos oleaginosos y bioenergéticos (García & Yáñez, 2010). En la evaluación realizada por Cenipalma en el 2016 (García *et al.*, 2016a) sobre usos de biomasa y tecnologías de conversión más prometedoras, se destacaron la producción de pellets y briquetas, obtención de etanol celulósico, torrefacción, pirólisis, producción de biogás (degradación anaeróbica), compost y generación de energía eléctrica. Estas opciones tecnológicas fueron consideradas viables por la disponibilidad de materia prima durante todo el año. En la actualidad, los usos de la biomasa en el sector palmero son como materia orgánica para los cultivos (tusa), formulación de productos para alimentación animal (torta de palmiste) y como combustible (fibra, cuesco) para sistemas de generación de vapor (García y García, 2013; García *et al.*, 2016a; Ramírez *et al.*, 2015).

La proyección de una planta de beneficio en una biorrefinería, requiere herramientas que permitan seleccionar la mejor ruta de acuerdo con la infraestructura y potencial de producción de la planta para elegir productos sostenibles que generen valor agregado. Por otro lado, la inversión de recursos en investigación y desarrollo es uno de los factores claves para lograr que las biorrefinerías superen el “valle de la muerte” hacia mayores inversiones comerciales. De igual forma, es importante la participación de políticas gubernamentales que faciliten la integración de estas en toda la cadena de producción del aceite de palma y favorezcan su comercialización. Aun así, el principal reto es la creación y posicionamiento en el mercado de estos productos.

El propósito de esta revisión es mostrar que es posible el desarrollo de biorrefinerías con tecnologías de conversión de biomasa de aceite de palma en productos de alto valor agregado. Las alternativas tecnológicas y productos de biorrefinería que fueron estudiados están enfocadas en biocombustibles, bioproductos y bioenergía, dentro de un amplio portafolio de métodos y rutas que han sido reportadas a nivel mundial, considerando aspectos normativos, nivel de madurez y de adopción. De igual forma, se estimó la importancia de la conformación de clústeres energéticos a través de alianzas estratégicas del sector, de manera que se generen efectos positivos en la competitividad de la agroindustria de palma, con adecuada

redistribución de los beneficios y acceso a los recursos productivos. Los escenarios que se consideraron más convenientes están fundamentados en modelos económicos y análisis de ciclo de vida.

## Problemática ambiental y palma de aceite

Cambio climático, seguridad alimentaria, generación de energía y contaminación ambiental, se encuentran entre las mayores amenazas y desafíos que enfrenta la humanidad en la actualidad. Esta preocupación ha llevado a organizaciones gubernamentales, industrias y sociedad, a la búsqueda de tecnologías sostenibles que permitan alcanzar políticas climáticas a largo plazo, con la cooperación estratégica de actores privados y públicos (Roome, 2004). Dentro de las alternativas energéticas sustentables, el aprovechamiento de biomasa ha despertado interés a nivel mundial para sustituir combustibles y productos químicos provenientes de fuentes no renovables (García & Yáñez, 2010).

De hecho, se espera que la energía primaria generada por biomasa aumente a un equivalente de 1.827 MT de petróleo hasta 2030 (12 % de la demanda total mundial). Sin embargo, la apertura de nuevos mercados basados en biomasa (bioeconomía) implica mayor inversión en investigación e innovación (Ramírez & Faaij, 2018). Las biorrefinerías a partir de la biomasa, pueden potencialmente conducir a un mejoramiento ambiental, social y económico de las agroindustrias y aumentar la sostenibilidad en el contexto nacional y mundial. Este concepto, además de brindar oportunidades a lo largo de toda la cadena de suministro, favorece el desarrollo económico (Figura 1).

Por otra parte, los esfuerzos internacionales en torno a la reducción de la deforestación, en gran medida impulsados por movimientos sociales, ambientales y de consumidores, han presionado a que se apliquen progresivamente estándares elevados para la agroindustria. Todo con el fin de disminuir la problemática de deforestación asociada a la producción global de materias primas, con actividades de mayor expansión y uso masivo como es el caso de la palma de aceite (Sudeste Asiático) y la soya (Brasil). Por esta razón, el Foro de Bienes de Consumo (CGF, por su sigla en inglés), emitió en 2010 una Resolución sobre

Cero Deforestación Neta, con la que sus miembros se comprometen a eliminar a 2020 la deforestación asociada al aceite de palma, soya, carne vacuna, pulpa y papel. A partir de ese compromiso, surgió la iniciativa global Tropical Forest Alliance 2020 (TFA 2020), creada en 2012 en la Conferencia Mundial sobre Desarrollo Sostenible Río +20, como una alianza donde sus asociados se comprometen voluntariamente a desarrollar acciones individuales y colectivas para reducir la deforestación de bosques tropicales y eliminar la huella de deforestación.

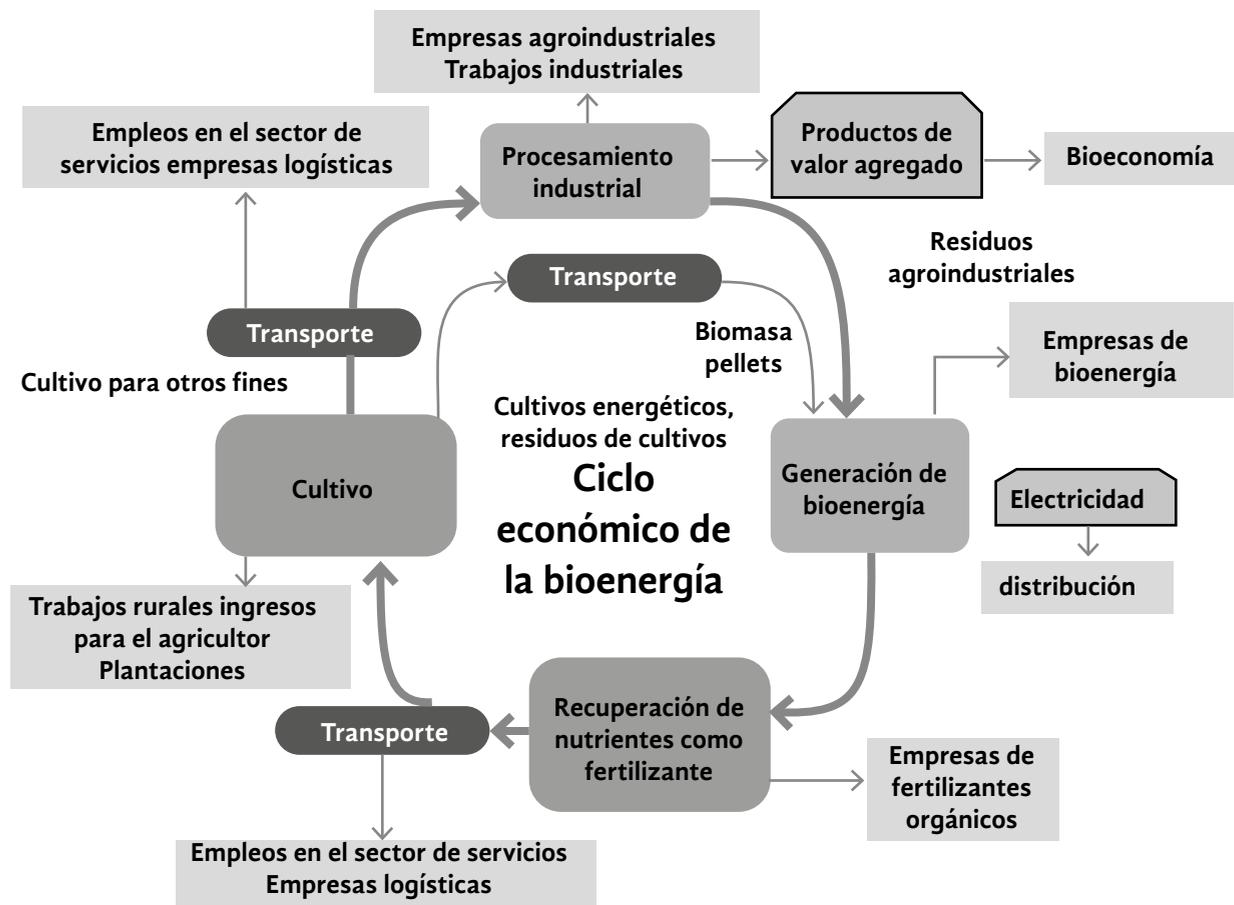
Colombia ha suscrito pactos internos y a nivel internacional para disminuir su tasa de deforestación gradualmente como aporte nacional a la reducción de emisiones de GEI. En 2015 firmó, con los gobiernos

de Noruega, Alemania y Reino Unido, una Declaración Conjunta de Intención sobre cooperación para la reducción de emisiones de gases efecto invernadero provenientes de la deforestación, la degradación de los bosques (REDD+) y la promoción del desarrollo sostenible, en la que se promueven varios hitos que incluyen los acuerdos de cero deforestaciones con algunas cadenas productivas. Desde el 2017, el Gobierno colombiano es miembro formal de TFA 2020, siendo el primer país de América Latina en adherirse a esta alianza (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, 2017).

El sector palmero es uno de los segmentos de la agroindustria colombiana que ha presentado crecimiento constante, al aumentar a una tasa promedio

**Figura 1.** Diagrama conceptual del ciclo económico de la bioenergía.

Fuente: tomado y adaptado de Sadhukhan *et al.* (2018)



del 9,2 % en la última década (Fedepalma, 2018), siendo la sostenibilidad uno de los pilares de Fedepalma, desde la creación de la Mesa Redonda de Aceite de Palma Sostenible (RSPO, por su sigla en inglés) en el 2004. Adicionalmente, el sector cuenta con el Proyecto GEF “Paisaje Palmero Biodiverso, PPB”, en asocio con WWF, el Instituto Alexander von Humboldt y Cenipalma, para generar guías prácticas de planificación de proyectos palmeros conservando los bosques y otras áreas con alto valor de conservación (AVC); incorporación de herramientas de manejo del paisaje biodiverso (HMP) y adopción de buenas prácticas agrícolas con un enfoque agroecológico.

De igual forma, firmó el “acuerdo de voluntades para la deforestación cero en la cadena de aceite de palma” en el 2017, cuyo objetivo fue visibilizar que

el aceite de palma se produce libre de deforestación y eliminar la huella de deforestación que ya existía en la palmicultura colombiana. El acuerdo busca fortalecer la cultura empresarial de vanguardia del sector, en términos de responsabilidad ambiental y social, con el fin de impulsar el trabajo conjunto con diferentes actores para adherirse al propósito de “cero deforestaciones” en la cadena productiva y de abastecimiento. La competitividad del sector está íntimamente ligada a su desempeño ambiental, situación que refuerza la necesidad de avanzar en medidas como las que promueve este acuerdo para atender los requerimientos de consumidores y mercados cada vez más exigentes en temas asociados a la sostenibilidad. De esta forma, programas de certificación como RSPO y Rainforest Alliance son cada vez más exigidos (Tabla 1).

**Tabla 1.** Esquemas de certificación actuales de aceite de palma sostenible. Fuente: adaptado de Jusoh *et al.* (2018).

Certificación	Objetivo	Nivel de aplicación
Mesa Redonda de Aceite de Palma Sostenible (RSPO por su sigla en inglés)	Promover la producción y uso de aceite de palma con criterios de sostenibilidad ambiental, social y económica.	Se fundamenta en dos estándares. <ul style="list-style-type: none"> <li>- El de la producción de aceite de palma sostenible es utilizado por los cultivadores y plantas de beneficio para implementar prácticas sostenibles de producción, y por los organismos para verificar su adopción en campo.</li> <li>- El de la cadena de suministro describe los requerimientos para garantizar el control y trazabilidad del aceite de palma certificado, sus derivados y productos a lo largo de la cadena de valor, desde la planta de beneficio hasta el usuario final.</li> </ul>
Certificación Internacional de Sostenibilidad y Carbono (ISCC, por su sigla en inglés)	Certificación para las industrias de biomasa y bioenergía, en el uso sostenible de la tierra, protección de la biosfera natural y sostenibilidad social, todo orientado hacia la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero a lo largo de toda la cadena de suministro.	Lineamientos generales para productores, procesadores, comerciales y marcas, para demostrar su compromiso con la gestión sostenible de sus cadenas de suministro. Enfatiza la evaluación de la huella de carbono.
Red de Agricultura Sostenible y Rainforest Alliance (RAS/RA)	Cambiar el uso de la tierra y las prácticas comerciales para reducir sus impactos tanto en la biodiversidad como en la población local. Asimismo, mitigar los riesgos ambientales y sociales asociados a la agricultura.	Directrices globales para productores agrícolas en prácticas que conserven los bosques, aseguren la salud de los suelos, protejan los cuerpos de agua y mejoren la calidad de vida de las personas. Hace hincapié en la evaluación de plantaciones.

Continúa →

Certificación	Objetivo	Nivel de aplicación
Aceite de palma sostenible de Indonesia (ISPO, por su sigla en inglés)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejorar la sostenibilidad y competitividad de la industria indonesia de aceite de palma.</li> <li>- Contribuir con los objetivos del Gobierno para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, dando atención a los temas ambientales.</li> </ul>	Lineamientos generales para todas las empresas productoras de aceite de palma en Indonesia sobre prácticas sostenibles. Enfatiza en aspectos ambientales.
Aceite de palma sostenible de Malasia (MSPO, por su sigla en inglés)	-Certificación nacional en Malasia para la producción de aceite de palma sostenible.	Directrices globales para plantaciones, pequeños productores independientes e instalaciones de planta de beneficio de aceite de palma. Se centra en aspectos sociales y ambientales.

Por otro lado, la certificación del sector además de favorecer la comercialización del aceite de palma sostenible abre las puertas al incremento de un mercado de biomasa, diversificando las actividades y fuentes de ingreso económico. Actualmente, los estándares más utilizados en el país son RSPO, RTRS y BONSUCRO (Tabla 2). Si bien Colombia cuenta con las condiciones básicas para desarrollar un sector

sostenible de base biológica, por la disponibilidad de tierras aptas para cultivo sin generar problemas de deforestación, también representa varios desafíos en la producción de biomasa e incorporación de políticas de protección para abordar los desafíos del cambio climático, seguridad alimentaria y generación de energía limpia, dentro de la planificación económica y financiera del país.

**Tabla 2.** Sistemas de certificación de productos de biomasa y características generales. Fuente: adaptado de Ramírez & Faaij (2018).

Tipo de certificación	Normatividad	Alcance	Aplicación de la norma	Participantes	Método/Herramienta de contabilidad de GEI
Certificación general	ISCC 202. Versión 3.0 (2016) *	Materias primas y productos: bioenergía, alimentos, alimentación animal, químicos.	Voluntaria	Procesos con múltiples partes interesadas.	Metodología de cálculo de emisiones de GEI.
	RSB versión 3.0 (2016) *	Biomateriales: biocombustibles, productos derivados de biomasa o subproductos.	Voluntaria	Coalición multiparticipativa a nivel mundial.	Calculadora de GEI (RSB, Biograce, otros).
	Icontec-GTC 213 (2011)	Biocombustibles.	Voluntaria	Procesos con múltiples partes interesadas en Colombia.	

Continúa →

Tipo de certificación	Normatividad	Alcance	Aplicación de la norma	Participantes	Método/ Herramienta de contabilidad de GEI
Certificación de bioenergía	GBEP 1a edición (2011)	Bioenergía.	Voluntaria	Líderes del G8.	Herramientas analíticas.
	BETTER BIOMASS NTA 8080-1 (2015) *	Bioenergía y bioproductos	Voluntaria	Gobierno de los Países Bajos.	Herramienta cálculo de GEI BioGrace.
	ISO 13065 (2015)	Bioenergía.	Voluntaria	Líderes del G8.	ISO/TS 14067:2013, GEI-Huella de carbono de los productos.
	SBP versión 1.0 (2015)	Bioenergía: biomasa leñosa (pellets y astillas de madera).	Voluntaria	Sector de servicios públicos de Europa que utilizan biomasa en plantas generadoras de calor.	
	EC-RED Directiva 2009/28/EC modificada a través de la Directiva EU2015/1513*	Bioenergía: biocombustibles y biolíquidos.	Obligatoria	Parlamento Europeo.	Metodología de cálculo de emisiones de GEI
Certificación agrícola	RTRS versión 3.0 (2016)*	Producción sostenible de soya.	Voluntaria	Procesos con múltiples partes interesadas.	Metodología de cálculo de emisiones de GEI
	RSPO P&C (2013)*	Producción sostenible de aceite de soya.	Voluntaria	Procesos con múltiples partes interesadas.	Calculadora PalmGHG
	BONSUCRO versión 4.2 (2016)*	Producción sostenible de caña de azúcar.	Voluntaria	Procesos con múltiples partes interesadas.	Herramienta cálculo de GEI BioGrace.

\* Incluido en la Comisión Europea - Directiva de Energías Renovables (EC-RED).

Para efectos de la consolidación internacional del aceite de palma colombiano, Fedepalma ha venido trabajando con diferentes actores del sector para posicionar los productos de la agroindustria y visibilizar sus atributos únicos, como alternativa sostenible para el mercado europeo. En este sentido, como resultado

de la coordinación entre el Ministerio de Agricultura de los Países Bajos, el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia y la sociedad civil, se firmó un acuerdo internacional para aumentar la producción de aceite de palma sostenible en conjunto con la Industria de Aceites y Grasas de los Países Bajos

(MVO, por su sigla en inglés), Solidaridad Network y la Iniciativa de Comercio Sostenible (IDH, por su sigla en inglés). Este tiene el objetivo de acrecentar la producción y el comercio internacional del aceite de palma sostenible entre Colombia y los Países Bajos, proyectando que lo utilizará 100 % sostenible para 2021.

## Biomasa de palma de aceite y usos potenciales

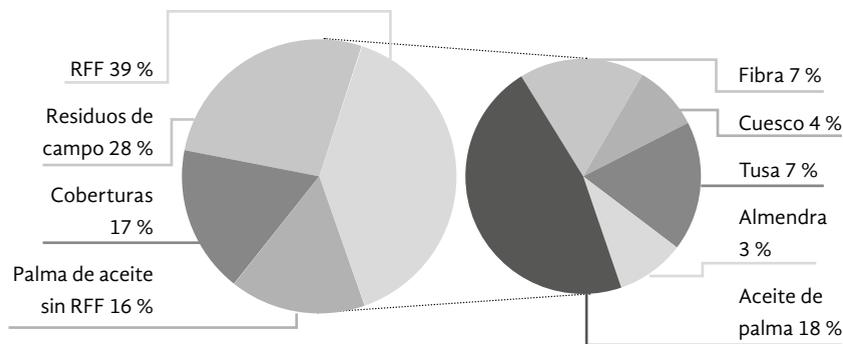
En el contexto internacional, Colombia es el cuarto productor mundial de aceite de palma (después de Indonesia, Malasia y Tailandia) y el primero de América, alcanzando en 2017 un rendimiento de 3,8 toneladas de aceite por hectárea, cifra que supera el promedio mundial y posiciona nuevamente a la palmicultura colombiana en niveles similares a los de países líderes como Indonesia y Malasia (Fedepalma, 2018).

Desde el 2001, el Gobierno colombiano ha adoptado una serie de leyes para promover la producción, uso de biocombustibles y bioenergía (Ley 693/2001, Ley 939/2004 y Ley 1715/2014). Estas han alentado la producción de bioetanol y biodiésel a partir del cultivo de caña de azúcar y palma de aceite, respectivamente, así como la utilización de biomasa para cogeneración.

Para continuar expandiendo el uso de energías renovables y reducir el de combustibles fósiles, el Gobierno ha promulgado leyes como la Resolución 1283 de 2016 para brindar beneficios fiscales a las empresas que generan y gestionan el empleo de energías renovables en el país (Ramírez & Faaij, 2018).

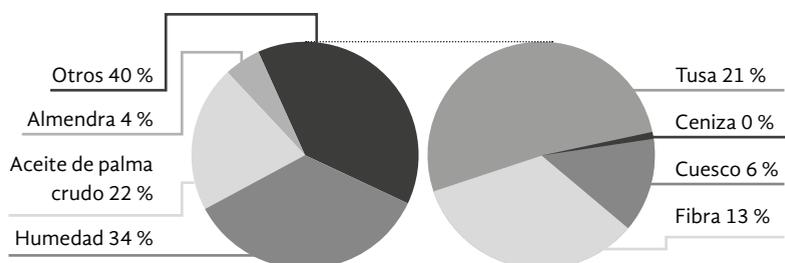
Una de las principales inquietudes del uso de biomasa es el porcentaje que debe quedar disponible en el campo para aprovechamiento en el suelo (Figura 2). De los residuos de campo (porcentajes en base seca), los racimos que representan el 39 % llegan a la planta de beneficio. Es decir, el 61 % quedan en el campo. Este aspecto es muy importante en el cultivo de palma de aceite porque garantiza actividades sustentables, comparado con otros cultivos como la soya y el sorgo. De este modo, del porcentaje que ingresa a la planta de beneficio, solo el 18 % corresponde al aceite de palma (APC) y un 7 % para la fibra y tusa. Esto es, a mayor eficiencia dentro de la planta de beneficio con menor uso de fibra y tusa, mayor disponibilidad de la biomasa (base seca).

Ahora bien, si se considera la humedad del racimo, con un porcentaje de biomasa sólida del 40 %, el escenario es diferente con uno mayor en base húmeda de la tusa con respecto a la fibra (Figura 3).



**Figura 2.** Distribución del total de biomasa seca por hectárea del cultivo de palma de aceite (ciclo de vida de 25 años).

Fuente: adaptado de Ramírez *et al.*, 2015.



**Figura 3.** Distribución de la biomasa generada en el proceso de extracción de aceite de palma.

Fuente: adaptado de Ramírez *et al.*, 2015.

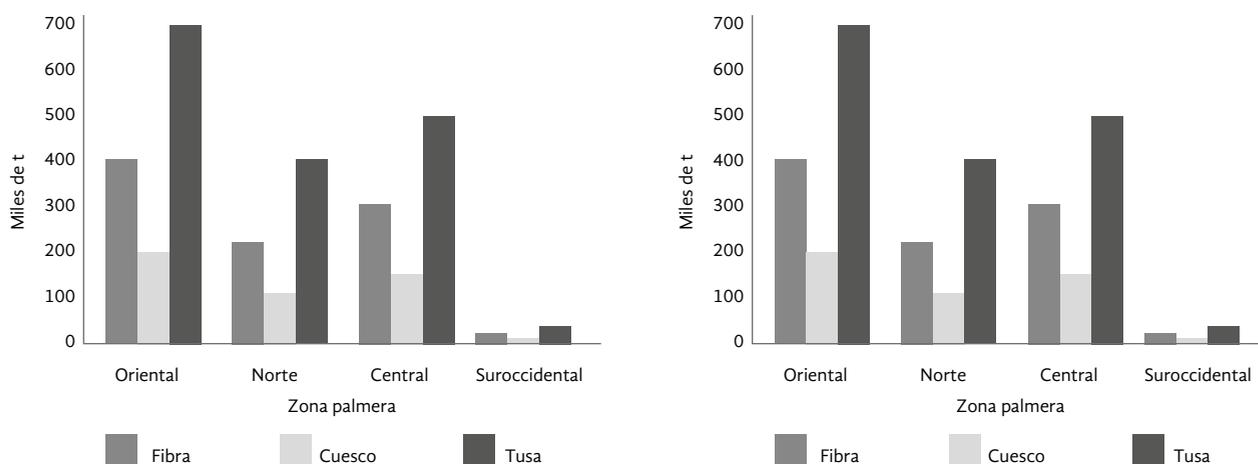
De acuerdo con el diagnóstico realizado por Cenipalma en el 2015, del proceso de beneficio del fruto de palma de aceite se generan varios subproductos de interés técnico y económico, tanto para la planta de beneficio como para el manejo agronómico del cultivo. Así, del total de la fruta procesada, el 40 % corresponde a biomasa sólida (base húmeda) compuesta por: 21 % de tusa; 13 % de fibra de mesocarpio; 6 % de cuesco; 0 % de ceniza de caldera y 0 % de lodo de tricanter. De esta forma se estimó que el procesamiento de 5.000.000 t de RFF tienen un potencial de biomasa húmeda (tusa, fibra y cuesco) de 1.975.357 t, y una biomasa potencial seca de 979.000 t (Ramírez *et al.*, 2015). El estudio concluyó que el mayor valor agregado de la biomasa se puede obtener mediante la evaluación de diferentes opciones de biorrefinería.

La actualización del inventario de biomasa para las cuatro zonas palmeras del país distribuido por fibra, cuesco y tusa, realizado en el 2017 (Figura 4), demostró que la alta disponibilidad de biomasa en base húmeda se reduce si se considera la misma en base seca. Por ejemplo, aunque para la tusa se tiene cerca de 1.657.000 toneladas de biomasa en base húmeda, en la seca representa 663.000 toneladas (Tabla 3).

De los usos actuales de la biomasa (Figura 5), el 64 % de la tusa se está llevando al campo, lo que hace parte de la adopción de buenas prácticas agrícolas. El uso de tusa como compostaje solo cobra sentido como opción ambientalmente sostenible cuando se mezcla con los efluentes finales (POME, por su sigla en inglés) de las plantas de beneficio, porque favorece la

**Figura 4.** Biomasa generada por el sector palmero de Colombia (2017):  
a) toneladas en base húmeda b) toneladas en base seca.

Fuente: adaptado de Ramírez *et al.* (2015).



**Tabla 3.** Inventario de biomasa generada por el sector palmero de Colombia en el 2017. Fuente: adaptado de Ramírez *et al.* (2015).

Zona palmera (Colombia)	Biomasa					
	Base húmeda (miles de t)			Base seca (miles de t)		
	Fibra	Cuesco	Tusa	Fibra	Cuesco	Tusa
Oriental	424	212	718	297	193	287
Norte	240	120	406	168	109	162
Central	293	147	496	205	133	199
Suroccidental	22	11	37	15	10	15
Total	979	490	1657	685	445	663

reducción de las emisiones de los gases de efecto invernadero (dióxido de carbono CO<sub>2</sub> y metano CH<sub>4</sub>) (Rodríguez *et al.*, 2015). En cuanto al cuesco, el empleo principal es como combustible para calderas (72 %), mientras que un 21 % ya se comercializa dentro del país. Esta venta representa una primera salida de biomasa, aunque el precio se ha mantenido en los últimos cinco años alrededor de \$ 60.000 por tonelada. Para la fibra, el mayor porcentaje también es para uso en las calderas (74 %) y un 17 % para el campo. En cuanto a las cenizas, se utilizan para compost y campo.

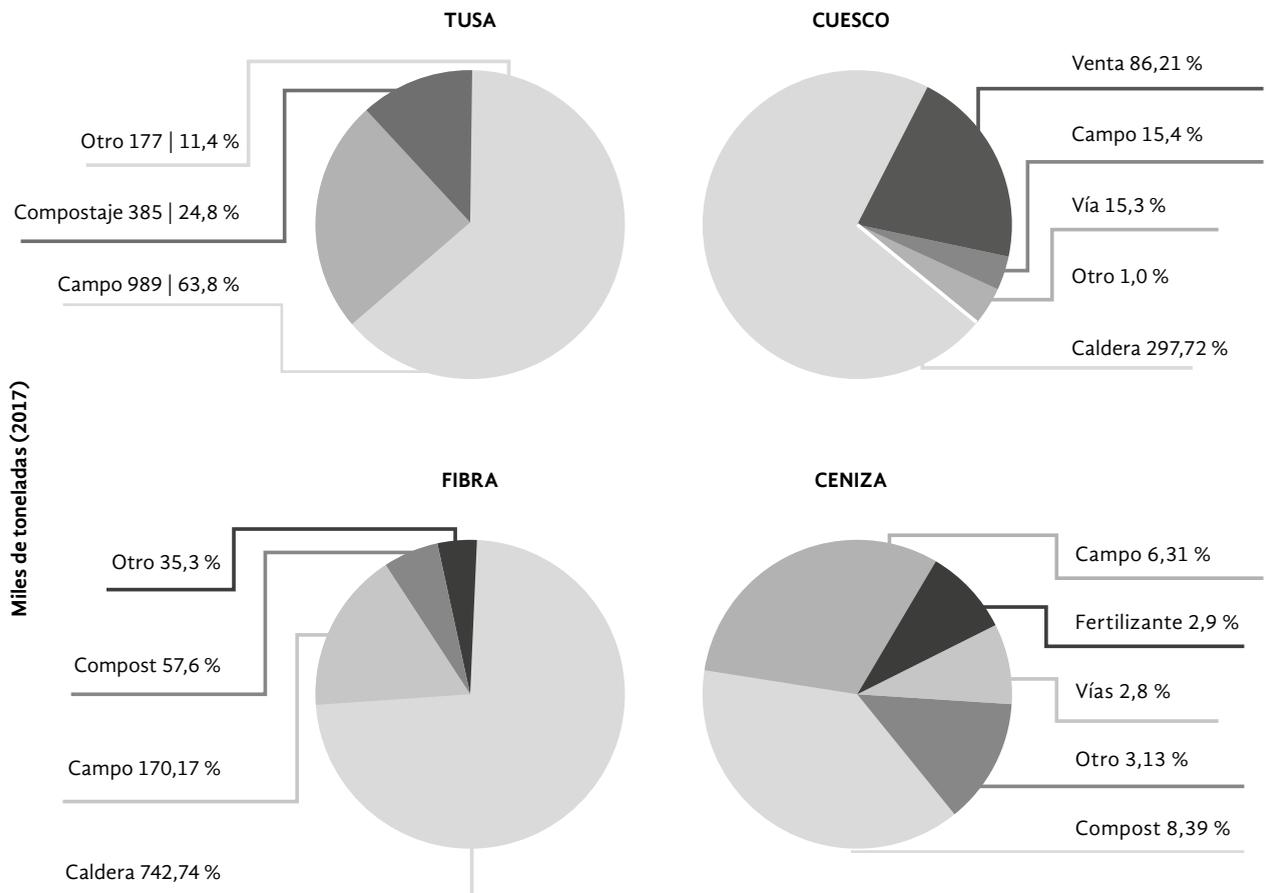
Teniendo en cuenta las cantidades de biomasa generada del proceso de extracción de palma de aceite, es necesario explorar las opciones para escoger la mejor

estrategia de aprovechamiento. La elaboración de nuevos productos se puede dar a través de rutas fisicoquímicas, biológicas o térmicas (Figura 6).

De la revisión realizada por Cenipalma en el 2016, se encontró que la composición de celulosa, hemicelulosa y lignina, de los residuos lignocelulósicos de la palma de aceite, definen los posibles procesos de transformación y aplicación de esta biomasa (Tabla 4). Por ejemplo, en el caso de la tusa, por el bajo poder calorífico y mayores cantidades de celulosa/hemicelulosa, puede emplearse en procesos fermentativos como producción de etanol. Por el contrario, el cuesco por su alto contenido de lignina, puede ser utilizado para carbono activado (García *et al.*, 2016a).

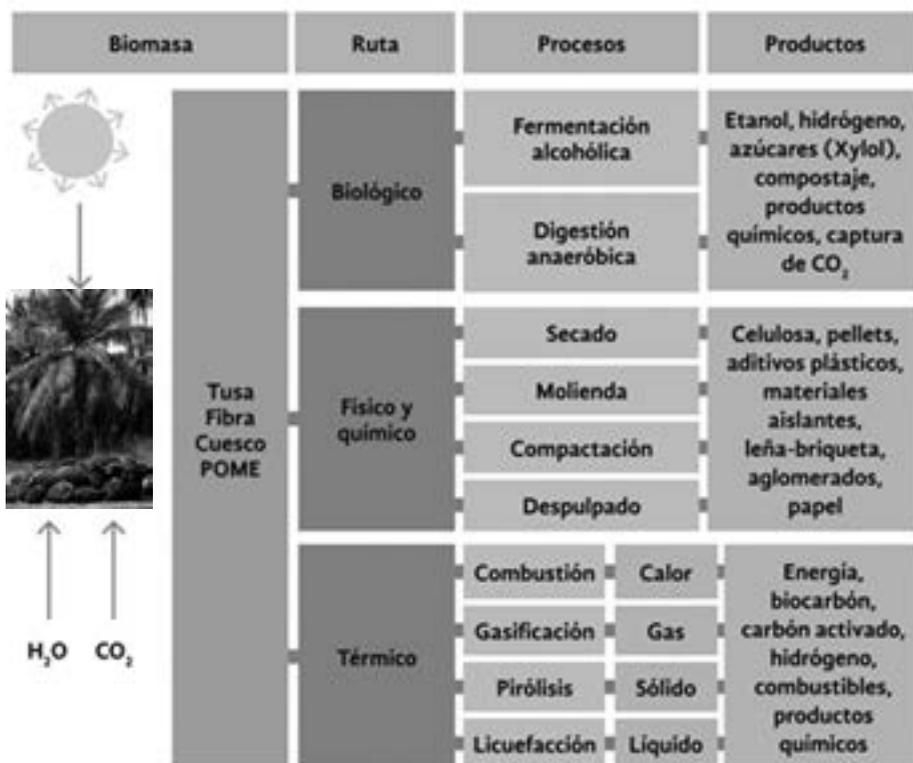
**Figura 5.** Porcentaje de uso final de biomasa en planta de beneficio para Colombia (2017).

Fuente: adaptado de Ramírez *et al.* (2015).



**Figura 6.** Rutas de aprovechamiento de biomasa de palma de aceite.

Fuente: García & García, 2013.



**Tabla 4.** Composición principal de la biomasa sólida de palma de aceite. Fuente: adaptado de García & García, 2013; Van Dam, 2016.

Componentes (%)	Biomasa (valores promedios)		
	Tusa	Fibra (mesocarpio)	Cuesco
Lignina (S/G)	15,4	23,7	48,1
Celulosa	43,0	30,3	26,3
Hemicelulosa	21,1	21,1	19,0
Ceniza	1,5	9,3	1,0
C (%)	40,9	43,4	46,2
N (%)	0,87	1,21	0,36
S (%)	0,09	0,18	0,04
Mayor poder calorífico (GJ/t)	18,3	19,7	21,0
Menor poder calorífico	6,4	13,0	15,1
Nutrientes			
N	0,7	0,9	0,5
K	0,08	0,07	0,01
P	2,4	1,2	0,15

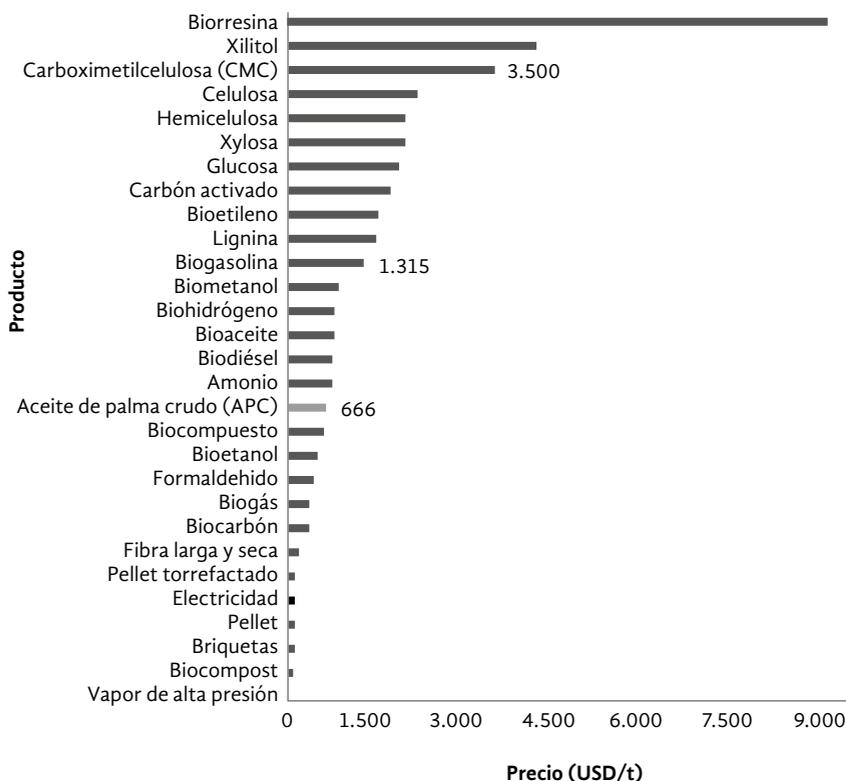
## Biorrefinerías a partir de biomasa de palma de aceite

El concepto de biorrefinería tiene varias definiciones. De acuerdo con el documento Bioenergía Tarea 42 emitido por la Agencia Internacional de Energía (IEA, por su sigla en inglés), se caracteriza por la conversión sostenible de biomasa en una gama de productos comerciales y energía. Esto significa que una biorrefinería puede ser un proceso, una planta o incluso un conjunto de instalaciones (De Jong, 2009). De acuerdo con el NREL (National Renewable Energy Laboratory), es una instalación que integra tecnologías de conversión de biomasa y procesos para la producción simultánea de combustibles, energía y productos químicos de alto valor agregado. Según la Red Holandesa de Biorrefinerías Bio2Value el término se refiere a la separación de la biomasa en diversos componentes que pueden ser llevados individualmente al mercado después de la separación, o de tratamientos adicionales (biológicos, termoquímicos/químicos).

Por tanto, la definición de biorrefinería muestra que esta no necesariamente incluye un único proceso o tecnología, y que diferentes rutas pueden desarrollarse en función de las materias primas

utilizadas y los productos a obtener dependiendo de la composición inicial de la biomasa utilizada (Silva *et al.*, 2016). El principal criterio de la clasificación es la ruta que conduce al producto final. El desarrollo de una biorrefinería requiere por tanto la integración de módulos tecnológicos dentro de una logística clara para diversificar los productos, reducir el impacto ambiental y los costos de los sistemas existentes. Una estrategia para establecerla en una industria existente, consiste en la adición gradual de módulos o tecnologías (térmicas, químicas, biológicas o agentes de conversión mecánicos).

Ahora bien, uno de los factores importantes dentro de su diseño es el tamaño de escala, ya que esto permite identificar el modelo de negocio que se puede implementar. Es claro que los precios de venta del aceite de palma es el principal *commodity* del sector, pero en el modelo de desarrollo de producción de biomasa uno de los criterios más importantes son los costos (Figura 7). Si se compara el precio de venta del aceite de palma crudo (APC) de 666 USD/t con productos como la biogasolina y carboximetilcelulosa, el valor comercial puede estar en rangos 10 o 100 veces mayor (Abdulrazik *et al.*, 2017).



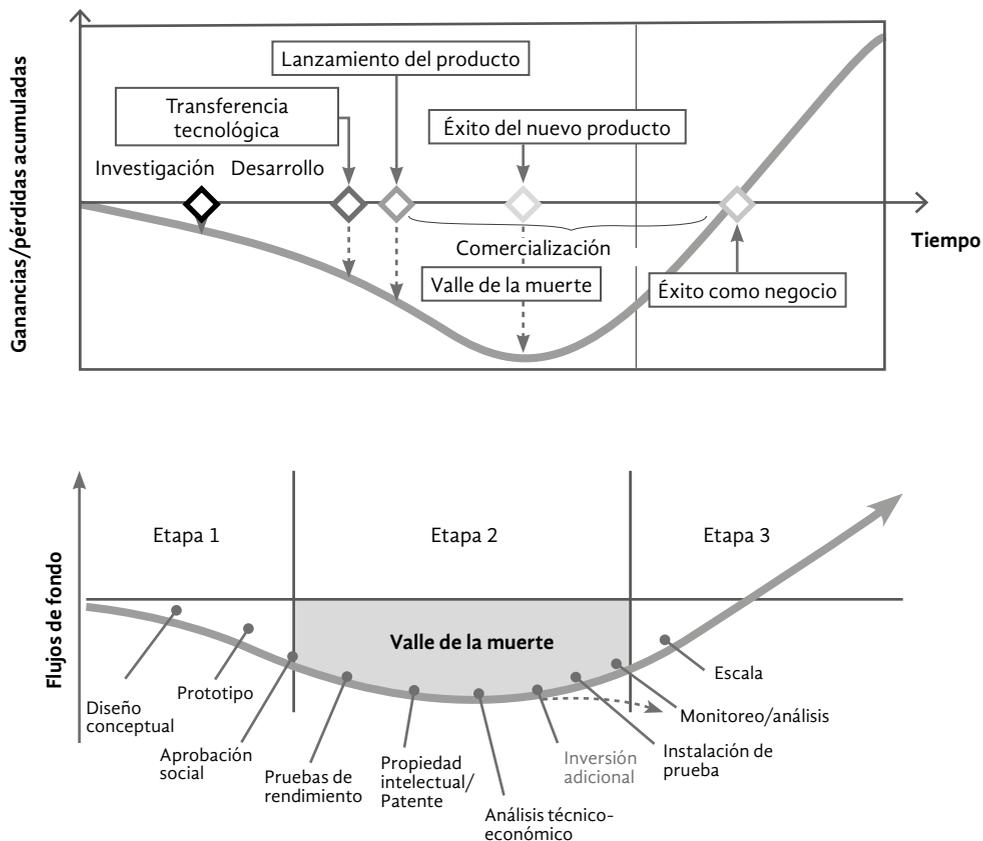
**Figura 7.** Precios de venta de productos derivados de biomasa. Fuente: adaptado de Abdulrazik *et al.*, 2017.

El gran desafío de los proyectos en las etapas iniciales de investigación y desarrollo radica en lograr la inversión necesaria. Esta dificultad se da en gran parte porque los inversionistas prefieren modelos de negocio probados y listos para empezar el aumento de escala. Por tanto, la opción de biorrefinería al igual que en cualquier otra inversión, incluye la estimación de cuánto dinero se necesita hasta estar en la etapa donde se generen ingresos, y tenerlo para cubrir los costos antes de dar el salto al precipicio (Zwilling, 2013). Esto es, aunque el mayor riesgo está en el inicio del proceso, se debe superar el “valle de la muerte” para garantizar el éxito del negocio con aumento de escala (Figura 8).

En ese sentido, es de gran utilidad identificar el alcance de las tecnologías en términos del concepto de nivel de madurez tecnológica (Technology Readiness Level, TRL, por su sigla en inglés) (Mankins, 2009),

para establecer las diversas opciones de biorrefinería y la evaluación de su sostenibilidad. Las investigaciones que se encuentran en la escala de validación TRL 4 y 5, aún enfrentan una serie de barreras en su desarrollo futuro (Tabla 5). En cuanto al uso de biomasa de palma, cada vez es mayor el número de publicaciones relacionadas con procesos tecnológicos para producción de una amplia gama de productos (Ahmed *et al.*, 2015; Ali *et al.*, 2015; Balagurumurthy *et al.*, 2015; Garver & Liu, 2014; Mohd *et al.*, 2017; Sadhukhan *et al.*, 2018). Aun así, el avance de nuevas tecnologías generalmente depende del éxito de los esfuerzos de investigación. Entender las barreras y superarlas, es una tarea importante para la integración de la biorrefinería en la planta de beneficio. La concepción de evaluación propuesta por Cenipalma (García *et al.*, 2016b) se esquematiza en la Figura 9.

**Figura 8.** Etapas para cruzar el “valle de la muerte” de las tecnologías: a) enfoque como negocio de éxito; b) enfoque con aumento de escala. Fuente: adaptado de Zwilling, 2013.



En ese sentido, es de gran utilidad identificar el alcance de las tecnologías en términos del concepto de nivel de madurez tecnológica (*Technology Readiness Level*, TRL, por su sigla en inglés) (Mankins, 2009), para establecer las diversas opciones de biorrefinería y la evaluación de su sostenibilidad. Las investigaciones que se encuentran en la escala de validación TRL 4 y 5, aún enfrentan una serie de barreras en su desarrollo futuro (Tabla 5). En cuanto al uso de biomasa de palma, cada vez es mayor el número de publicaciones relacionadas con procesos tecnológicos para producción de una amplia gama de productos (Ahmed *et al.*, 2015; Ali *et al.*, 2015; Balagurumurthy *et al.*, 2015; Garver & Liu, 2014; Mohd *et al.*, 2017; Sadhukhan *et al.*, 2018). Aun así, el avance de nuevas tecnologías generalmente depende del éxito de los esfuerzos de investigación. Entender las barreras y superarlas es una tarea importante para la integración de la biorrefinería en la planta de beneficio. La concepción de evaluación propuesta por Cenipalma (García *et al.*, 2016b) se esquematiza en la Figura 9.

El desafío más importante para evitar el "valle de la muerte", es lograr mover los proyectos a TRL mayores de 4, porque es este lugar donde fallan la mayoría de las nuevas tecnologías, pasando del laboratorio a un proceso de escala piloto con un entorno operativo donde hay mayor inversión de capital y menor retorno. Por tanto, las partes interesadas deben tomar decisiones dentro de una escala de tiempo apropiada. Es preci-

so recordar que, asumiendo una serie de estudios de biorrefinerías y que su contexto para la construcción desde cero (del diseño hasta la operación) puede demorar entre cuatro y cinco años, llevará al menos 10 más obtener un retorno de la inversión inicial.

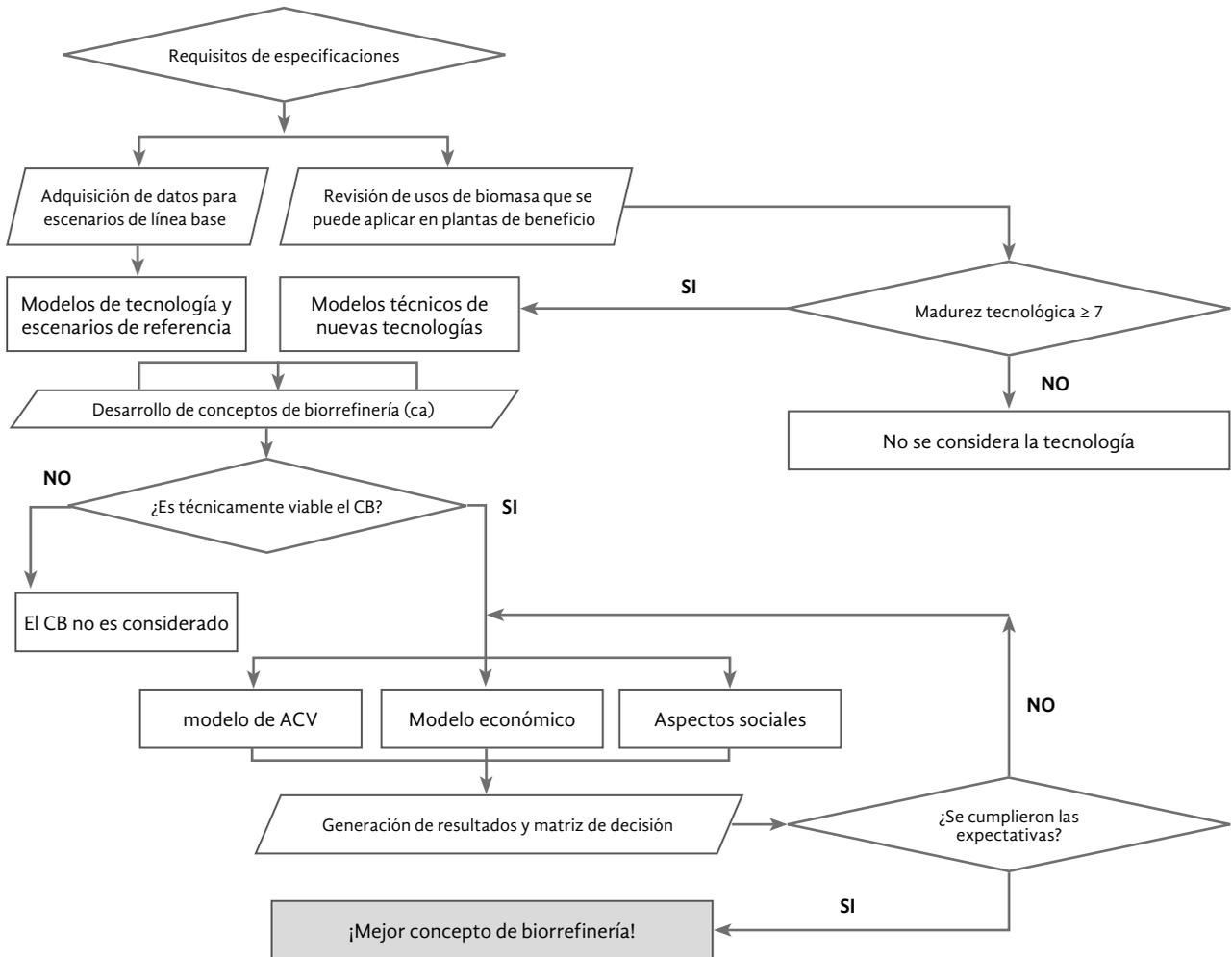
### Estudios de caso de biorrefinerías

Diversas opciones de biorrefinería están surgiendo en la industria. Los procesos que predominan se encuentran en los campos de digestión anaerobia, gasificación, torrefacción y pirólisis. En el estudio realizado por Cenipalma y la Universidad del Estado de Washington (WSU, por su sigla en inglés) sobre integración de plantas de beneficio de aceite de palma en una biorrefinería (García *et al.*, 2016b), se evaluaron seis opciones para una planta de beneficio de 30 t RFF/h, utilizando el diagrama de decisión de la tecnología con un TRL mayor a siete, teniendo en cuenta factores climáticos, sociales y ambientales. De esta forma se presentaron las diversas opciones de producción de biogás en conjunto con compost, pellets, cogeneración, biocarbón y bioaceites, que son factibles dentro de las plantas de beneficio, de acuerdo con el grado de madurez tecnológica (Figura 10). Desde el concepto de biorrefinería evaluado se demuestra la importancia de la producción de biogás, porque es la fuerza motriz para obtener los demás productos (Figura 11), además de favorecer la captura de metano (CH<sub>4</sub>).

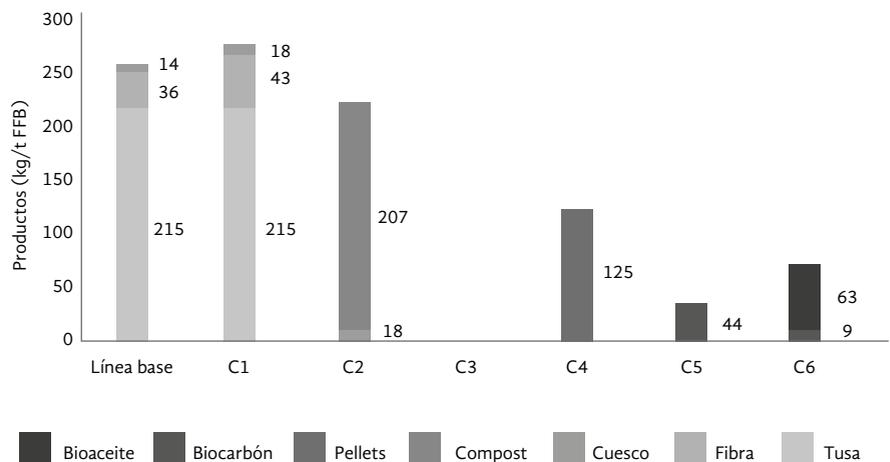
**Tabla 5.** Descripción del nivel de madurez tecnológica (TRL). Fuente: adaptado de Mankins (2009).

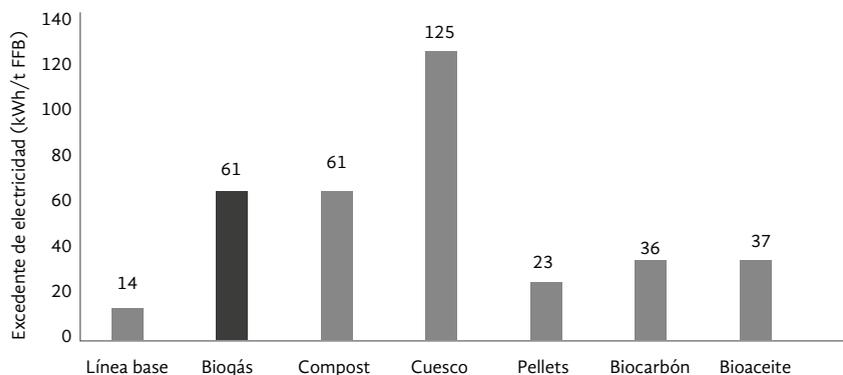
Nivel de madurez (TRL)	Descripción
TRL 1	Principios básicos observados
TRL 2	CONCEPTO: concepto tecnológico formulado
TRL 3	CONCEPTO: prueba experimental del concepto
TRL 4	VALIDACIÓN: en laboratorio
TRL 5	VALIDACIÓN: en entorno industrial
TRL 6	DEMOSTRACIÓN: en entorno industrial
TRL 7	DEMOSTRACIÓN: prototipo en operación
TRL 8	SISTEMA: completo y calificado
TRL 9	SISTEMA: probado y económicamente competitivo

**Figura 9.** Diagrama de decisión para escoger la tecnología dentro de la planta de beneficio. Fuente: García *et al.*, 2016b.



**Figura 10.** Contribución energética de los productos dentro del concepto de biorrefinería (Colombia). Fuente: García *et al.*, 2016b.





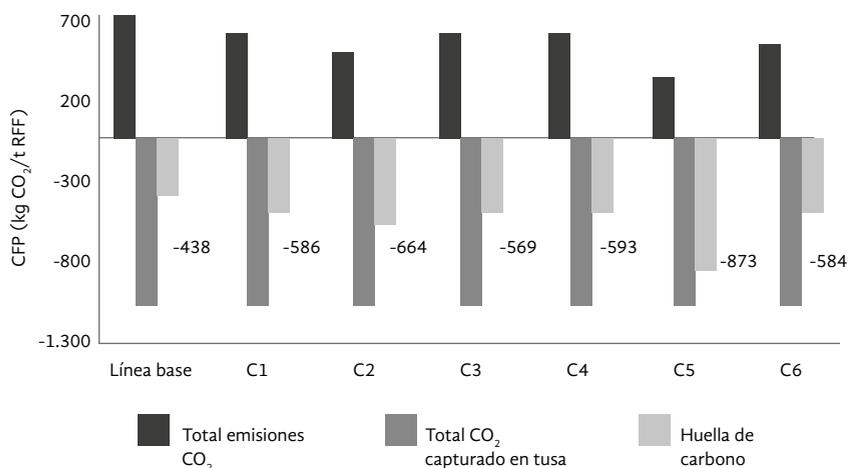
**Figura 11.** Contribución energética de los productos dentro del concepto de biorrefinería (Colombia). Fuente: García *et al.*, 2016b.

Por otro lado, con las alternativas tecnológicas planteadas es posible reducir la huella de carbono entre 30 % a 99 % dependiendo de la opción seleccionada, en comparación con la línea base (Figura 12).

En términos de producto se dio énfasis a la producción de biocarbón, porque además de su potencial uso como adsorbente de contaminantes en medio acuoso (Ello *et al.*, 2013; Foo & Hameed, 2012; Kundu, 2015; Ramírez *et al.*, 2011), también es un producto interesante para aplicación en campo. En el estudio publicado recientemente por Gale & Thomas (2019), los parámetros más importantes para aplicación de biocarbón en campo es el pH del suelo y el tipo de cultivo (leguminosas, vegetales, maíz, entre otros) (Figura 13). De este modo, si se requiere mejorar el pH del suelo, los autores proponen aplicar una dosis de 33 toneladas de biocarbón por hectárea para lograr un pH neutro o básico ( $\text{pH} > 6$ ). Pero si lo que se requiere es aumentar la acidez del suelo ( $\text{pH} < 6$ ), se deben administrar

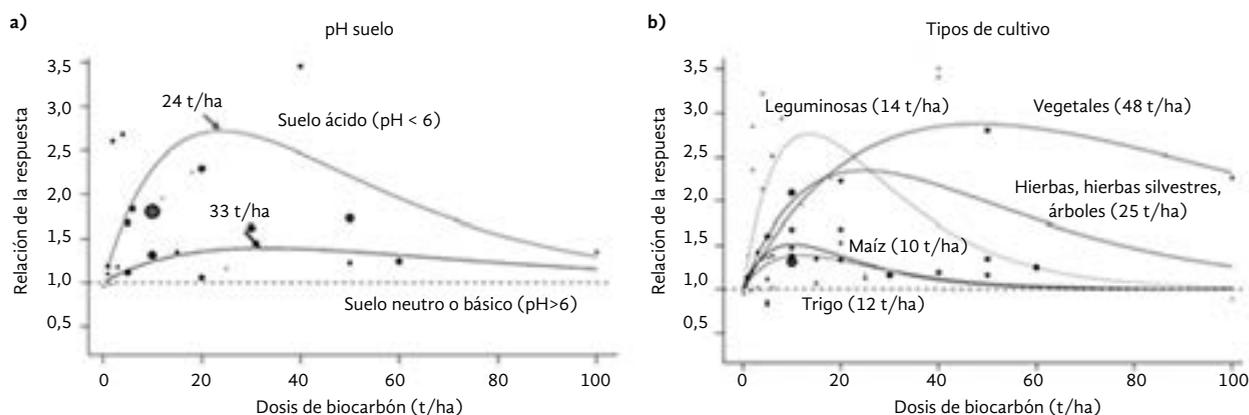
solo 24 toneladas biocarbón por hectárea. En cuanto a la respuesta de la aplicación dependiendo del tipo de cultivo, los autores afirman que es posible un aumento de productividad cercano a 25 toneladas por hectárea para cultivos como la palma de aceite (como RFF o biomasa), en contraste con otros como el maíz o el trigo en los que solo se lograría cerca de 10 toneladas por hectárea. Aun así, es necesario realizar más estudios para evaluar otros efectos del biocarbón en el suelo.

Adicionalmente, dentro de la perspectiva de conceptualización de biorrefinería, si se considera producir biocarbón en una planta de beneficio de 30 t RFF/h, se pueden obtener 6.336 t biocarbón/año para aplicación en campo, con posibilidades de venta comercial para usos específicos con precios estimados entre USD 250 a USD 4.950 por tonelada, dependiendo de las propiedades del bioproducto obtenido. En la actualidad, también se puede utilizar la herramienta de cálculo desarrollada por la Iniciativa Internacional de Biocarbón



**Figura 12.** Contribución energética de los productos dentro del concepto de biorrefinería (Colombia). Fuente: García *et al.*, 2016b.

**Figura 13.** Relación de la dosis de biocarbón con el pH del suelo (a) y tipo de cultivo (b). Fuente: adaptado de Gale & Thomas, 2019.



(IBIC, por su sigla en inglés) para la clasificación del biocarbón, ingresando los datos de las propiedades físico-químicas. Con los resultados es posible conocer el potencial uso de los biocarbones obtenidos (Lehmann & Joseph, 2009).

En cuanto a la gama de productos que se pueden obtener a partir de biomasa de palma en el estudio de caso de Malasia Peninsular, reportado por Abdulrazik *et al.* (2017), se destacan diversas estructuras estratégicas. Para lograr esto, los autores realizaron el modelamiento de análisis económico de la cadena de suministro de biomasa a partir de tusa (EFB, por su sigla en inglés) con el fin de obtener múltiples productos, incluyendo en el estudio los sistemas de transporte, etapas intermedias y finales, al igual que productos de venta directa (Figura 14).

Uno de los aspectos más interesantes de este estudio, es que con el análisis del potencial económico abordado puede priorizarse la inversión hacia productos rentables, dependiendo de la capacidad de cada planta de beneficio, teniendo en cuenta el tamaño de escala requerido (Figura 15).

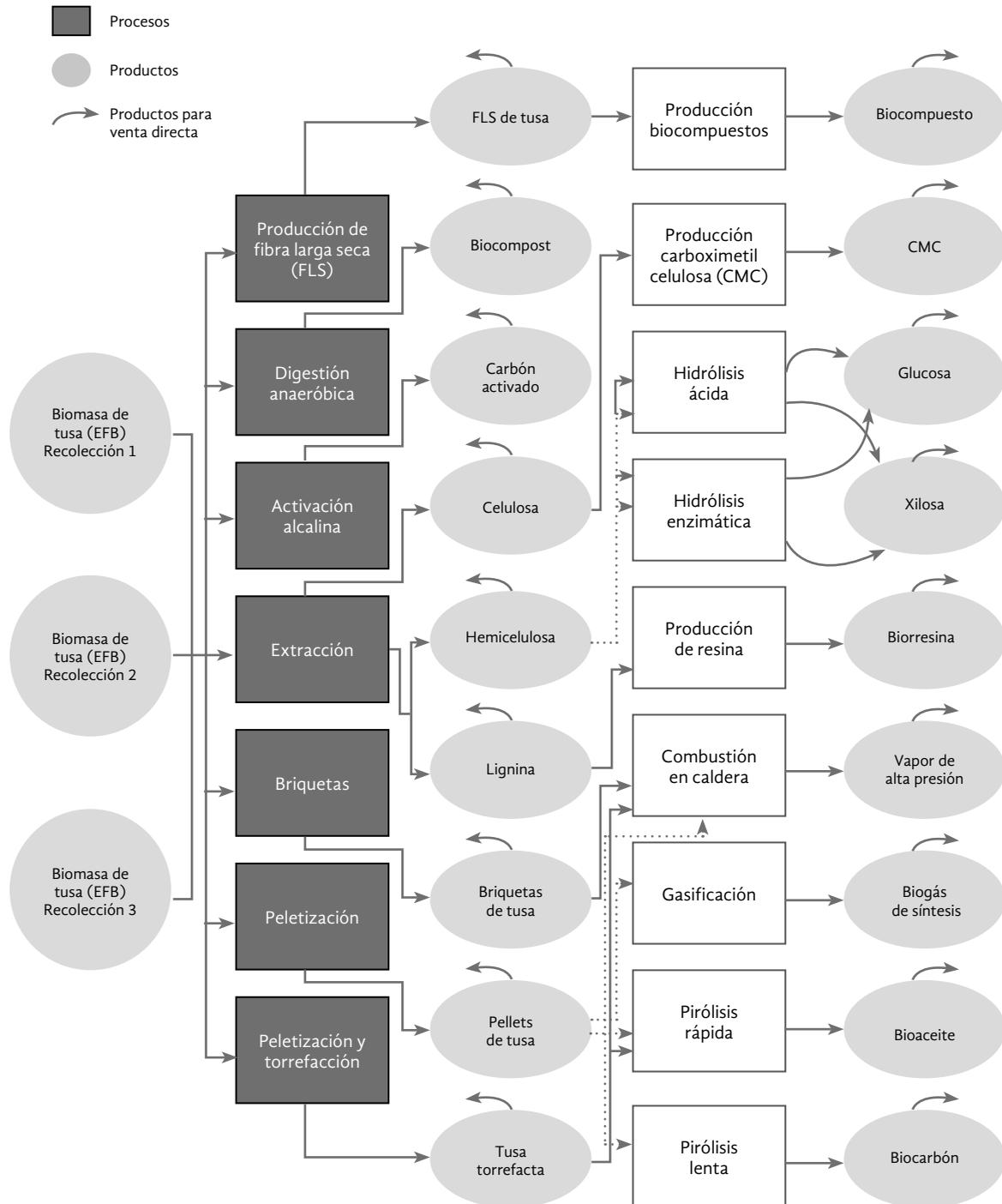
De acuerdo con el modelo, utilizando como base de cálculo los factores de producción reportados en g/h, para producir una tonelada de RFF es posible obtener 0,11 toneladas de biocarbón por la ruta de la activación alcalina y 0,08 toneladas de pellets por torrefacción por la densificación de biomasa a través de producción de pellets. En el caso de estos últimos, si se continuara con la pirólisis rápida hasta

la formación de bioaceite, se podrían obtener 0,07 toneladas de biohidrógeno, por medio de reformado con vapor (gasificación). En resumen, el modelo de optimización del estudio concluye que es posible obtener una ganancia de 713.642.269 USD/año, incluyendo los costos de biomasa, producción, transporte y tratamiento de emisiones, asumiendo un solo propietario de todo el negocio de cadena de suministro, en un cultivo de 1.825.483 ha con producción de 36.405.371 toneladas de RFF y 8.373.235 toneladas de EFB. Ese tamaño de escala no es fácilmente alcanzable en el país, por lo que podría considerarse solo alguna de las rutas propuestas.

De igual forma, en Brasil han sido reportados otros estudios para obtener productos como etanol, xilitol y lignina, calor, energía y jarabe C5 (alimento para ganado) a partir de biomasa de tusa. En el realizado por Coral *et al.* (2018) fueron considerados los pretratamientos: ácido-alcalino secuencial (AAP, por su sigla en inglés), explosión con vapor seguida de deslignificación alcalina (SEAP, por su sigla en inglés) y explosión con vapor sin deslignificación (SEP, por su sigla en inglés), para obtener etanol (como combustible), xilitol y lignina, respectivamente, considerando cuatro escenarios para cada pretratamiento (Figura 16). El rendimiento de los pretratamientos se analizó en función de la ganancia total anual (Figura 17) y valor energético neto, considerando la variación de los precios comerciales del etanol (0,7 USD/litro), xilitol (3 USD/kg) y lignina (3 USD/kg).

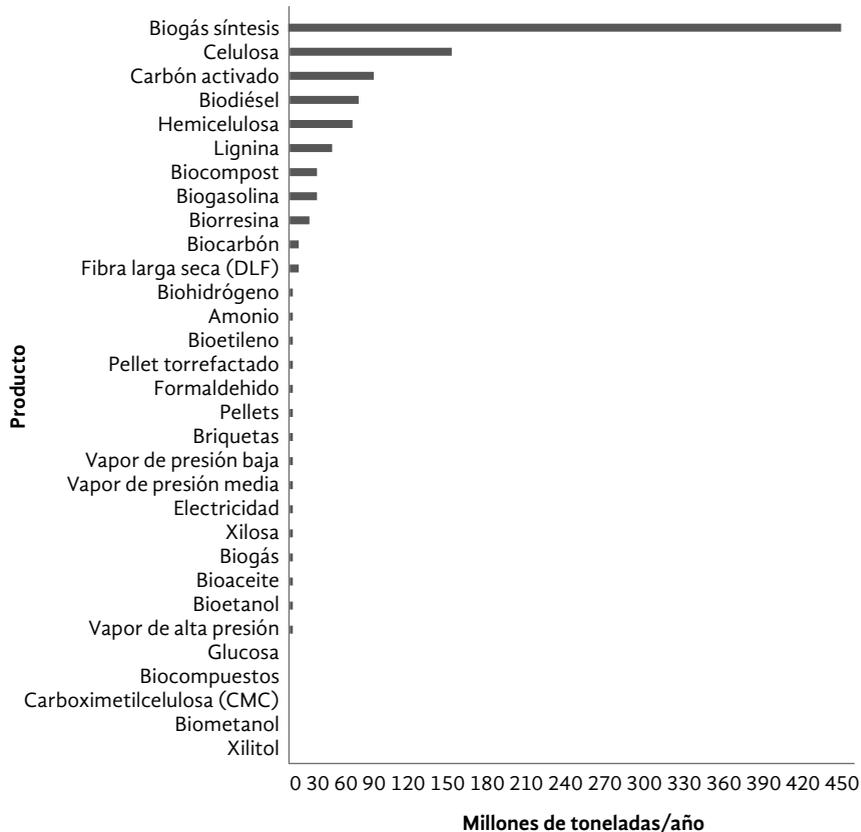
**Figura 14.** Estructura de obtención de múltiples productos a partir de biomasa de EFB (Malasia peninsular).

Fuente: adaptado de Abdulrazik *et al.*, 2017.



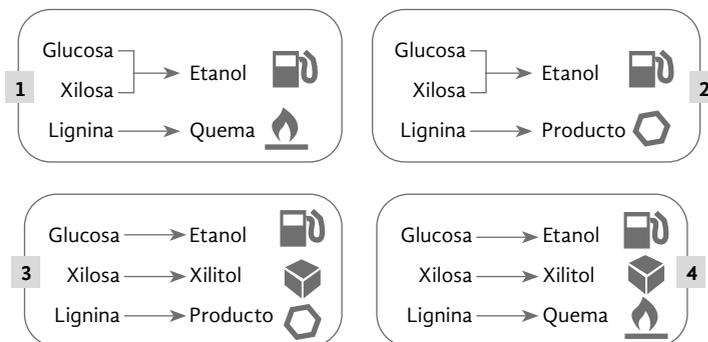
**Figura 15.** Niveles óptimos de producción de productos a partir de biomasa de EFB (Malasia peninsular).

Fuente: adaptado de Abdulrazik *et al.*, 2017.

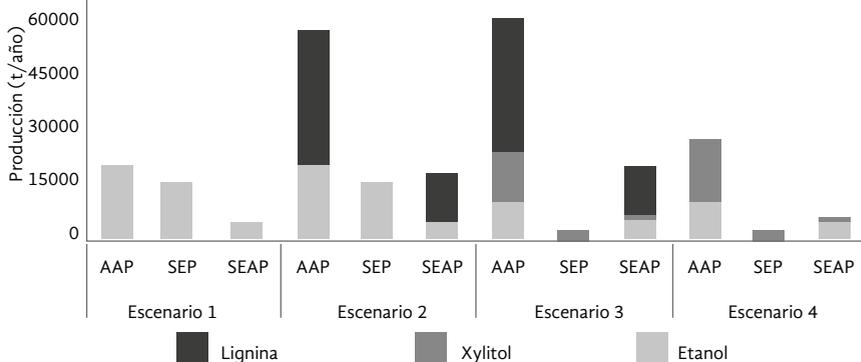


**Figura 16.** Escenarios de coproductos evaluados por pretratamiento (Brasil).

Fuente: adaptado de Coral *et al.* (2018).



**Figura 17.** Costo de producción de coproductos de EFB por pretratamiento en cada escenario (Brasil). Fuente: adaptado de Coral *et al.* (2018).



Si se revisan los costos de producción en términos de utilidades para cada uno de los escenarios, se observa que no todas las opciones de biorrefinerías logran un beneficio económico. Los resultados mostraron que en cuanto a pretratamientos, el SEAP para producción de xilitol presentó la mayor ganancia anual para todos los casos analizados, seguido del AAP para producción de etanol. Por esta razón, los escenarios 2 y 3 presentan la mayor utilidad económica (Figura 18).

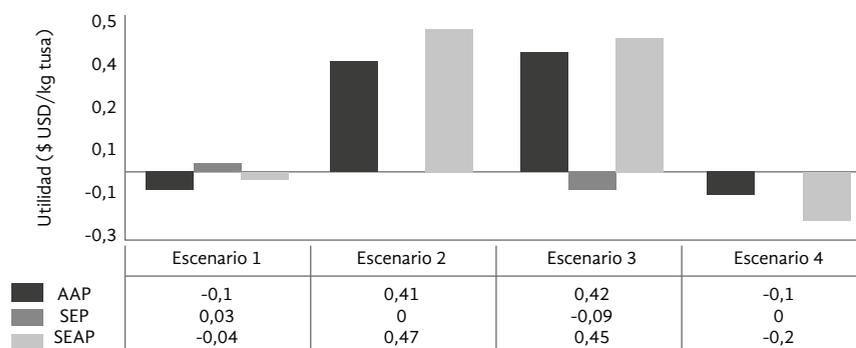
En términos de tamaño de escala, la estimación en este estudio se realizó para una plantación de 113.600 ha (20 t/ha) con una producción de 2.272.727 t de RFF y 200.000 t de tusa seca (500.000 t de tusa fresca), considerando siete plantas de beneficio con capacidades de 30 t/h.

Vaskan *et al.* (2018), hicieron la evaluación técnico-económica de dos biorrefinerías a partir de biomasa de tusa (EFB) para producir etanol, calor, energía y jarabe de C5 considerando el concepto de análisis de ciclo de vida (ACV), para evaluar el impacto ambiental de estas tecnologías. Los dos escenarios estudiados corresponden a la ruta de conversión de tusa para combustible de vehículos de transporte (EFB FF), con producción de etanol y jarabe C5 para suplemento alimenticio para el ganado; y la ruta de la tusa únicamente como combustible (EFB OF), para obtener etanol como producto principal. En los dos se produce electricidad y vapor, consumidos principalmente para satisfacer las demandas de calor y energía de la biorrefinería, considerando también la venta de los excedentes de electricidad (Figura 19).

El análisis económico de este estudio mostró que las perspectivas para los dos escenarios son desfavorables (Tabla 6), específicamente porque los valores en

términos de \$/t de tusa son negativos: \$ -32.38/t para el escenario A (EFB FF) y \$ -30.07/t para el escenario B (EFB OF). Adicionalmente, el ACV evidenció que con los dos escenarios se logran beneficios ambientales en términos de reducción del cambio climático (84 % para EFB FF y 73 % para EFB OF) y agotamiento de combustibles fósiles (83 % para EFB FF y 76 % para EFB OF), en comparación con otros sistemas. Sin embargo, el aumento de los niveles de impacto ambiental asociados con la toxicidad y eutrofización limitarían su aplicación. Dicho de otra forma, para los dos escenarios considerados no se logra beneficio económico ni ambiental. Una posible salida es considerar otros productos de base biológica con mayor valor comercial como el furfural, ácido succínico, ácido láctico o el xilitol, que se han mostrado más prometedores en las plataformas químicas de Brasil.

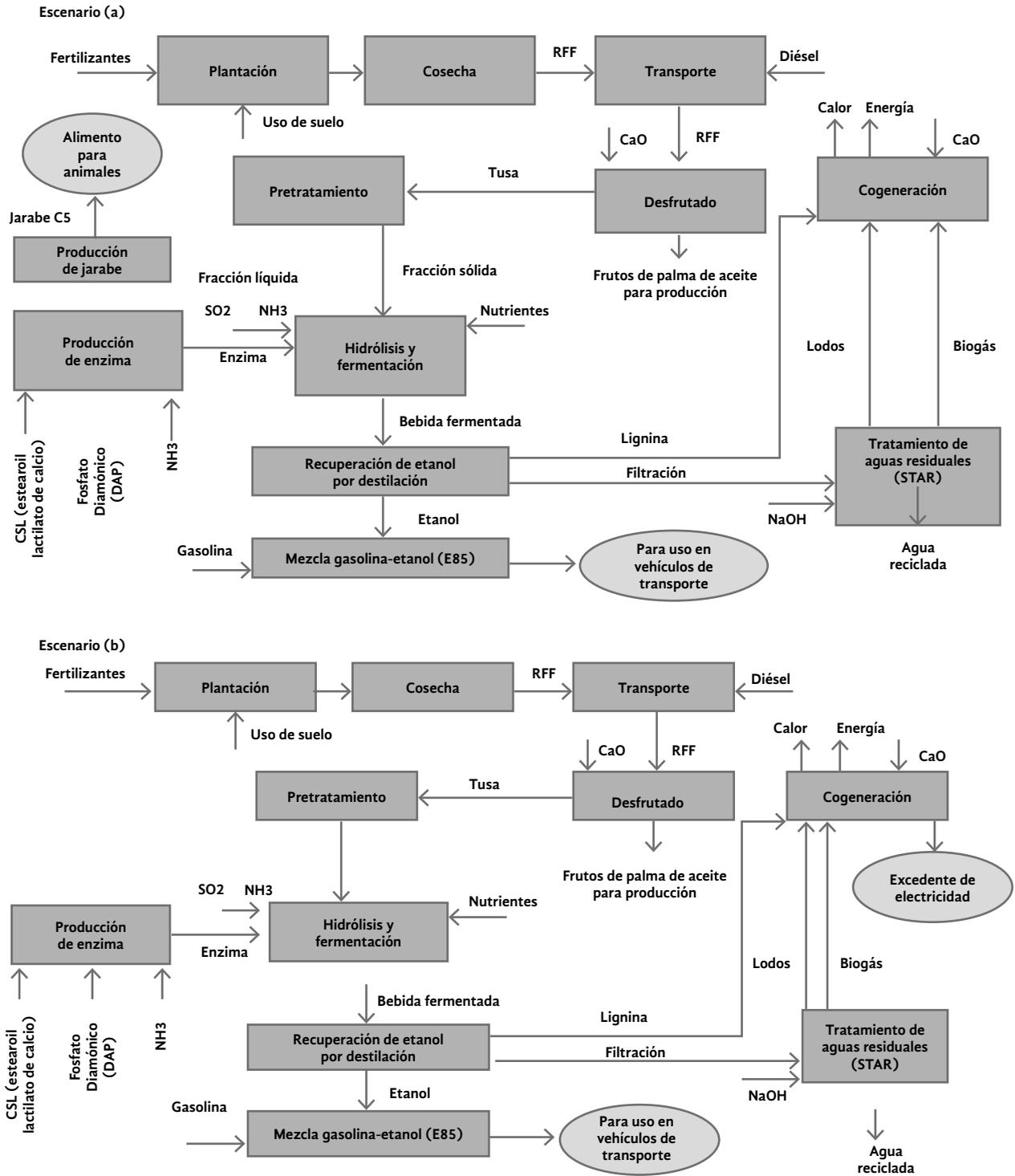
En cuanto a estudios llevados a cabo y que están actualmente en operación, se tiene como referencia a Global Green Sinergy (GGS) en Malasia, líderes en soluciones de tratamiento y procesamiento de biomasa de palma para producción de productos de valor agregado. La empresa cuenta con un cultivo de 10.000 hectáreas, correspondiente a la unión (clúster) de la producción de tres plantas de beneficio (40 y 60 t RFF/h), para una capacidad total de 120 t RFF/h. El principal mercado es el de fibra larga y seca, al igual que pellets para venta en China. El rendimiento de dicha fibra es de 350 kg/t de tusa, con una humedad de 10 %. Para 2014, GGS realizó la venta anual de 100.000 toneladas métricas de biocarbón proveniente del cuesco y 1.800 *containers* de fibra larga y seca. Además, el fertilizante orgánico proveniente del compost, se comercializa principalmente para uso en cultivos de hortalizas,



**Figura 18.** Utilidad para cada escenario de acuerdo con el pretratamiento utilizado (Brasil).

Fuente: adaptado de Coral *et al.* (2018)

**Figura 19.** Escenarios de biorrefinería a partir de biomasa de tusa (EFB).  
 a) Para producción de combustible y jarabe C5. b) Para producción únicamente de combustible (Brasil).  
 Fuente: adaptado de Vaskan *et al.* (2018).



**Tabla 6.** Análisis económico de los escenarios A y B evaluados (Brasil). Fuente: adaptado de Vaskan *et al.* (2018).

Producto	Escenarios		
	Unidades	A (EFB FF)	B (EFB OF)
Etanol	t/año	24,196	45,094
Jarabe C5	t/año	58841	0
Electricidad (compra/excedente)	GWh/año	-21.14	2.96
Costo de producción de etanol	\$/t	849	1,038
Costo de producción de jarabe C5	\$/t	350	0
Costo de producción de electricidad	\$/kWh	-	0.11
Inversión total de capital	M\$	204.12	226.63
Costo de operación	M\$/año	3.86	8.85
Costo fijo de operación	M\$/año	7.94	8.29
Precio máximo de compra de biomasa EFB	\$/t	-20.38	-18.07
Precio mínimo de venta de biomasa EFB	\$/t	12.00	12.00
Prospectiva de desempeño económico	\$/t	-32.38	-30.07

papa, entre otros. Dentro de su portafolio de servicios, tienen un proyecto de comercialización de biogás con contratos de venta de energía a 16 años, con plantas de capacidad entre 2MW y 12 M.

Finalmente, con los diferentes escenarios mostrados se confirma la necesidad de tener en cuenta un modelo de negocio particular para cada producto que se pretende obtener, considerando la madurez tecnológica y el tamaño de escala. Por ejemplo, en Estados Unidos ya se cuenta con biorrefinerías integradas auspiciadas por el Departamento de Energía, a nivel de escala piloto, demostrativas y pioneras, con uso de altas cantidades de biomasa. Aun así, si se compara el tamaño mínimo requerido para una sola planta como etanol, la cantidad equivaldría a todo el potencial de biomasa de Colombia.

#### Clúster energético: opción de biorrefinería del sector palmero

La generación de energía promete ser un negocio alternativo de corto plazo, mientras se consolidan las tecnologías para el desarrollo de nuevos productos de biorrefinerías. La cogeneración tiene a su favor que es una tecnología madura, ampliamente aplicada en plantas de beneficio y cuenta con legislación

a partir de la Resolución 30 de 2018 emitida por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), para la venta y comercialización de energía a pequeña escala. Este escenario, aunque abre la posibilidad de maximizar los ingresos de las plantas de beneficio de palma de aceite, generalmente requiere un alto costo de inversión, fundamentalmente para las plantas más antiguas porque deben reemplazar las calderas de baja presión, para lograr generar vapor con la calidad suficiente para ser aprovechado en una turbina (Arrieta *et al.*, 2008; Vargas *et al.*, 2011).

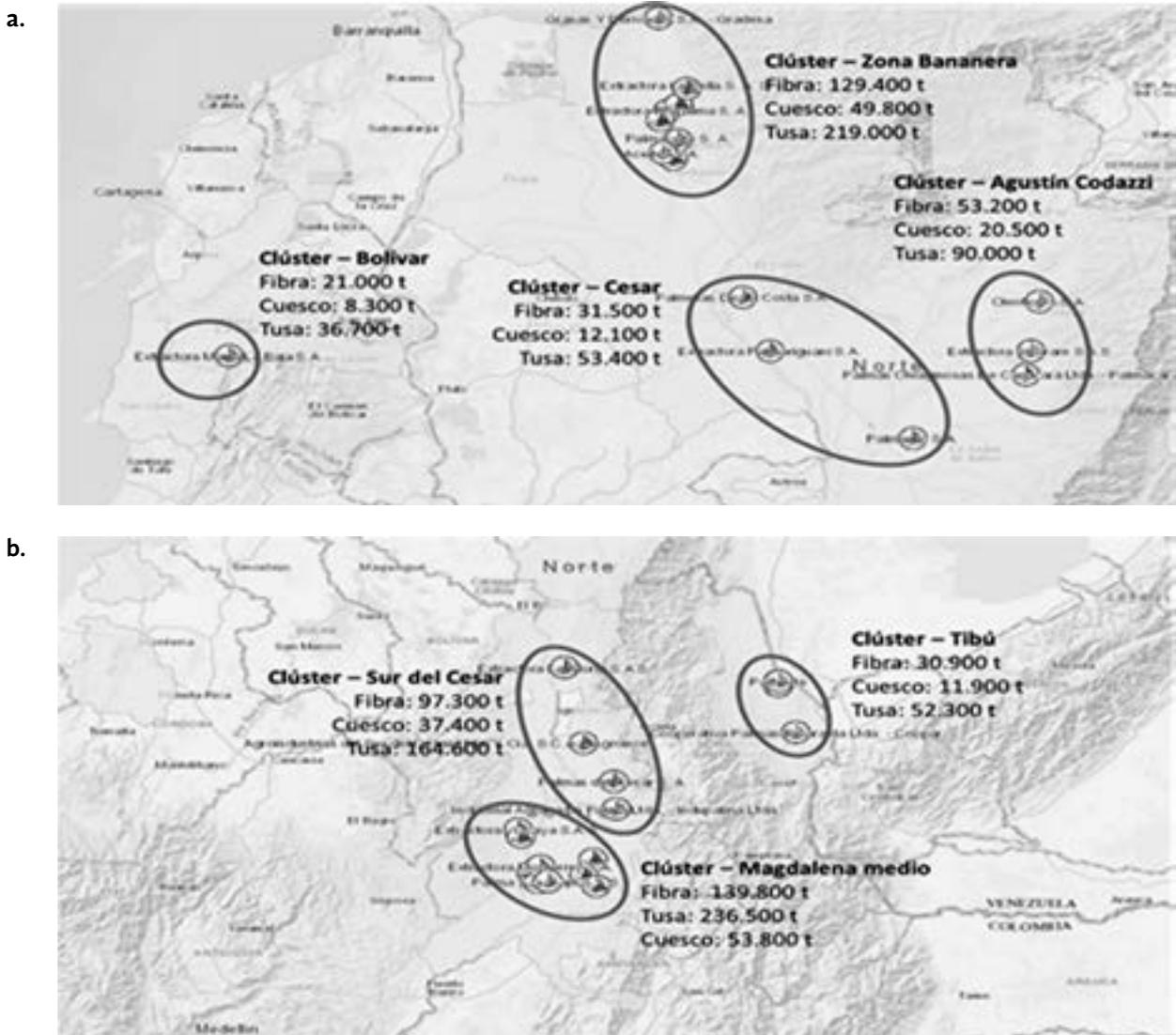
En este sentido, como el aspecto económico puede ser la primera barrera para la adopción de la tecnología de cogeneración, o los volúmenes de producción no son suficientemente altos para garantizar la cantidad de biomasa de manera continua, se propone la creación de un clúster energético palmero como opción de biorrefinería para el sector. La principal ventaja de su formación es que facilita la unión de múltiples actividades económicas en las condiciones geográficas más favorables. Con los datos obtenidos por Cenipalma en el 2018, se estimó el potencial energético para los clústeres distribuidos en las diferentes zonas palmeras del país (Norte, Central, Oriental y Suroccidental) agrupando plantas de beneficio en distancias inferiores a 300 km (Figuras 20 y 21), a partir de datos estándares

reportados por Loh (2017), incluyendo la energía teórica aportada por la tusa (Tabla 7).

Para lograr evaluar el potencial de generación de energía eléctrica, se consideró el uso de toda la biomasa disponible por clúster. Para la estimación del potencial de generación se utilizó el 75 % de la producción nacional del 2018 reportada, lo que equivale al empleo de 2.490.919 toneladas de biomasa. El aprovechamiento de esta en un proceso de cogeneración

representaría potencialmente la generación de 220 GWh/año, equivalente al 0,32 % del consumo nacional anual. Para el sistema de cogeneración con un factor de utilización de 85 % se asume una eficiencia térmica del 60 % y una eléctrica de 30 %, el potencial de generación total para los clústeres energéticos sería de 160 MW. La Figura 22 muestra la distribución de la mayor concentración de potencial eléctrico según los clústeres planteados.

**Figura 20.** Clústeres energéticos: a) Zona Norte b) Zona Central c) Zona Suroccidental.



c.

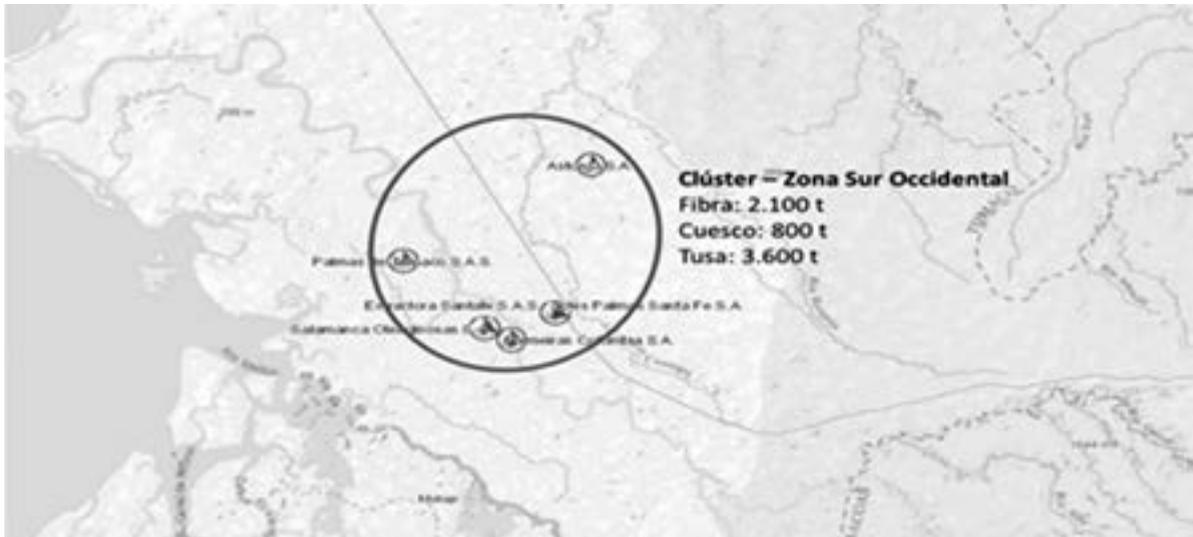
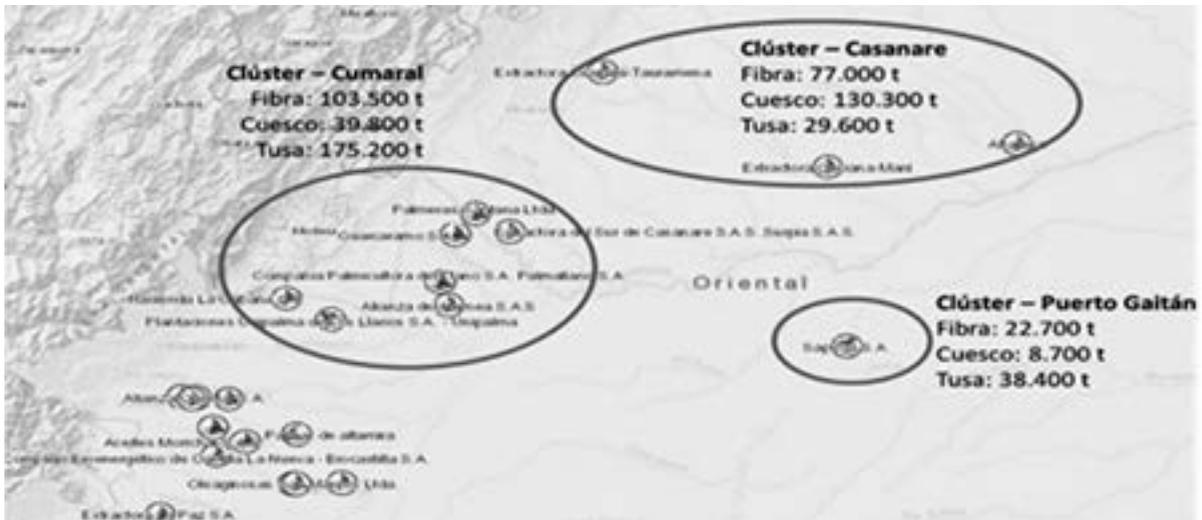
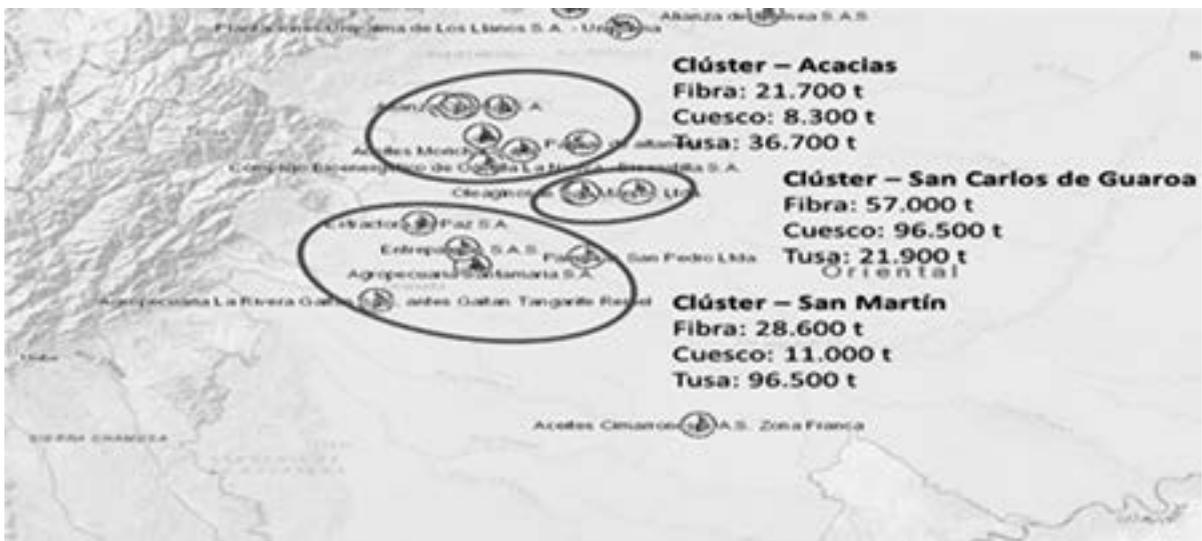


Figura 21. Clústeres energéticos: a) Zona Oriental  
 b) Zona Oriental – Serranía de la Macarena

a.



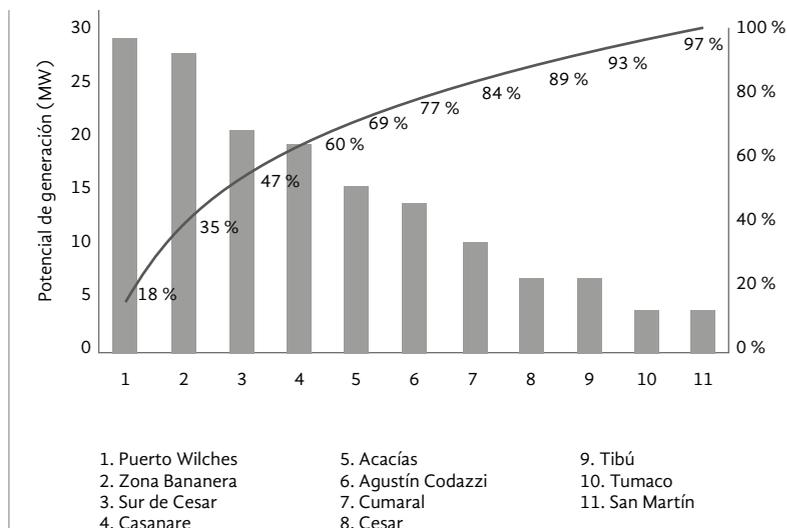
b.



**Tabla 7.** Propiedades de combustión para biomasa de palma de aceite en Colombia. \*En base seca. Fuente: adaptado de Loh (2017).

Biomasa	Proporción de biomasa (kg/t RFF)	Contenido de humedad (%)*	Contenido de cenizas (%)*	Contenido de materia volátil (%)*	Poder calorífico superior (MJ kg <sup>-1</sup> )
Tusa	200 ± 220	67.00 ± 1.41	4.60 ± 0.50	87.04 ± 0.42	18.88 ± 0.74
Fibra	120 ± 150	37.09 ± 2.06	6.10 ± 0.94	84.91 ± 0.62	19.06 ± 0.32
Cuesco	50 ± 70	12.00 ± 1.08	3.00 ± 1.27	83.45 ± 0.68	20.09 ± 0.43

**Figura 22.** Potencial de energía eléctrica a partir de clústeres energéticos de zonas palmeras en Colombia.



La Tabla 8 describe los valores brutos de generación de energía térmica y eléctrica para los clústeres energéticos estudiados. Dentro del marco legal colombiano, los de Puerto Wilches, Zona Bananera y Sur del Cesar, tienen el potencial suficiente para operar como planta mayor, la que se considera a partir de una capacidad de generación superior a 20

MW. Esto implica la obligación de tener un despacho centralizado para la venta de energía, es decir, se garantizaría una venta de toda la energía si esta se comercializa a precios competitivos comparados con sistemas de generación convencionales (gas, carbón y diésel), pero también estaría condicionada a regir en un estado de alta disponibilidad.

**Tabla 8.** Propiedades de combustión para biomasa de palma de aceite en Colombia. \*En base seca. Fuente: adaptado de Loh (2017). Potencia estimada a partir de un factor de utilización del 85 %.

Clúster	Energía térmica (Gj)	Energía eléctrica (MWh/Año)	Potencia (MW) <sup>1</sup>
Puerto Wilches	2.455.037	204.587	28.8
Zona Bananera	1.200.048	100.004	27.5
Sur de Cesar	659.992	54.999	20.9

Continúa →

**Continuación Tabla 8.** Propiedades de combustión para biomasa de palma de aceite en Colombia. \*En base seca. Fuente: adaptado de Loh (2017). Potencia estimada a partir de un factor de utilización del 85 %.

Clúster	Energía térmica (Gj)	Energía eléctrica (MWh/Año)	Potencia (MW) <sup>1</sup>
Casanare	1.871.491	155.958	20.1
Acacías	2.575.048	214.587	14.3
Agustín Codazzi	659.221	54.935	13.4
Cumaral	1.798.118	149.843	12.0
Cesar	1.068.271	89.023	7.4
Tibú	479.657	39.971	7.4
Tumaco	1.273.545	106.129	5.7
San Martín	505.460	42.122	5.4

## Conclusiones

La agroindustria de la palma de aceite tiene todo el potencial para ser un modelo de sostenibilidad. Sin embargo, la selección de tecnologías de uso de biomasa dentro del concepto de biorrefinería debe corresponder a un minucioso análisis que contemple aspectos económicos, ambientales y sociales. El futuro de las tecnologías promisorias para salir del “valle

de la muerte” solo será posible con el tamaño de escala adecuado. Una de las propuestas más interesantes para el sector es la integración de clústeres energéticos que potencialicen el uso de la biomasa en productos de mayor valor agregado. En definitiva, las opciones de biorrefinería con tecnologías de conversión térmica son las llamadas a jugar un papel protagónico en la conversión de la biomasa residual, dentro de las plantas de beneficio de Colombia.

## Referencias

- Abdulrazik, A., Elsholkami, M., Elkamel, A., & Simon, L. (2017). Multi-products productions from Malaysian oil palm empty fruit bunch (EFB): Analyzing economic potentials from the optimal biomass supply chain. *Journal of Cleaner Production*, 168, 131–148. doi:10.1016/j.jclepro.2017.08.088.
- Ahmed, Y., Yaakob, Z., Akhtar, P., & Sopian, K. (2015). Production of biogas and performance evaluation of existing treatment processes in palm oil mill effluent (POME). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 1260–1278. doi:10.1016/j.rser.2014.10.073.
- Ali, A. A. M., Othman, M. R., Shirai, Y., & Hassan, M. A. (2015). Sustainable and integrated palm oil biorefinery concept with value-addition of biomass and zero emission system. *Journal of Cleaner Production*, 91, 96–99. doi:10.1016/j.jclepro.2014.12.030.
- Arrieta, F. P., Lora, E. S., Yáñez, E., & Castillo, E. (2008). Potencial de cogeneración de energía eléctrica en la agroindustria colombiana de aceite de palma: tres estudios de casos. *Palmas*, 29(4), 59–72.

- Balagurumurthy, B., Singh, R., & Bhaskar, T. (2015). Catalysts for Thermochemical Conversion of Biomass. Recent Advances in Thermochemical Conversion of Biomass. Elsevier B.V. doi:10.1016/B978-0-444-63289-0.00004-1.
- Coral, J. D., Woiciechowski, A. L., Filho, A. Z., Brar, S. K., Magalhães, A. I., & Soccol, C. R. (2018). Energetic and economic analysis of ethanol, xylitol and lignin production using oil palm empty fruit bunches from a Brazilian factory. *Journal of Cleaner Production*, 195, 44–55. doi:10.1016/j.jclepro.2018.05.189.
- Van Dam, J. (2016). Subproductos de la palma de aceite como materias primas de biomasa\*. *Revista Palmas Especial*, 37, (Especial, Tomo I), 149–156.
- Elo, A. S., De Souza, L. K. C., Trokourey, A., & Jaroniec, M. (2013). Development of microporous carbons for CO<sub>2</sub> capture by KOH activation of African palm shells. *Journal of CO2 Utilization*, 2, 35–38. doi:10.1016/J.JCOU.2013.07.003.
- Fedepalma. (2018). Fedepalma, 55 años de gestión gremial para desarrollar y consolidar la agroindustria de la palma de aceite en Colombia. *El Palmicultor*, 552, 5–7.
- Foo, K. Y., & Hameed, B. H. (2012). Dynamic adsorption behavior of methylene blue onto oil palm shell granular activated carbon prepared by microwave heating. *Chemical Engineering Journal*, 203, 81–87. doi:10.1016/J.CEJ.2012.06.073.
- Gale, N., & Thomas, S. (2019). Dose-dependence of growth and ecophysiological responses of plants to biochar. *Science of the Total Environment*, 658, 1344–1354. doi:10.1016/j.jclepro.2018.12.104
- García, J. A., Ramírez, N., Rodríguez, D. T., Silva, E., Frear, C. S., Stockle, C., & García, M. (2016a). Evolution of palm oil mills into bio-refineries: Literature review on current and potential uses of residual biomass and effluents. *Resources, Conservation and Recycling*, 110, 99–114. doi:10.1016/j.resconrec.2016.03.022.
- García, J. A., Rodríguez, D. T., Fontanilla, C. A., Ramírez, N. E., Silva, E. E., Frear, C. S., et al. (2016b). Evaluation of alternatives for the evolution of palm oil mills into biorefineries. *Biomass and Bioenergy*, 95, 310–329. doi:10.1016/j.biombioe.2016.05.020.
- García, J. A., & Yáñez A., E. E. (2010). Generación y uso de biomasa en plantas de beneficio de palma de aceite en Colombia. *Revista Palmas*, 31(2), 41–48. Recuperado de: <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1477>
- García, M., & García, J. A. (2013). Nuevos conceptos para biorrefinerías de aceite de palma. *Palmas*, 34(Especial, Tomo II), 66–84.
- Garver, M. P., & Liu, S. (2014). Development of Thermochemical and Biochemical Technologies for Biorefineries. *Bioenergy Research: Advances and Applications*. Elsevier. doi:10.1016/B978-0-444-59561-4.00027-9.
- International Energy Agency. (2018). World Energy Outlook 2018. The gold standard of energy analysis. Retrieved from: <https://www.iea.org/weo2018/fuels/>
- De Jong, E., Langewald, H., & Ree, R. van. (2009). IEA Bioenergy Task 42 on Biorefinery. Retrieved from: [http://www.iea-bioenergy.task42-biorefineries.com/upload\\_mm/8/5/4/2e500e0fd19a-4f7f-9360-4e9d5e580b75\\_Brochure\\_Totaal\\_definitief\\_HR%5B1%5D.pdf](http://www.iea-bioenergy.task42-biorefineries.com/upload_mm/8/5/4/2e500e0fd19a-4f7f-9360-4e9d5e580b75_Brochure_Totaal_definitief_HR%5B1%5D.pdf)
- Jusoh, M., Muis, Z. A., Zakaria, Z. Y., Abdul Murad, S. M., Jamaludin, N. F., Yunus, A., & Hashim, H. (2018). A sustainability performance assessment framework for palm oil mills. *Journal of Cleaner Production*, 174, 1679–1693. doi:10.1016/j.jclepro.2017.11.028.
- Kundu, A., Sen Gupta, B., Hashim, M. A., & Redzwan, G. (2015). Taguchi optimization approach for production of activated carbon from phosphoric acid impregnated palm kernel shell by microwave heating. *Journal of Cleaner Production*, 105, 420–427. doi:10.1016/J.JCLEPRO.2014.06.093.
- Lehmann, J., & Joseph, S. (2009). Biochar for Environmental Management. Science and Technology. Retrieved from: <https://biochar-international.org/book/>

- Loh, S. K. (2017). The potential of the Malaysian oil palm biomass as a renewable energy source. *Energy Conversion and Management*, 141, 285–298. doi:10.1016/j.enconman.2016.08.081.
- Mankins, J. C. (2009). Technology readiness assessments: A retrospective. *Acta Astronautica*, 65(9–10), 1216–1223. doi:10.1016/j.actaastro.2009.03.058.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. (2017). Acuerdo de Voluntades para la Deforestación Cero en la Cadena de Aceite de Palma en Colombia. Recuperado de: [http://www.minambiente.gov.co/images/ACUERDO\\_DEFORESTACION\\_CEROCADENA\\_ACEITE\\_DE\\_PALMA\\_\\_COLOMBIA\\_Version\\_para\\_Suscripcion\\_28112017.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/ACUERDO_DEFORESTACION_CEROCADENA_ACEITE_DE_PALMA__COLOMBIA_Version_para_Suscripcion_28112017.pdf)
- Mohd, A. F., Abu, H., Takriff, M. S., & Sheikh, S. R. (2017). A review of the potentials, challenges and current status of microalgae biomass applications in industrial wastewater treatment. *Journal of Water Process Engineering*, 20(August), 8–21. doi:10.1016/j.jwpe.2017.09.006.
- Ramírez, N. E.; Silva, A. S.; Garzón, E. M. y Yañez, E. E. (2011). Caracterización y manejo de subproductos del beneficio del fruto de palma de aceite. *Boletín Técnico*, 30 (30), 1–46. doi:10.5897/AJB11.3582
- Ramírez, N., Arévalo, A., & García J. A. (2015). Inventario de la biomasa disponible en plantas de beneficio para su aprovechamiento y caracterización fisicoquímica de la tusa en Colombia. *Palmas*, 36(4), 41–54.
- Ramírez, N. E., & Faaij, A. P. C. (2018). A review of key international biomass and bioenergy sustainability frameworks and certification systems and their application and implications in Colombia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 96(August), 460–478. doi:10.1016/j.rser.2018.08.001.
- Rodríguez, D., García, J., & Ramírez, N. (2015). Evaluación de la incidencia de la producción de compost, de carbono del aceite de palma. Estudio de caso. *Palmas*, 36(1), 27–39.
- Roome, N. (2004). Innovation, Global Change and New Capitalism: A Fuzzy Context for Business and the Environment. *Human Ecology Review*, 11(3), 277–279.
- Sadhukhan, J., Martínez, E., Murphy, R. J., Ng, D. K. S., Hassim, M. H., Siew Ng, K., et al. (2018). Role of bioenergy, biorefinery and bioeconomy in sustainable development: Strategic pathways for Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81(April 2017), 1966–1987. doi:10.1016/j.rser.2017.06.007.
- Silva, E., Palacio, J., García, J., & Barrera, J. (2016). Bioenergía y biorrefinerías para caña de azúcar y palma de aceite. *Palmas*, 37(Tomo II), 119–136.
- Vargas, D., Yañez, E. E., Núñez, J. G., Meneses, A., & Cuéllar, M. (2011). Cogeneración con biomasa de palma de aceite en el sistema eléctrico colombiano: barreras, perspectivas y oportunidades. *Revista Palmas*, 32(3), 49–62.
- Vaskan, P., Pachón, E. R., & Gnansounou, E. (2018). Techno-economic and life-cycle assessments of biorefineries based on palm empty fruit bunches in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 172, 3655–3668. doi:10.1016/j.jclepro.2017.07.218.
- Zwilling, M. (2013). Estrategia 10 caminos para cruzar el “valle de la muerte” y emprender. Recuperado de: <https://www.sintetia.com/10-caminos-para-cruzar-el-valle-de-la-muerte-y-emprender/>

# De qué manera la producción sostenible de bioenergía puede contribuir al desarrollo de Colombia\*

## How Sustainable Bioenergy Production Can Contribute to the Development of Colombia



**Rocío Díaz-Chavez**  
Instituto de Medioambiente de  
Estocolmo, África Central  
Stockholm Environment Institute Africa  
Centre

**CITACIÓN:** Díaz-Chavez, R. (2019). De qué manera la producción sostenible de bioenergía puede contribuir al desarrollo de Colombia. *Palmas*, 40 (Especial, Tomo I), 104-118.

**PALABRAS CLAVE:** biomasa, bioeconomía, producción de energía, bioenergía.

**KEYWORDS:** Biomass, bioeconomy, energy production, bioenergy.

\*Artículo original recibido en inglés y traducido por Carlos Alberto Arenas.

### Resumen

El mercado mundial del aceite de palma ha sido asociado con impactos negativos relacionados con la deforestación y pérdida de biodiversidad, así como con algunos problemas sociales que van desde la creación de empleo hasta los derechos de los trabajadores. No obstante, el uso de biomasa para la producción de energía y la bioeconomía debe ser contextualizado. Esto es, considerar las condiciones locales y regionales bajo las que se produce la biomasa. Actualmente, Colombia ocupa el cuarto lugar en el mundo, con una producción de más de un millón de toneladas de aceite de palma y aceite de palmiste. Una superficie total de medio millón de hectáreas se encuentra en producción. Aún hay más potencial para los productos de aceite de palma, no solo en bioenergía, que podrían contribuir al desarrollo de mayores consideraciones de bioeconomía para alimento, pienso, fibra y combustible, si se producen de forma sostenible y utilizando coproductos alternativos. Este artículo presenta algunas de estas mayores consideraciones, principalmente en el área socioeconómica, que pueden contribuir a fomentar los sectores de la bioenergía y la bioeconomía en Colombia.

## Abstract

The global market of palm oil has been associated with negative impacts regarding deforestation and biodiversity loss as well as some social issues which range from job creation to workers' rights. Nevertheless, biomass use for bioenergy production and bioeconomy must be contextualised. This is, to consider the local and regional conditions under which biomass is produced. Colombia currently has the fourth place in the world with more than one million tons of production from palm oil and kernel palm oil. A total surface of half million hectares is under production. There is still more potential on the products of palm oil not only in bioenergy that could contribute to developing wider considerations of bioeconomy for food, fodder, fibre and fuel if produced in a sustainable form and using alternative co-products. This paper presents some of these wider considerations mainly in the socio-economic arena that may contribute to foster the bioenergy and bioeconomy sectors in Colombia.

## Antecedentes

En 2013, Colombia tenía una población de 48.3 millones, con un crecimiento anual del 1,3 % (World Bank, 2013). En 2013, su PIB era de USD 378.100 millones, con un crecimiento promedio del 4,1 % a cinco años. El país depende altamente de sus ricos recursos naturales, como el petróleo, el carbón, el gas natural y una variedad de metales preciosos, como el oro y el platino. Está dividido en 32 departamentos y un distrito capital, Bogotá (Figura 1).

Colombia es una nación grande con diversas características en términos de clima, suelo, geología, topografía, cobertura vegetal y uso actual de la tierra, que conforman la base de sus seis regiones. Tiene un área total de 114 millones de ha, de las que aproximadamente el 50 % están cubiertas por bosques (Castiblanco *et al.*, 2013), tal y como se muestra en la Figura 2. Es uno de los países más megadiversos del mundo (Dias, 2003). Con tan solo el 0,77 % del área terrestre de la Tierra, alberga el 10 % de las especies de fauna y flora conocidas (IDEAM, 2004). Cerca del 90 % de sus tierras no agrícolas son protegidas. Las principales actividades de campo son el café, los lácteos, azúcar, banano, flores, algodón y ganadería (NL Agency, 2013). Sin embargo, solo el 9,6 % de los 4.1 millones de ha de tierras agrícolas es utilizado para cultivos. De estos, los anuales representan el 33 %, mientras que los permanentes el 59 %; el 8 % restante es de barbecho (Figura 3). El uso de la tierra más extenso es el pastoreo de ganado, que

representa el 70 %, usualmente con bajos niveles de productividad (McAlpine *et al.*, 2009).

## Sector energético

El mercado de energía está liberalizado en Colombia. En 2012, su capacidad instalada (Figura 4) consistía en 64 % de grandes hidroeléctricas, 17 % de gas natural, 7 % de petróleo, 7 % de carbón y 5 % de energías renovables. En las áreas remotas, donde la generación convencional de energía es más costosa, operan muchas 'minirredes' de diésel, lo que apunta en un aumento en el uso de energías renovables al 20 % en 2015 y al 30 % en 2020, localmente. Por otro lado, como un país rico en recursos de combustibles fósiles, Colombia también exporta una gran cantidad de energía neta, incluyendo carbón, petróleo y gas natural, a países de todo el mundo.

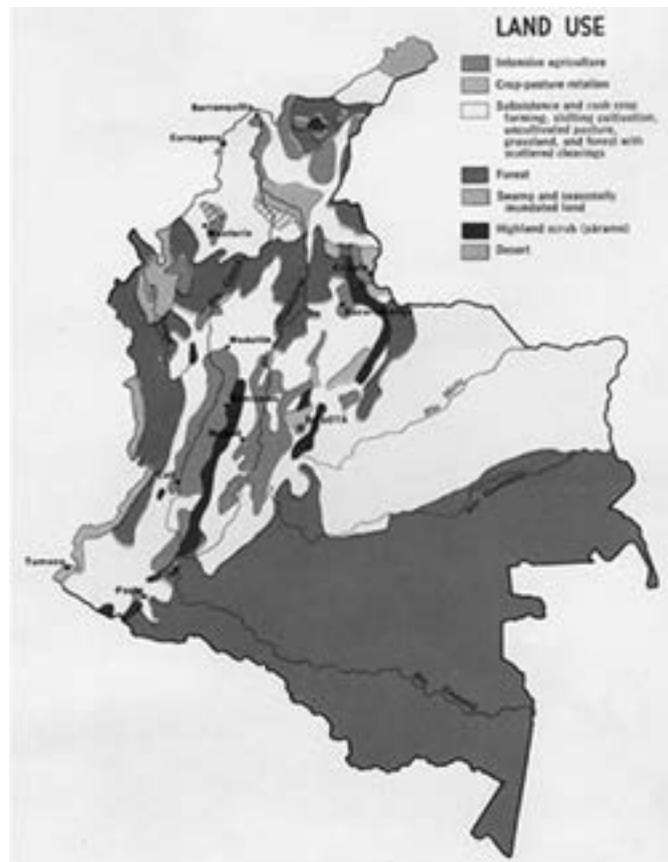
## Bioenergía y biomasa

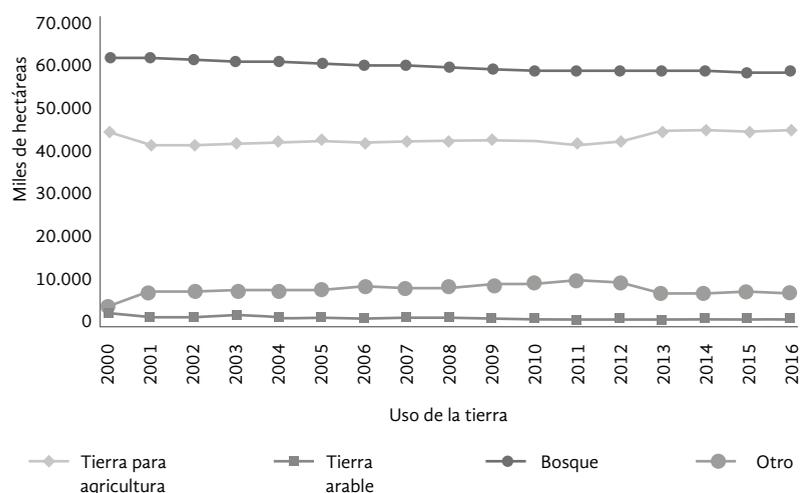
Colombia está entre los principales productores de biocombustibles de la región. En 2009, produjo 324.7 millones de litros de etanol y 173.043 toneladas de biodiésel, utilizando caña de azúcar y aceite de palma como la materia prima principal (NL Agency, 2013). Se estima que la industria del biocombustible genera 24.000 empleos directos y 48.000 indirectos (NL Agency, 2013). La caña de azúcar y el aceite de palma fueron introducidos comercialmente a comienzos del siglo XX. Como uno de los países con el mayor rendimiento del mundo, cada uno de los cul-

**Figura 1.** Mapa de Colombia y sus 32 departamentos.  
Fuente: Wikipedia.

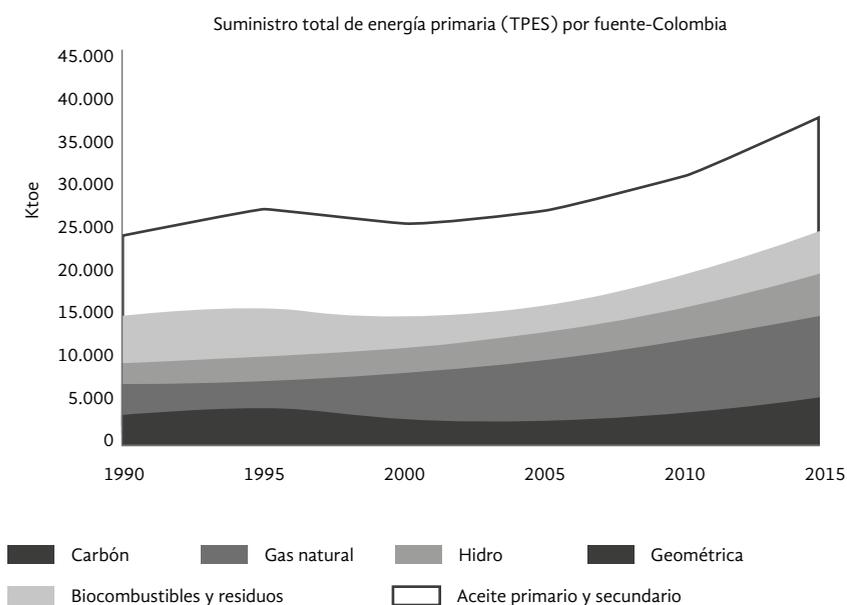


**Figura 2.** Uso de la tierra en Colombia (Minambiente, 2014).





**Figura 3.** Uso de la tierra en Colombia (FAOstat, 2018).



**Figura 4.** Fuentes de energía en Colombia, 2012 (IEA, 2018).

**Tabla 1.** Principal materia prima de biomasa disponible en Colombia (MADR, 2014).

Tipo de materia prima	Residuos
Palma de aceite	RFV, fibras, cáscaras
Caña de azúcar	Bagazo, hojas
Arroz	Cáscaras, pajas
Café	Cáscaras
Ganado	Estiércol
Silvicultura	Residuos, leña, pellas

tivos contribuye a aproximadamente 4 % del PIB en el sector agrícola. Los residuos sólidos de biomasa producidos por la industria del procesamiento de la caña de azúcar y del aceite de palma, junto con otros agrícolas y forestales (Tabla 1), representan un gran potencial para la generación y exportación de energía local. La Tabla 1 muestra los principales residuos agrícolas y forestales producidos en Colombia, y sus materias primas serán evaluadas más adelante.

## Palma de aceite

El proceso de molienda del fruto de la palma de aceite en Colombia es uno de los generadores de biomasa más importantes por hectárea cultivada, en comparación con otros cultivos de tipo aceite o de bioenergía. En 2013, con sus 51 plantas de beneficio de aceite de palma y un área productiva de 250.000 ha, Colombia produjo aproximadamente cinco millones de toneladas de racimos de fruta fresca (RFF), con un rendimiento de 19.965 toneladas por ha. Genera 945.064 toneladas de aceite de palma crudo y 224.472 toneladas de almendra (FAOstat, 2014). Adicionalmente, se estima que entre 2008 y 2013 se sembraron aproximadamente 100.000 ha de tierra adicional para aceite de palma. Los detalles de esta transición son desconocidos. Sin embargo, con base en experiencias de años anteriores, es probable que se hayan reemplazado pastizales, tierras de cultivo y para vegetación natural (McAlpine *et al.*, 2009). A pesar de este cambio de la tierra, en 2010 el sector de la palma de aceite generó el 2,6 % del PIB agrícola, con su área sembrada ocupando menos del 1 % del total de tierras agrícolas (Fedepalma, 2011).

En 2008, las plantaciones de palma de aceite se encontraban en cuatro zonas: norte, central, oriental y suroccidental. La oriental tiene la mayoría de plantaciones, contribuyendo con un 39,1 % del área total sembrada, seguida del 28,5 % en la norte, 28 % en la central y 4,5 % en la suroccidental (Fedepalma, 2011). Sin embargo, la de la zona suroccidental ocurrió principalmente en áreas que solían contener bosques (Seeboldt & Salinas, 2010). Adicionalmente, la infraestructura deficiente, los conflictos armados y la existencia de territorios colectivos de comunidades afrocolombianas han limitado el desarrollo de la industria de la palma de aceite en esta región (Seeboldt & Salinas, 2010; BID-MME, 2012).

Considerando el aumento en la siembra y producción de aceite de palma, la disponibilidad de cantidades considerables de subproductos de alto valor energético como los racimos de fruto vacíos (RFV), fibras, cáscaras y efluente de molino (POME), significa que la agroindustria de palma de aceite tiene la posibilidad de generar electricidad en regiones aisladas y de exportar su biomasa como fuente de energía (Tabla 2) (García *et al.*, 2010). La Tabla 3 presenta el porcentaje de disponibilidad de residuos por tonelada de RFF en Colombia, suministrado por una persona de Cenipalma que fue entrevistada. Se muestra que, por cada tonelada de RFF, se puede producir 20-23 % de RFV, 11-14 % de fibra, 5-7 % de cáscara y 65-85 % de POME. Por lo tanto, el potencial de residuos disponibles en 2013 es de entre 7.19-5.04 millones de toneladas, o 2.20-1.80 millones de toneladas de biomasa sólida (excluyendo POME). Según se observa en la Tabla 4, estos resultados están proporcionalmente en

**Tabla 2.** Área sembrada en palma de aceite y datos de producción de 2008 a 2013 (García *et al.*, 2010).

Catálogo	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Área cultivada de aceite de palma (ha)	165.000	165.000	165.000	230.000	230.000	250.000
Rendimientos de RFF (kg/ha)	193.939	193.939	187.879	200.600	203.081	199.650
Producción de RFF (toneladas)	3.200.000	3.200.000	3.100.000	4.613.805	4.670.860	4.991.241
Aceite de palma (toneladas)	777.800	804.838	753.039	804.838	753.039	945.064
Almendras de palma (toneladas)	179.000	179.341	174.327	212.244	215.504	224.427

**Tabla 3.** Porcentaje de disponibilidad de residuos de biomasa y efluentes de plantas de beneficio de aceite de palma en cada tonelada de RFF en Colombia (comunicación personal con Cenipalma, 2014).

País	RFF %	RFV (% en RFF)	Fibra (% en RFF)	Cáscara (% en RFF)	EMAP (% en RFF)
Colombia	100	20-23	11-14	5,0-7,0	65-85

**Tabla 4.** Cantidad máxima y mínima de residuos de aceite de palma estimada para 2013 (comunicación personal con Cenipalma, 2014).

	RFF	RFV	Fibra	Cáscara	EMAP	Total
Máximo (toneladas)	4.991.241	1.147.985	698.774	349.387	4.991.242	7.187.388
Mínimo (toneladas)	4.991.241	998.248	549.037	249.562	3.244.307	5.041.154

línea con los valores a 2010 mencionados en la literatura (García *et al.*, 2010).

## Consideraciones de sostenibilidad para la producción de aceite de palma y uso en bioenergía y bioeconomía

Existen diferentes métodos y marcos para evaluar la sostenibilidad en bioenergía y bioeconomía. Durante los últimos 15 años ha habido un aumento en el uso de normas, principalmente para biocombustibles importados a Europa bajo la Directiva de Energías Renovables (EC, 2009). Aun así, incluso si el producto no se exporta a Europa, se considera que se aplican

las normas y las buenas prácticas. La Tabla 5 muestra varias metodologías y herramientas que pueden contribuir a esta evaluación, y la Tabla 6, algunas consideraciones de sostenibilidad para buenas prácticas.

Respecto a las normas, particularmente la Mesa Redonda de Aceite de Palma Sostenible ha sido una de las más aplicadas en el sector, junto con otras que tienen una cobertura más amplia, es decir, no específica para este cultivo, como la Certificación Internacional de Sostenibilidad y Carbono (ISCC, por su sigla en inglés) y la Mesa Redonda sobre Biocombustibles Sostenibles (RSB, por su sigla en inglés). Varios autores han revisado y evaluado estas normas y, por lo tanto, siguen criterios e indicadores similares. Si bien las consideraciones ambientales, incluyendo biodiversidad, disponibilidad de tierras y

**Tabla 5.** Ejemplos de metodologías y herramientas para la evaluación de sostenibilidad (Díaz-Chavez, 2015).

Ambiental	Ingenieril	Socioeconómico	Comercial	Integrado
Evaluación de impacto ambiental	Evaluación de ciclo de vida	Evaluación de impacto social	Sistemas de gestión ambiental	Evaluación de sostenibilidad
Huella de carbono	Evaluación de riesgos	Evaluación de impacto a la salud	Responsabilidad social corporativa	Evaluación de impacto integrado
Huella ecológica	Evaluación de flujo de materiales	Análisis costo-beneficio		Evaluación de impacto
Modelado de uso de la tierra		Modelado económico		Evaluación estratégica de impacto

**Tabla 6.** Consideraciones de sostenibilidad para buenas prácticas (Díaz-Chavez, 2010).

	Principio	Am	S	Ec	P
1.	Buenas prácticas agroecológicas y silviculturales (biodiversidad, suelos)	X			
2.	No afectar el suministro y calidad del agua	X			
3.	No cambiar el uso de la tierra en detrimento de la seguridad alimentaria	x			
4.	Participación comunitaria (desde la planeación)		x		
5.	Participación de mujeres (desde la planeación)		x		
6.	Transferencia de habilidades (gerencia, comerciales, agrícolas)		x		
7.	Inclusión de la comunidad en el modelo económico o de negocios			X	
8.	Valor agregado en la comunidad			X	
9.	Mejora en los servicios e infraestructura (suministro eléctrico, salud) reinversión de ingresos a la comunidad			X	
10.	Cumplimiento con la política nacional y/o directrices vigentes en bioenergía				X
11.	Cumplimiento con los programas, regulaciones y planes locales vigentes				X
12.	Respetar los derechos sobre la tierra y evitar el desplazamiento				x

emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) son importantes en términos de sostenibilidad, se presta menos atención a los asuntos socioeconómicos.

Algunos indicadores evaluados en proyectos anteriores, como el Biotrade2020+ (2018), incluyeron una evaluación de indicadores socioeconómicos: derechos sobre la tierra, condiciones laborales, trabajo infantil, discriminación y equidad de género, y otros derechos laborales relacionados con la Organización Internacional del Trabajo (OIT). A continuación se explican algunos de estos indicadores en el contexto de Colombia.

## Derechos sobre la tierra

La tierra en Colombia está clasificada como propiedad estatal, que pertenece a la nación; propiedad privada, a individuos; y tierras comunales, a grupos indígenas, comunidades afrocolombianas y cooperativas o grupos de habitantes urbanos (UNHabitat, 2005).

En general, la seguridad de la tierra enfrenta algunos problemas:

**Distribución inequitativa:** más del 68 % de la población rural vive por debajo del nivel de pobreza, mientras que el 0,4 % es propietaria del 62 % de

las mejores tierras del país. Con el fin de solucionar esta inequidad y de proteger los derechos de los campesinos terratenientes, el Gobierno de Colombia ha intentado varios programas de reforma rural desde 1936, cuando se aprobó la Ley 200 (Gruczyński & Jaramillo, 2002). Sin embargo, la corrupción interna y la falta de capacidad para implementar los cambios, resultaron en un bajo nivel de éxito (Elhawary, 2007). Los derechos sobre la tierra han sido una de las principales preocupaciones respecto a la sostenibilidad social en la producción de cultivos bioenergéticos, particularmente en países en vía de desarrollo, donde hay disponibilidad de tierras comunales. En el caso de Colombia, existen informes sobre el problema del desplazamiento forzado de comunidades rurales. La nueva Ley de Víctimas de Desplazamiento busca la restitución de la tierra a aquellos desplazados por el conflicto, y a apoyar el uso y tenencia legal de la tierra. Algunas de estas áreas requieren la implementación de proyectos agrícolas en los que puedan participar los pequeños productores (Daza *et al.*, 2013).

Colombia tiene una de las tasas de desplazamiento forzado interno más altas del mundo. Oficialmente, hay más de tres millones de personas desplazadas internamente. Algunas ONG estiman que son cin-

co millones. En ciertos casos, los combatientes han desterrado a las comunidades para utilizar la tierra con fines de agricultura comercial. En general, aproximadamente cuatro millones de hectáreas de tierra han sido abandonadas y la población rural es de tan solo el 26 % (UNHabitat, 2005). Si bien el número de personas desplazadas se ha reducido significativamente en los últimos años, el desplazamiento continuo de personas indica la persistencia de la violencia rural. Los desplazados huyen hacia las áreas urbanas donde, como residentes de asentamientos informales, en gran medida carecen de tenencia formal, así como de acceso a servicios básicos (USAID, ny).

En el sector de la biomasa, los problemas con los derechos sobre la tierra en la zona de la palma de aceite, ocurren cuando las plantaciones se encuentran en regiones con la intensificación persistente del conflicto armado y con inconvenientes de redefinición ilegal de derechos de propiedad sobre la tierra (Seeboldt & Salinas, 2010). Adicionalmente, en la región de mayor siembra de caña de azúcar en el valle del río Cauca, se dice que el cultivo industrial de esta y las actividades mineras de compañías transnacionales están causando conflictos sociales y ambientales relacionados con el agua y el acceso a la tierra, en donde ocurre la contaminación del aire por la quema, la del agua por químicos, el agotamiento del agua y el suelo, y el desplazamiento forzado (LAR, 2014).

## Condiciones laborales

Los derechos laborales en Colombia están consagrados en la Constitución, el Código Sustantivo del Trabajo, el Código Procesal del Trabajo y la Seguridad Social, las leyes específicas del sector y convenios internacionales ratificados, que han sido incorporados a la legislación nacional. Todas las leyes laborales aplican a las 15 zonas de procesamiento de exportaciones del país, sin leyes o exenciones adicionales (U.S. Department of State, 2005).

## Trabajo infantil

Colombia ha ratificado los convenios 138 y 182, relacionados con la abolición del trabajo infantil. Actualmente, la edad mínima para trabajar es de 15

años, con base en el Código de la Niñez y la Adolescencia (DNP, 2006). Los niños menores de 15 años pueden recibir permiso de la Inspección de Trabajo para trabajar por paga hasta 14 horas semanales en empleos artísticos, culturales, recreativos o relacionados con deportes. En 2001, se estimaba que aproximadamente el 10,4 % de niños entre 5 y 14 años de edad en Colombia trabajaban (DNP, 2006). La mayoría de ellos se encontraron en el sector de servicios (49,9 %), seguido de agricultura (35,6 %) y manufactura (12,6 %). El Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) estima que aproximadamente el 80 % de los niños que laboran lo hacen en la economía informal.

## Discriminación e inequidad de género

Colombia ratificó el Convenio 100 sobre la Igualdad de Remuneración y el 111 sobre la Discriminación. A pesar de las disposiciones legales razonables, en la práctica las mujeres tienen menos acceso a empleo de calidad, como en posiciones gerenciales; reciben sueldos inferiores, especialmente en áreas rurales, y cuentan con menor protección en el lugar de trabajo (DNP, 2006; Viafara, 2007; ILO, 2007).

Los indígenas también están sujetos a discriminación. La minoría étnica afrocolombiana palenquera y las poblaciones raizales experimentan mayores niveles de pobreza, marginalización y vulnerabilidad social debido a su acceso limitado al mercado laboral (Grueso *et al.*, 2007). Esto se debe principalmente al hecho de que pueden ser disuadidas de logros educativos superiores porque experimentan mayores desventajas que las no minorías en el acceso a la tecnología, el desarrollo de habilidades laborales especializadas y su integración total al mercado laboral (Grueso *et al.*, 2007). Para resolver este problema, la Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos (ACNUDH), ha participado en actividades de asesoría, apoyo e intercambio con representantes de la sociedad civil, y varias ONG están haciendo grandes esfuerzos para mejorar la situación (UNHCHR, 2007). Sin embargo, en las áreas rurales, el desempleo de afrocolombianos (17,6 %) es menor que el de no afrocolombianos (15,2 %), mientras que en el área urbana ocurre lo contrario.

## Derecho de sindicación y de negociación colectiva

Colombia ratificó los convenios de la OIT sobre el derecho a la sindicación y de negociación colectiva, y sobre la libertad sindical y la protección del derecho de sindicación. Sin embargo, estos son restringidos, particularmente para los trabajadores del sector público, y también hay limitaciones en el sector privado (ILO, 2007).

## Trabajo forzado

Colombia ratificó los convenios de la OIT sobre el trabajo forzado. Sin embargo, su sistema actual de tratamiento legal de los casos de tráfico de personas es inadecuado y el enjuiciamiento es difícil (IOM, 2006; U.S. Embassy, 2007).

Dentro del sector de la biomasa, las sinergias del sector azucarero, controlado por unos pocos grupos económicos, no han permitido lograr un mayor impacto en la creación de nuevos empleos rurales.

## Pequeños productores

La literatura anterior sugiere que la intensificación sostenible del rendimiento de los pequeños propie-

tarios trae beneficios directos a las comunidades rurales, tales como una expansión reducida de los cultivos de palma de aceite a nuevas tierras y mayores ingresos, en al menos 60 % en promedio (Lee *et al.*, 2014) o entre el 60 % y el 150 % (Sandker *et al.* 2007), reduciendo así la pobreza rural. Adicionalmente, en Colombia se ha observado que la producción de aceite de palma genera trabajo estable y una fuente permanente de ingresos, ya que los salarios en el sector son el doble del mínimo (The Partnerships' Resource Centre, 2011) y 20 % más altos que en otras labores agrícolas (Fedepalma, 2012) (Tabla 7).

En los países en desarrollo, la cantidad y calidad del empleo depende de la etapa del sistema bioenergético, el proceso de conversión, la configuración específica de la nación y de si es intensivo en mano de obra o mecanizado (Franke *et al.*, 2013). Nótese también que puede ser que la demanda para los trabajos cualificados mencionados no se satisfaga del todo con la oferta local debido a la ausencia de las competencias necesarias.

## Producción de bioenergía y escenarios

El nivel de inversión en energías limpias de Colombia es relativamente débil frente a todos los países de Latinoamérica. Entre 2006 y 2012, atrajo \$ 1.200 mi-

**Tabla 7.** Ingresos de pequeños productores por ha (en USD) de un mayor rendimiento en Colombia. <sup>1</sup> Fuente: promedio entre rendimientos bajo (2,3 t/ha) y alto (3,2 t/ha), reportado por el cuestionario de país de la FAO (2016). <sup>2</sup> Suposiciones de la FAO para el escenario BAU (Business as usual) y GISPOV (sigla en inglés de la iniciativa mundial para cadenas sostenibles de aceite de palma) (n/d). <sup>3</sup> Rendimiento de RFF calculado asumiendo una tasa de extracción del 21,6 % (suposiciones FAO). <sup>4</sup> Fuente: FAOstat (2016). Los precios se refieren a 2014. <sup>5</sup> Siguiendo los pronósticos del World Bank (2016b) para el precio del aceite de palma crudo (APC), que estiman tendrá un aumento anual de aproximadamente el 3,3 % entre 2016 y 2025.

	Año		
	2014	2025 (BAU)	2025 (GISPOV)
Rendimiento APC (t)/ha (promedio nacional)	2,7 <sup>1</sup>	2,7 <sup>2</sup>	4,2 <sup>2</sup>
Rendimiento RFF (t)/ha (promedio nacional)	12,5 <sup>3</sup>	12,5 <sup>3</sup>	19,4 <sup>3</sup>
Precio APC/t (promedio anual)	909 <sup>4</sup>	1.236 <sup>5</sup>	1.236 <sup>5</sup>
Total ingresos brutos APC/ha	2.454,3	3.337,2	5.191
Cambio entre 2014 y 2025		36 %	111 %

lones en capital renovable y la mayoría se fue a pequeños proyectos hidroeléctricos y de biomasa. Estos serían algunos de los impactos socioeconómicos si se consideran los siguientes dos escenarios (con suposiciones) para aceite de palma crudo (APC) en Colombia y las posibilidades de utilizar el metano para generar electricidad (Tabla 8):

- a) Escenario con el desarrollo normal de la actividad: producción de APC de 1.2 millones de toneladas en 2015 a una producción estimada de 1.6 millones de toneladas en 2025 (proyectado con base en las tendencias del pasado - FAO 2016), así como un rendimiento nacional promedio de 3,2 t/ha al 2015.
- b) Producción mejorada y uso de gas: cobeneficios sociales y económicos potenciales, asumiendo una producción estimada de 1.6 millones de toneladas de APC y un rendimiento nacional promedio de 4,2 t/ha de APC en 2025 (proyectado con base en las tendencias pasadas -FAOstat, 2016).

En el escenario a futuro, se desconoce si un aumento en el rendimiento de los pequeños productores llevará a una mayor diversificación de medios de vida en áreas afectadas, es decir, en las fuentes de ingreso de los hogares, tales como actividades agrícolas y no agrícolas; o si esto resultará en los monocultivos y la agricultura de palma de aceite como la principal y/o única fuente de ingresos, en vez de tener una mezcla diversificada de cultivos como en el pasado. Apoyar la producción de los pequeños productores tiene el potencial de lograr mejores medios de vida ya que, en comparación con las plantaciones industriales, las granjas diversificadas a pequeña escala son más adaptables a cambios en el corto plazo; no dislocan las comunidades locales ni crean escasez de tierras o problemas de tenencia entre ellos; mejoran la seguridad alimentaria local; protegen la biodiversidad, y en general, causan menos afectaciones a las estructuras socioeconómicas existentes (World Bank, 2011). Adicionalmente, el uso flexible de la fuerza laboral del hogar puede cumplir con la

**Tabla 8.** Ingresos de plantas de beneficio de aceite de palma con sistemas de captura de metano en Colombia. <sup>1</sup> Datos y suposiciones de la FAO para el escenario BAU Y GISPOV. <sup>2</sup> Ver tabla anterior. <sup>3</sup> Mel *et al.*, 2010. <sup>4</sup> Franke *et al.*, 2013.

	Año		
	2015	2025 (BAU)	2025 sistemas mejorados (GISPOL)
% de producción de APC en el país con sistemas de captura de metano	6,5 % <sup>1</sup>	13 % <sup>1</sup>	19 % <sup>1</sup>
Producción total nacional de APC (t)	1.200.000 <sup>1</sup>	1.600.000 <sup>1</sup>	1.600.000 <sup>1</sup>
EMAP (m <sup>3</sup> ) por tonelada de APC	2,5 <sup>2</sup>	2,5 <sup>2</sup>	2,5 <sup>2</sup>
EMAP total (m <sup>3</sup> ) para la producción total de APC	3.000.000	4.000.000	4.000.000
EMAP total (t) para la producción total de APC	2.900.000	3.900.000	3.900.000
Biogás (m <sup>3</sup> ) producido por tonelada de POME	28 <sup>3</sup>	28 <sup>3</sup>	28 <sup>3</sup>
Potencial total de biogás (m <sup>3</sup> ) para todas las plantas de beneficio del país	64.960.000 <sup>4</sup>	87.360.000 <sup>4</sup>	87.360.000 <sup>4</sup>
Total de biogás (m <sup>3</sup> ) producido por todas las plantas de beneficio del país	4.222.400	11.356.800	16.598.400
kWh de electricidad producidos por 1 m <sup>3</sup> de biogás	1,7 <sup>5</sup>	1,7 <sup>5</sup>	1,7 <sup>5</sup>
Electricidad total (kWh) producida de biogás	7.178.080	19.306.560	28.217.280
Precio de la electricidad (USD/kWh) para clientes industriales	0,13 <sup>6</sup>	0.12 <sup>7</sup>	0.12 <sup>7</sup>
Ingresos brutos totales anuales de electricidad de biogás (USD) para todas las plantas de beneficio del país	933.150	2.316.787	33.860.734

mayor demanda de empleo temporal sin costos significativos (Lasse & Bertulle, 2009).

Hay alcance para una gran producción de energía a partir de los desechos, como POME, que puede aumentar la diversidad del portafolio nacional dado que actualmente no hay producción de electricidad a partir de biogás en el país (IEA, 2016). Considerando el aumento en la siembra y producción de aceite de palma, la disponibilidad de cantidades considerables de subproductos de alto valor energético como los RFV, fibras, cáscaras y POME, significa que las agroindustrias de palma de aceite tienen la posibilidad de generar electricidad en regiones aisladas y de exportar su biomasa como fuente de energía (García *et al.*, 2010). El proceso de molienda del fruto de la palma de aceite en Colombia es uno de los generadores de biomasa más importantes por hectárea cultivada, en comparación con otros cultivos de tipo aceite o de bioenergía (Díaz-Chavez, 2015).

Se esperaría que, bajo el sistema mejorado y con el uso de metano, cualquier electricidad generada de biogás continuaría siendo utilizada principalmente por las plantas de beneficio generadoras de aceite de palma<sup>1</sup> y, quizás después, alimenten minirredes. Se estima que el equipo propuesto de 19 % del total de la producción de APC con sistemas de captura de metano generará aproximadamente 28,2 GWh de electricidad a partir de biogás; un aumento significativo de la actual contribución de cero de esta fuente de energía a la red y de aproximadamente el 0,05 % del consumo total actual de energía de 52.985 Gwh (IEA, 2016). Los sistemas de captura de metano, junto con la instalación u operación de minirredes eléctricas basadas en biogás a un nivel local podrían, en una etapa posterior de GISPOV, beneficiar a las comunidades rurales locales, aumentando el acceso a electricidad. Adicionalmente, establecer una generación y una red local puede ser más barato, fácil y rápido, que extenderla de la estación central a áreas remotas de carga modesta, lo que subyace al potencial de tecnologías basadas en biomasa para

1 En este momento, las plantas de beneficio son alimentadas con electricidad autogenerada de los subproductos de la palma de aceite o de generadores de diésel (Cuestionario de país de la FAO, 2016).

promover el desarrollo rural sostenible en los países en desarrollo (Bazmi *et al.* 2011). Dada la alta tasa de electrificación entre las comunidades rurales colombianas, el alcance de la expansión de las minirredes o de los equipos fuera de la red basados en biogás puede parecer limitado en un principio. No obstante, esto no es cierto dado que, las costosas minirredes de diésel suministran energía a los hogares (BNEF, 2014) y a las plantaciones de palma en áreas rurales remotas. El acceso a servicios modernos de energía puede crear un rango de efectos secundarios para las economías rurales, permitiendo una variedad de microempresas. Tales oportunidades pueden venir en la forma de escalamiento de los negocios pequeños existentes o en el establecimiento de nuevos. Las fuentes renovables fuera de la red también pueden impulsar los comercios existentes, permitiéndoles permanecer abiertos hasta la noche, lo que atrae más clientes y posiblemente más ingresos (IRENA, 2013).

## Conclusiones

La producción de biomasa requiere de contextualización, lo que implica la consideración de las características locales de producción desde todas las áreas: económicas, ambientales, sociales, de gobernanza y de sostenibilidad. Colombia ha estado produciendo aceite de palma durante varias décadas y ha mejorado su producción desde un punto de vista ambiental. Aún se debe avanzar en las condiciones sociales, y adecuadas formas de producción pueden resultar en beneficios ambientales como también socioeconómicos.

Las posibilidades de contar con una producción mejorada, utilizar la bioenergía y tener otros usos para los residuos en el sector de la bioeconomía (por ejemplo, químicos de alto valor), da la oportunidad de alcanzar varios cobeneficios socioeconómicos tales como:

- Alivio de la presión sobre la tierra y los otros recursos a través de la intensificación sostenible de rendimientos, así como una reducción de los conflictos por la propiedad de la tierra y los derechos consuetudinarios sobre esta.
- Mayores ingresos para los pequeños productores, con la intensificación sostenible de rendimientos, permitiendo mejorar su bienestar (nutrición, salud, educación, etc.).

- Medios de vida diversificados, con los ingresos de la palma de aceite como parte importante de la economía de los hogares rurales.
- Consideración de los problemas de equidad, como un mayor acceso de las mujeres a oportunidades de empleo en el procesamiento y producción, y adecuadas condiciones laborales.
- Mayor actividad económica local, como resultado de los mejores ingresos y condiciones de vida.
- Superiores ingresos para las plantas de beneficio de aceite de palma por el procesamiento eficiente de POME.
- Diversidad de la energía nacional, con la electricidad generada por biogás reemplazando otras fuentes utilizadas en las plantas de beneficio de aceite de palma.

Se recomienda considerar investigaciones adicionales en el campo socioeconómico para ubicar estos problemas en el mismo nivel de mejora que aquellos en el área ambiental.

---

## Referencias

- Bazmi, A. A., Gholamreza, Z., & Haslenda, H. (2011). Progress and challenges in utilization of palm oil biomass as fuel for decentralized electricity generation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 574–583.
- BID-MME. (2012). Evaluación del ciclo de vida de la cadena de producción de biocombustibles en Colombia. Resumen Ejecutivo. Available at: [www.fedebiocombustibles.com](http://www.fedebiocombustibles.com) (accessed 20.03.2012).
- Biotrade2020+. (2018). Biotrade2020 + project. EC. <https://www.biotrade2020plus.eu/>
- BNEF. (2014). Bloomberg New Energy Finance Policy Library. Available at: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getDocument.aspx?DOCNUM=38168432> (accessed 05. 2014).
- Cardona, C. A., Quintero, J. A. & Paz, I. C. (2010). Production of bioethanol from sugarcane bagasse: Status and perspectives. *Bioresource Technology*, 101, 4754–4766.
- Castiblanco, C., Etter, A. T., & Mitchell, A. (2013). Oil palm plantations in Colombia: a model of future expansion. *Environmental, Science & Policy*, 27, 172–183.
- Cenipalma. (2014). <http://www.cenipalma.org/> (accessed 06.2014).
- MINAMBIENTE. (2014). Plan de Desarrollo Forestal. Available at: <https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=426:plantilla-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistematicos-21> (accessed 06.2014).
- MADR. (2014). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia. Available at: <https://www.minagricultura.gov.co/paginas/inicio.aspx> (accessed 06.2014).
- Daza, C., Amezquita, M. A., Arango, A., Zwart, R., Camargo, J. C., Hernández, A., Rodríguez, A., et al. (2013). Torrefied Bamboo for the Import of Sustainable Biomass from Colombia. ECN-E--15-020, Netherlands.
- Díaz-Chavez, R., Daza, C., Camargo, J. C., Londoño, X., Rosillo-Calle, F., & Zwart, R. (2013). Bamboo torrefaction in Colombia for energy uses. A Sustainability Assessment. European Biomass Conference Proceedings, Copenhagen.

- Diaz-Chavez, R. (2010). Competence Platform on Energy Crop and Agroforestry Systems for Arid and Semi-arid Ecosystems, COMPETE (EU FP6 2007-2009).
- Diaz-Chavez, R. (2015). Assessing sustainability for biomass energy production and use. In: Rosillo-Calle, F., De Groot, P., Hemstock, S., & Woods, J. (Eds.). *The Biomass Assessment Handbook: Energy for a sustainable environment*, 2nd edition. Routledge. UK.
- DNP. (2006). Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010 - Estado Comunitario: desarrollo para todos. Bogotá, Colombia: Departamento Nacional de Planeación. Available at: [http://www.dnp.gov.co/paginas\\_detalle.aspx?idp=906](http://www.dnp.gov.co/paginas_detalle.aspx?idp=906) (accessed 05. 2014).
- Elhawary, S. (2007). Between war and peace: Land and humanitarian action in Colombia. HPG Working Paper. London: Overseas Development Institute. Available at: <http://www.odi.org.uk/resources/download/1912.pdf>
- EC. 2009. Renewable Energy Directive. European Commission. Available at: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive>
- FAOstat. (2014). FAO statistics. <http://faostat3.fao.org/home/E>
- FAOstat. (2016). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available at: <http://faostat.fao.org/> (accessed 01.2016).
- FAOstat. (2018). Food and Agriculture Organization Statistics. <http://www.fao.org/faostat/en/#-data/RL>
- Fedepalma. (2011). La agroindustria de la palma de aceite en Colombia y en el mundo. Anuario Estadístico.
- Fedepalma. (2012). Challenges of palm oil development in Colombia. Available at: [http://rt10.rspo.org/ckfinder/userfiles/files/P4\\_3%20ens%20Mesa-Dishington%20Presentation.pdf](http://rt10.rspo.org/ckfinder/userfiles/files/P4_3%20ens%20Mesa-Dishington%20Presentation.pdf) (accessed 02.2016).
- Franke, B., Reinhardt, G., Malavelle, J., Faaij, A., & Fritsche, U. (2013). Global assessments and guidelines for sustainable liquid biofuels. A GEF targeted research project. Heidelberg/Paris/Utrecht/Darmstadt.
- García, J., Cárdenas, M., & Yáñez, E. (2010). Power Generation and Use of Biomass at Palm Oil Mills in Colombia. *Palmas*, 31(2), 41-48.
- Gadde, B., Menke, C., & Wassmann, R. (2009). Rice straw as a renewable energy source in India, Thailand, and the Philippines: overall potential and limitations for energy contribution and greenhouse gas mitigation. *Biomass & Bioenergy*, 33(11), 1532-1546.
- Ghazoul, J. (2015). Good news and bad news for oil palm smallholders. Zukunftsblog. Available at: <https://www.ethz.ch/en/news-and-events/eth-news/news/2015/04/good-news-and-bad-news-for-oil-palm-smallholders.html> (accessed 02.2016).
- Grueso, L., Mow, J. M., Robinson, D. D. & Viáfara C. A. (2007). Plan Integral de Largo Plazo para la Población Negra /Afrocolombiana, Palenquera Y Raizal: Propuestas para el Capítulo de Fortalecimiento de los Grupos Étnicos y de las Relaciones Interculturales del Plan Nacional de Desarrollo 2006- 2010. Bogotá, Colombia: Departamento Nacional de Planeación.
- Grusczyński, D. M. & Jaramillo, F. (2002). Integrating land issues into the broader development agenda, case study: Colombia. Paper prepared for presentation in the Regional Workshop on Land, World Bank, Pachuca, México. Available at: <http://www.landnetamericas.org/docs/Integrating%20Land%20Issues%20Colombia.pdf>
- GTZ. (2002). Producing electricity from renewable energy source: energy sector framework in 15 countries in Asia, Africa and Latin America.

- IDEAM. (2004). Informe anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Bogotá.
- IEA. (2016). International Energy Agency Statistics. Available at: <http://www.iea.org/statistics/> (accessed 02.2016).
- IEA. (2018). International Energy Agency Statistics. Available at: <https://www.iea.org/statistics/?-country=COLOMBIA&year=2016&category=Key%20indicators&indicator=TPESbySource&mode=chart&categoryBrowse=true&dataTable=BALANCES&showDataTable=true>
- IFC. (2013). Diagnostic study on Indonesian oil palm smallholders: Developing a better understanding of their performance and potential. International Finance Corporation. Available at: [http://www.aidenvironment.org/media/uploads/documents/201309\\_IFC2013\\_Diagnostic\\_Study\\_on\\_Indonesian\\_Palm\\_Oil\\_Smallholders.pdf](http://www.aidenvironment.org/media/uploads/documents/201309_IFC2013_Diagnostic_Study_on_Indonesian_Palm_Oil_Smallholders.pdf) (Accessed 02.2016).
- ILO. (2007). Equality at work: Tackling the challenges. Global Report under the follow-up of the ILO Declaration on Fundamental Principles and Rights at Work, Geneva: International Labour Organization.
- ILO. (2016). International Labour Organization. Available at: <http://www.ilo.org/global/about-the-ilo/lang--en/index.htm> (accessed 02-2016).
- IOM. (2006). Dimensiones de la trata de personas en Colombia. International Organization for Migration, Bogota. Available at: [http://www.oit.org.pe/ippec/documentos/oim\\_trata\\_col.pdf](http://www.oit.org.pe/ippec/documentos/oim_trata_col.pdf). (accessed 05.2014).
- IRENA. (2013). Renewable Energy and Jobs. Available at: <http://www.irena.org/rejobs.pdf> (accessed 04.2016).
- LAR. (2014). Land and Rights in Troubled Water. Project LAR. Available at: <http://landsandrights.blog.com/cauca-valley/> (accessed 05.2014).
- Lasse, T., & Bertule, M. (2009). Sustainability of smallholder palm oil production in Indonesia. Roskilde University Department of Society and Globalization. International Development Studies.
- MADR. (2014). Atlas de Biomasa Residual. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia.
- McAlpine, C., Etter, A., Fearnside, P., Seabrook, L. & Laurance, W. (2009). Increasing world consumption of beef as a driver of regional and global change: a call for policy action based on evidence from Queensland (Australia), Colombia and Brazil. *Global Environmental Change*, 19, 21–33.
- Mel, M., Ihsan, I., & Adesta, Y. (2010). Biogas Energy Potential in Riau, Indonesia. Kuala Lumpur, Malaysia: International Islamic University Malaysia.
- NL Agency. (2013). Biomass opportunities in Colombia. Ministerio de Relaciones Exteriores.
- Sandker, M., Suwarno, A., & Campbell, B. (2007). Will forests remain in the face of oil palm expansion? Simulating change in Malinau, Indonesia. *Ecology and Society*, 12(37). Available at <http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss2/art37> (accessed 02.2016).
- Seeboldt, S., & Salinas, Y. (2010). Responsabilidad y sostenibilidad de la industria de la palma. Son factibles los principios y criterios de la RSPO en Colombia. Available at: [www.setianworks.net/indepazHome/index.php?id](http://www.setianworks.net/indepazHome/index.php?id)
- The Partnerships' Resource Centre. (2011). Sustainable palm oil production for smallholders. Available at: [https://www.rsm.nl/fileadmin/Images\\_NEW/Faculty\\_Research/Partnership\\_Resource\\_Centre/Cases/case\\_palm-oil\\_final.pdf](https://www.rsm.nl/fileadmin/Images_NEW/Faculty_Research/Partnership_Resource_Centre/Cases/case_palm-oil_final.pdf) (accessed 02.2016).
- UNHabitat. (2005). Land tenure, housing rights and gender in Colombia. Available at: <https://www.>

- un.org/ruleoflaw/files/Law,\_Land\_Tenure\_and\_Gender\_Colombia.pdf (accessed 02.2016).
- USAID (year unknown). Property rights and resource governance: Colombia. Available at: [http://www.usaidlandtenure.net/sites/default/files/country-profiles/full-reports/USAID\\_Land\\_Tenure\\_Colombia\\_Profile.pdf](http://www.usaidlandtenure.net/sites/default/files/country-profiles/full-reports/USAID_Land_Tenure_Colombia_Profile.pdf).(accessed 02.2016).
- U.S. Embassy, Bogota, reporting, March 5, 2007.
- U.S. Department of State. Country Reports on Human Rights Practices 2005 - Colombia, Section 6b, Washington, D.C., March 8, 2006. Available at: <http://www.state.gov/g/drl/rls/hrrpt/2005/61721.htm>.
- Viáfara, C. A. (2007). Plan Integral de Largo Plazo para la Población Negra, Afrocolombiana, Palenquera y Raizal: Consultoría Desarrollo Económico – Género. Bogotá, Colombia: Departamento Nacional de Planeación.
- World Bank. (2011). The World Bank Group Framework and IFC Strategy for Engagement in the Palm Oil Sector. Available at: [http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/159dce004ea3bd0fb359f71dc0e8434d/WBG+Framework+and+IFC+Strategy\\_FINAL\\_FOR+Web.pdf?MOD=AJPERES](http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/159dce004ea3bd0fb359f71dc0e8434d/WBG+Framework+and+IFC+Strategy_FINAL_FOR+Web.pdf?MOD=AJPERES). (accessed 02.2016].
- World Bank. (2016a). <http://www.worldbank.org/> (accessed 01.2016).
- World Bank. (2016b). *Commodity markets*. Available at: <http://www.worldbank.org/en/research/commodity-markets> (accessed 04.2016].
- Bulanon, D. M., Burks, T. F., Kim, D. G., & Ritenour, M. A. (2013). Citrus black spot detection using hyperspectral image analysis. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 15(3), 171-180.
- Camps-Valls, G., & Bruzzone, L. (2005). Kernel-based methods for hyperspectral image classification. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 43(6), 1351-1362.
- Chang, C. I. (2007). *Hyperspectral data exploitation: Theory and applications*. John Wiley & Sons.
- Chang, C. I. (2003). *Hyperspectral imaging: Techniques for spectral detection and classification*. New York: Kluwer Academic Publishers.
- Cui, S., Ling, P., Zhu, H., & Keener, H. (2018). Plant pest detection using an artificial nose system: A review. *Sensors*, 18(2), 378.
- Delalieux, S., Aardt, J., Keulemans, W., Schrevels, E., & Coppin, P. (2007). Detection of biotic stress (*Venturia inaequalis*) in apple trees using hyperspectral data: Non-parametric statistical approaches and physiological implications. *European Journal of Agronomy*, 27(1), 130-43.
- Del Fiore, A., Reverberi, M., Ricelli, A., Pinzari, F., Serranti, S., Fabbri, A.A., et al. (2010). Early detection of toxigenic fungi on maize by hyperspectral imaging analysis. *International Journal of Food Microbiology*, 144(1), 64-71.
- Dhau, I., Adam, E., Mutanga, O., & Ayisi, K. K. (2018). Detecting the severity of maize streak virus

# Productos de alto valor agregado a partir de la tusa de palma de aceite\*

## High Valuable-Added Products from Oil Palm Empty Fruit Bunches

**AUTORES:** Jennifer Laverde<sup>1</sup>, Natalia Pino<sup>1</sup>, Andrey Escobar<sup>2</sup>, Mariana Peñuela<sup>2</sup>, Jaime Gallego<sup>1</sup>, Magdalena Titirici<sup>3</sup> y Diana López<sup>1</sup>

**CITACIÓN:** Laverde, J., Pino, N., Escobar, A., Peñuela, M., Gallego, J., Titirici, M., & López, D. (2019). Productos de alto valor agregado a partir de la tusa de palma de aceite. *Palmas*, 40 (Especial, Tomo II), 119-128.

**PALABRAS CLAVE:** tusa, etanol, ácido láctico, furfural, nanotubos de carbono, supercapacitores.

**KEYWORDS:** EFB, ethanol, lactic acid, furfural, carbon nanotubes, supercapacitors.

1 Química de Recursos Energéticos y Medio Ambiente, Instituto de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia.

2 Grupo de Bioprocesos, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia.

3 Materials Research Institute, Queen Mary University of London.

\*Artículo original recibido en español.



**DIANA LÓPEZ**

Coordinadora Grupo Química de Recursos Energéticos y Medio Ambiente, Instituto de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia Colombia

## Resumen

En Colombia existe una gran disponibilidad de residuos agroindustriales. Un estudio reciente estima que se generan alrededor de 72 millones de t/año. En el proceso de extracción del aceite de palma, se calcula que procesar 1M t/año produce igual porción de tusa, con un alto contenido hemicelulósico (Fedepalma, 2017), como también de holocelulosa, fuente potencial para producir productos de valor agregado como son químicos o precursores de combustible, que se obtienen actualmente del refinamiento del petróleo. Esta enorme cantidad de biomasa residual necesita de un uso alternativo para agregar valor a la agroindustria de la palma de aceite.

Esta investigación ha evaluado diferentes vías para convertir la tusa en productos valiosos, como bioetanol, ácido láctico, nanotubos de biocarbono, furfural y electrodos para supercapacitores. El bioetanol y el ácido láctico, excelentes candidatos como combustible líquido y químico, se coprodu-

ieron a partir de la hidrólisis y la fermentación de la tusa, obteniendo rendimientos de 302 L/tonelada de tusa seca y 140 L/tonelada de tusa seca, respectivamente. Además, el bioetanol se usó como fuente de carbono para la producción de nanotubos de biocarbono mediante deposición química de vapor, empleando un reactor de lecho fluidizado y un mineral de hierro como catalizador. Los nanotubos de carbono multipared poseen propiedades especiales que los hacen un material muy innovador para las aplicaciones en la nanotecnología.

En otra vía interesante, la tusa se convirtió en furfural mediante hidrólisis ácida, logrando un rendimiento máximo del 25 % con respecto al peso inicial de la biomasa seca. El furfural es una molécula plataforma para la producción de sustancias químicas de valor agregado como: ciclopentanol, alcohol furfurílico, ciclopentanona, furano y de precursores de combustible como el 2-metilfuran. Finalmente, para completar nuestro concepto de biorrefinería, los electrodos para supercapacitores se sintetizaron mediante la carbonización hidrotermal de la tusa a 800 °C, seguido de la activación con sales fundidas y  $\text{KNO}_3$ , obteniéndose un material carbonoso con alta área superficial y una distribución de tamaño de microporo-mesoporo. Este material también presentó una alta capacitancia específica y una alta velocidad de carga-descarga, lo que lo convierte en un potencial dispositivo para almacenamiento de energía.

## Abstract

In Colombia there is a high availability of biomass residues, a recent study estimates that around 72 million tons/year of agroindustrial waste are generated. The process of extracting African palm oil generates a large amount of waste, it is estimated that processing 1M ton/year of palm oil produces the same amount of empty fruit bunches (EFB), which has a high hemicellulosic content. This huge amount of residual biomass needs an alternative use to add value to the oil palm agroindustry. The residues of palm oil, specifically the EFB, have a considerable content of holocellulose, which are potential sources to produce value-added products such as chemicals or fuel precursors that are currently obtained from the refining of petroleum.

With this in mind, this research has evaluated different ways to convert the EFB into valuable products, such as bioethanol, lactic acid, biocarbon nanotubes, furfural and electrodes for supercapacitors. Bioethanol and lactic acid, excellent candidates as liquid and chemical fuel, were co-produced from the hydrolysis and fermentation of the EFB, obtaining yields of 302 L / ton of dry matter and 140 L / ton of dry matter, respectively. In addition, the bioethanol was used as a carbon source for the production of biocarbon nanotubes by chemical vapor deposition, using a fluidized bed reactor and an iron ore as a catalyst. The multiwall carbon nanotubes have special properties that make them a very innovative material for applications in nanotechnology.

In another interesting route, the EFB was converted to furfural by acid hydrolysis, obtaining a maximum yield of 25% with respect to the initial weight of the dry biomass. Furfural is a platform molecule for the production of value-added chemicals such as cyclopentanol, furfuryl alcohol, cyclopentanone, furan and fuel precursors such as 2-methylfuran. Finally, to complete our biorefinery concept, the electrodes for supercapacitors were synthesized by hydrothermal carbonization of the EFB at 800 ° C, followed by activation with molten salts and  $\text{KNO}_3$ , obtaining a carbonaceous material with high surface area and a size distribution of micropore-mesopores. This material also presented a high specific capacitance and a high charge-discharge rate, which make this electrode a potential device for energy storage.

## Introducción

En la actualidad, debido a la preocupación por la contaminación atmosférica en los centros urbanos, causada por el uso de combustibles fósiles, al carácter no renovable de estos y a las fluctuaciones en el precio del crudo, han surgido alternativas o tecnologías que buscan mitigar estos efectos. Una es el uso de fuentes renovables. En Colombia existe una gran disponibilidad de residuos de biomasa y se estima que se generan alrededor de 72 millones de t/año de residuos agroindustriales. Dada la composición de estos residuos lignocelulósicos es posible transformarlos en productos de valor agregado. Hoy en día, el etanol es el combustible líquido renovable más importante en el sector transporte, con cifras de producción globales cercanas a los 100 millones de m<sup>3</sup> en los últimos cinco años (U.S. Department of Energy, 2018). En el caso colombiano, en 2017 se totalizó una producción de 389 millones de litros (Fedebiocombustibles, 2018). Este etanol se produce a partir de materias primas ricas en almidón como el maíz o la yuca, o de fuentes azucaradas como la caña de azúcar y la remolacha azucarera. Dichas materias primas se consideran de primera generación debido a que también son utilizadas como alimentos. La biomasa lignocelulósica, constituida por celulosa, hemicelulosa y lignina, puede emplearse para la producción de etanol. El uso de esta como fuente de carbono para el proceso en lugar de los sustratos tradicionales, como almidón o melaza, presenta ventajas en términos de costos y de la no competencia con la alimentación humana. Sin embargo, los lignocelulósicos requieren etapas adicionales de pretratamiento e hidrólisis para la conversión de los carbohidratos complejos, celulosa y hemicelulosa, que no son asimilables por los microorganismos productores, en carbohidratos simples como glucosa y xilosa que sí pueden usarse como fuentes de carbono para la fermentación.

En Colombia, una de las biomásas lignocelulósicas más abundantes son los residuos de la agroindustria de la palma de aceite. En 2017 se produjeron alrededor de 1,6 millones de toneladas (Fedepalma, 2017), lo que generó una cantidad aproximadamente igual de residuos, entre ellos la conocida tusa o racimos de fruta vacíos (EFB). Actualmente no existe un uso real para estos residuos, pero está el potencial de utilizar-

los como materia prima para la producción de etanol. Adicional a esto también está la producción de ácido láctico, un compuesto muy versátil, utilizado en las industrias química, farmacéutica, de alimentos y de plástico. Dada su excelente reactividad, el ácido láctico puede sufrir una serie de conversiones químicas en productos potencialmente útiles como óxido de propileno, propilenglicol, 2,3-pentane-diona, ésteres de lactato, alanina y los ácidos acrílico, propiónico, acético y pirúvico (Ding & Tan, 2006). Recientemente ha habido un considerable incremento en la demanda de ácido L(+)-láctico para la producción de ácido poliláctico (APL), un polímero biodegradable cuyas aplicaciones van desde material para empaque y fibras textiles, hasta usos biomédicos. Una de las principales dificultades en la producción a gran escala del ácido láctico es el costo de las materias primas, siendo de interés encontrar nuevos medios para mejorar la economía del proceso.

El etanol además de ser un biocombustible, también es un compuesto que mediante descomposición catalítica, permite la producción de nanotubos de carbono e hidrógeno. Actualmente los de carbono son de especial interés, debido a las propiedades que exhiben, como por ejemplo: semiconductividad, alta resistencia mecánica, flexibilidad y su alta estabilidad térmica, además de la amplia gama de aplicaciones en nanotecnología y en la optimización de procesos, aspecto que va de la mano con la química verde. El uso del hierro como precursor de catalizadores para la síntesis de nanotubos de carbono es ampliamente conocido y existen diversos reportes que evidencian un alto rendimiento cuando estos materiales son empleados (Wu *et al.*, 2018; Dündar-tekkaya & Karatepe, 2011).

Dada la cantidad de hemicelulosa presente en la tusa de palma de aceite, compuesta principalmente por xilosa, es posible transformar este residuo en furfural a través de reacciones catalizadas por ácidos. El furfural es una plataforma química de interés para la producción de productos químicos (furfuril alcohol, tetrahydrofurfuril alcohol, tetrahydrofurano) y precursores de combustible (furano, metilfurano). Entre las tecnologías de pretratamiento existentes para producir furfural a partir de la biomasa lignocelulósica, el que se realiza con ácido se considera uno de los métodos más rentables y eficaces.

La mayoría de las fuentes de energía renovables son intermitentes y, por lo tanto, se necesitan estrategias de almacenamiento. Actualmente, las baterías secundarias son los sistemas más utilizados. Estas tienen una alta densidad de energía, pero baja densidad de potencia. Dado que almacenan energía químicamente, tanto los electrolitos como los electrodos sufren cambios fisicoquímicos durante la carga y la descarga, lo que conduce a una baja ciclabilidad y una corta vida útil, limitando sus aplicaciones en almacenamiento de energía (Abioye & Ani, 2015). Contrario a las baterías, los supercapacitores tienen mayor densidad de potencia y exhiben ciclos de vida largos, alta ciclabilidad y son más seguros. No obstante, su utilidad en el almacenamiento de energía está limitada por su baja densidad de energía, resistencia en serie relativamente elevada y alto costo. Sin embargo, la capacitancia específica puede ser mejorada encontrando materiales para electrodos con porosidad interconectada, conductividad eléctrica y alta área superficial. Los electrodos basados en materiales carbonosos tienen gran conductividad eléctrica y estabilidad térmica, excelente resistencia a la corrosión, distribución de poros adaptable, área superficial relativamente alta, bajo costo y compatibilidad satisfactoria con una serie de componentes en la fabricación de materiales compuestos (Enock *et al.*, 2017).

Entre todos los materiales de electrodo actualmente explorados, los carbonos derivados de biomasa tienen un gran potencial, debido a su bajo costo, técnicas fáciles de procesamiento, estabilidad y versatilidad de morfologías, composiciones y propiedades mecánicas (Herou *et al.*, 2018). Por lo tanto, el uso de residuos de la palma de aceite para producir un material carbonoso con propiedades especiales para su aplicación como electrodos para sistemas de almacenamiento de energía, es una excelente opción. La carbonización hidrotermal es un proceso de conversión termoquímica que utiliza medios acuosos para convertir la biomasa en productos de alto valor. Este proceso emplea menos energía que el de pirólisis porque se lleva a cabo en un rango de temperatura de 150-350 °C. El alto contenido de agua en los residuos de biomasa de palma de aceite es adecuado para los procesos hidrotérmicos, porque no requiere la operación de secado de las materias primas (Choi *et al.*, 2018).

Esta investigación demuestra cómo la tusa puede ser transformada en diferentes productos de valor agregado como son: (1) el etanol y el ácido láctico, a partir de procesos de pretratamiento e hidrólisis para maximizar el rendimiento a azúcares fermentables y posterior fermentación; (2) producción de nanotubos de biocarbono mediante la descomposición catalítica de etanol; (3) obtención de furfural por el pretratamiento con ácido asistido por microondas, y (4) la obtención de electrodos para supercapacitores mediante la carbonización hidrotermal de la tusa.

## Productos de valor agregado a partir de la tusa

Las muestras de tusa fueron suministradas por Palmaceites S.A. (Santa Marta, Colombia). La tusa se trituró y secó a 105 °C durante 24 h para eliminar la humedad. Se realizó un análisis composicional donde se determinó que el contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina fue de 47,5; 28,1 y 13,1 wt%, respectivamente.

### Producción de etanol

Se realizó un pretratamiento alcalino con una relación líquido/sólido (entre 5 y 20), concentración de hidróxido de sodio (entre 1 y 5 %p/p) y tiempo de reacción (entre 30 y 120 minutos). Las variables y niveles de los factores se eligieron de acuerdo con experimentación previa y reportes en literatura. La variable respuesta escogida fue la concentración de etanol en el caldo de cultivo (g/L). Luego se realizó la hidrólisis enzimática utilizando una carga de sólidos (5-20 %) y de carga enzimática (entre 10 y 60 FPU/g). Se pesó la cantidad de sólido en un matraz Erlenmeyer de 100 mL y se adicionó solución tampón citrato 0,05 M pH 4,8 hasta completar el volumen requerido. Después de la etapa de esterilización, se adicionó el complejo enzimático CEB3L (Sinobios, Shanghái). El sistema permaneció en hidrólisis por 48 horas a 50 °C y agitación de 180 rpm. Pasado este tiempo se adicionó levadura activa seca (Levapán) a una concentración de 2g/L y se dejó el sistema en anaerobiosis mediante trampa de agua. Las condiciones de fermentación fueron temperatura de 37 °C y agitación de 150 rpm. El sistema estuvo en fermentación por 48 horas. La

cuantificación de productos se realizó por cromatografía gaseosa (etanol) y líquida (azúcares).

El estudio arrojó como mejores condiciones en el pretratamiento alcalino una relación líquido/sólido de 5, una concentración de NaOH de 5 %, una temperatura de 120 °C y 30 min. Las mejores condiciones para realizar la hidrólisis enzimática, basados en el rendimiento a etanol fueron, carga enzimática: 60 FPU/g y carga sólidos: 5 % p/p, con un rendimiento de 302 L de etanol por tonelada de tusa seca. La Tabla 1 presenta una comparación del rendimiento a etanol obtenido en este estudio con otros reportados en la literatura para la misma biomasa.

## Producción ácido láctico

Dada la complejidad de los componentes estructurales de los residuos lignocelulósicos de la tusa, se hace necesario acondicionar esta biomasa mediante tratamientos físico-químicos, que permitan mejorar el acceso a la celulosa y hemicelulosa embebida en la matriz lignocelulósica, para que de esta manera, en la posterior etapa de hidrólisis, se genere la mayor cantidad de carbohidratos fermentables. La tusa fue sometida a pretratamiento alcalino bajo las siguientes condiciones: relación sólido:líquido de 5, concentración de NaOH de 5 % p/p, 120 °C y 30 min, logrando

obtener el mayor rendimiento a azúcares con un valor de 441 Kg/t material seco.

Después del pretratamiento se adicionó 10 % v/v de la cepa NCIMB 9282, y se dejó el sistema en anaerobiosis mediante trampa de agua y burbujeo de nitrógeno. Las condiciones de fermentación fueron 37 °C y agitación de 150 rpm. El sistema estuvo en fermentación por 72 horas. Con este procedimiento se obtuvo un rendimiento de ácido láctico de 140 L/t tusa seca.

La Tabla 2 presenta una comparación de los resultados alcanzados en este proyecto, con otros estudios reportados en literatura para la tusa.

## Producción de nanotubos de carbono

En esta investigación se sintetizaron nanotubos de carbono de pared múltiple, empleando como catalizador un mineral de hierro colombiano y partiendo de bioetanol como fuente de carbono. Los nanotubos se obtuvieron por deposición química de vapor (cvd, por su sigla en inglés) en un reactor de cuarzo de lecho fluidizado a 900 °C por 30 min, con un flujo de bioetanol de 2,0 mL/min y con argón como gas de arrastre. Los nanotubos de carbono fueron caracterizados por microscopía electrónica de barrido (SEM,

**Tabla 1.** Resultados globales reportados en literatura.

Estudio	Condiciones	Rendimiento a etanol (L/t material)
Este trabajo	Relación LS:5, 5 % NaOH, 120 °C, 30 min	302
Chiesa & Gnansounou (2014)	161 °C; 9,4 min y 1,51 % ácido	128
Christia <i>et al.</i> (2016)	NaOH 2 %, 4 h a 30 °C, relación LS:10. Segundo calentamiento a 121 °C, 6 min.	110
Piarpuzán <i>et al.</i> (2016)	8 % NaOH, LS:20 mL, 100 °C, 90 min	130

**Tabla 2.** Resultados globales para la producción de ácido láctico a partir de residuos lignocelulósicos.

Estudio	Resultados obtenidos
Este estudio	35 g/L; 140 Kg/t material seco; 0,8g/L/h
Ye <i>et al.</i> (2014)	80,6 g/L; 3,4 g/L/h
Wang <i>et al.</i> (2018)	53,5 g/L; 2,97 g/L/h
Cui <i>et al.</i> (2011)	17,7 g/L; 0,49 g/L/h

por su sigla en inglés) y de transmisión (TEM, por su sigla en inglés).

La Figura 1 presenta las micrografías que evidencian la presencia de nanotubos de carbono formados a partir de bioetanol. En las zonas delimitadas por las líneas rojas se observa aún presencia de catalizador debido a que este no es retirado del material después de la reacción. Por otro lado, se realizó caracterización de los nanotubos de carbono por medio de microscopía TEM, para observar la formación de las multicapas de los que crecen a partir de una partícula de hierro. El diámetro interno varió de 22,9 nm a 34,5 nm.

## Producción de furfural

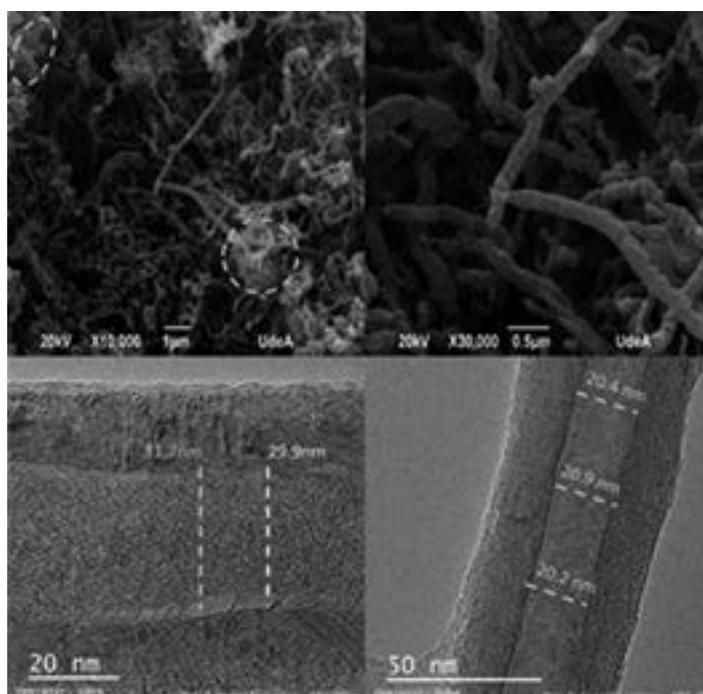
Para la obtención del furfural se empleó la tusa seca y triturada sin tratar y tratada con ácido a las diferentes condiciones de reacción. Luego se caracterizó por análisis termogravimétrico (TGA). La conversión catalizada por ácido de la tusa se llevó a cabo en un sistema de extracción por microondas (MicroSYNTH, Milestone) equipado con seis recipientes de reacción. Los tratamientos se realizaron con diferentes ácidos (HCl-37 % y CH<sub>3</sub>COOH-99,7 %, de Sigma-Aldrich), bajo distintas temperaturas (180 °C y 160 °C) y tiempos de reacción (10, 20 y 30 min). En cada recipiente

se colocaron 700 mg de tusa y luego se añadieron 55 ml de agua acidificada (concentración de ácido de 0,1 M y 0,5 M), manteniendo la misma proporción de sólido: líquido (1:100). Los recipientes de reacción se agitaron constantemente. Después de cada reacción, el líquido obtenido se analizó por GC-MS y la biomasa se caracterizó por TGA.

La tusa tiene un alto contenido de celulosa y hemicelulosa (48 % y 28 %, respectivamente) en comparación con biomasa típicas que se han investigado en la literatura como la cascarilla de arroz (39 % y 23 %, respectivamente) y el aserrín de madera de pino (40 % y 26 %, respectivamente) (Wang *et al.*, 2018; Chen *et al.*, 2008).

El efecto de variables como el tiempo de reacción, la concentración de ácido y la temperatura sobre el rendimiento hacia furfural a partir de la tusa, fue detalladamente estudiado tal como se muestra en la Tabla 3. En esta se observa que el tiempo de reacción de 20 min es adecuado para la conversión de la tusa hacia furfural a las condiciones de temperatura de 180 °C y concentración de HCl de 0,1M. Es importante denotar que el aumento en el tiempo de residencia de 20 a 30 minutos, al igual que en la concentración de ácido de 0,1 M a 0,5 M, disminuyó el rendimiento de furfural como consecuencia de la formación de oligómeros.

**Figura 1.** Análisis SEM y TEM para los nanotubos de carbono obtenidos a partir de bioetanol como fuente de carbono.



**Tabla 3.** Rendimiento de furfural de la tusa, vía diferentes tratamientos ácidos.

Tratamientos	Rendimiento furfural (%)
HCl (0,1M) 10 min, 180 °C	19
HCl (0,1M) 20 min, 180 °C	25
HCl (0,1M) 30 min, 180 °C	5,4
HCl (0,5M) 20 min, 180 °C	8,8
HCl (0,1M) 20 min, 160 °C	12
CH <sub>3</sub> COOH (0,1M) 20 min, 180 °C	18

Por otro lado, los resultados muestran que el HCl es mejor que el CH<sub>3</sub>COOH, a las condiciones de reacción evaluadas. Estudios previos han demostrado que el anión Cl<sup>-</sup> es el más efectivo para la conversión de xilosa y fracciones de xilano a furfural (Yemiş & Mazza, 2011). Finalmente, el efecto de la temperatura sobre la conversión de la tusa, muestra que el rendimiento hacia furfural aumenta al incrementar la temperatura, ya que la constante dieléctrica del agua disminuye, lo que hace que el disolvente sea más compatible con el furfural (mayor solubilidad de furfural).

Los resultados obtenidos mediante el análisis termogravimétrico de las muestras tratadas con ácido, evidenciaron una significativa degradación de la hemicelulosa. Dichos resultados son bastante prometedores, ya que el rendimiento máximo de furfural que se ha logrado a partir de trigo, empleando un tratamiento ácido con las mismas condiciones de reacción (180 °C, 20 min, 0,1M de HCl), es de 11 % (Yemiş & Mazza, 2011).

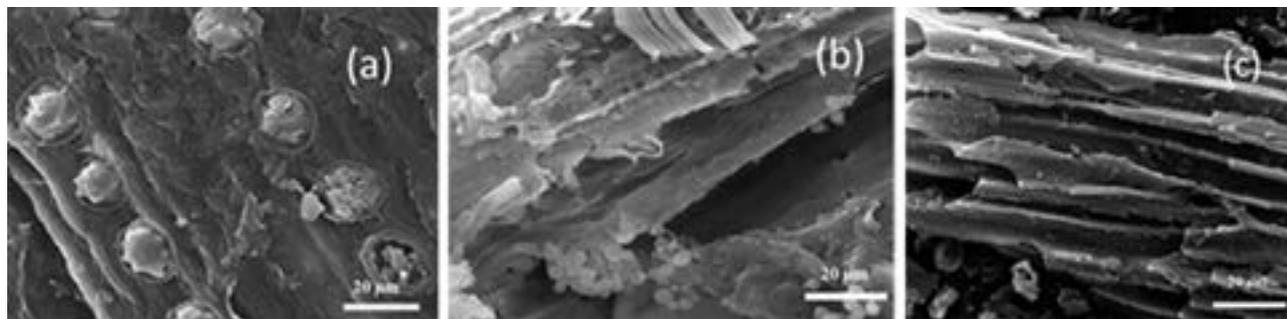
### Producción de electrodos para supercapacitores

Las tusas fueron lavadas con una solución de HCl a 60 °C por 2 horas y secadas a 120 °C por 12 h. Luego se mezclaron con agua destilada y se trataron hidrotermalmente en una autoclave a 200 °C por 24 h. El hidrochar obtenido fue activado químicamente con una mezcla eutéctica de ZnCl<sub>2</sub>+KCl a 800 °C por 2 h, seguido de una adición de KNO<sub>3</sub> en

una relación de sal:hidrochar de 2, con el propósito de incrementar el área superficial específica. El hidrochar activado (HTC3ZK2K-800) fue caracterizado por SEM y BET para determinar su morfología, el área superficial y tamaño de poro. Para evaluar el comportamiento electroquímico del material carbonoso, este se mezcló con politetrafluoroetileno y carbón super-P en etanol. La mezcla fue presionada en una espuma de Ni que actúa como colector de corriente. Después de secarse a 90 °C toda la noche en un horno de vacío, el electrodo se oprimió a 10 MPa. El supercapacitor simétrico se ensambló usando un separador de fibra de vidrio entre ambos electrodos. Las medidas electroquímicas fueron realizadas con un electrolito 1M de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> utilizando un potencióstato (VSP, BioLogic Science Instruments).

El hidrochar activado (HTC-3ZK2K-800) presenta un área superficial específica de 1.600 m<sup>2</sup>/g conformado principalmente por microporos y menor proporción de mesoporos con tamaños de poros en el rango de 0,3-3,0 nm. En la Figura 2 se muestran las micrografías de los diferentes materiales. La Figura 2a corresponde a la tusa con una morfología más regular después de lavado con HCl. Una vez se prepara el hidrochar por carbonización hidrotermal y es activado con sales fundidas, se observa la formación de una superficie más irregular con poros, característica de materiales carbonosos provenientes de biomasa (Figura 2b). Finalmente, al adicionar KNO<sub>3</sub> (Figura 2c) se evidencia mayor formación de cavidades, lo que explica la alta área superficial de este material. Dichos cambios morfológicos se deben a la descomposición de la celulosa y la hemicelulosa durante el tratamiento térmico.

**Figura 2.** Micrografías de los diferentes materiales. (a) Tusa después de tratamiento con HCl, (b) hidrochar luego de la carbonización y activación con las sales fundidas y (c) hidrochar activado con  $\text{KNO}_3$ .

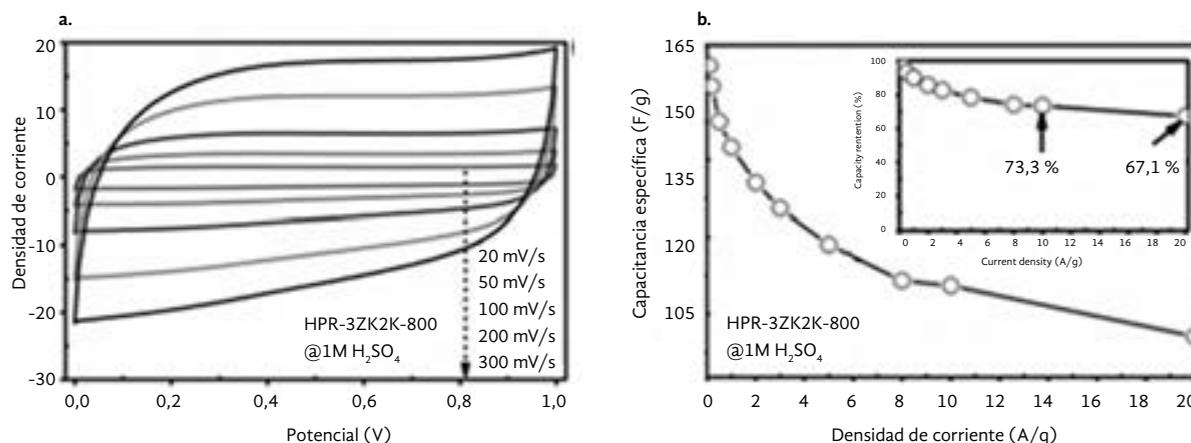


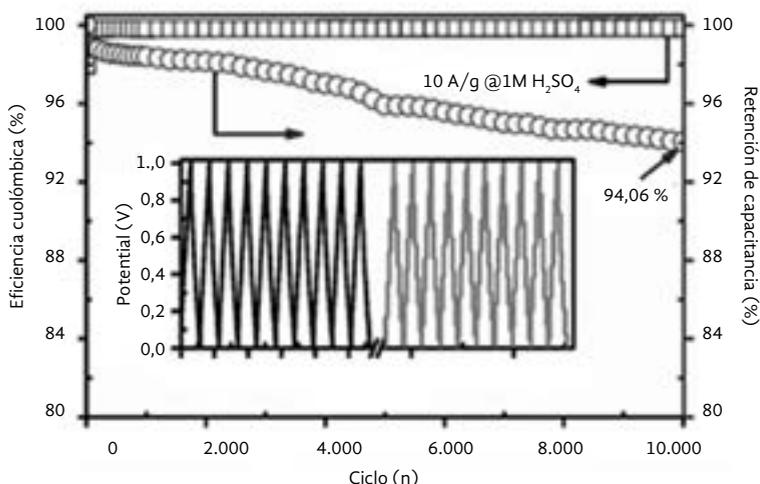
La Figura 3 muestra el desempeño capacitivo del supercapacitor basado en HTC-3ZK2K-800 en el rango de potenciales de 0 V-1,0 V. En la Figura 3a las curvas de voltametría cíclica permanecen con una forma semirrectangular, aún a una velocidad de corrido de 300mV/s, indicando una alta capacitancia específica a diferentes densidades de corriente lo que se atribuye a la existencia de mesoporos pequeños en el rango de 2,0-3,0 nm. La Figura 3b presenta las capacitancias específicas calculadas a partir de las curvas de carga y descarga galvanométricas,

dando valores entre 165 y 120 F/g a densidades de corriente de 0,1 a 10 A/g, respectivamente.

En la Figura 4 se puede observar que la eficiencia coulombica para el supercapacitor proveniente del residuo de palma, permaneció cercano al 100 % para el periodo de ciclos evaluados, indicando una alta velocidad de carga y descarga. El desempeño del ciclo de retención alcanzó un nivel representativo de 94,06 % después de 10.000 ciclos. Los resultados confirman un excelente desempeño capacitivo del electrodo obtenido a partir de la tusa de palma de aceite.

**Figura 3.** Comportamiento electroquímico del supercapacitor en un electrolito 1M  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . (a) Curvas de voltametría cíclica a diferentes velocidades de corrido de 20 a 300 mV/s. (b) Capacitancia específica variando la densidad de corriente de 0,1 a 20 A/g.





**Figura 4.** Estabilidad de ciclado a 10 A/g en 1M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. En el recuadro se presentan los primeros y los últimos 10 ciclos.

## Conclusiones

- El pretratamiento alcalino con relación líquido:sólido de 5, concentración de base del 5 % y un tiempo de 30 minutos, y una carga enzimática de 60 FPU/g y de sólidos de 5 % p/p, permitieron obtener el mayor rendimiento a etanol y a ácido láctico. Adicionalmente la generación de lignina es un valor agregado del pretratamiento alcalino que se evaluará en un próximo trabajo.
- La descomposición catalítica del bioetanol, empleando como catalizador un mineral de hierro colombiano, permitió obtener nanotubos de bio-carbono de múltiple pared con un amplio rango de aplicaciones nanotecnológicas. Adicionalmente, el hidrógeno que se produce durante el proceso será cuantificado en una investigación futura.
- Se demostró que es posible obtener un alto rendimiento de furfural (25 %, relativo a la biomasa en base seca) mediante la hidrólisis catalizada por ácido de la tusa de palma de aceite empleando como condiciones de reacción T= 180 °C, concentración de HCl de 0,1 M y tiempo de reacción de 20 min. El incremento en la concentración de ácido y tiempo de reacción, disminuye significativamente el rendimiento hacia furfural debido a la formación de oligómeros. Estos resultados demuestran que la tusa es una biomasa potencial para la ob-

tención de furfural dada su composición y sencilla extracción. Se deben realizar estudios posteriores empleando catalizadores ácidos heterogéneos, con el fin de generar un menor impacto ambiental y obtener procesos más limpios y fáciles de separar.

- Los materiales carbonosos logrados a partir de la tusa de palma de aceite mediante el método de carbonización hidrotermal y subsecuente activación con KNO<sub>3</sub>, permiten obtener electrodos con alta área superficial, con una estructura micro y mesoporosa, y con buena conductividad eléctrica, facilitando una rápida difusión de iones dentro de los electrodos y acortando la distancia de difusión desde el electrolito hacia la superficie interior. Este material exhibió un valor de capacitancia específica de 165 F/s a 0,5 A/s y un comportamiento de ciclado de larga vida de 10.000 ciclos con 96 % de retención de capacitancia aún a 10 A/s. La conversión de residuos de palma de aceite en materiales carbonosos muestra una gran perspectiva para la tecnología de supercapacitores con altos beneficios ambientales y costos efectivos para su producción a gran escala.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a Newton Fund Institutional Links, Colciencias y la Universidad de Antioquia por la financiación del proyecto: “Sustainable products from biomass” (FP44842-241-2017).

## Referencias

- Fedepalma. (2017). Con récord en producción de aceite de palma, sector palmero colombiano cierra 2017 con balance positivo. Recuperado de: <http://web.fedepalma.org/con-record-en-produccion-de-aceite-de-palma-sector-palmero-colombiano-cierra-2017-con-balance-positivo>
- U.S. Department of Energy. (2018). Alternative Fuels Data Center Maps and Data - Global Ethanol Production. Recuperado de: <https://afdc.energy.gov/data/10331?page=3>.
- Fedebiocombustibles. (2018). Producción de alcohol carburante.
- Ding, S., & Tan, T. (2006). L-Lactic acid production by *Lactobacillus casei* fermentation using different fed-batch feeding strategies. *Process Biochemistry*, 41, 1451-1454.
- Wu, F., Cao, Z., Wang, S., & Zhong, H. J. (2018). Novel and green metallurgical technique of comprehensive utilization of refractory limonite ores. *Journal of Cleaner Production*, 171, 831-843.
- Dündar-tekkaya, E., & Karatepe, N. (2011). Production of Carbon Nanotubes by Iron Catalyst. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 55.
- Abioye, A. M., & Ani, F. N. (2015). Recent development in the production of activated carbon electrodes from agricultural waste biomass for supercapacitors: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 1282-1293.
- Enock, T., Kingondu, C., Pogrebnoi, A., & Chande, Y. (2017). Status of Biomass Derived Carbon Materials for Supercapacitor Application. *International Journal of Electrochemistry*, article ID 6453420.
- Herou, S., Schlee, P., Jorge, A. B., & Titirici, M. (2018). Biomass-derived electrodes for flexible supercapacitors. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 9, 18-24.
- Choi, M. S., Park, S., Lee, H., & Park, H. S. (2018). Hierarchically nanoporous carbons derived from empty fruit bunches for high performance supercapacitors. *Carbon Letters*, 25, 103-112.
- Chiesa, S., & Gnansounou, E. (2014). Use of Empty Fruit Bunches from the Oil Palm for bioethanol production: A thorough comparison between dilute acid and dilute alkali pretreatment. *Biore-source Technology*, 159, 355-364.
- Christia, A., Setiowati, A. D., Millati, R., Karimi, K., Cahyanto, M. N., Niklasson, C., & Taherzadeh, M. J. (2016). Ethanol production from alkali-pretreated oil palm empty fruit bunch by simultaneous saccharification and fermentation with *mucor indicus*. *International Journal of Green Energy*, 13, 566-572.
- Piarpuzán, D., Quintero, J., & Cardona, C. (2016). Empty fruit bunches from oil palm as a potential raw material for fuel ethanol production. *Biomass and Bioenergy*, 35(3), 1130-1137.
- Ye, L., Hudari, M. S., Bin, L. Z., & Wu, J. C. (2014). Simultaneous detoxification, saccharification and co-fermentation of oil palm empty fruit bunch hydrolysate for L-lactic acid production by *Bacillus coagulans* J12. *Biochemical Engineering Journal*, 83, 16-21.
- Wang, Y., Cao, W., Luo, J., & Wan, Y. (2018). Exploring the potential of lactic acid production from lignocellulosic hydrolysates with various ratios of hexose versus pentose by *Bacillus coagulans* IPE22. *Biore-source Technology*, 261, 342-349.
- Cui, F., Li, Y., & Wan, C. (2011). Lactic acid production from corn stover using mixed cultures of *Lactobacillus rhamnosus* and *Lactobacillus brevis*. *Biore-source Technology*, 102(2), 1831-1836.
- Chen, M., Wang, J., Zhang, M., Chen, M., Zhu, X., Min, F., & Tan, Z. (2008). Catalytic effects of eight inorganic additives on pyrolysis of pine wood sawdust by microwave heating. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 82, 145-150.
- Yemiş, O., & Mazza, G. (2011). Acid-catalyzed conversion of xylose, xylan and straw into furfural by microwave-assisted reaction. *Biore-source Technology*, 102, 7371-7378.

# Desarrollo de proyectos de biogás en Felda Palm Industries. Reflexiones, camino a seguir y oportunidades de generación de valor para el biogás a base de aceite de palma – Bio CNG y biogás para generación de energía fuera de la red

Development of Biogas Projects in Felda Palm Industries. Reflections & Way Forward and Opportunities for Value Creation in Palm Oil Based Biogas –Bio CNG and Biogas for Off-grid Power

**CITACIÓN:** Dzulkiflee, M. R. (2019). Desarrollo de proyectos de biogás en Felda Palm Industry. Reflexiones, camino a seguir y oportunidades de generación de valor para el biogás a base de aceite de palma – Bio CNG y biogás para generación de energía fuera de la red. *Palmas*, 40 (Especial, Tomo II), 129-130.

**PALABRAS CLAVE:** bio-CNG, POME, biogás.

**KEYWORDS:** Bio-CNG, POME, biogas.



**MOHD REZA DZULKIFLEE**

Felda Palm Industries Sdn Bhd, Malaysia  
General Manager, Head of Biomass  
and Biogas. Gerente general, Jefe de  
Biomasa y Biogás  
Malasia

## Resumen

La planta de beneficio de aceite de palma genera efluentes llamados POME (por su sigla en inglés) y otros tipos de biomásas, por ejemplo racimos de fruto vacíos, cuesco de palmiste, aceite recuperado de los lodos, etc. Existen oportunidades para convertir estos subproductos de desecho en fuentes de ingreso.

FGV - Felda Palm Industries comenzó a interesarse en la generación de biogás a base de POME en el 2004. Desde entonces ha emprendido la construcción de plantas de biogás con fines energéticos, y ha explorado en el campo del biogás para generar electricidad, bio-CNG, conversión de vehículos y el futuro biogás líquido. Actualmente, FGV ha iniciado la producción de bio-CNG a base de biogás y ya cuenta con la primera planta comercial, gracias a la colaboración de Malaysian Palm Oil Board (MPOB) y Sime Darby. El bio-CNG se usa con fines energéticos industriales por medio

de diversas aplicaciones. Por ello, hemos recibido numerosos pedidos de bio-CNG y estamos explorando con otras plantas de beneficio de aceite de palma, la posibilidad de suministrar bio-CNG a nuevos clientes potenciales.

Otras formas de utilizar el biogás es la electrificación rural, que se produce del biogás que genera el POME de nuestra planta de beneficio. Este se utiliza para generar energía fuera de red para el asentamiento FELDA Umas, beneficiando a los colonos cultivadores de palma de aceite. Dicho asentamiento consta, entre otros, de residencias, colegios, estación de policía y de bomberos, almacenes y mercados. Anteriormente, recibía el servicio de energía mediante generadores diésel que se manejaban localmente.

## Abstract

The palm oil mill generates byproducts which is POME and other types of biomass byproducts; eg: empty fruit bunch, palm kernel shells, sludge oil, etc. Opportunities are available to generate these byproducts from waste to wealth.

FGV started to look into biogas generation from POME in 2004 and from there have started to embark into the construction of biogas plants; for the purpose of energetic purpose, biogas to electricity, bio- CNG, the exploration of vehicle conversion using biogas and future liquefied biogas. Currently FGV embarks on bio-CNG from biogas whereby it has its first commercial bio-CNG with the collaboration with MPOB and Sime Darby. Bio-CNG is used for industrial energetic purpose via certain industrial application. Due to this we have already had more enquiries on usage of bio-CNG and exploring at other palm oil mills to supply bio-CNG to potential new clients.

Other ways of using biogas is via rural electrification whereby electricity is produced from biogas generated from our palm oil mill's POME and is used for off-grid power to power up the FELDA Umas settlement for the benefit of the oil palm settlers. The settlement consists of houses, schools, police station, fire station, shops and market among others. Previously the settlement was powered-up using diesel generator sets which was operated internally.

# Comercialización de energía a partir de biomasa- Modelo de negocio\*

## Marketing of Biomass Derived of Energy - Business Model

**CITACIÓN:** Valencia, J. F. (2019). Comercialización de energía a partir de biomasa - Modelo de negocio. *Palmas*, 40 (Especial, Tomo II), 131-134.

**PALABRAS CLAVE:** comercialización, generación de energía eléctrica, biomasa, negocio.

**KEYWORDS:** Marketing, generation of electric power, biomass, business.

\*Artículo original recibido en español.



**JAIME FERNANDO VALENCIA CONCHA**  
Líder de Promoción de Valor Agregado  
Added Value Promotion Leader  
Fedepalma  
Colombia

## Resumen

La energía producida usando el vapor generado por la combustión de los subproductos del procesamiento de la palma de aceite, es energía excedente disponible para la comercialización por los canales usualmente dispuestos en el Sistema Interconectado Nacional. El beneficio obtenido está ligado al aprovechamiento de las diferentes opciones de contratos a acordar con los sujetos establecidos en la reglamentación y normatividad eléctrica. La agroindustria de la palma de aceite con el potencial de instalar 340 MW, generados en las zonas rurales de todo el país, tiene diferentes alternativas para optimizar la venta de excedentes. Estas van desde la creación de grupos empresariales comercializadores de energía en el Sistema Eléctrico Nacional, hasta soluciones particulares para plantas de procesamiento y comunidades o empresas asociadas.

La palma es energía y es el momento de aprovechar ese potencial. El modelo desarrollado por Fedepalma para la generación y venta de excedentes de energía eléctrica producida con el biogás, está incluido en el proyecto Sombrilla MDL aprobado por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC, por su sigla en inglés) en el 2009, para reconocer los bonos de carbono que se obtienen al mitigar el gas metano de la digestión de los efluentes del procesamiento. El valor local de los bonos de carbono MDL para proyectos en operación en Colombia, tiene como base la opción de las empresas sujetas del pago del impuesto al carbono, de ser carbono neutro como lo indica el Decreto 926 de 2017.

## Abstract

Energy from steam produced by combustion of by-products from oil palm processing is surplus energy available for sale through channels usually deployed in the National Interconnected System, and the derived benefit may be used under the various contract options to be agreed upon with the subjects set forth in the power regulations and legislation. Oil palm agribusiness, with its potential generation capability of 340 MW in rural areas throughout the country, has different options to optimize the sale of surpluses. These range from the creation of energy trading enterprises within the National Power System, to stand alone solutions for mills and communities or associated individual enterprises.

Oil palm is energy and the time has come to harness that potential! The model developed by Fedepalma for the generation and sale of biogas-derived electric energy surpluses is included in the Umbrella Fedepalma CDM sectorial project approved by UNFCCC in 2009 to recognize carbon credits obtained as a result of mitigation of methane gas emissions from digestion of process effluents. The local value of CDM carbon credits for projects under way in Colombia, is based on the option available to companies required to pay carbon taxes of becoming carbon neutral as pursuant to Decree 926 of 2017.

□

El modelo de negocio para generar energía eléctrica desde las 69 plantas extractoras de aceite de palma en el país, usando como combustible los subproductos del mismo y el biogás producido de la digestión anaeróbica del efluente de la planta, es la manera de aprovecharlos eficientemente y generar ingresos adicionales. Con la comercialización de los excedentes de energía eléctrica y el uso de energía renovable de bajo costo en las operaciones de la planta, la agroindustria de la palma de aceite se hace más productiva y rentable.

Actualmente, en Colombia se requiere asegurar la generación de energía eléctrica, con nuevos proyectos que inicien operaciones entre 2019 y 2022, para suplir las necesidades que no podrá cubrir Hidroituango, al menos por los tres próximos años. La implementación de proyectos de generación de

energía en la palma aceite permitirá comercializar excedentes a la red interconectada en plazos tan cortos como 18 meses, que es el tiempo que puede requerir la construcción de un proyecto una vez tomada la decisión de iniciar.

La energía aprovechable de una capacidad de generación de energía eléctrica, llamada “energía en firme” cuando es con biomasa, equivale a la que realiza una planta térmica, que significa aprovechamientos de la capacidad instalada del 90 %, lo que no ocurre aún con la energía basada en fuentes hidráulicas que es de 40 %, eólicas 35 % y solar 20 %. Según estos porcentajes, de las distintas fuentes de generación de energía en la canasta del país, son la biomasa y la térmica las que mejor utilizan el total de la capacidad de generación instalada.

Se ha estimado que la capacidad posible a instalar para el total de las plantas de procesamiento de palma de aceite es de 340 MW, distribuidos en la Zona Oriental con 136 MW, la Norte con 92 MW, la Central con 95 MW y 17 MW en la Suroccidental. Estas capacidades instaladas de generación operan al máximo en el primer semestre del año, con la alta disponibilidad de biomasa y biogás que se obtiene en el punto máximo de la cosecha de fruto de palma. La operación en el primer semestre tiene una ventaja: es complementaria con la energía hidráulica, que se reduce en este periodo a causa del tiempo seco, haciendo también que se paguen mayores precios por kWh, que en el segundo semestre cuando las represas están con toda su capacidad de agua almacenada.

Se ha calculado que de cada tonelada de racimos de fruto de palma que ingresa al proceso, se pueden obtener hasta 185 kWh que cubren adecuadamente la demanda de energía eléctrica del proceso de aceite de palma, permitiendo a la planta ser autosuficiente. El excedente de energía eléctrica a ofrecer a la red, comercializar o usar en proyectos anexos son 163 kWh, el 88 % de la energía generada.

## ¡La palma es energía!

Solo una octava parte del potencial total de la energía eléctrica generada en una planta de beneficio es requerida por toda la operación. El excedente, ocho veces la energía consumida, está disponible para ser comercializada y entregada a la red interconectada nacional, con beneficios económicos importantes para la empresa palmera que implemente el proyecto de generación usando la biomasa disponible, tusa, fibra y cuesco, y el efluente para producir biogás.

Estas oportunidades de negocio ya se han tomado en algunas agroindustrias palmeras: Aceites Manuelita S.A.S. ha instalado una capacidad de 1,4 MW; C.I. Tequendama 2,25 MW y Extractora San Marcos 660 KW. El modelo de negocio para la energía generada en las plantas de beneficio incluye al menos tres fuentes de ingresos:

1. El ahorro en la autogeneración de energía al reemplazar el suministro de energía eléctrica de la red. Es el diferencial entre el precio de un kWh

comprado a la red y el costo de producir la energía eléctrica renovable en la planta.

2. El ingreso por la comercialización de los excedentes de energía. Es el total de kWh que se entrega a la red interconectada multiplicado por el precio del MWh que se negocie con el comprador. Depende del tipo de contrato, cantidad de energía ofrecida y periodo en el que se da el excedente. La bolsa de energía es otra opción para comercializar los excedentes.
3. El ingreso obtenido de la venta de bonos de carbono. La mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) al evitar emisiones de CH<sub>4</sub> producto de la digestión del efluente líquido POME, al estar incluida la planta en un proyecto de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) como el de Fedepalma MDL Sombrilla, permite recibir bonos de carbono que son comercializados en bolsa o haciendo venta directa a empresas o compradores internacionales.

El modelo para la generación de energía desde las plantas, además de estas tres fuentes de ingresos, incluye los gastos de operación y aplica los incentivos tributarios que ofrece la Ley 1715 de 2014 para la “Inclusión de las Energías Renovables de Fuentes Renovables no Convencionales en el Sistema Interconectado”, con beneficios financieros en el resultado del modelo y en los índices para el proyecto y para el inversionista. Dichos incentivos y sus efectos se describen a continuación:

**Exención de aranceles e IVA.** Los equipos importados que sean requeridos en el proyecto y se encuentren en el listado de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), están exentos del total del arancel. Los estudios, trabajos, contratos, materiales que sean necesarios se eximen de IVA. En el modelo financiero desarrollado, se reduce en 18 % el valor de la inversión inicial.

**Depreciación acelerada.** El valor del proyecto se permite depreciar en los cinco primeros años en porcentajes que no superen el 20 % anual con beneficios en el flujo de caja del inversionista.

**Deducción especial en la determinación del impuesto sobre la renta.** Se permite disminuir hasta el 50 % del valor total del proyecto aplicable cada año a

la reducción del 50 % de la renta líquida del inversionista, que igualmente le genera recursos.

La generación de energía usando biogás como combustible, producto de la mitigación de GEI, origina bonos de carbono CERs que son recibidos para el pago del Impuesto al Carbono decretado en la Ley 1819 de 2016 y reglamentado en el Decreto 926 de 2017. El valor del impuesto se estableció en \$ 15.000 por tonelada de dióxido de carbono emitida, tarifa que se ajusta cada año con la inflación del anterior más un punto, hasta que sea equivalente a una Unidad de Valor Tributario (UVT). La oportunidad que tienen las empresas de transporte y otros sectores de usar los CERs para el pago de este impuesto, activó un mercado interno en Colombia que favorece el modelo de negocio de comercialización de energía eléctrica de la palmicultura, al adicionar un valor recibido por la agroindustria de \$ 9.300 por cada tonelada de RFF procesado, si

la generación de biogás es de 20 m<sup>3</sup>/t de RFF. Sin embargo, los mejoramientos en el control y diseño del biodigestor pueden incrementar el volumen de biogás producido a 35 m<sup>3</sup>/t de RFF con un nuevo valor del ingreso del orden de \$ 15.100.

El modelo de negocio para la generación de energía desde las plantas de beneficio tiene como objetivo generar ingresos adicionales a las ventas de aceite de palma, mediante el aprovechamiento mejorado de los subproductos de la extracción como tusa, fibra y cuesco, y la reducción de los gases efecto invernadero. Al mitigar emisiones de metano generadas en las lagunas, que son cubiertas y adecuadas o construidas como biodigestores, se está también construyendo la diferenciación de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia, logrando su identificación con la sostenibilidad y los ingresos adicionales que se reciben del mercado internacional en las operaciones de comercialización.

## Reducción de 3-MCPD y ésteres de glicidilo en aceite de palma mediante modificación del proceso de refinación\*

Mitigation of 3-MCPD and Glycidyl Esters in Palm Oil  
Via Modification of Refining Processes

**CITACIÓN:** Tan, C.P., & Sim, B.I. (2019). Reducción de 3-MCPD y ésteres de glicidilo en aceite de palma mediante modificación del proceso de refinación. *Palmas*, 40 (Especial, Tomo II), 135-144.

**PALABRAS CLAVE:** 3-Monocloropropano-1, 2-diol esteres, ésteres de glicidilo, refinación de aceite, aceite de palma.

**KEYWORDS:** 3-monochloropropane-1,2-diol esters, glycidyl esters, oil refining, palm oil.

\*Artículo original recibido en inglés y traducido por Carlos Alberto Arenas



**CHIN PING TAN**

Departamento de Tecnología  
Alimentaria, Facultad de Ciencia y  
Tecnología Alimentaria, Universiti Putra  
Malasia

Department of Food Technology,  
Faculty of Food Science and  
Technology, Universiti Putra Malaysia

### Resumen

La producción de aceite de palma de alta calidad de forma rentable y sostenible, requiere de un nuevo acercamiento a su refinación. En los últimos años, el 3-monocloropropano-1,2-diol (3-MCPD) y los ésteres de glicidilo han llamado la atención de los científicos especializados en lípidos y de los consumidores en todo el mundo. Estos se encuentran en una amplia gama de productos alimenticios, tales como el pan, productos a base de papa, grasas y aceites comestibles, cereales, café, maltas, alimentos para niños y bebés, leche de cabra e incluso en la leche materna. Por lo general, su formación se atribuye a la etapa de desodorización durante el proceso de refinación del aceite. Por lo tanto, la aplicación de un método modificado de refinación en la purificación de aceites comestibles, bajos en 3-MCPD y ésteres de glicidilo y manteniendo a su vez una alta calidad, resulta

ser una opción interesante. Esta tecnología de mitigación puede ser adoptada por los organismos regulatorios locales e internacionales, y utilizada como el procedimiento operativo estándar para las refinadoras de aceite. A largo plazo, las garantías de seguridad y calidad derivadas de la aplicación del proceso modificado de refinación de productos de palma de aceite, podría tener un impacto positivo sobre la salud de la población en general, ya que son ampliamente usados en varios productos alimenticios.

## Abstract

The production of high-quality palm oil in a cost-efficient and also sustainable way requires a new refining approach. In recent years, 3-monochloropropane- 1,2-diol (3-MCPD) and glycidyl esters have drawn the attention of lipid scientists and consumers worldwide. 3-MCPD and glycidyl esters were found in a broad range of foodstuffs, such as bread, potato products, edible fats and oils, cereal, coffee, malts, infant and baby foods, goat's milk, and even human breast milk. Generally, the formation of 3-MCPD and glycidyl esters is attributed to the deodorization step during the oil refining process. Thus, the application of modified refining process in the purification of edible oils could be an interesting option for the production of oils low in 3-MCPD and glycidyl esters while maintaining high oil quality. This mitigation technology can be absorbed by local and international regulatory bodies and used as a standard operating procedure for oil refineries. In the long run, the safety and quality assurances brought upon by the application of the modified refining process in the refining of palm oil products can have a positive impact on the health of the general population, since these products are widely used by food manufacturers in various food products.

## Introducción

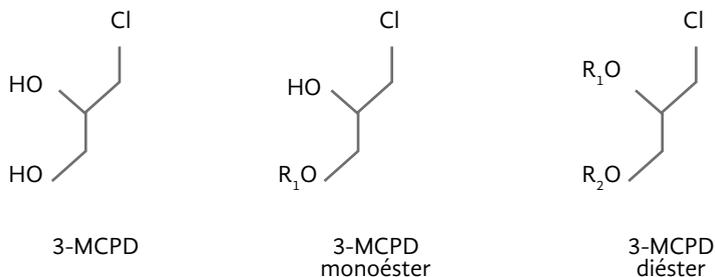
El aceite de palma es un aceite vegetal comestible que se extrae de los mesocarpios de los frutos de las palmas de aceite, principalmente de *Elaeis guineensis*. Sin embargo, en Malasia, la palma de aceite Tenera (un híbrido de Dura x Pisifera) suele sembrarse más a menudo debido a su altura relativamente menor y buenos racimos de fruta, con mayor contenido de aceite (Morad, 2006).

Los MCPD son análogos clorados de glicerol con un átomo de cloro en la posición uno o tres. Los ésteres de MCPD (ME) son las formas esterificadas de los cloropropanodiolos base y pueden ser monoésteres o diésteres, tal y como se muestra en la Figura 1.

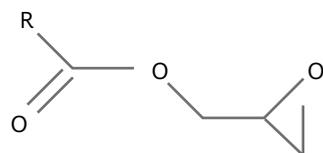
El 3-MCPD es un líquido incoloro, ligeramente aceitoso, con un olor débil y agradable. Tiene un punto de ebullición muy alto de 213 °C y una densidad de 1,3204 g/cm<sup>3</sup> (20 °C). Se puede utilizar en una amplia

gama de funcionalidades químicas, como en haluros de alquilo, ésteres de ácidos carboxílicos alifáticos. Por lo tanto, el 3-MCPD reacciona fácilmente con ácidos, alcoholes, aldehídos, amoníaco, compuestos amino, cetonas y tioles. La degradación, así como la detección del 3-MCPD puede manipularse con facilidad a través del entendimiento de sus propiedades químicas. Por ejemplo, dado que es relativamente inestable en medios alcalinos acuosos y se descompone con facilidad en glicerol, esta reacción puede ser aplicada para reducir los niveles de 3-MCPD en el HVP comercial. Las propiedades inestables del 3-MCPD en un medio alcalino, también representan un problema potencial en términos de la determinación indirecta de ésteres de 3-MCPD.

Tal y como se muestra en la Figura 2, los ésteres de glicidilo (GE) solo están presentes en forma de monoéster, y los tipos de ácidos grasos enlazados al glicidol le confieren su diversidad estructural. En otras palabras, los GE solo contienen una parte de



**Figura 1.** Estructuras de 3-MCPD, 3-MCPD monoéster y 3-MCPD diéster.



**Figura 2.** Estructura de un éster de ácido graso de glicidol (R= cadena de alquilo).

ácido graso. Posee propiedades alquilantes y, por lo tanto, puede reaccionar directamente con nucleófilos celulares debido a su estructura de epóxido electrofílico. El glicidilo tiene una estabilidad baja (estructura epoxídica) y tiende a reaccionar con otros compuestos a través de la apertura y el ataque del anillo nucleófilo, por lo que es difícil de determinar. Adicionalmente, su punto de ebullición es bajo (62-65 °C), y resulta complicado separarlo de solventes orgánicos.

## Factores que afectan la formación de ME y GE y estrategias recientes de mitigación

En los últimos años, se han dado algunos avances en la mitigación de ME y GE durante la producción de aceite de palma refinado. Sin embargo, la aplicabilidad de estos procedimientos de mitigación en la agroindustria, sigue siendo cuestionable en términos de su efectividad para la producción a gran escala, y existe un riesgo de deteriorar la calidad final del producto de aceite de palma.

En la Tabla 1 se resumen tres estrategias que pueden llevar a la reducción de ME y GE. La primera es la eliminación de los reactivos o precursores críticos de la materia prima. Este es el enfoque más prometedor para evitar alteraciones en las condiciones de refinación. En esta coyuntura, es necesario investigar los precursores que podrían contribuir a la formación tanto de ME como de GE. Indiscutiblemente, los sus-

tratos de cloro son los que están involucrados en esta formación, y existen muchas conjeturas respecto a su presencia durante el proceso de refinación del aceite. Nagy *et al.* (2011) adoptaron un enfoque de filtrado basado en defectos de masa, para determinar la fuente de los contaminantes halogenados y sus precursores en aceites de palma crudos y parcial/completamente refinados. Reportaron la presencia de sustancias cloradas orgánicas e inorgánicas en todas las etapas del procesamiento del aceite de palma e, inesperadamente, las encontraron en el fruto de la palma antes de la cosecha. El uso masivo de fertilizantes para estimular el crecimiento y aumentar el rendimiento de los racimos, ha contribuido a la ocurrencia de compuestos inorgánicos que contienen cloro, como el cloruro de potasio y el cloruro de amonio, en la palma de aceite (Ng, 2002). El cloruro de hierro (III) es otra sustancia que contiene cloro que es un coagulante conocido utilizado en el tratamiento de aguas en Malasia. Por lo tanto, se introduce en el entorno de la palma de aceite durante el proceso de irrigación. Además de estos cloruros, también se ha identificado cloruro de calcio, de magnesio y de hierro (Nagy *et al.* 2011). Los organoclorados para el manejo de malezas y pestes, el uso del efluente de las plantas de beneficio de aceite de palma para facilitar el reciclaje del condensado de esterilización, y el agua del lavado de aceite crudo, aumentan la probabilidad de introducir compuestos que contienen cloro en la cadena de producción (Matthäus & Pudell, 2013). Adicionalmente, también se detectaron compuestos organoclorados hidrofílicos.

Se asume que estos se forman endógenamente en los frutos de la palma de aceite, a través de la bioconversión de cloruros inorgánicos durante la etapa de maduración. Los compuestos organoclorados hidrofílicos se transforman de formas más solubles en lípidos, en la esterilización de los frutos de la palma de aceite. Estos compuestos organoclorados liposolubles permanecen en el aceite de palma durante las operaciones subsiguientes a la refinación. Matthäus *et al.* (2011) también demostraron que solo los iones de cloruro solubles en aceite, pueden participar en reacciones con otros precursores para formar los ME. Nagy *et al.* (2011) realizaron experimentos *in vitro* para observar que estas sustancias cloradas eran susceptibles al calor y se descomponen progresivamente con el tratamiento térmico, produciendo simultáneamente niveles aumentados de ésteres MCPD. Se cree que estos cloruros orgánicos se descomponen durante el paso de desodorización a alta temperatura y evolucionan en HCl, que posteriormente puede reaccionar con los acilglicérols del aceite de palma, llevando a la formación de ésteres de MCPD (Craft *et al.*, 2011). Estos datos fueron consistentes con

otras observaciones de Zhang *et al.* (2013), en las que se reportó que el ME se forma mediante la reacción de DAG con varias fuentes de cloro orgánico e inorgánico a 120 y 240 °C con un mecanismo de radicales libres.

En vista del gran impacto ejercido por las sustancias de cloro, varias investigaciones se han concentrado en la eliminación de estos compuestos por medio de procesos de lavado con agua. Nagy *et al.* (2011) y Craft *et al.* (2011) sugirieron que la práctica de suprimir las sustancias cloradas durante las etapas tempranas de la producción de aceite de palma, sería más factible y más fácil antes de que los componentes iniciales del aceite, relativamente polares y clorados, se transformen en numerosas formas lipófilas más adelante en la cadena de procesamiento. Sin embargo, los inconvenientes del lavado con agua son: i) requiere técnicas de separación centrífuga en la planta, poco comunes para la refinación de aceite tropical; ii) problemas ambientales debido a la necesidad de grandes cantidades de agua, y iii) pérdida de aceite y rendimiento durante los procesos de lavado (FEDIOL, 2015).

**Tabla 1.** Resumen de posibles estrategias de mitigación para el 3-MCPD y ésteres de glicidilo en aceite refinado.

Estrategias	Métodos	Hallazgos	Referencias
Eliminación de precursores en materia prima	Lavado del aceite de palma crudo (APC) (APC) con etanol: agua (1:1) Lavado de la pulpa del fruto de palma antes de extraer el aceite	~ 30 % reducción de ME ~ 95 % reducción de ME	(Craft <i>et al.</i> , 2011) (Matthäus <i>et al.</i> , 2011)
Optimización del proceso de refinación	<i>Desgomado.</i> Incorporación de desgomado con agua junto con desgomado con ácido. Neutralización del ácido fosfórico en el aceite desgomado con: - hidróxido de potasio - hidróxido de sodio - óxido de calcio <i>Blanqueo.</i> Uso de arcillas de blanqueo naturales o acídicas con pH neutral. <i>Desodorización.</i> Generando flujos de eliminación con ácido fórmico.	~ 80 % reducción de ME  ~ 45 % reducción de ME ~ 35 % reducción de ME  ~ 35 % reducción de GE	(Zulkurnain <i>et al.</i> , 2013) (Matthäus & Pudel, 2013) (Matthäus <i>et al.</i> , 2011)

Continúa →

Estrategias	Métodos	Hallazgos	Referencias
Optimización del proceso de refinación	Uso de ayudas de refinación: - Glicerol - Etanol - Diacetina - Carbonatos Proceso de desodorización dual: a corto plazo (5 minutos) a mayores temperaturas (270 °C), seguido de desodorización a largo plazo (120 minutos) a una temperatura menor (200 °C). Destilación de recorrido corto.	~ 25 % reducción de ME ~ 35 % reducción de ME ~ 50% } Reducción de ésteres de MCPD y compuestos relacionados ~ 66% } 80 % reducción de ME y GE 90 % reducción de ME y G	(Craft <i>et al.</i> , 2011) (Matthäus & Pudel, 2013) (Matthäus & Pudel, 2013) (Matthäus & Pudel, 2013; Pudel <i>et al.</i> , 2015)
Eliminación de ésteres de glicidilo de MCPD del aceite refinado después del procesamiento.	Uso de halohidrina deshalogenasa (HHD) y epóxido hidrolasa (EH). Uso de zeolita calcinada y un silicato de magnesio sintético.	La HHD convierte el 3-MCPD en el epóxido glicidol correspondiente que, posteriormente, es hidrolizado en glicerol por EH. 40 % de reducción de ésteres de 3-MCPD y ésteres de glicidilo. Principalmente enfocado en los ésteres de glicidilo.	(Bornscheuer & Hesseler, 2010) (Strijowski <i>et al.</i> , 2011)

El triacilglicerol (TAG), el diacilglicerol (DAG) y el monoacilglicerol (MAG), también son sustratos posibles en la formación de ME y GE. Los TAG son los principales componentes del aceite de palma y representan aproximadamente entre el 88 % y el 96 % de los glicéridos totales; los contenidos de DAG varían entre el 4 % y 12 %, y el de MAG es de cerca del 0,3 % (Goh & Timms, 1985). Destailats *et al.* (2011) reportaron que tanto el TAG como el DAG están involucrados en la producción de ME con tratamiento de calor, y que el TAG puede producir más ME en relación con el DAG. Por lo tanto, los autores sugirieron que el TAG es la primera clase de acilglicerol que es propensa a sufrir la eliminación de ácidos grasos y que está involucrada en la formación de ésteres de MCPD.

Dado que el MAG y el DAG suelen ser componentes menores, el TAG representa una opción viable para el control de las concentraciones de precursores en materias primas. Sin embargo, Freudenstein *et al.* (2013) estudiaron la influencia de DAG y MAG sobre

los contenidos de ME en aceite desodorizado. Determinaron una correlación positiva entre la cantidad de DAG/MAG en aceite de palma crudo y el contenido de éster 3-MCPD en aceite de palma desodorizado. También demostraron que el DAG es un precursor más fuerte que el MAG. Para profundizar en la investigación, Matthäus *et al.* (2011) examinaron los diferentes niveles de DAG en aceites respecto a la formación de ésteres de 3-MCPD y compuestos relacionados. Encontraron que 4 % de DAG en aceite crudo es un valor umbral para la formación creciente de ME y sus compuestos relacionados en aceite desodorizado. Por lo tanto, cantidades de DAG superiores al 4 % en aceite crudo resultarán en mayores ésteres después del procesamiento por calor, y este fenómeno es particularmente aparente para GE (Craft *et al.* 2012). Otro estudio (Haines *et al.*, 2011) también mostró hallazgos similares, en los que la concentración de GE puede ser alta cuando el contenido de DAG es mayor del 6 %. Este hallazgo es consistente con los informes de

Masukawa *et al.* (2010), quienes evidenciaron que los aceites comercialmente refinados ricos en DAG (87 %) podrían contener niveles de GE 10 veces mayores que los aceites con menores contenidos de DAG (3,9-6,8 %). Dado que se sabe que los MAG se volatilizan durante la desodorización a alta temperatura, no son considerados como precursores potenciales para la formación de ME (Craft *et al.* 2011).

Los DAG y MAG son ampliamente conocidos como subproductos de la degradación hidrolítica enzimática de TAG causada por las lipasas de TAG, y este proceso puede ser acelerado por la cosecha, transporte y almacenamiento a temperaturas elevadas y condiciones duras. Por lo tanto, en este contexto, las estrategias de mitigación deben enfocarse en la reducción de las concentraciones de DAG y MAG en las materias primas. Las soluciones para disminuir los DAG, pueden incluir una desactivación más rápida de las lipasas, mediante ciclos de cosecha cortos y/o tratamiento inmediato en las plantas de beneficio de aceite (Craft & Nagy, 2012; Matthäus *et al.*, 2011). Las lipasas no se desactivan hasta que los racimos de fruta fresca son esterilizados, lo que suele realizarse después de su recepción en la planta de beneficio de aceite de palma crudo. Por lo tanto, es mejor reducir el lapso de tiempo entre la cosecha y la molienda del fruto de palma, tanto como sea posible. Adicionalmente, Hamlet *et al.* (2011) también sugirieron la cría de nuevas especies de palmas oleíferas que tengan actividades de lipasa más bajas, pero la aplicabilidad e implementación de esto depende del desarrollo tecnológico y de la aceptación del público.

Un enfoque adicional es cambiar u optimizar el proceso de refinación, por ejemplo, modificando los parámetros y/o añadiendo un paso de procesamiento o ayudas a la refinación. Es mejor evitar esta opción porque es difícil llegar a un acuerdo entre la optimización de los procesos de refinación para la formación de ME o GE y las propiedades del producto de aceite final. Se hizo un intento de incorporar desgomado por agua y por ácido para eliminar los precursores de ME y GE, y suficiente y simultáneamente tanto las gomas como las impurezas (Zulkurnain *et al.*, 2013). Se sabe que el desgomado por agua por sí solo, no es adecuado para completar la eliminación de fosfátidos no hidratables en el aceite de palma porque estas sustancias son so-

lubles en aceite y tienen una afinidad muy baja con el agua. Por lo tanto, el desgomado por ácido es un paso vital en el procesamiento que no puede omitirse, ya que solo es posible eliminar los fosfátidos no hidratables con ácidos (fosfórico o cítrico, que son más fuertes que el fosfatídico). De lo contrario, los fosfátidos no hidratables oscurecerán el aceite y se provocarán problemas de mal sabor durante el paso de desodorización. Los investigadores descubrieron que el desgomado por agua ejercía mayores efectos en la reducción de ME: una gran cantidad de agua resultaba en un mayor tamaño del efecto. En comparación, la temperatura de desodorización y la dosis de ácido no juegan un papel fundamental en este proceso. Esta observación puede explicarse con el hecho de que el desgomado por agua permite lavar los precursores desde el comienzo, reduciendo la probabilidad de que se formen ME durante los pasos siguientes. Adicionalmente, una menor temperatura de desgomado y dosis de ácido también pueden resultar en una reducción significativa, de aproximadamente el 70 %, en los niveles de ME en el aceite (Zulkurnain *et al.*, 2013). Al utilizar una cantidad menor de ácido fosfórico para el desgomado, se observó una disminución en los niveles de ME del aceite blanqueado (Ramli *et al.*, 2011). Sin embargo, una mayor temperatura y dosis de ácido para el desgomado por ácido pueden mejorar la estabilidad oxidativa del aceite, eliminando impurezas como iones metálicos enlazados que están asociados con fosfolípidos no hidratables. También a degradar los compuestos de caroteno, que luego contribuyen a una mayor eliminación del color.

Adicionalmente, Ramli *et al.* (2011) descubrieron que la neutralización del ácido fosfórico en aceite desgomado con óxido de calcio o carbonato de calcio antes del blanqueo, reducía los niveles de ME en el aceite refinado. Se planteó la hipótesis de que las condiciones acídicas (del ácido fosfórico) pueden inducir la formación de ME y GE mediante la configuración de iones acil oxonio en acilgliceroles (Hamlet *et al.*, 2011; Rahn & Yaylayan, 2011). Después de la neutralización, el aceite puede lavarse en agua caliente para eliminar la borra de neutralización no deseada que se formó. Se encontró que este paso de lavado adicional ayuda a suprimir las impurezas y precursores no deseables del aceite.

Para el paso de blanqueo, Ramli *et al.* (2011) observaron una correlación positiva entre la acidez de la tierra de blanqueo y los niveles de ME en los aceites, independientemente del tipo de desgomado (por agua o por ácido). Los autores recomendaron el uso de arcillas de blanqueo naturales o activadas por ácido con un pH más neutral. La principal diferencia entre estas dos es que la natural en una suspensión acuosa es ligeramente acídica o neutral, mientras que la activada por ácido es altamente acídica (Zschau, 2001). Las neutrales son silicatos de aluminio que contienen cantidades relativamente altas de calcio, magnesio y hierro, y que usualmente, son activadas mediante un tratamiento de calor. Dado que el alto contenido de metales restringe la capacidad de adsorción de estas arcillas, se utiliza el tratamiento con ácido para remover los metales de los sitios reactivos, permitiendo a las llamadas arcillas activadas por ácido tener una capacidad de adsorción mucho mayor (Gibon *et al.*, 2007). Se cree que estas son las principales responsables de la formación de ME, causada por los sitios ácidos que son arrastrados desde la arcilla activada por ácido residual o se retienen después del lavado. Las arcillas acídicas pueden donar protones e inducir la protonación de acilglicerol, que luego favorece la formación de ME y GE en la presencia de cloruros.

Zulkarnain *et al.* (2013) realizaron un estudio examinando el blanqueo húmedo y en seco del silicato de magnesio sintético en combinación con arcilla activada para lograr la mayor eliminación de precursores de ME, impurezas de aceite y color. La mezcla resultó en una eliminación de ME significativamente mayor y una del color comparable con las combinaciones de blanqueo en seco. Sin embargo, el proceso de blanqueo húmedo resultó en un aceite de baja calidad, con contenidos de AGL mayores que el estándar aceptable especificado para el aceite de palma refinado por la Asociación de Refinadores de Aceite de Palma de Malasia (PORAM, por su sigla en inglés) (<0,1 %). La formación inevitable de AGL adicionales es el resultado de la hidrólisis no deseada de TAG ( $\text{TAG} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{DAG} + \text{ácido graso}$ ) durante este proceso. Dado que esta es una reacción de equilibrio, se espera que pueda eliminarse si el aceite es secado antes del blanqueo y si la tierra de blanqueo no está demasiado húmeda (Zschau, 2001). Finalmente, los autores seleccionaron el blanqueo en seco (una mezcla de silicato de mag-

nesio y arcilla de blanqueo activada por ácido) como su método preferido, en vez del blanqueo húmedo, a pesar del hecho de que este proporcionaba mejores resultados para la reducción de ME.

Ramli *et al.* (2011) sugirieron el uso de una tierra de blanqueo parcialmente activada por ácido, Tonsil 4191 FF a 60 °C y 90 °C, para reducir la creación de contaminantes durante la desodorización. Dado que la alta temperatura es la principal responsable de la formación de ME y GE, minimizarla tiene un impacto en la reducción de estos contaminantes. Pudiel *et al.* (2015) y Craft *et al.* (2012) sugirieron una temperatura de desodorización inferior a 240 °C, que resulte en efectos beneficiosos en términos de reducción de contaminantes, principalmente de ésteres de glicidilo. Es ampliamente conocido que una destilación con vapor a alta temperatura elimina los AGL y niveles de componentes odoríferos volátiles, como aldehídos y cetonas, desactiva los compuestos de color (carotenoides) y descompone los residuos de pesticidas. Por lo tanto, es necesario validar las menores temperaturas de desodorización para garantizar que se cumpla con todos los parámetros de calidad del producto refinado.

Por otra parte, Matthäus *et al.* (2011) recomendaron el uso de ácido fórmico para generar un flujo de eliminación durante la desodorización, diferente al agua, y reducir los GE. Esta noción está basada en la hipótesis de que el GE es muy inestable debido a su estructura de unión a epóxido reactiva y tiende a degradarse bajo soluciones ácidas. Adicionalmente, se observó un aumento gradual en la eficiencia de mitigación al elevar las concentraciones de ácido fórmico. Sin embargo, el ME prácticamente no se ve afectado por el tratamiento con ácido. Alternativamente, Craft *et al.* (2012) sugirieron la adición de ayudas de refinación, como etanol o glicerol, al aceite de palma blanqueado y refinado. Se esperaba que estos alcoholes de bajo peso molecular llevarían a la formación de aductos clorados volátiles que se eliminarían del aceite durante la desodorización y, posteriormente, darían como resultado una disminución en la formación de ME.

Una tercera opción es la erradicación de los ME y ésteres de glicidilo después del procesamiento. Sin embargo, es necesario considerar el impacto del proceso de eliminación en la calidad del aceite resultante. Es posible que los procesadores de aceite no prefieran

esta alternativa porque implica un costo adicional y disminuye sus ganancias.

Bornscheuer & Hesseler (2010) fueron los primeros en sugerir un enfoque enzimático para suprimir el 3-MCPD y sus ésteres de un sistema bifásico acuoso (en la presencia de aceite), convirtiendo el 3-MCPD en un glicerol no tóxico, permitido en los alimentos. La hipótesis básica es que el monoéster de ácido graso de 3-MCPD es hidrolizado por la lipasa para liberar la forma libre antes de la conversión en el correspondiente epóxido glicídico por halohidrina deshalogenasa (HHD). Este producto es finalmente hidrolizado por una epóxido hidrolasa (EH) en glicerol (Figura 3).

Este enfoque permite el fácil intercambio del contaminante alimentario 3-MCPD por glicerol no tóxico; sin embargo, la aplicación técnica de este método en plantas de beneficio de aceite de palma aún no se ha evaluado ni aprobado. Strijowski *et al.* (2011) investigaron la eliminación de ME y las sustancias relacionadas en el aceite de palma refinado utilizando un material absorbente. Se encontró que la zeolita calcinada y el silicato de magnesio sintético son capaces de reducir el contenido de estos contaminantes y sus sustancias relacionadas, la mayoría de los que fueron identificados como GE pero no como ME. La zeolita calcinada disminuyó las concentraciones de los contaminantes de manera relativamente rápida y constante, en un amplio rango de temperaturas y tiempos de tratamiento, mientras que el silicato de magnesio sintético requirió temperaturas más altas (80 °C y superiores) y tiempos de tratamiento de 30 minutos o más para lograr una aparente reducción de las ME y sustancias relacionadas. Las ventajas de estos enfoques son que no ejercen efectos adversos sobre el aceite de palma, en términos de propiedades senso-

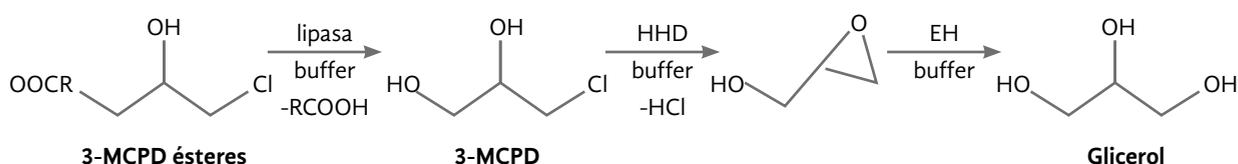
riales y estabilidad oxidativa. El tratamiento con zeolita calcinada imparte mejoras en la calidad del aceite (estabilidad), y se puede implementar fácilmente en un corto periodo de tiempo.

Recientemente, Sim *et al.* (2018) realizaron un estudio integral sobre la mitigación de ME y GE mediante procesos de refinación modificados. El desgomado por agua es capaz de reducir significativamente los ME, eliminando los precursores potenciales que pueden estar involucrados en su formación, principalmente los compuestos polares clorados. Al utilizar tierra de blanqueo activada por ácido después de una alta dosis de ácido fosfórico (2,50 %) en el proceso de desgomado, se eliminaron los GE casi que completamente. Se cree que esto ocurre mediante la modificación estructural del GE en sus respectivos compuestos de glicerol bajo condiciones ácidas, debido a su estructura reactiva de enlace al epóxido. Adicionalmente, la tierra de blanqueo activada por ácido tuvo un mayor efecto en la reducción de ME en comparación con la tierra de blanqueo natural, indicando que el desempeño de la tierra de blanqueo, y no su nivel de acidez, es un determinante clave para la eliminación de ME y GE.

## Conclusiones

La calidad del APC afecta la tendencia de la formación de ME y GE en aceite de palma RBD. Esto explica el papel fundamental de la composición del APC en el potencial de formación de ésteres durante el proceso de refinación. En contraste con los hallazgos reportados por varios investigadores, en un estudio reciente (Sim *et al.*, 2018) se identificó que la eliminación de ME dependía altamente de las capacidades de adsorción de la tierra de blanqueo, y no de su

**Figura 3.** Degradación enzimática de 3-MCPD y su éster de ácido graso (adaptado de Bornscheuer & Hesseler, 2010).



perfil de acidez. Por lo tanto, es necesario estudiar una gama más amplia de tierras de blanqueo de diferentes proveedores para corroborar este hallazgo. La ampliación de la unidad de refinación de la escala de micro a macrolaboratorio, dio lugar a diferentes resultados, y esto implica que también puede haber algunas limitaciones para un proceso de refinación a mayor escala. Es así como se debe expandir la investigación a un estudio a escala piloto para evaluar la idoneidad y aplicabilidad de las condiciones de refinación propuestas, y realizar algunas modificaciones antes de que se apliquen en la industria.

Por otro lado, las investigaciones sobre todas las etapas del proceso de refinación física del aceite de palma han indicado dónde se puede reducir la formación de ME Y GE. El lavado de los frutos de palma y su esterilización a una temperatura más baja, fueron reportados como métodos potenciales para disminuir

los ME y GE. Por lo tanto, vale la pena enfocarse en los procesos de producción, como en la optimización del de molienda del aceite de palma, para encontrar posibles estrategias de mitigación. Algunos estudios de nuestro grupo han relevado que ciertos componentes menores del aceite de palma, como DAG, AGL y sustancias polares cloradas, son posibles precursores de la formación de ésteres durante la refinación. Sin embargo, se conoce poco sobre los orígenes del átomo de cloro y cómo llegó a la palma de aceite. Los trabajos futuros deben encaminarse en esta área, especialmente en su identificación, así como en su origen. A través de estos estudios integrales se puede esperar un enfoque polifacético, comenzando con una reducción en la aplicación de cloruros en fertilizantes o pesticidas, siguiendo con la producción de aceite crudo de palma con precursores reducidos, y terminando con cambios técnicos a los pasos físicos de refinación.

---

## Referencias

- Bornscheuer, U. T., & Hesseler, M. (2010). Enzymatic removal of 3-monochloro-1,2-propanediol (3-MCPD) and its esters from oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 112(5), 552-556.
- Craft, B. D., & Nagy, K. (2012). Mitigation of MCPD-ester and glycidyl-ester levels during the production of refined palm oil. *Lipid Technology*, 24(7), 155-157.
- Craft, B. D., Nagy, K., Sandoz, L., & Destailats, F. (2011). Factors impacting the formation of Monochloropropanediol (MCPD) fatty acid diesters during palm (*Elaeis guineensis*) oil production. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 29(3), 354-361.
- Craft, B. D., Nagy, K., Seefelder, W., Dubois, M., & Destailats, F. (2012). Glycidyl esters in refined palm (*Elaeis guineensis*) oil and related fractions. Part II: Practical recommendations for effective mitigation. *Food Chemistry*, 132(1), 73-79.
- FEDIOL. (2015). MCPD Esters and Glycidyl Esters. Review of Mitigation Measures. Ref. 15SAF108. Revision 2015. <http://www.fediol.be/web/contaminants/1011306087/list1187970133/f1.html>.
- Gibon, V., De Greyt, W., & Kellens, M. (2007). Palm oil refining. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109(4), 315-335.
- Goh, E. M., & Timms, R. E. (1985). Determination of mono- and diglycerides in palm oil, olein and stearin. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 62(4), 730-734.
- Haines, T. D., Adlaf, K. J., Pierceall, R. M., Lee, I., Venkitasubramanian, P., & Collison, Mark W. (2011). Direct Determination of MCPD Fatty Acid Esters and Glycidyl Fatty Acid Esters in Vegetable Oils by LC-TOFMS. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 88(1), 1-14.

- Hamlet, C. G., Asuncion, L., Velíšek, J., Doležal, M., Zelinková, Z., & Crews, C. (2011). Formation and occurrence of esters of 3-chloropropane-1,2-diol (3-CPD) in foods: What we know and what we assume. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113(3), 279-303.
- Matthäus, B., & Pudel, F. (2013). Mitigation of 3-MCPD and glycidyl esters within the production chain of vegetable oils especially palm oil. *Lipid Technology*, 25(7), 151-155.
- Matthäus, B., Pudel, F., Fehling, P., Vosmann, K., & Freudenstein, A. (2011). Strategies for the reduction of 3-MCPD esters and related compounds in vegetable oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113(3), 380-386.
- Morad, N. A. (2006). *The physical properties of palm oil mixtures for design of process equipment*. University of Leeds.
- Ng, S. K. (2002). Nutrition and nutrient management of the oil palm. New thrust for the future perspective. In: Pasricha N.S., Bansal S.K., editors. Potassium for sustainable crop production. *International symposium on role of potassium in India*. New Delhi: Potash Research Institute of India, and International Potash Institute., 415-429.
- Pudel, F., Benecke, P., Vosmann, K., & Matthäus, B. (2015). 3-MCPD- and glycidyl esters can be mitigated in vegetable oils by use of short path distillation. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 118 (3), 396-405.
- Rahn, A. K., & Yaylayan, V. A. (2011). What do we know about the molecular mechanism of 3-MCPD ester formation? *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113(3), 323-329.
- Ramli, M. R., Siew, W. L., Ibrahim, N. A., Hussein, R., Kuntom, A., Razak, R. A., & Nesaretnam, K. (2011). Effects of Degumming and Bleaching on 3-MCPD Esters Formation During Physical Refining. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 88(11), 1839-1844.
- Sim, B. I., Muhamad, H., Lai, O. M., Abas, F., Yeoh, C. B., Nehdi, I. A., Khor, Y. P., & Tan, C. P. (2018). New insights on degumming and bleaching process parameters on the formation of 3-monochloropropane-1,2-diol esters and glycidyl esters in refined, bleached, deodorized palm oil. *Journal of Oleo Science*, 67(4), 397-406.
- Strijowski, U., Heinz, V., & Franke, K. (2011). Removal of 3-MCPD esters and related substances after refining by adsorbent material. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113(3), 387-392.
- Zhang, X., Gao, B., Qin, F., Shi, H., Jiang, Y., Xu, X., & Yu, L. (2013). Free radical mediated formation of 3-monochloropropanediol (3-MCPD) fatty acid diesters (Journal of Agricultural and Food Chemistry (2013) 61:10 (2548-2555) Erratum in: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(17), 3837.
- Zschau, W. (2001). Bleaching of edible fats and oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 103(8), 505-551.
- Zulkurnain, M., Lai, O. M., Tan, S. C., Latip, R. A., & Tan, C. P. (2013). Optimization of Palm Oil Physical Refining Process for Reduction of 3-Monochloropropane-1,2-diol (3-MCPD) Ester Formation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(13), 3341-3349.

## El aceite híbrido Sioma® - Características y aplicaciones\*

### Sioma® Hybrid Oil – Characteristic and Applications

**CITACIÓN:** Muñoz, J. F. (2019). El aceite híbrido Sioma® características y aplicaciones. *Palmas*, 40 (Especial, Tomo II), 145-153.

**PALABRAS CLAVE:** palma híbrida, Sioma®, *E. guineensis*, aceite rojo, ácido oleico, β-caroteno, tocotrienoles, vitaminas, valor nutricional.

**KEYWORDS:** Hybrid palm, Sioma®, *E. guineensis*, red oil, oleic acid, β-carotene, tocotrienols, vitamins, nutritional value.

\*Artículo original recibido en español.



**JUAN FERNANDO MUÑOZ**  
Director Técnico Danec S.A.  
Technical Director Danec S.A.  
Ecuador

## Resumen

El aceite híbrido Sioma® es un aceite vegetal con características únicas, producto de una extensiva investigación realizada por el grupo agroindustrial Danec S.A., Ecuador (Grupo Grasco). La innovación agrícola consistió en un cruzamiento no transgénico, utilizando polen proveniente de palma *E. guineensis* sobre madres de palma *E. oleifera*. Como resultado, se obtuvo una nueva variedad de palma no modificada genéticamente, más resistente a plagas y enfermedades como la Pudrición del cogollo (PC), de menor crecimiento vertical y con mayor rendimiento de aceite por área respecto a la *E. guineensis*. El aceite de esta variedad es mayoritariamente insaturado, con contenido de ácido oleico entre 10 y 15 % más que el del aceite de palma *E. guineensis* comercial. Tiene, además, un mayor contenido de β-caroteno (provitamina A) y antioxidantes naturales como tocotrienoles (vitamina E). Por estas razones, se le ha dado una denominación propia: Sioma®.

## Abstract

Sioma® hybrid oil is a unique vegetable oil produced as a result of extensive research undertaken by the Danec Ecuador agricultural-industrial group (Grupo Grasco). This agricultural innovation was developed based on a non-transgenic crossing, using *E. guineensis* oil palm pollen on *E. oleifera* mother palms. As a result, a new non-genetically modified oil palm variety was developed. This variety is more resistant to diseases such as bud rot (BR) and has higher oil yield per area as compared to *E. guineensis* oil palms. Most of the oil produced by this variety is unsaturated and its oleic acid content is 10 to 15% higher than that of commercial palmoil. In addition, this oil has a higher content of betacarotene (pro-vitamin A) and natural antioxidants, such as tocotrienols and tocopherols (vitamin E). This is the reason why this palm oil has its own denomination: Sioma®.

## Introducción

La siembra comercial del aceite híbrido Sioma® arrancó en Ecuador en 1992. Al igual que la palma *E. guineensis*, la extracción del aceite híbrido crudo *E. oleifera* x *E. guineensis* (OxG) se hace mediante procesos mecánicos y sin uso de solventes. La primera producción de aceite crudo comercial Sioma® se realizó en Industrial Danec en 1995. Desde entonces, esta empresa lo ha refinado y fraccionado ininterrumpidamente, ofreciendo al mercado una variedad de aceites y grasas comestibles con características y propiedades diferentes respecto a los aceites comerciales más comunes.

El aceite híbrido Sioma® puede refinarse mediante el proceso tradicional que se utiliza para el aceite de palma, o desodorizándolo a temperaturas relativamente bajas, conservando así gran parte de los componentes nutricionales presentes en el aceite crudo. De esta manera, se obtiene un aceite refinado de color rojo, con alto contenido de  $\beta$ -caroteno natural y vitaminas, con sabor y aroma neutro, que puede fraccionarse para producir oleínas y estearinas rojas, así como para diversas aplicaciones donde se aprovecha su color y valor nutricional.

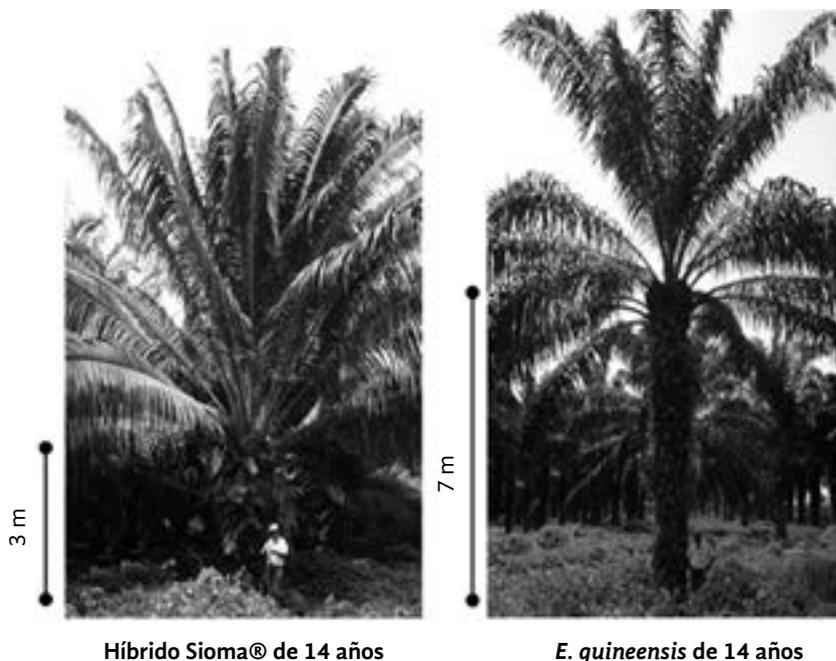
El objetivo de este artículo es presentar las características de Sioma® y realizar un comparativo frente a *E. guineensis*, principalmente en cuanto a composición química y funcionalidad del aceite, incluidas sus respectivas oleínas, tanto roja como decolorada. Igualmente, se revisan las principales aplicaciones de Sioma®, resaltando sus beneficios para la indus-

tria en la formulación de aceites comestibles, para aplicaciones industriales, galletería, productos horneados y alimentos funcionales, lo que ha hecho que su producción y comercialización sea cada vez mayor, y su uso se expanda a más países en distintas regiones del mundo.

## El híbrido Sioma®

El desarrollo genético de la variedad híbrida Sioma® (*E. oleifera* x *E. guineensis*), fue el resultado de más de 20 años de investigación por parte de Industrial Danec, de sus plantaciones asociadas en Ecuador y en alianza con Indupalma S.A. en Colombia. El principal objetivo de este desarrollo agrícola fue obtener una variedad de palma más resistente a enfermedades y plagas, ya que en Ecuador, la Pudrición del cogollo (PC) ha terminado con plantaciones enteras de palma de aceite, ocasionando enormes pérdidas para los productores. El híbrido Sioma® es una solución real para los palmicultores de la región.

Además de ser más resistente a enfermedades, Sioma® tiene menor crecimiento vertical (Figura 1), sus plantaciones tienen mayor vida útil y presenta mejores niveles de producción por área sembrada que *E. guineensis*. Por otro lado, la cantidad de aceite extraído por fruto es menor en el híbrido Sioma® y requiere polinización asistida. Las plantaciones de Sioma® tienen menos número de plantas por hectárea, por lo que sus costos de labor agrícola (fumigaciones, pesticidas, podas) son inferiores frente a *E. guineensis*. La Tabla 1 resume las principales diferencias.



**Figura 1.** La palma híbrida Sioma® presenta bajo crecimiento del estípote en comparación con *E. guineensis*.

Fuente: Palmeras del Ecuador.

**Tabla 1.** Principales diferencias entre las variedades Sioma® y *E. guineensis*. \*Datos de Palmeras del Ecuador (PDE)  
\*\*La palma híbrida OxG más antigua en PDE tiene 35 años y su rendimiento es de 30 t de fruto/ha/año.

Característica	Sioma®	<i>E. guineensis</i>
Resistencia a plagas y enfermedades	Alta	Baja
Número de plantas por hectárea	126-128	143-166
Toneladas de fruto por año por hectárea*	29-32	23-26
Extracción de aceite (%)	20-21	23-24
Tiempo de vida productiva (años)*	>35**	18-25

## El aceite Sioma®

El aceite extraído de la variedad Sioma® tiene características diferentes respecto al aceite de palma y a otros aceites comerciales, como se puede observar en la Tabla 2.

El contenido de ácidos grasos libres en el aceite Sioma® es aproximadamente 1 % inferior respecto al *E. guineensis*, lo que se traduce en una menor merma en el proceso de refinación. En cuanto a su composición de ácidos grasos, Sioma® es un aceite mayoritariamente insaturado, siendo su principal componente el ácido oleico. Su fracción líquida, la oleína, tienen entre 10 y 15 % mayor contenido de ácido oleico, y

entre 10 y 15 % menor contenido de ácido palmítico comparado con el aceite de palma *E. guineensis* y su oleína, respectivamente. Estas principales diferencias explican por qué son tan distintos sus índices de yodo, punto de fusión, contenido de ácidos grasos saturados y monoinsaturados, así como la consistencia más líquida de Sioma®, lo que también incide en sus usos y aplicaciones finales.

El índice de yodo de la oleína de Sioma®, cercano a 70 cg/g, es comparable con la de la oleína obtenida luego de tres fraccionamientos consecutivos a partir de *E. guineensis* (Tabla 3). La oleína de Sioma® tiene un punto de nube entre -2 y 1 °C, mientras que la de la palma de aceite se encuentra típicamente entre 5 y

7 °C. Esto significa que la primera es más resistente a la cristalización en climas fríos, lo que es aprovechado en la

formulación de aceites comestibles en regiones con climas templados, y para algunas aplicaciones industriales.

**Tabla 2.** Características fisicoquímicas del aceite de palma *E. guineensis*, Sioma® y sus respectivas oleínas.

	Aceite crudo de Sioma®	Aceite crudo de palma	Oleína de Sioma®	Oleína de palma
Ácidos grasos libres (%)	1,2-2,5	2,5-3,5	-	-
Índice de yodo (cg/g)	64-68	52-55	68-71	59-62
Punto de fusión ( °C)	23-28	34-38	10-13	14-18
Perfil de ácidos grasos (%)	20-21			23-24
C12:0 - Láurico	<0,5	<0,4	<0,5	<1,2
C14:0 - Mirístico	<0,7	<1,0	<0,8	<1,3
C16:0 - Palmítico	30-34	40-44	26-34	35-41
C18:0 - Esteárico	2-4	4-6	2-4	3-6
C18:1 - Oleico	49-53	39-42	53-58	37-45
C18:2 - Linoleico	10-13	10-12	10-14	10-14
C18:3 - Linolénico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Ácidos grasos saturados	33-37	46-50	32-35	41-47
Ácidos grasos monoinsaturados	49-53	39-42	53-58	37-45
Ácidos grasos poliinsaturados	10-13	10-12	10-14	10-14

**Tabla 3.** Características del aceite Sioma®, de *E. guineensis* y de sus oleínas. La de Sioma® tiene características similares a la oleína de palma obtenida luego de tres fraccionamientos consecutivos.

Característica	Aceite Sioma® y su oleína		Aceite de palma y sus tres oleínas obtenidas de fraccionamientos consecutivos			
	Aceite Sioma®	1ª oleína	Aceite palma	1ª oleína	2ª oleína	3ª oleína
Índice de yodo (cg/g)	66,0	69,6	53,8	59,7	65,0	71,0
Perfil típico de ácidos grasos (%)						
C12:0 - Láurico	0,2	0,3	0,2	0,5	-	-
C14:0 - Mirístico	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,0
C16:0 - Palmítico	30,4	27,9	41,1	36,4	33,0	28,8
C18:0 - Esteárico	3,2	3,2	5,7	5,0	3,6	2,5
C18:1 - Oleico	53,4	55,4	40,3	43,2	46,4	52,0
C18:2 - Linoleico	12,2	12,6	11,3	13,5	14,2	14,6
Total saturados	34,3	32,0	47,8	42,8	37,7	32,3

## Beneficios nutricionales

Tanto el aceite de palma *E. guineensis* como el Sioma®, contienen componentes menores como carotenoides, vitamina E (tocotrienoles y tocoferoles), esteroides, escualeno y coenzima Q10. Los de mayor importancia son los carotenoides y la vitamina E debido a sus propiedades funcionales que han sido ampliamente reportadas. La Tabla 4 muestra el contenido de estos componentes en los dos aceites, tanto crudos como refinados. El de carotenos y tocotrienoles es incluso mayor en el Sioma®. Ambos aceites son una de las fuentes más ricas de tocotrienoles, que es la forma de vitamina E con mayor funcionalidad biológica (Sen *et al.*, 2010). Tanto para los tocoferoles como para los tocotrienoles se han publicado los siguientes beneficios: protegen el sistema inmunológico debido a su poder antioxidante y las membranas celulares de la acción de radicales libres; tienen propiedades antitumorales y antitrombosis (Dauqan & Abdullah, 2011; Nagendran *et al.*, 2000). Por otro lado, a los tocotrienoles se les atribuye exclusivamente propiedades neuroprotectoras, previniendo enfermedades neurodegenerativas, al inhibir la oxidación de ácidos grasos poliinsaturados que componen el tejido del cerebro. También previenen algunos tipos de cáncer y enfermedades cerebrovasculares (Sen *et*

*al.*, 2010) y regulan la síntesis de colesterol en el hígado vía inhibición enzimática (Nagendran *et al.*, 2000; Parker *et al.*, 1993).

## El aceite rojo Sioma®

En estado crudo, los aceites son de color rojo porque contienen carotenos, principalmente  $\beta$ -caroteno y  $\alpha$ -caroteno. El aceite crudo de palma es la mayor fuente natural de carotenos en términos de equivalentes de retinol (Tan, 1989). Sin embargo, durante el proceso de refinación los carotenos se destruyen debido a las altas temperaturas utilizadas en el proceso de desodorización (Tabla 5). Industrial Danec produce, desde hace varios años, un aceite rojo refinado a partir del híbrido Sioma®, aprovechando su mayor contenido de carotenos respecto a *E. guineensis*, y utilizando un proceso de refinación menos severo que consiste principalmente en desodorizar el aceite a temperaturas relativamente bajas. De esta forma, el aceite refinado conserva gran parte de los carotenos y componentes nutricionales que se encuentran en el aceite crudo. Su sabor y aroma neutros permiten utilizarlo en la formulación de alimentos funcionales y como aceite comestible con valor agregado para consumo en los hogares (Figura 2).

**Tabla 4.** Contenido de carotenos y vitamina E (tocotrienoles y tocoferoles) en el aceite crudo y refinado de palma híbrida Sioma® y *E. guineensis*.

	Sioma®		<i>E. guineensis</i>	
	Crudo	Refinado	Crudo	Refinado
	mg/kg			
Carotenos totales	1086	-	697	-
$\alpha$ -caroteno	288	-	214	-
$\beta$ -caroteno	798	-	483	-
Vitamina E total	835	612	695	496
Tocotrienoles totales	178	109	192	144
$\alpha$ -Tocoferol	178	109	192	144
Tocotrienoles totales	657	503	503	352
$\alpha$ -Tocotrienol	204	179	211	164
$\gamma$ + $\beta$ -Tocotrienol	403	287	242	160
$\delta$ -Tocotrienol	50	37	50	28

**Tabla 5.** Contenido de carotenos en el aceite rojo refinado de palma híbrida Sioma® y en su respectiva oleína (RBD, refinado, blanqueado, desodorizado).

	Palma híbrida roja RBD	Oleína de palma híbrida roja RBD
	mg/kg	
Carotenos totales	621	675
α-caroteno	236	253
β-caroteno	385	422

**Figura 2.** Aceite rojo refinado obtenido a partir del híbrido Sioma®.



El β-caroteno es precursor de la vitamina A. Debido a su actividad antioxidante, protege células y tejidos de la acción de radicales libres y de la oxidación (Gibon *et al.*, 2007). Por su actividad provitamina A, el β-caroteno del aceite de palma puede ser una excelente alternativa para combatir el déficit de vitamina A en niños, y como suplemento de vitamina A en madres lactantes (Basiron, 2001). Estudios en Sudáfrica han demostrado que la suplementación con aceite rojo de palma en dichas poblaciones, aumenta significativamente las concentraciones de retinol sérico (Unnithan & Foo, 2001). Esto evidencia el gran potencial que tiene el aceite rojo y su oleína, al utilizarse en alimentos donde aporta valor nutritivo, un color rojo natural atractivo y una composición balanceada de ácidos grasos predominando el oleico.

## Aplicaciones

La oleína de Sioma® tiene un punto de nube considerablemente menor que el de la oleína de *E. guineensis*, por lo que se mantiene líquida por más tiempo a bajas temperaturas (Figura 3). También, puede reemplazar parcial o totalmente aceites líquidos de semilla, como soya y girasol, en la formulación de grasas comestibles para consumo en hogares. Los aceites de semilla son en su mayoría importados en países como Ecuador y Colombia. Es común mezclarlos con oleína de palma para formular aceites comestibles que se mantengan líquidos en las perchas de tiendas y supermercados. Por lo general, el costo de estos es significativamente más alto, por lo que reemplazarlos con Sioma® en sus fórmulas puede ge-

nerar un positivo y significativo impacto económico para los productores.

La oleína de Sioma®, igualmente, puede utilizarse en procesos de fritura industrial. Similar a la oleína de palma, la de Sioma® es muy resistente a la oxidación y al maltrato térmico, por lo que es ampliamente utilizada en procesos de fritura profunda para fabricación de *snacks*, alimentos fritos congelados (papas y pollo), entre otros productos. Su ventaja sobre la oleína de *E. guineensis* es su mayor resistencia a la cristalización en climas fríos y su menor contenido de ácidos grasos saturados. Esto es valorado por la industria, ya que les permite reducir el contenido de grasa saturada en el etiquetado de sus productos finales, generando un impacto comercial positivo, especialmente en países donde las normas son más estrictas y se utilizan alertas en los empaques para orientar a los consumidores sobre temas nutricionales (Figura 4).

El aceite de Sioma® y sus fracciones pueden ser también utilizados para formular mantecas reduci-

das en ácidos grasos saturados para aplicaciones en galletería, panadería y productos horneados. Es así como, con el objetivo de elaborar alimentos con un etiquetado nutricional que se adapte a regulaciones y necesidades de consumidores, algunos productores las usan. Las mantecas para galletería convencionales generalmente tienen entre 50 y 60 % de ácidos grasos saturados. Las que se elaboran con Sioma®, que se comercializan en algunos países de América del Sur, tienen contenidos de ácidos grasos saturados entre 32 y 38 %, sin perder funcionalidad en los procesos y productos donde se aplican.

## Usos del aceite rojo

Por su alto contenido de  $\beta$ -caroteno (provitamina A) y tocotrienoles y tocoferoles (vitamina E), el aceite rojo refinado Sioma® puede ser utilizado para elaborar alimentos con alto valor nutricional para el mercado de consumo y en aplicaciones industriales. Este



**Figura 3.** Comparación de la oleína Sioma® con oleína de palma, la primera tiene un punto de nube menor.

Fuente: Palmeras del Ecuador.

**Figura 4.** Perfiles nutricionales que se utilizan en el etiquetado de alimentos en Chile. Fuente: Boletín Técnico Infoachipia, Chile, 2015.



se comercializa en presentaciones para uso en hogares, y además de sus beneficios nutricionales aporta un color agradable a los alimentos. Los consumidores indican que lo usan principalmente para elaborar arroz amarillo para paella, salsas y aderezos, fritura de papas fritas, pasteles, galletas y pan, entre otros

Si bien los carotenos se concentran principalmente en la oleína roja o fracción líquida (Tabla 6), la fracción sólida o estearina roja también es utilizada para elaborar rosquillas, bizcochos y otros productos horneados en los que se quiera lograr una coloración rojiza-dorada, sin adición de colorantes. En Industrial Danec, se realizaron pruebas reemplazando parcialmente el aceite o la manteca que se emplea normalmente en la preparación de galletas, pan integral y pasteles, por fracciones de Sioma® rojo. El resultado fue un aumento significativo en el contenido de vitamina A disponible en el producto final (Tabla 7). Esto muestra el gran potencial que tienen los aceites y mantecas rojas para elaborar alimentos funcionales, suplementos vitamínicos, y en general produc-

tos que ayuden a combatir las deficiencias de ciertos nutrientes en la población, como por ejemplo el de dicha vitamina. Uno de los principales retos actuales es comunicar y difundir las bondades de este aceite, y lograr que los consumidores asocien su color rojo con beneficios para la salud.

## Conclusiones

El aceite híbrido Sioma® tiene una composición de ácidos grasos y características fisicoquímicas distintas a las del aceite de palma *E. guineensis*, y a las de otros aceites comerciales. Es mayoritariamente insaturado, siendo su principal componente el ácido oleico. Tiene un alto contenido de  $\beta$ -caroteno y vitamina E (tocotrienoles y tocoferoles), a los que se atribuyen beneficios nutricionales que han sido ampliamente reportados.

La oleína de Sioma® es más resistente a la cristalización en climas fríos que la oleína de *E. guineensis*, por lo que puede reemplazar parcial o totalmente los acei-

**Tabla 6.** Contenido de carotenos totales en una muestra de aceite Sioma® rojo RBD y sus respectivas fracciones (análisis realizados en laboratorios Eurofins, EE.UU.).

Aceite	Contenido de carotenos totales (ppm)
Sioma® rojo RBD	646
Oleína roja de Sioma® RBD	721
Estearina roja de Sioma® RBD	336

**Tabla 7.** Resultados de vitamina A (% VDR) en productos horneados elaborados con aceites y mantecas convencionales vs. los mismos productos donde se reemplaza parte de estos aceites o grasas con fracciones de Sioma® rojo. \*RACC: Reference amounts customarily consumed per eating occasion (porción referencial consumida habitualmente). (Nutrition labeling of food). \*\*VDR: Valor Diario Recomendado.

Producto	Control prueba	Aceite o manteca utilizada	% reemplazo por Sioma® rojo en fórmula	RACC* (g)	% VDR** Vitamina A
Pan integral	Control	Oleína de Sioma® decolorada	50 %	30 g	0
	Prueba	Oleína roja de Sioma®			33,1
Galletas	Control	Manteca para panadería	25 %	50 g	0,29
	Prueba	Estearina roja de Sioma®			24,0
Pastel	Control	Margarina de mesa	12,5 %	55 g	6,2
	Prueba	Oleína roja de Sioma®			24,7

tes de semilla en la formulación de aceites comestibles. También presenta una alta estabilidad oxidativa, por lo que es utilizada en procesos de fritura industrial.

Las fracciones de Sioma® se utilizan en la fabricación de alimentos fritos y horneados, permitiendo reducir el contenido de grasa saturada en los productos finales.

El aceite rojo refinado Sioma® tiene un alto valor nutricional ya que conserva gran parte de los componentes saludables que se encuentran en el aceite crudo. Este puede utilizarse en la elaboración de alimentos funcionales, como colorante natural y como un aceite con valor agregado para uso en hogares.

---

## Referencias

- Sen, C. K., Rink, C., & Khanna, S. (2010). Palm Oil–derived Natural Vitamin E  $\alpha$ -Tocotrienol in Brain Health and Disease. *Journal of the American College of Nutrition*, 29(3 Suppl), 314S–323S.
- Dauqan, E., & Abdullah, A. (2011). Vitamin E and Beta Carotene Composition in Four Different Vegetable Oils. *American Journal of Applied Sciences*, 8(5), 407–412.
- Nagendran, B., Unnithan, U. R., Choo, Y. M., & Sundram, K. (2000). Characteristics of red palm oil, a carotene- and vitamin E–rich refined oil for food uses. *Food and Nutrition Bulletin*, 21(2), 189–194.
- Parker, R. A., Pearce, B. C., Clark, R. W., Gordon, D. A., & Wright, J. J. (1993). Tocotrienols regulate cholesterol production in mammalian cells by post-transcriptional suppression of 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme A reductase. *Journal of Biological Chemistry*, 268(5), 11230–11238.
- Tan, B. (1989). Palm carotenoids, tocopherols and tocotrienols. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 66(6), 770–776.
- Gibon, V., De Greyet, W., & Kellens, M. (2007). Palm oil refining. *European Journal Lipid Science Technology*, 109(4), 315–335.
- Basiron, Y. (2001). Edible oil and fat products: Edible Oils. Bailey's Industrial Oil and Fat Products, sixth edition.
- Unnithan, U. R., & Foo, S. P. (2001). Red Palm Oil: Current Advancements. Food Technology & Nutrition Conference.
- Nutrition labeling of food. CFR Code of federal regulations. 21, Part 101 Food labeling. Subpart A. General Provisions. Sec 101.9.
- Malaysian Palm Oil Board. (2009). *Palm Oil Uses*. Kuala Lumpur, Malasya. Sixth Edition.

# Una plataforma tecnológica innovadora para el fraccionamiento multietapa consistente de aceite de palma\*

An Innovative Technology Platform for Consistent Multistage Fractionation of Palm Oil



**DR.IR. GIJS CALLIAUW**

Desmet Ballestra Group, Belgium.  
Technology Application Manager  
Modification & Refinery  
Gerente de Aplicación de Tecnologías  
Modificación y Refinería  
Bélgica

**CITACIÓN:** Calliauw, G. (2019). Una plataforma tecnológica innovadora para el fraccionamiento multietapa consistente de aceite de palma. *Palmas*, 40(Especial, Tomo II), pp. 154-162.

**PALABRAS CLAVE:** fraccionamiento multietapa, estearina, oleína, iConFrac, Statolizer.

**KEYWORDS:** Multistage fractionation, stearin, olein, iConFrac, Statolizer.

\*Artículo original recibido en inglés y traducido por Carlos Alberto Arenas.

## Resumen

El fraccionamiento en seco del aceite es una técnica ampliamente aceptada y utilizada en América Latina, para separar el aceite de palma refinado en fracción sólida (estearina) y líquida (oleína). Por tradición, la optimización del proceso en este campo se ha concentrado, principalmente, en diseños de cristalizadores más esbeltos y eficaces y de ciclos de filtración más meticulosos de la prensa de membrana, para obtener mayores rendimientos de oleína a mayores capacidades. No obstante, puesto que actualmente también las fracciones medias están atrayendo (de nuevo) la atención gracias a las diversas aplicaciones potenciales como grasas para confitería, existe el desafío tecnológico y logístico de desarrollar vías más costo-efectivas para su producción, y al mismo tiempo garantizar la elaboración consistente de productos básicos clásicos como aceite de cocina y margarina, en la misma planta, 24 horas diarias y 7 días a la semana. Con el fin de lograr esta operación de fraccionamiento multietapas, es necesario combinar diferentes tecnologías sin interrupciones.

La tecnología relativamente nueva de iConFrac™ constituye una oportunidad interesante, puesto que ofrece una etapa de cristalización continua con cristalizadores específicamente diseñados, que reducen los costos de los servicios públicos y facilitan la operación. Responde a la necesidad de lograr una producción diaria confiable de grandes volúmenes de aceites de consumo, y superar los límites de la operación de cristalización del aceite de palma a nivel mundial.

En segundo lugar, desde su introducción en la industria de los aceites comestibles a principios del siglo XX, Statolizer Technology se ha establecido como una tecnología industrial potente, segura y eficaz, desde el punto de vista de costos para la producción de grasas especializadas de alto valor agregado. Permite cristalizar fraccionalmente una grasa, como el aceite de palma, de forma homogénea sin agitación. Así, los problemas típicos de transferencia de masa y calor que ocurren con las lechadas muy viscosas en los reactores convencionales de tanque agitado, son mucho menos graves. Por consiguiente es la mejor arma para la producción de grasas especializadas de manera sustentable, segura y automatizada.

Al enlazar la exitosa operación de cristalización continua del iConFrac con la tecnología robusta y comprobada de Statolizer, es posible producir una amplia gama de productos a base de aceite de palma: desde las superestearinas duras de punto de fusión muy alto, hasta las oleínas superiores extremadamente estables al frío, y en el medio las fracciones de alto valor agregado. Este artículo pretende ilustrar lo que se puede lograr de manera realista, aunque también las limitaciones y cómo se compara lo anterior con las tecnologías de la competencia, como interesterificación específica y fraccionamiento con solventes. Puesto que la finalidad del fraccionamiento multietapas del aceite de palma es entregar productos específicos de aceites y grasas comestibles, se presta especial atención al uso completo y la aplicación del espectro del producto.

## Abstract

Dry fractionation of oil is a well-accepted and applied technique in Latin America to separate refined palm oil into solid (stearin) and liquid fraction (olein). Typically, the process optimizations in this field has been primarily focused on lighter, more performant crystallizer designs and more thorough membrane press filtration cycles to obtain higher olein yields at increased capacities. However, since currently also the mid fractions are (re-)gaining more attention due to various possible applications as confectionery fats, an important technological and logistic challenge now exists in developing more cost-effective routes for production of these, meanwhile still ensuring the consistent production of classic *commodity* products such as cooking oils and margarine fats, in the same plant, on a 24/7 basis. To achieve such multistage fractionation operation, different technologies should be seamlessly combined.

A first interesting opportunity is offered by the relatively new iConFrac™ Technology, as it features a continuous crystallization stage with specifically designed crystallizers reduces utility costs while greatly improving the ease of operation. It answers the call for a reliable daily operation of the large bulk volumes of *commodity* oils, and has pushed the boundaries of palm oil crystallization operation worldwide.

Secondly, since its introduction in the edible oils industry in the early 2000's, Statolizer™ Technology has established as a potent, safe and cost-effective industrial technology for the production of high added-value specialty fats. It allows to fractionally crystallize a fat, such as palm oil, in a homogeneous way without agitation. Hence, the typical mass and heat transfer problems that occur for highly viscous slurries in conventional stirred tank reactors are a lot less prominent. It's therefore the weapon of choice for the production of specialty fats in a sustainable, safe and automated way.

By linking up the successful continuous crystallization operation of iConFrac with the robust and proven Statolizer Technology, it is possible to produce a wide array of different products from refined palm oil: from hard superstearins with very high melting points to extremely cold stable top oleins, and the high added value mid fractions in-between. The presentation aims to illustrate what is realistically achievable, but also where are the limitations and how it compares to competing technologies such as specific interesterification and solvent fractionation. Since the finality of multistage fractionation of palm oil is the delivery of specific edible oil and fat products, special attention is paid to the complete use and application of the product spectrum.

## Fraccionamiento seco multietapa

El fraccionamiento seco de aceite de palma, también llamado ‘cristalización fraccionada’ es una tecnología de procesamiento completamente física, mediante la que el aceite de palma se enfría lentamente en grandes volúmenes de cristizador y, posteriormente, se separa mediante un filtro-prensa en un filtrado líquido (oleína de palma) y la fracción sólida (estearina de palma). El aceite de palma es excepcionalmente adecuado para este proceso, ya que está compuesto por una buena porción de ácidos grasos saturados que le dan ‘cuerpo’ al producto, y una de ácidos grasos insaturados que, por lo general, son líquidos en condiciones ambiente. En principio, cada fracción obtenida puede ser procesada aún más mediante una etapa consecutiva de enfriamiento y filtrado, lo que lleva nuevamente, a un conjunto de dos fracciones distintas en las que la proporción de ácidos grasos saturados e insaturados vuelve a ser diferente. Esta serie de operaciones puede llamarse fraccionamiento multietapa del aceite de palma y resulta en una amplia gama de productos, cada uno apropiado para su aplicación en una variedad de alimentos. Cada fracción añade valor a la cadena de procesamiento y, típicamente, cada paso de fraccionamiento adicional resulta en productos con un valor dos o tres veces más alto y con mayor pureza que el aceite de palma totalmente refinado original (RBD) (Figura 1).

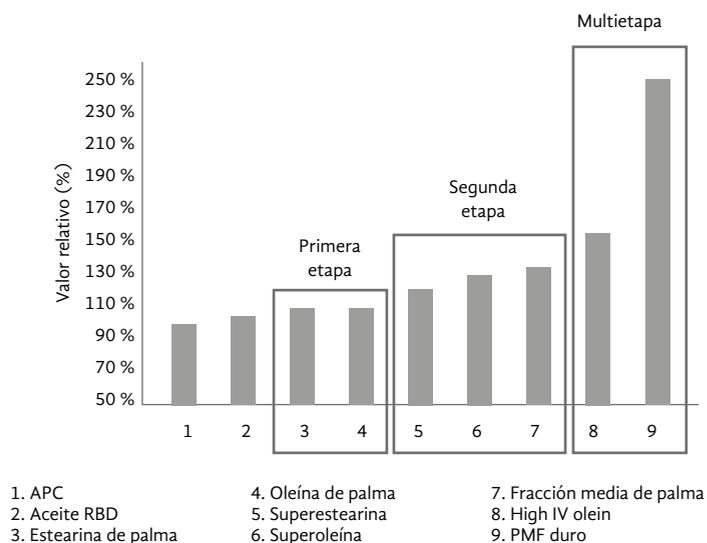
En comparación con otras técnicas de modificación de grasas (por ejemplo, interesterificación química, hi-

drogenación, fraccionamiento orgánico por solventes), el fraccionamiento del aceite de palma es un proceso mucho más sencillo y sostenible, ya que no involucra químicos ni condiciones de procesamiento rigurosas y no requiere refinación postratamiento. Sin embargo, el fraccionamiento multietapa puede ser un desafío operativo y logístico, dado que cualquier desviación en la calidad en las etapas tempranas puede afectar todas las condiciones de los procesos posteriores. Igualmente se debe evitar la contaminación cruzada de diferentes fracciones del aceite, causada por cambios en los inventarios de la instalación. Por lo tanto, la tecnología contemporánea de fraccionamiento no solo debería poder suministrar fracciones de aceite de palma de alta calidad, sino también hacerlo de forma confiable y consistente. Para aumentar la facilidad de operación del fraccionamiento multietapa, Desmet Ballestra utiliza dos de sus tecnologías de cristalización más avanzadas, con filtros de alto rendimiento como plataforma robusta para vías de fraccionamiento innovadoras.

### Equipo principal: cristizador y filtro

La columna vertebral de cualquier proceso de fraccionamiento exitoso es un cristizador eficiente. Por lo general, los convencionales se encuentran en un gran tanque vertical con un agitador central que gira lentamente y con aletas, bobinas o placas de enfriamiento montadas cerca de la pared del cristizador. Esta puede ser una manera rentable de cristalizar el aceite de palma, pero el desempeño subóptimo del mezclado durante la totalidad de la reacción, suele re-

**Figura 1.** Creación de valor relativo en las etapas subsiguientes de fraccionamiento de aceite de palma.



querir tiempos de proceso más largos. Una agitación más fuerte podría mejorar el intercambio de calor, sin embargo está limitada por el mayor rompimiento de cristales, lo que podría llevar a una fragmentación y resultados de filtrado inferiores. Aquí, el diseño de MoBulizer™ ofrece una mejora, ya que contiene un conjunto móvil de enfriamiento que se aplica, desde 2006, en la industria de la palma de aceite en todo el mundo. El hecho es que la superficie de enfriamiento está distribuida espacialmente de forma muy homogénea dentro de la masa de aceite en el cristizador, permitiendo aplicar únicamente la agitación más leve para llevar todo el aceite, que es un termoconductor pobre, cerca de la superficie de intercambio de calor, y la evacuación eficiente del calor de la cristalización. Una ventaja adicional de este sistema particular de 'enfriamiento móvil', es que permite mezclar únicamente en direcciones horizontales y, por lo tanto, puede mantener un gradiente de temperatura vertical de mejor manera. Es así como se abre la puerta para una operación del cristizador de flujo con efecto tapón de 'primero en entrar, primero en salir': el aceite tibio es alimentado continuamente desde la parte superior, y se enfriará y cristalizará 'hundiéndose' hacia lo profundo del baño de aceite. Desde allí se bombea una pasta lista para ser filtrada a un tanque de reserva o sistema de filtración. Un desafío tecnológico importante es obtener una sedimentación mínima o nula de grasa cristalizada en la superficie de intercambio de calor, ya que esto causa una disminución en la eficiencia del mismo. La combinación de estas tres ventajas (alto intercambio de calor debido a las bajas velocidades de agitación, mezclado específico y la posibilidad de restaurar la eficiencia del intercambio de calor sin interrumpir las operaciones) han llevado a que iConFrac™ se aplique con éxito en la industria desde el 2011.

Si bien la tecnología del filtro-prensa de membrana no ha recibido ni la mitad de la atención en la literatura en los últimos 20 años, esta suele ser la pieza de maquinaria más costosa en una planta de fraccionamiento en seco. Un diseño y tamaño adecuados son cruciales para obtener el equilibrio correcto entre el rendimiento de oleína y estearina, e igualmente la pureza de estearina deseada en la torta. No es solo una cuestión del llenado de filtro y de la presión final de compresión, también requiere un entendimiento

profundo de la influencia del grosor de la torta, del impacto de la viscosidad, de la secuencia de soplado del filtrado, del material de construcción... todo importa para obtener las mayores ganancias posibles del proceso de fraccionamiento. Esto así mismo, explica por qué es posible encontrar diferentes ejecuciones de filtros (principalmente en términos de presión de compresión y grosor de la torta), en las varias etapas del fraccionamiento multietapa del aceite de palma.

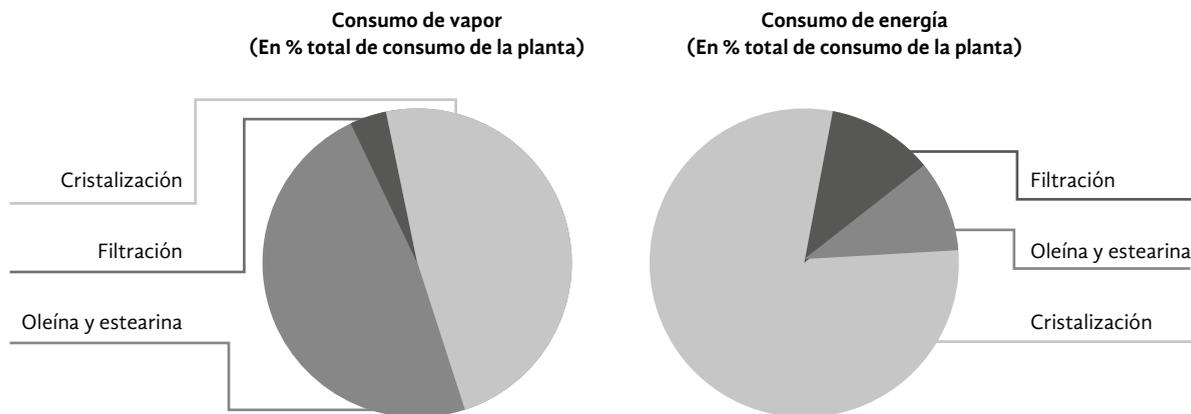
## Ventajas de los sistemas de cristalización continua

En el fraccionamiento, los costos operativos se determinan principalmente por el consumo de energía (refrigeración y calefacción): entre más bajo este, más rentable. La cristalización continua es uno de los caminos que puede ayudar a reducir los costos de energía y, por lo tanto, a mejorar el rendimiento de la planta. Es bueno tener en cuenta que, al buscar potenciales ahorros de energía, se debe prestar más atención a la sección de cristalización que a la de filtrado. Existen dos razones principales para esto: en comparación con la sección de cristalización, se consume muy poca energía de enfriamiento (kWh en los grupos de refrigeración) y de calentamiento (expresada como kg del vapor a baja presión) durante el proceso de filtrado, de manera que los retornos de la economía en energía de este campo son, proporcionalmente, mucho menores (Figura 2). Otra razón importante de por qué no se suelen aplicar sistemas de filtración continua en el fraccionamiento multietapa de aceite de palma, es que la eficiencia de separación de los filtros-prensa de membrana lote por lote es superior a la que se puede lograr actualmente con la mayoría de sistemas de separación, tales como centrifugas, filtros de cintas a vacío o incluso los filtros de tambor rotativo hiperbárico. Esta pérdida de rendimiento (de oleína y/o calidad de la estearina) no justifica los eventuales pequeños ahorros en consumo de energía con el filtrado continuo.

## Rendimiento mejorado

Especialmente en los procesos rápidos de enfriamiento y cristalización, tales como la primera etapa

**Figura 2.** Distribución de vapor y consumo de electricidad en el fraccionamiento.



de fraccionamiento de aceite de palma en oleína y estearina, la necesidad de evacuar una gran cantidad de energía puede ser bastante exigente para el sistema de refrigeración por agua. Por lo tanto, se prevén grandes amortiguadores de energía (es decir, tanques de agua) en la planta, para hacer frente a los picos altos y bajos de la demanda de refrigeración en un proceso por lotes. Sin embargo, cuando todos los flujos de calor son estables, debido a la naturaleza de la operación continua, es mucho más fácil cruzar corrientes entrantes calientes con frías salientes en intercambiadores de calor simples, maximizando la recuperación de calor. Un proceso continuo también puede ofrecer otra economía significativa de energía porque, entre más tiempo pueda operar un cristizador en modo continuo a la misma temperatura, más aceite proce-

sará sin tener que recalentar y volver a enfriar el acero y el agua del cristizador (Tabla 1).

Adicionalmente, la operación continua ayuda a reducir la variabilidad entre los lotes. A medida que el aceite tibio se alimenta continuamente a una gran masa de suspensión de cristal frío, la omnipresencia de los 'cristales semilla' cataliza la formación de nuevos cristales en la fusión fresca. Otro hallazgo es que la solubilidad de los componentes saturados, como la tripalmitina (PPP), puede ser mucho más baja en las oleínas producidas en el sistema continuo que en el lote. Esta es una ventaja mayor obvia en el marco de lograr menores puntos de enturbiamiento y una mejor estabilidad en frío de los productos líquidos.

**Tabla 1.** Comparación tabular de consumo de calor de un fraccionamiento continuo y por lotes que produce IV 56 de aceite de palma RBD (para una planta de 1.000 tpd).

Consumo de vapor (kg/t de aceite)	Lote	Continuo
Calentamiento del aceite entrante	15	5
Calentamiento de oleína	10	0
Recalentamiento del cristizador al final del ciclo	3	0,3
Calentamiento de estearina	17	17
Varios (tanques alimentadores, lavado de aceite, trazado...)	5	5
Total	50	27,3

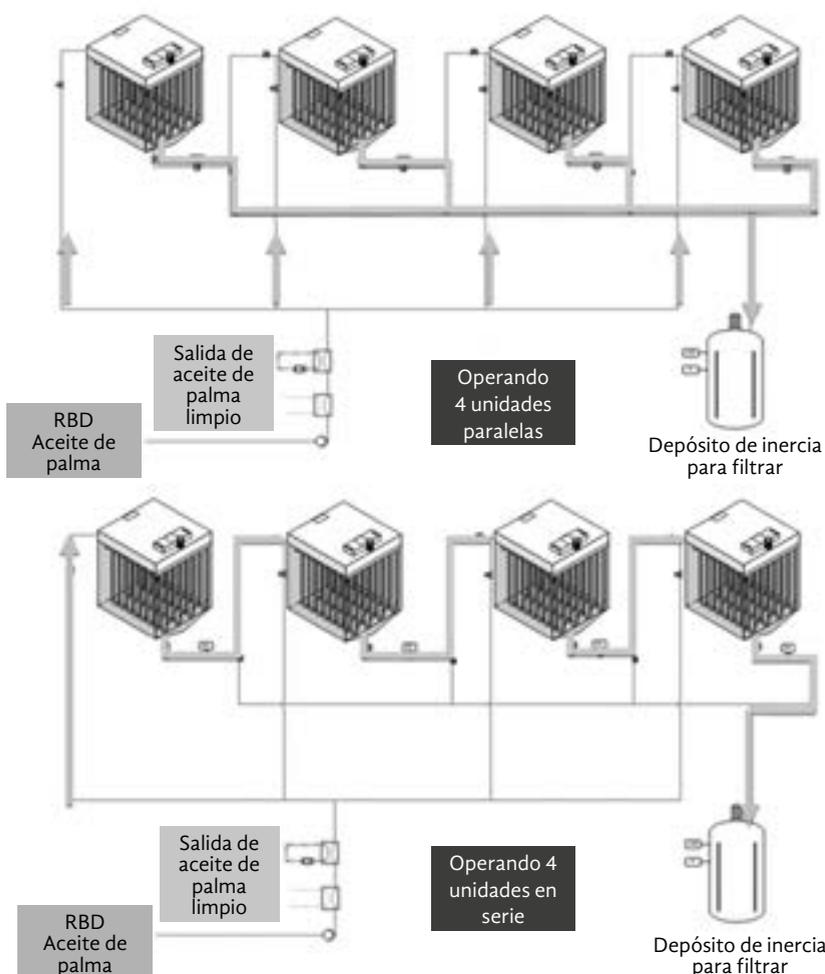
La operación continúa también proporciona una distribución del tamaño de los cristales más uniforme, lo que resulta en un mejor rendimiento del filtrado (menores cargas de filtro) que, a su vez, también proporcionan mayores rendimientos de oleína. Por lo tanto, especialmente en procesos en los que la fracción de oleína líquida es la más valiosa, la cristalización continua puede ofrecer una rentabilidad más alta.

## Versatilidad y flexibilidad

Cuando se trata de la operación diaria, el fraccionamiento continuo también es un proceso sorprendentemente flexible. Un buen diseño de planta permite operar todos los cristalizadores disponibles en paralelo siempre que sea posible, mientras que estos también pueden emparejarse en serie, distribuyendo la gradiente deseada en las diferentes unidades de re-

actores, tal y como se muestra en la Figura 3. Dicha flexibilidad es solo una cuestión de las tuberías y de automatización inteligente, pero puede hacer toda la diferencia al permitir a la planta producir IV 56 un día y superoleína con IV 65 al siguiente.

Uno de los mitos más persistentes sobre el fraccionamiento en seco del aceite de palma es que es más un arte y habilidad, que una ciencia y tecnología. Es verdad que, debido a la compleja composición del aceite de palma (incluso el refinado puede contener más de 100 componentes diferentes, todos involucrados en la cristalización) y a la variación biológica, los parámetros del proceso de fraccionamiento en seco no siempre son los más apropiados para todas las materias primas y condiciones. Esto hace que los ingenieros de procesos se pregunten por qué una configuración que funcionó perfectamente el día de ayer, no resulta en la misma calidad el día de hoy. De hecho, a menudo este



**Figura 3.** Esquema de operación (a) todos en paralelo y (b) todos emparejados en una planta de cristalización continua equipada con tecnología de cristalización patentada.

puede ser un trabajo largo, tedioso y no gratificante, en busca de la 'receta de enfriamiento correcta' que garantice una cristalización controlada y una fácil separación de fase, especialmente porque hay una multitud de configuraciones que, posiblemente, necesitan ajustes. En un proceso continuo de estado estable, ya no hay una receta multiparamétrica a ser instalada en cada lote; solo se requieren un par de ajustes de temperatura y velocidad de agitación. Dicha reducción de posibles parámetros, es decir grados de libertad, puede sonar como una disminución en la flexibilidad del proceso pero, de hecho, en la práctica permite simplificar la puesta a punto y también el fácil cambio de una producción a otra.

Igualmente debe mencionarse que, debido al llenado constante de aceite líquido fresco en la parte superior, y a la descarga continua de material cristalizado cerca del fondo del MoBulizer™, las cargas mecánicas máximas en el sistema de agitación se reducen enormemente, ya que nunca se alcanza una viscosidad del 100 % de la masa de aceite en el MoBulizer™. Por lo tanto, la viscosidad es un problema menor y, en cambio, el MoBulizer™ puede generar pastas con un mayor grado de cristales de forma continua que lo que habría sido posible en una operación puramente por lotes. Si se forman más cristales antes de que la viscosidad se vuelva una limitante, entonces lógicamente también se pueden lograr IV más altas de (super) oleína. Hay una clara aplicación en los mercados en los que es necesario refraccionar la estearina a 'superestearina' fraccionada (IV <12). El sistema continuo permite ir más allá en la cristalización que lo que pueden lograr los cristalizadores convencionales y, por lo tanto, suministra mayores proporciones de superestearina de palma a partir de la estearina.

Dicho principio de 'dilución constante' de la pasta de aceite al rellenar aceite nuevo en la parte superior del MoBulizer™, puede aplicarse incluso cuando se recircula una parte de la oleína fría recién filtrada, lo que permite enfriar y diluir al mismo tiempo. Si bien hay una modesta pérdida de capacidad, tal operación ha demostrado ser capaz de obtener IV de superoleína de >64 directamente de aceite de palma RBD IV52, sin comprometer la operación de MoBulizer™, y sin las molestias de equilibrar y volver a mezclar en los tanques u otras restricciones logísticas.

Una planta de fraccionamiento continuo bien concebida, proporciona una excelente base tecnológica para el fraccionamiento multietapa del aceite de palma dada su rentabilidad, pero en especial, su logística simplificada. En la práctica, virtualmente todas las etapas de fraccionamiento sencillo y doble pueden realizarse en operación continua, con la recuperación de calor o incluso los circuitos parciales de recirculación dentro de los límites de batería de la planta de fraccionamiento, lo que también facilita una integración directa con la instalación de refinería al comienzo del proceso, así como con el procesamiento posterior y el envase en bienes de consumo reales.

No obstante, existen algunas limitaciones y una de las más importantes es que si bien los Mobulizers™ Mi-ConFrac™ pueden soportar altos grados de cristalización, estos no están diseñados para tratar con redes de cristales muy gruesos, que suelen asociarse con la producción de grasas especiales (y que se acostumbra solucionarse aplicando el fraccionamiento por solventes). Para tales aplicaciones, se utilizan instalaciones de paneo y prensado, o incluso un diseño de cristizador estático como el Statolizer™, desarrollado para el fraccionamiento de aceite de palma. Por lo tanto, vale la pena ver cómo tal tecnología también agrega valor en la cadena de fraccionamiento multietapa.

## PMF suave a PMF duro: oportunidades de la tecnología Statolizer™

Tradicionalmente, el paso más difícil en el fraccionamiento multietapa de aceite de palma y casualmente, el que añade más valor, siempre ha sido el proceso para hacer fracción media de palma (PMF) dura a partir de PMF suave. Esencialmente, este paso es una concentración final del triglicérido POP, que conforma el 45-50 % del PMF suave, en PMF duro, con un contenido de POP de al menos el 65 %. Posteriormente, el PMF duro puede formar una excelente fuente de POP para la fabricación de equivalentes de manteca de cacao (EMC), considerado entre los tipos más caros de grasas de confitería. En teoría, parece que esta etapa de fraccionamiento no es espectacular o complicada, pero las altas concentraciones de POP en el PMF suave hacen que no sea fácil controlar una

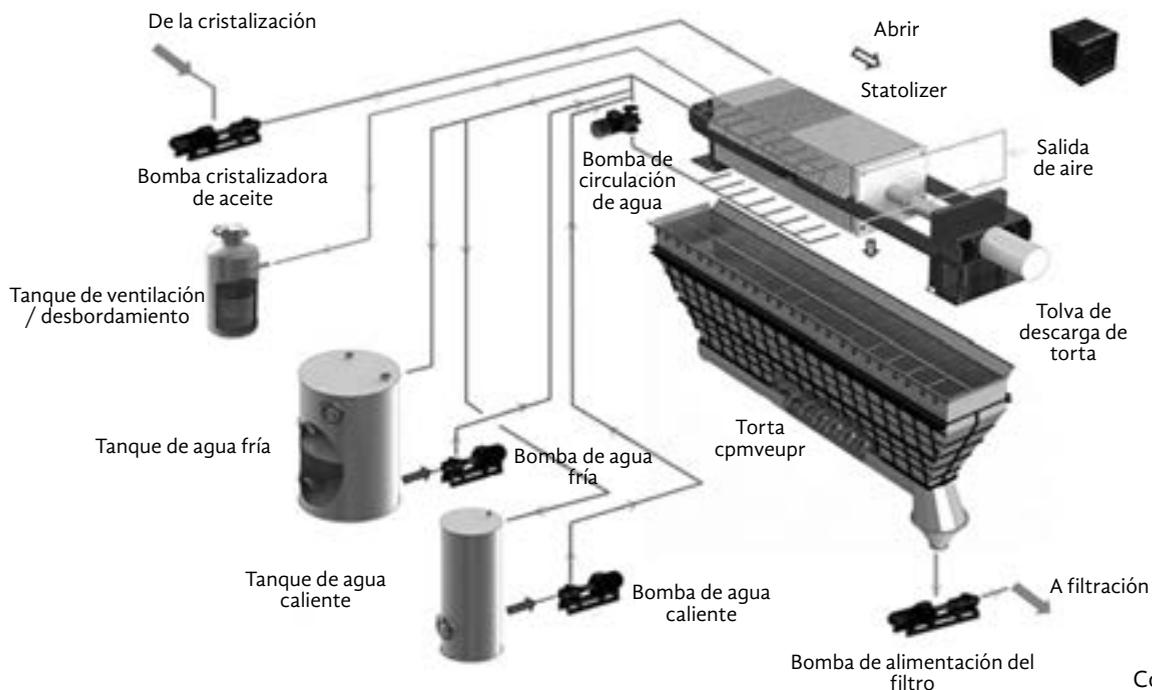
crystalización gradual en cristales bien filtrables. Por lo tanto, este último paso ha sido y continúa siendo, en gran medida, de dominio del fraccionamiento por solventes, que ofrece una dilución seria en solventes orgánicos como la acetona. Principalmente, este efecto de dilución, así como la rápida conductividad del calor, la solubilidad de componentes menores no deseados como diglicéridos, y la posibilidad de lavar los filtrados de la torta con solventes puros, forman una serie importante de ventajas para el fraccionamiento por solventes. A su vez, el PMF duro más puro, solo se puede producir de esta forma.

Las tecnologías de fraccionamiento en seco también tienen algunos beneficios: son más seguras, más sostenibles y, usualmente, requieren mucho menos gastos operativos (OPEX) y de capital (CAPEX). Pero, de nuevo, su principal activo es la facilidad de uso. La industria reconoció esto cuando se introdujo la tecnología Statolizer™ para el fraccionamiento del aceite de palmiste (Figura 4). El Statolizer™ consiste en grandes placas refrigeradas fijadas en un gran marco de prensa, lo que permite que el aceite se cristalice lentamente de forma estática en tortas aparentemente

sólidas, que luego pasan por una tolva con la acción de la gravedad. Allí, son molidas en unas pastas semilíquidas, semisólidas y, finalmente, son llevadas al filtro-prensa de membrana de 30 barg, proporcionando fracciones de estearina de palmiste muy puras, que pueden ser procesadas en sustitutos de manteca de cacao (SMC). El encanto de este proceso es que, el mayor obstáculo para una cristalización controlada, es decir la excesiva viscosidad, se supera dejando que el aceite se cristalice sin agitación y simplemente mediante la molienda posterior de las redes de tortas.

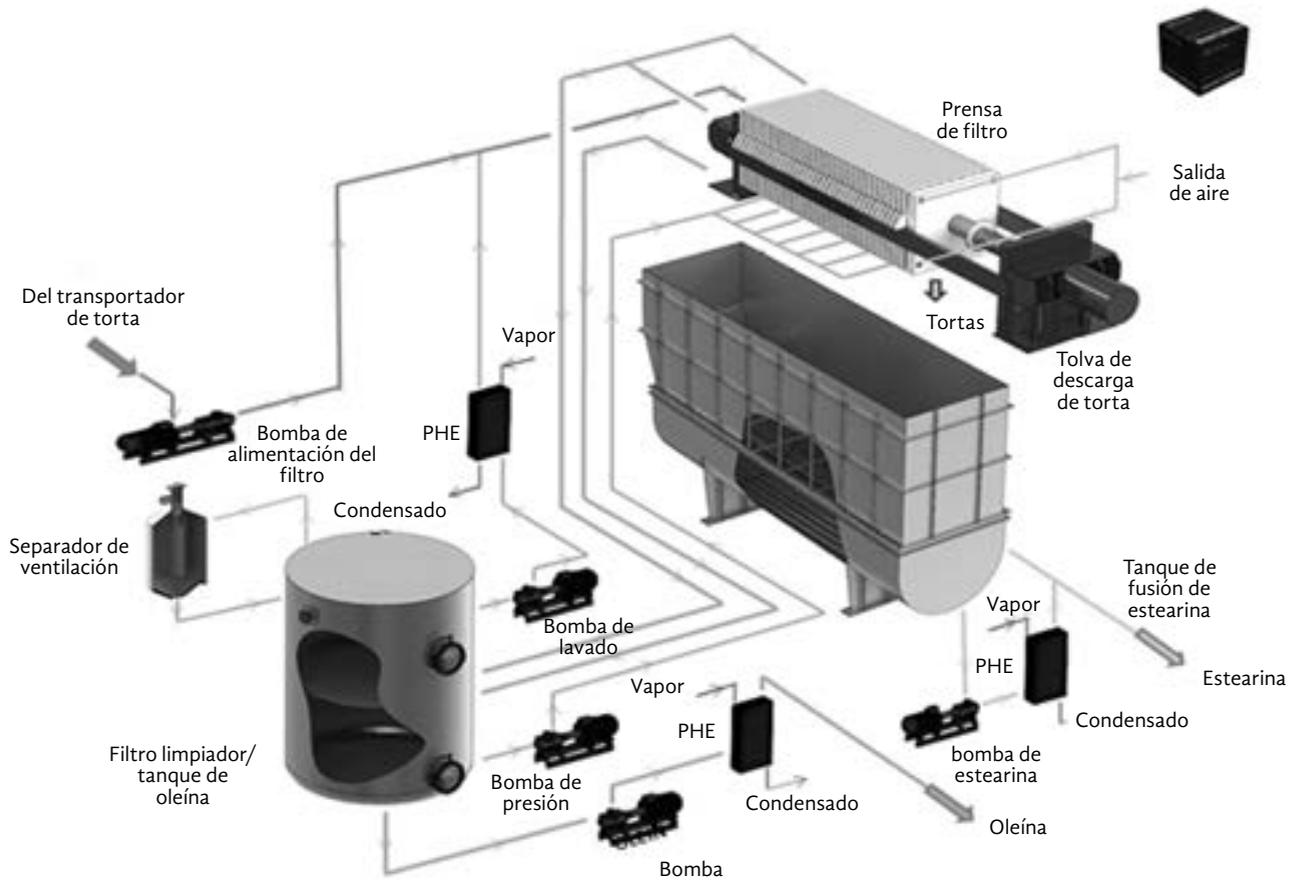
El mismo principio, una cristalización estática y virtualmente 'sin dificultades', seguida del picado automático de la torta en una pasta filtrable, ha sido aplicado para el PMF suave con el fin de hacer PMF duro de alta calidad. Varios programas de pruebas piloto, así como la validación industrial, han llevado a un mejor entendimiento del mecanismo de cristalización y la cinética involucrada, así como de la importancia de la calidad de la materia prima. Entonces, si bien desde afuera una planta típica Statolizer™ puede parecer similar para el aceite de palmiste y el aceite de palma, el modo de operación es muy diferente. En

Figura 4. Diagrama de flujo de Statolizer.



Continúa →

Continuación Figura 4. Diagrama de flujo de Statolizer.



una planta de fraccionamiento multietapa de aceite de palma bien establecida, será la operación de Statolizer™ al final del camino la que permita poner 'la cereza en el pastel' en forma de PMF duro. Nótese que típicamente, ni el rendimiento (aprox. 28-34 %) ni la calidad (IV 33-34) están al nivel del fraccionamiento por solventes. Sin embargo, esto permite producir PMF duro en 'masa', que puede ser mezclado con fracciones obtenidas mediante el fraccionamiento por solventes para aumentar el rendimiento, a un costo de procesamiento total multietapa mucho menor. Entonces, esta capacidad para lidiar con grasas muy viscosas en el contexto del fraccionamiento en seco, también está abriendo nuevas oportunidades para las grasas especiales basadas en palma.

## Conclusión

Si bien el principal mercado para el aceite de palma se encuentra en el fraccionamiento de materias primas,

es probable que su facilidad de uso y las incuestionables características técnicas mejoradas de la cristalización continua, impulsen su aplicación en los próximos años. Esta tecnología suministra una base sólida para el fraccionamiento multietapa del aceite de palma, creando grasas y oleínas hechas a medida. Se ofrece así una clara promesa para procesos de fraccionamiento más intrincados, como la producción de superoleína de aceite de palma IV 70 y fracciones medias de palma dura, estas últimas mediante el emparejamiento de la tecnología iConFrac con la basada en Statolizer. Al considerar que, de 100 toneladas métricas de aceite de palma que ingresan a una planta de fraccionamiento multietapa, solo unas 10 toneladas podrían terminar como PMF duro, es igualmente importante, si no más importante, que el 90 % restante también sea procesado en una operación 24/7 altamente eficiente. De seis a siete años después de su introducción en la industria de las grasas y los aceites, parece que iConFrac™ llegó para quedarse por mucho más tiempo.

# Desarrollo tecnológico para la eliminación de la filtrabilidad en biodiésel producido a partir de aceite de palma\*

Technological Development for the Elimination of Limitations of Filterability in Biodiesel Produced from Palm Oil

**AUTORES:** José Aristóbulo Sarmiento<sup>1</sup>, Julia Raquel Acero<sup>1</sup>, Franco Iván Santos<sup>1</sup>, Édgar F. Castillo<sup>1</sup>, Nelson Moreno<sup>2</sup>, Raquel Cervantes<sup>2</sup> y Abel Mercado<sup>2</sup>.

**CITACIÓN:** Sarmiento, J. A., Acero, J. R., Santos, F. I., Castillo, E. F., Moreno, N., Cervantes, R., & Mercado A. (2019). Desarrollo tecnológico para la eliminación de la filtrabilidad en biodiésel producido a partir de aceite de palma. *Palmas*, 40 (Especial, Tomo II), 163-166.

**PALABRAS CLAVE:** filtrabilidad, biodiésel, tecnología, ECOTEB.

**KEYWORDS:** Filterability, biodiesel, technology, ECOTEB.

1 Instituto Colombiano del Petróleo de Ecopetrol.

2 Grupo Empresarial Oleoflores.

\*Artículo original recibido en español.



**EDGAR F. CASTILLO**  
Instituto Colombiano del  
Petróleo de Ecopetrol  
Colombian Institute of  
Petroleum, Ecopetrol  
Colombia

## Resumen

El biodiésel producido a partir de la ruta de transesterificación de metil ésteres, presentes en el aceite de palma refinado, se ha constituido, desde el 2008, en una importante fuente de ingresos para el sector palmero colombiano, gracias a una política pública consistente y a un respaldo empresarial sólido. Sin embargo, en algunas ocasiones específicas, el desempeño de este biocombustible se ve afectado por la presencia en suspensión de sólidos generados por la precipitación de algunos cofactores químicos en su composición. Esto ha dificultado su comercialización, aumento de la mezcla de biodiésel en el diésel y ha representado prevención a su utilización por parte de los usuarios del sector transporte.

Ecopetrol, en su calidad de líder en Colombia para la producción y refinación de combustibles tipo motor, a través de su Centro de Innovación y Tecnología - Instituto Colombiano del Petróleo (ICP), planeó y desarrolló una tecnología, llamada ECOTEB, para el control de la formación de los sólidos

suspendidos en el biodiésel de palma de aceite. Estos compuestos se conocen en el sector como Haze. La tecnología se basó en dos premisas fundamentales: la necesidad de implementar una instalación industrial de baja complejidad, y el requerimiento de no adicionar costos de operación o de instalación que impidieran a los empresarios colombianos su adopción. Es así como desde el 2005, las investigaciones comenzaron a nivel de laboratorio para luego pasar a pruebas en planta banco, en ruta a baja temperatura y finalmente de larga duración a escala piloto. Los excelentes resultados operacionales permitieron que Ecopetrol patentara la tecnología para poder brindar, al sector de biocombustibles del país, una solución práctica que se constituye en una barra de mercado importante.

En el 2018, Oleoflores y Ecopetrol firmaron un contrato de licenciamiento de la tecnología ECOTE B, lo que ha permitido escalar los resultados operacionales a un nivel industrial, reproduciendo y mejorando los indicadores de desempeño ya demostrados a nivel de planta piloto. De esta manera, Oleoflores se convierte en un líder y pionero en Colombia, al ofrecer biodiésel de altísima calidad, que supera las normas Cold Soak Filtration Test (CSFT), asegurando la sostenibilidad del negocio de los biocombustibles ligados al sector agroindustrial colombiano.

## Abstract

Since 2008, production based on transesterification of methyl esters present in refined palm oil has become an important source of income for the oil palm sector due to a consistent public policy and solid entrepreneurial support. However, on some specific occasions, the performance of this biofuel has been affected by the suspended solids generated by chemical cofactors that are present in its composition. On occasion, this factor has obstructed its marketing because the product has been partially rejected by transportation sector users.

Ecopetrol, as the leading motor fuel producer and refiner in Colombia, through its Innovation and Technology Center, known as the Colombian Oil Institute or ICP, planned and developed a technology to control the formation of suspended solids in palm oil-based biodiesel. The sector knows these compounds as Haze. The technology is called ECOTE B and it was developed on the basis of two fundamental principles: the need to implement a low-complexity production facility and the requirement of not adding operational or installation costs that would stop Colombian entrepreneurs from adopting it. Consequently, in 2005, research was undertaken in laboratories and subsequently in bench scale tests, low-temperature road tests, and finally long-term pilot tests. As a result of the excellent operational results obtained, Ecopetrol patented this technology in order to deliver a practical solution to the biofuel sector in Colombia that will become an important trademark.

In 2018, Oleoflores and Ecopetrol signed a licensing agreement for ECOTE B technology, which has escalated the operational results to an industrial scale by reproducing and improving the performance indicators obtained at the pilot plant level. Therefore, Oleoflores becomes a leader and pioneer in Colombia in terms of supplying a very high quality biodiesel that will deliver a product that exceeds CSFT standards to its customers, thus ensuring palm oil-based biofuel sustainability for the benefit of this agricultural industry sector in Colombia.

---

## Reporte de resultados de la tecnología ECOTE B

La tecnología de estabilización del biodiésel, desarrollada por Ecopetrol, fue aplicada al biodiésel obteni-

do según las características de producción industrial de Oleoflores. Su efectividad fue probada mediante la evaluación de los parámetros de calidad del producto, CSFT y Contaminación Total (CT). El cumplimiento de estos criterios indica que la tecnología

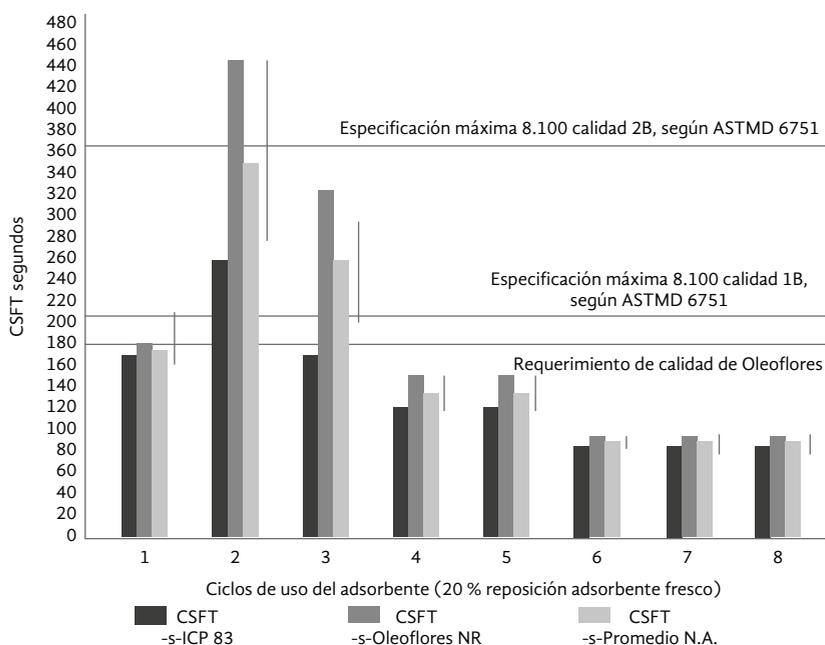
otorga nuevas y mejores características de calidad y estabilidad al biodiésel, eliminando su tendencia a la formación de contaminantes tipo Haze. En la evaluación del parámetro CSFT se exigió un valor máximo de 180 segundos, aplicando el estándar internacional ASTM D7501-15a. Para el CT, un valor máximo de 24 mg/kg, empleando el estándar EN 14214. La prueba demostrativa se realizó durante un periodo de cinco días en el primer trimestre de 2018, en un complejo industrial ubicado en Codazzi. La muestra compuesta de todas las corridas experimentales, luego de ocho ciclos de uso del adsorbente (en cada ciclo se repuso un 20 % de adsorbente fresco), presentó un valor de CSFT de 97 segundos y uno de CT de 3,3 mg/kg (medido 15 días después del tratamiento del biodiésel y luego de almacenarlo a 25 °C).

Los anteriores resultados permiten concluir que la tecnología es muy efectiva para garantizar una alta estabilidad en el tiempo, y un óptimo desempeño a bajas temperaturas en el biodiésel producido por Oleoflores. Adicional al cumplimiento de estos parámetros de evaluación, se observó una reducción del 17 % del contenido de monoglicéridos. Según medición realizada por Oleoflores, el nivel de impregnación del adsorbente, después del octavo uso, fue de 46,2 % en base húmeda equivalente al 93 % y para el sexto uso del 77 %, respecto al peso de tierra fresca alimentada al proceso. Un consumo efectivo

de tierra de 3 kg/t de biodiésel tratado y una impregnación de B100 del 100 % respecto al peso de tierra fresca, son indicadores de operación alcanzados durante la prueba industrial. La Figura 1 resume los principales resultados de la prueba industrial.

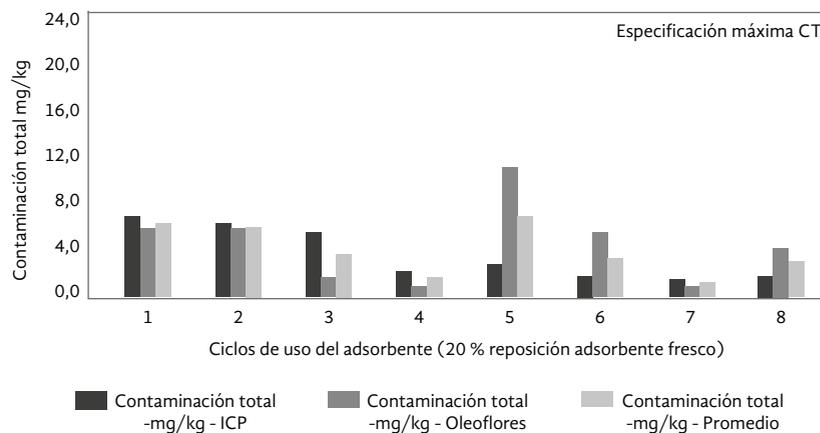
La Figura 1 expone el comparativo de dos laboratorios, los pertenecientes a Oleoflores y al ICP. Las muestras de los ciclos 2 y 3 (de mayores tiempos de filtración), presentan las diferencias más significativas (según la reproducibilidad del método estándar para el valor promedio, señalada con la barra vertical). Es importante anotar que dentro del total de ocho ciclos de operación, seis de ellos no evidenciaron diferencias significativas en la desviación promedio, demostrando una alta reproducibilidad de la tecnología. De igual forma, la muestra compuesta total de los ocho ciclos de uso fue analizada en ICP y registró un valor de 90 segundos para el CSFT.

Respecto a los valores reportados para la CT, se concluye que se obtuvo un biodiésel sin material insoluble, Haze o adsorbente residual. Los resultados por ICP, corresponden al análisis de las muestras compuestas de todos los ciclos de uso, 15 días después de realizado el tratamiento y manteniéndolas a una temperatura promedio de 22 °C. Los muy bajos valores obtenidos, destacan la estabilidad del producto, propiedad muy relevante a nivel comercial. La Figura 2 ilustra el comportamiento del parámetro CT.

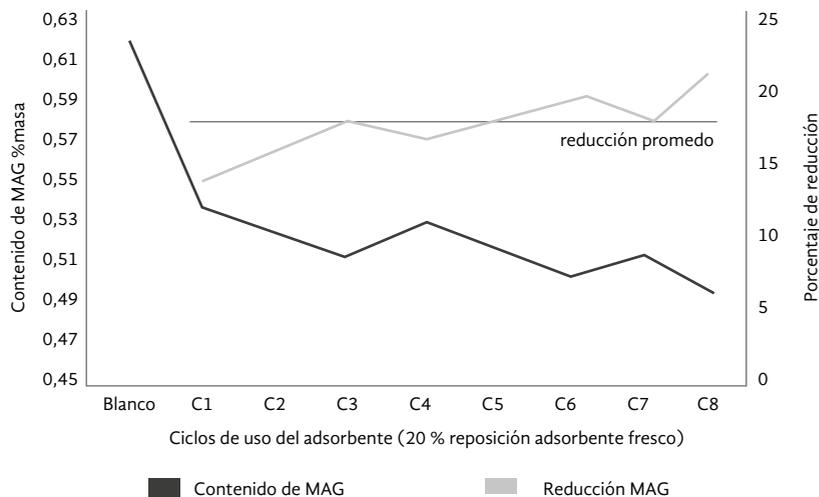


**Figura 1.** Comparativo CSFT laboratorios ICP y Oleoflores.

**Figura 2.** Seguimiento al parámetro de CT en la prueba industrial.



**Figura 3.** Seguimiento a la CT durante la prueba industrial.



De igual manera, la tecnología ECOTEB demostró gran potencial para la reducción de compuestos tipo monoglicéridos, a pesar de que este parámetro se considera un componente minoritario de la composición de salida en el biodiésel. La Figura 3 ilustra el comportamiento de esta variable durante la prueba industrial.

## Conclusiones

La tecnología demostró, exitosamente, su efectividad respecto a los parámetros de evaluación definidos. Garantiza, en el biodiésel tratado, un CSFT inferior a 180 segundos y valor de contaminación total muy por debajo de 24 mg/kg, lo que denota que se elimina

la tendencia a la formación de Haze. Esto proporciona una alta estabilidad al producto, cualidad de gran valor comercial. De igual manera, la tecnología ECOTEB tiene el potencial adicional de reducir la concentración residual de monoglicéridos. Además, su flexibilidad operacional permite tratar biodiésel con un gran rango de humedad, CT y concentración de esteril glucósidos.

De esta manera, la alianza entre Ecopetrol a través del Instituto Colombiano del Petróleo y una empresa líder en la producción de biodiésel como lo es Oleoflores, ha permitido demostrar que, mediante el trabajo conjunto de investigación e innovación, se pueden alcanzar resultados muy satisfactorios para el sector de biocombustibles en Colombia.



## **MÓDULO 3**

Sostenibilidad y entorno del mercado



## Palma de aceite y biodiversidad: ¿qué sabemos? ¿para dónde vamos?\*

Oil Palm and Biodiversity: What Do We know? Where Are We Headed?

**CITACIÓN:** Garcia-Ulloa, J. (2019). Palma de aceite y biodiversidad: ¿qué sabemos? ¿para dónde vamos? *Palmas*, 40 (Especial Tomo II) pp 169-174.

**PALABRAS CLAVE:** palma de aceite, biodiversidad, retos, oportunidades, problemas, conservación.

**KEYWORDS:** Oil palm, biodiversity, challenges, opportunities, problems, conservation.

\*Artículo original recibido en español.



**JOHN GARCIA-ULLOA**

Investigador Senior, Escuela Politécnica  
Federal, Instituto de Ecosistemas  
Terrestres (ETH) Zúrich, Suiza  
Senior researcher, ETH Zurich -  
Institute of Terrestrial Ecosystems  
Zurich, Switzerland

### Resumen

El desarrollo de la industria de la palma de aceite es una realidad que ha llevado a este sector a posicionarse como uno de los cultivos de oleaginosas más importantes a nivel mundial. Las trayectorias de expansión de esta agroindustria han moldeado significativamente los paisajes donde se cultiva, impactado tanto positiva como negativamente sus ecosistemas y las comunidades que los habitan. Los posibles impactos negativos en la biodiversidad que se originan de esta expansión, siguen preocupando en particular a la comunidad internacional y a diversos sectores ambientales. En las últimas dos décadas, nuestro conocimiento acerca de los impactos que tiene la palma de aceite en la biodiversidad ha incrementado significativamente. Sin embargo, aún carecemos de una perspectiva y estrategia global para abordar estos temas.

Basado en un reciente reporte de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), este artículo mostrará una síntesis del conocimiento actual sobre la relación entre la biodiversidad y el cultivo de la palma de aceite en el mundo. Se presentará un mapa actualizado a nivel mundial de los cultivos, así como un análisis de las diferencias de los paisajes y las problemáticas entre las tres principales regiones productoras del mundo (Sudeste Asiático, África y Latinoamérica). También se discutirán los retos y las oportunidades para el sector palmero en relación con la conservación, así como la eficacia de las iniciativas actuales de gobernanza, que se han propuesto para abordar las diferentes problemáticas en torno a esto. Finalmente, se expondrán varias actividades de investigación y gestión encaminadas a materializar beneficios para la conservación, mientras la agroindustria palmera se sigue consolidando y desarrollando en estos paisajes.

## Abstract

Oil palm industry development is a reality that has positioned the sector as one of the most important global oil-bearing crops. The expansion of this industry has significantly shaped the landscape of the areas where the crop grows and has both positively and negatively impacted ecosystems and their communities. Potential negative impacts on biodiversity generated by this expansion are still a matter of concern, particularly among the international community and various environmental sectors. Over the last two decades, our knowledge of oil palm impact on biodiversity has increased significantly. However, we still lack a global strategy and perspective to address these issues.

Based on a recent report submitted by the International Union for Conservation of Nature (IUCN), this conference will present a summary of our current knowledge of the relationship between biodiversity and oil palm crops around the world. An updated world map of oil palm crops will be presented, together with an analysis of landscape differences and problems of the world's main three oil palm growing areas (Southeast Asia, Africa, and Latin America). The challenges and opportunities of the oil palm sector will also be discussed in terms of conservation, as well as the effectiveness of current governance initiatives proposed to address a variety of problems surrounding these issues. Finally, various research and management activities aimed at obtaining conservation benefits will be submitted, while the oil palm industry keeps consolidating and developing on these landscapes.

□

## Introducción

Este artículo, basado en un reciente documento publicado por el grupo de trabajo de palma de aceite de la UICN, tiene como objetivo mostrar una síntesis del conocimiento actual sobre la relación entre la biodiversidad y el cultivo de palma de aceite en diferentes regiones del mundo. Se identificaron los retos y oportunidades para el sector palmero en relación con la conservación, así como un análisis de las propuestas de gobernanza ambiental para abordar diferentes problemáticas en torno a la diversidad biológica y los ecosistemas incluidos en las zonas palmeras.

Las actuales iniciativas gubernamentales, que apuntan a tratar los impactos del desarrollo de la palma de aceite en la biodiversidad, varían ampliamente de las regulaciones a las acciones voluntarias. La estrategia más común utilizada por dichas iniciativas es evitar la conversión de bosques y otras áreas reconocidas como importantes para la biodiversidad. Se ha dedicado mucho esfuerzo al desarrollo de herramientas para definir e identificar estas áreas, siendo los marcos de Alto Valor de Conservación y Alto Contenido de Carbono los más reconocidos.

## ¿Qué es la UICN?

La UICN se ha convertido en la red de conservación de la biodiversidad más grande y diversa del mundo. Cuenta con la experiencia, los recursos y el alcance de sus más de 1.300 organizaciones afiliadas y 13.000 expertos. Es la autoridad mundial en cuanto al estado de la naturaleza y los recursos naturales, así como de las medidas necesarias para protegerlos. Su equipo de expertos está organizado en seis comisiones dedicadas a la supervivencia de las especies; derecho ambiental; áreas protegidas; políticas ambientales, sociales y económicas; gestión de los ecosistemas; educación y comunicación.

## ¿Por qué el interés en la palma de aceite?

La UICN ha expresado su preocupación por los impactos de la expansión del cultivo de palma de aceite, razón por la que decide participar más activamente en escenarios internacionales sobre biodiversidad y palma de aceite. Su aporte le permitirá guiar el “cómo pensamos las problemáticas asociadas al cultivo de palma de aceite en el mundo”.

El área plantada de palma de aceite a escala industrial se estimó en octubre de 2017, en 18.7 millones de hectáreas. Además, existen otras de pequeños agricultores, que actualmente no se pueden mapear de manera confiable a escala global. En algunos países, se considera que estas constituyen hasta el 94 % de todas las plantaciones, por lo que el área total plantada es significativamente mayor a los 18.7 millones de hectáreas.

La palma de aceite ha sido localmente responsable de las altas tasas de deforestación. En la Isla de Borneo, entre 2005 y 2015, el 50 % de su deforestación se debió al desarrollo de estos cultivos. Un estudio reciente indica que, tanto en América Central como en África Occidental, entre 1972 y 2015, la palma de aceite representó del 2 al 3 % de la pérdida de bosques. Este cultivo reemplazó al bosque tropical, con un impacto negativo significativo en la biodiversidad.

La conversión de cultivos de palma de aceite ha desempeñado un papel importante en la disminución

de especies como los orangutanes. Sin embargo, algunas otras, como varios cerdos y serpientes, se han visto beneficiados de ellos. Debido a que este es un cultivo de larga vida, en los paisajes mixtos de palma de aceite y bosques, las plantaciones más antiguas han desempeñado un rol esencial en el mantenimiento de la conectividad ecológica entre las poblaciones de especies forestales.

Los análisis indican que los cultivos de palma de aceite pueden proporcionar un mejor hábitat para las especies forestales que los de pastos, banano y arroz. Esto se debe probablemente a la naturaleza de vida más larga de las plantaciones perennes de la palma de aceite (~30 años), en comparación con cultivos más temporales o estacionales, y la formación de un dosel arbóreo cerrado de hasta 20 m, cuando está completamente desarrollado, incluidas las epífitas del tronco y el crecimiento del sotobosque que puede proveer microhábitats adicionales.

Si bien, la palma de aceite no representa un hábitat adecuado para muchas especies que viven en los bosques, los análisis sugieren que generaría pérdidas neutrales en la biodiversidad reemplazar otros sistemas de producción en Colombia, lo que quizás proporcione una mejor matriz para el movimiento de especies entre áreas naturales.

## ¿Cuáles han sido los impactos de la expansión del cultivo en el mundo? Deforestación y palma de aceite

La contribución del desarrollo de la palma de aceite a la deforestación depende de la definición de bosque, del alcance geográfico y temporal del estudio.

Esta investigación analizó la información disponible y encontró una gran variabilidad, tanto geográfica como a lo largo del tiempo, y en la proporción absoluta (área) como en la relativa (de un país o región), de la deforestación debida a la siembra de palma de aceite.

Un estudio sugiere que entre el 2000 y 2013, solo el 0,2 % de la deforestación mundial en lo que denominaron área de Paisaje Forestal Intacto se convirtió en palma de aceite. En los trópicos, región más relevante porque es donde esta crece, las tasas han sido mucho más altas.

En Malasia, por ejemplo, el desarrollo de la palma de aceite representó el 47 % de la deforestación de 1972 a 2015. En Indonesia, principal productor mundial, alrededor del 16 % de la pérdida de bosques estuvo directamente relacionada con la palma de aceite durante igual periodo. El patrón es similar si se observa la deforestación en la Isla de Borneo. Un estudio en Nigeria sugirió que la palma de aceite representaba solo el 3 % de la pérdida de bosques a principios de la década del 2000. Las estimaciones en América Central y del Sur, así como en el resto de África Occidental, no están disponibles.

El papel de la palma de aceite en la deforestación se muestra en la Figura 1. El cuadro de la izquierda muestra su contribución a la deforestación en general, mientras que el de la derecha presenta el porcentaje de toda la expansión de la palma de aceite que despejó el bosque. El Sudeste Asiático excluye a Indonesia y Malasia, mientras que Sudamérica excluye a Perú. Las barras indican la desviación estándar de la media muestral ponderada por área de estudio.

Sin embargo, no todo el desarrollo de la palma de aceite tiene como resultado la pérdida de bosques tropicales. En el resto de los trópicos, este estudio encontró que aproximadamente la mitad del desarrollo de la palma de aceite, entre 1972 y 2015, se expandió a tierras boscosas y la restante reemplazó tierras de cultivo, pastizales, matorrales y otros usos de la tierra. Esto abarca desde el 68 % de la expansión a los bosques en Malasia y el 44 % en la Amazonía peruana, hasta solo el 5 % en América Central, América del Sur (excepto Perú) y África Occidental.

No se conoce hasta qué punto la expansión de la palma de aceite causa un cambio indirecto en el uso de la tierra, es decir, el desplazamiento de los pastos y otros cultivos hacia tierras forestales, que de otra forma no se habrían extendido allí. Solo unos pocos estudios han rastreado la contribución de los pequeños agricultores a la pérdida de los bosques tropicales. Se necesita una investigación futura para comprender el papel que ellos, productores de alrededor del 40 % del aceite de palma global, tienen en la pérdida de cobertura forestal.

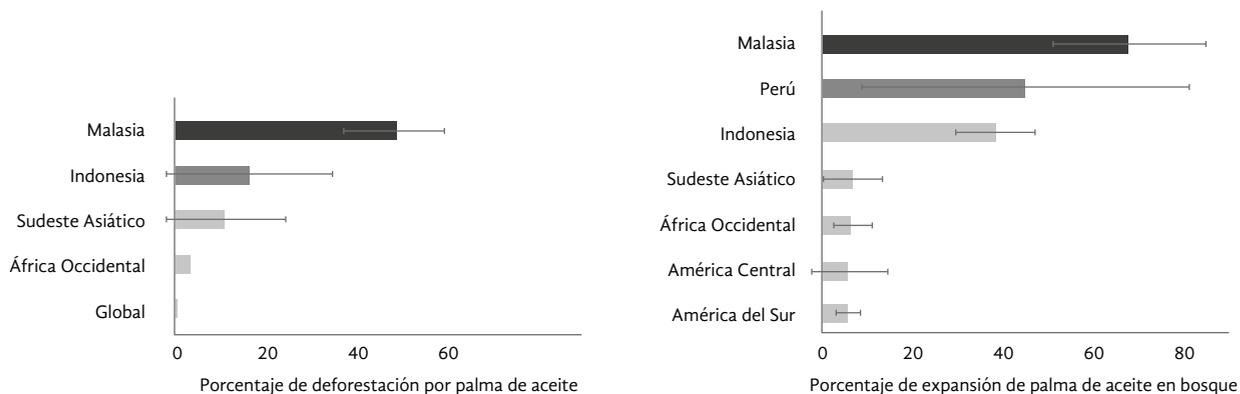
## Impacto en las especies

A nivel mundial, la agricultura y la acuicultura son las amenazas más comunes para las especies incluidas en la Lista Roja de la UICN (un total de 9.251), y que se clasifican como: en peligro crítico, en peligro o vulnerable, por encima del uso de recursos biológicos (caza y captura, recolectando plantas, tala y pesca) y modificación del sistema natural (incendios, extinción de incendios, represas y gestión del agua).

La mayoría lo están por las categorías de pequeños agricultores, seguidas por la agricultura agroindustrial y la migratoria en cultivos anuales y perennes no maderables. Sin embargo, en la Lista Roja de la UICN no se enumera específicamente la agricultura de palma de aceite como una amenaza.

La evidencia muestra que la producción de aceite de palma ha tenido un impacto negativo importante en la mayoría de las especies, principalmente a través de la tala de bosques naturales en suelos minerales y

**Figura 1.** La palma de aceite y la deforestación.



de turba (que también requieren drenaje), para dar paso a las plantaciones. Otros efectos reportados son la escorrentía de fertilizantes y pesticidas, que probablemente afectan la biodiversidad de agua dulce.

Los impactos indirectos también incluyen la caza furtiva y la captura de aves, mamíferos y serpientes en las plantaciones. Las especies gravemente afectadas son las de orangutanes, gibones, tigres, y algunas aves especializadas en bosques tales como la mosca de muscicapina (*Pachysylvia muscicapina*). Igualmente, ciertas áreas plantadas muestran más de 99 % menos de diversidad de árboles que los bosques naturales. Las plantaciones de palma de aceite albergan menos especies animales, según estudios que revelan una reducción en la diversidad de mamíferos del 65-90 %. La mayoría de los grupos de especies disminuyen tanto en riqueza como en abundancia, como los mamíferos incluidos en la Lista Roja que lo hicieron en un 85 %, aunque hay algunas excepciones.

En general, la estructura ecológica simple de la palma de aceite favorece a las especies generalistas como los cerdos, y algunos carnívoros de mamíferos como el gato leopardo (*Prionailurus bengalensis*) y la civeta malaya (*Viverra zibethica*); mientras que las especies dependientes de los bosques, como los gibones que se alimentan de frutas, raramente logran sobrevivir.

El cultivo de palma de aceite en Indonesia ha desplazado ciertas especies forestales, así como también animales como los orangutanes, tigres, elefantes y ri-

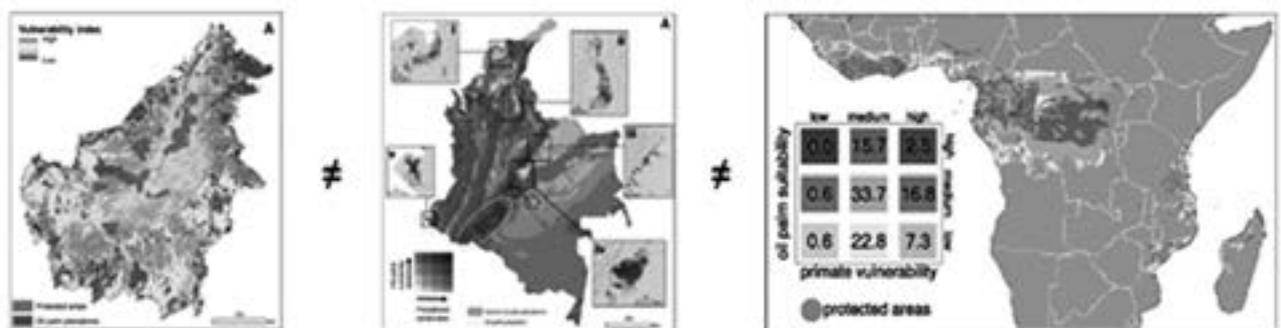
nocerontes. Incluso, en ese país algunas especies se han deslizado hacia la extinción dos veces más rápido en las últimas cuatro décadas, al menos en parte, como resultado de la conversión de bosques para la producción de palma de aceite. En cambio, en Colombia la gran mayoría de zonas de alta aptitud física para este cultivo, no coinciden con áreas de elevado número de especies amenazadas (Figura 2).

## Los sonidos de la biodiversidad en la palma de aceite colombiana

El crecimiento de la palmicultura en América Latina y el Caribe ha tomado en gran medida una dirección diferente en comparación con el Sudeste Asiático. Con la excepción de la deforestación en Perú y otras zonas de producción subnacional (por ejemplo, el norte de Guatemala), la mayor parte de la reciente expansión de los cultivos de palma de aceite ha reemplazado las tierras previamente degradadas. En Colombia, primer productor de aceite de palma en la región y cuarto mundial, las principales zonas de producción han surgido en áreas con una larga historia de desarrollos.

Los pastizales extensos de ganado y los cultivos de productos básicos como el banano, el arroz y el caucho, caracterizan estos paisajes. En dicho contexto, los cultivos de palma de aceite pueden proporcionar un mejor hábitat para la biodiversidad local en comparación con los sistemas de producción que reemplaza.

**Figura 2.** Zonas de alta aptitud física para el cultivo de palma de aceite en Colombia Vs. áreas con elevado número de especies amenazadas.



Investigadores de la Universidad de Puerto Rico utilizan la acústica para comprender las transiciones de uso de la tierra y sus implicaciones para la biodiversidad en Perú, Costa Rica y Puerto Rico. La acústica caracteriza la comunidad de especies presentes en las zonas palmeras mediante el uso de paisajes sonoros, basados en ciclos diarios de actividad, que propor-

cionan un indicador de la biodiversidad de aves, anfibios, mamíferos e insectos. Estos paisajes sonoros se conforman principalmente por los sonidos emitidos continuamente por los insectos y las ranas durante las noches. Las aves contribuyen menos, ya que suelen estar activas durante periodos de tiempo más cortos a lo largo del día, especialmente al amanecer y al atardecer.

# Paisaje Palmero Biodiverso: una apuesta del sector palmero colombiano por desarrollar una agroindustria en armonía con nuestra riqueza natural\*

Biodiverse Palm Landscape: a Commitment of the Colombian Oil Palm Sector in Order to Develop an Agribusiness in Harmony with our Natural Wealth

**CITACIÓN:** Espinosa, J. (2019). Paisaje Palmero Biodiverso: una apuesta del sector palmero colombiano por desarrollar una agroindustria en armonía con nuestra riqueza natural. *Palmas*, 40 (Especial, Tomo II), 175-187.

\*Artículo original recibido en español.



**JUAN CARLOS ESPINOSA**  
Líder Ambiental, Fedepalma  
Environmental Leader, Fedepalma  
Colombia

## Resumen

Entre 2012 y 2018, Fedepalma lideró la implementación del proyecto Paisaje Palmero Biodiverso (PPB), primero a nivel mundial financiado bajo la línea de biodiversidad del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por su sigla en inglés), en torno al sector palmero. Esta ha sido la iniciativa más ambiciosa del área ambiental de Fedepalma, y fue concebida y desarrollada de la mano de Ceni-palma, el Instituto Alexander von Humboldt y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, por sus siglas en inglés). El PPB identificó tres momentos clave en el desarrollo de proyectos palmeros, en los que es relevante considerar información y orientaciones ambientales para prevenir impactos sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, y para construir paisajes palmeros más biodiversos y en armonía con su entorno natural. En un país megadiverso como Colombia, la biodiversidad no solo se conserva en sus áreas protegidas. En una frontera agropecuaria de más de 40 millones de hectáreas (el 35 % de su superficie terrestre), los sectores agrícolas y pecuarios del país cumplen un rol preponderante en dicha conservación. Como resultado del proyecto PPB, el sector palmero colombiano cuenta con una hoja de ruta clara para asumir ese rol.

# Introducción y contexto sobre el proyecto Paisaje Palmero Biodiverso

En el módulo de sostenibilidad de esta XIX Conferencia Internacional sobre Palma de Aceite, cobra relevancia hablar del proyecto Paisaje Palmero Biodiverso, iniciativa financiada por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF por su sigla en inglés) e implementada por Fedepalma en asocio con Ceni-palma, el Instituto Alexander von Humboldt y WWF, por cuatro razones principales:

- Fue el primero en el mundo financiado por el GEF bajo su línea de biodiversidad en relación con el sector palmero.
- Recién culminó luego de cuatro años de formulación y aprobación, y seis años de implementación.
- Generó información ambiental, orientaciones y pilotos de implementación de prácticas que contribuyen a: (i) incorporar aspectos ambientales y de biodiversidad en la planificación y en el desarrollo de proyectos palmeros; (ii) reducir costos de producción e incrementar la productividad de los cultivos de palma de aceite, asociados a mejoras ambientales, y (iii) generar un aporte positivo al

medioambiente y a la biodiversidad en las regiones palmeras.

- Como gran parte de los proyectos financiados por el GEF, esta fue una iniciativa piloto pero sus resultados y lecciones aprendidas se pueden replicar en otras zonas palmeras de Colombia y del mundo.

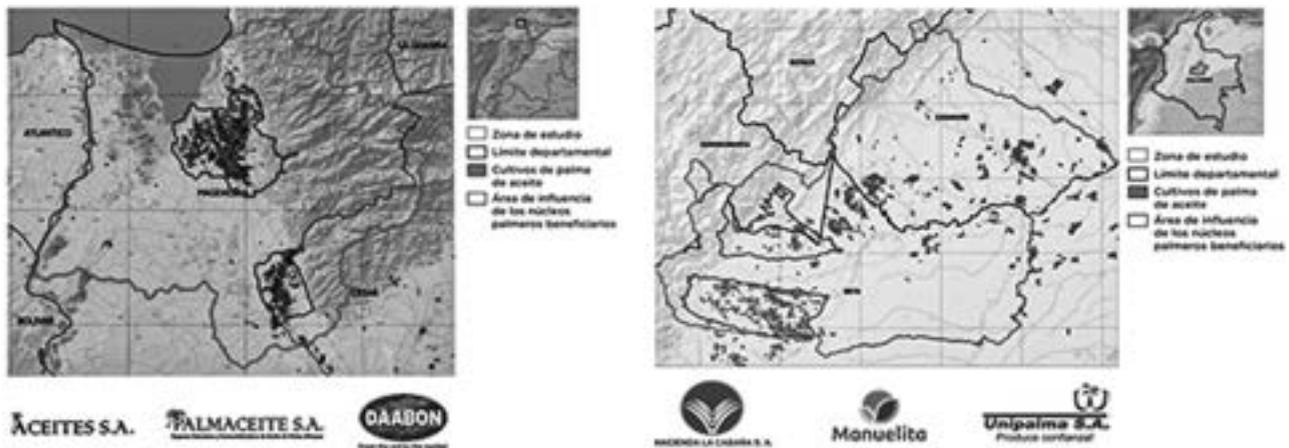
El objetivo del proyecto PPB fue contribuir a la conservación de la biodiversidad y al manejo sostenible de los sistemas palmeros mediante una mejor planificación y la adopción de prácticas agroecológicas en zonas palmeras.

Contó con recursos de cooperación del GEF por 4.25 millones de dólares y 14.3 millones de dólares de contrapartida. Fue desarrollado en dos de las zonas palmeras del país: Norte y Oriental, en las que se realizaron estudios y se recopiló información cartográfica para 4.19 millones de hectáreas e implementó acciones de mejoramiento ambiental en fincas palmeras de seis núcleos palmeros<sup>1</sup> beneficiarios, como se muestra en la Figura 1.

## Apuesta conceptual y metodológica

La apuesta conceptual y metodológica del PPB se fundamentó en identificar tres momentos clave en la

**Figura 1.** Áreas de intervención del proyecto PPB en las zonas palmeras Norte (izquierda) y Oriental (derecha).



<sup>1</sup> Un núcleo palmero está conformado por una planta de beneficio de aceite de palma, los cultivos propios y de terceros que le proveen de fruto.

planificación y desarrollo de los proyectos palmeros, en los que es relevante utilizar información y lineamientos ambientales, para prevenir y mitigar impactos sobre el medioambiente, la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (Figura 2):

1. **Conceptualización y análisis de factibilidad de nuevos proyectos palmeros.** El primer momento sucede cuando se concibe el proyecto palmero y se analiza su factibilidad. Se toman decisiones sobre la ubicación y extensión del mismo, y por ello la importancia de tener en cuenta aquellas áreas de valor ambiental en las que no está permitido o no es recomendable sembrar palma de aceite.
2. **Diseño de los predios palmeros.** El segundo momento se asocia con el diseño específico de los predios palmeros y el establecimiento de nuevos cultivos. En este momento es clave incluir las áreas de conservación y garantizar que estas sean respetadas durante la preparación del terreno. En el diseño, también se pueden incorporar otros elementos naturales favorables a la biodiversidad y benéficos para el cultivo, como rondas hídricas y especies nativas hospederas de controladores biológicos de plagas y enfermedades.
3. **Operación y manejo.** El tercer momento corresponde a la operación de los cultivos de pal-

ma de aceite. Los lineamientos de Fedepalma y Cenipalma para la adopción de buenas prácticas agrícolas se complementaron con un enfoque agroecológico, que resaltó el manejo adecuado de agua y suelo, e incluyó actividades para el manejo y monitoreo de áreas naturales al interior de los paisajes palmeros.

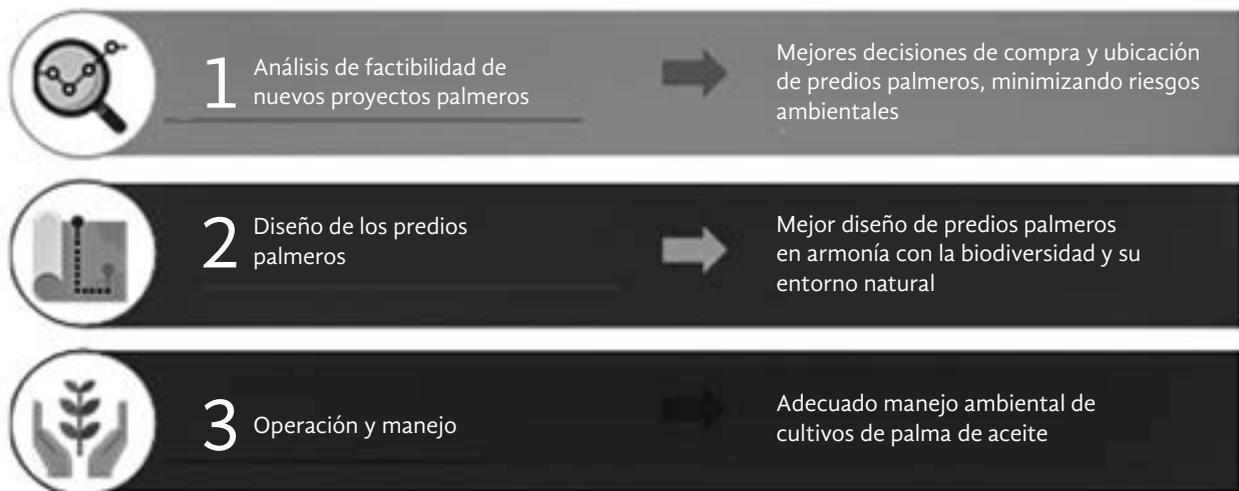
## Primer momento: análisis de factibilidad de nuevos proyectos palmeros

El éxito de todo proyecto palmero depende en gran medida de su debida planeación, dado que el ciclo productivo del cultivo es de más de 25 años. Para el primer momento, el PPB identificó cinco variables ambientales a tener en cuenta en los análisis de factibilidad de los nuevos proyectos palmeros, tomando como referencia la reciente reglamentación y delimitación de la frontera agrícola del país, y las políticas de gestión del recurso hídrico y del riego:

1. Exclusiones legales ambientales
2. Aptitud edafoclimática
3. Oferta y riesgo ambiental
4. Condicionantes legales ambientales
5. Otras áreas de importancia ambiental

**Figura 2.** Apuesta conceptual y metodológica del proyecto PPB.

Tres momentos clave para incorporar consideraciones ambientales en la toma de decisiones de proyectos palmeros



## Exclusiones legales ambientales

Áreas en las que no está permitido desarrollar actividades agropecuarias, según la reciente delimitación de la frontera agrícola. Corresponden a 25.8 millones de hectáreas en el país, y algunas de ellas son: Parques Nacionales Naturales, Reservas Forestales Protectoras, páramos, Parques Regionales Naturales y las Reservas Forestales de Ley 2ª categoría A. Por su importancia ecológica y protección legal, es necesario descartar estas áreas de exclusión en una etapa temprana de los análisis de factibilidad de los proyectos palmeros (Figura 3).

## Exclusión de ecosistemas boscosos

Los ecosistemas boscosos también fueron excluidos de la frontera agrícola del país, en línea con los compromisos internacionales de Colombia en materia de deforestación y de biodiversidad. También se alinea con el compromiso del sector palmero colombiano de desarrollar una agroindustria libre de deforesta-

ción. Es necesario identificar los ecosistemas boscosos en las áreas que se considerarían para el nuevo desarrollo palmero, para evaluar la viabilidad del proyecto sin alterarlos (Figura 4).

## Aptitud edafoclimática

La viabilidad de un cultivo de palma de aceite depende de dos recursos naturales renovables: suelo y agua. La Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) y Cenipalma, identificaron 19 variables de suelo y cuatro de clima para analizar la aptitud de un área para cultivar palma de aceite. Se recomienda tenerlas en cuenta en la escogencia de predios para proyectos palmeros. Si este tiene bajo grado de aptitud, ello implicará mayores costos de adecuación y limitantes para la productividad futura del cultivo (Figura 5).

## Oferta y riesgo ambiental

Dado que los proyectos palmeros se planifican para 25-30 años, es importante analizar la canti-

**Figura 3.** Ubicación de las áreas de Colombia en las que no se pueden realizar actividades agropecuarias.



**Figura 4.** Ecosistemas boscosos de Colombia.



dad, calidad y disponibilidad de recursos naturales (especialmente de agua) para toda la vida útil del proyecto. En el país se está generando más y mejor información sobre oferta hídrica y riesgos climáticos (áreas más propensas a inundaciones, sequías o en las que disminuirá la precipitación en el mediano plazo, etc.). Se recomienda tenerla en cuenta de forma más explícita en la planificación de proyectos palmeros (Figura 6).

### Condicionantes legales

No todas las áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Colombia (SINAP) implican una exclusión legal para las actividades agropecuarias. En algunas de ellas (distritos de manejo integrado, DMI; reservas de la biosfera, humedales Ramsar, entre otras) se permite la agricultura, cumpliendo ciertas condiciones en su planificación y operación. Se recomienda evaluar si el nuevo proyecto colinda o se traslapa con alguna de estas áreas, y consultar la zonificación específica y el plan de manejo de cada una de ellas, para así tener claridad sobre los condicionantes específicos que aplicarían al desarrollo palmero (Figura 7).

### Otras áreas de importancia ambiental

No toda la riqueza natural y la biodiversidad de nuestro país se encuentra en las áreas protegidas (de exclusión o de condicionante legal). Hay otras zonas de importancia ecológica que han sido identificadas por la Unidad de Parques Nacionales, el Instituto Alexander von Humboldt, WWF, y otras entidades de la academia y de la sociedad civil. Se recomienda analizar si en la zona prevista para un nuevo proyecto palmero, se ha identificado alguna de estas áreas de importancia ambiental. De ser así, se sugiere profundizar en sus características y relevancia, para tener en cuenta el riesgo de una potencial afectación en la toma de decisiones sobre el nuevo desarrollo.

### Segundo momento: diseño de los predios palmeros

El objetivo del proyecto PPB, en relación con el segundo momento, se ilustra en la Figura 8.

Para lograrlo, el proyecto trabajó en tres líneas temáticas complementarias:

**Figura 5.** Aptitud edafoclimática.



**Figura 6.** Condicionantes legales.



**Figura 7.** Oferta y riesgo ambiental.



**Figura 8.** Objetivo del proyecto PPB para diseñar predios palmeros más armónicos con su entorno natural.



1. Altos Valores de Conservación (AVC)
2. Herramientas de Manejo del Paisaje (HMP)
3. Valoración de Servicios Ecosistémicos (VSE)

### Altos Valores de Conservación

Para orientar a los palmicultores sobre las áreas que deben conservar, el proyecto PPB acogió el concepto y metodología de los Altos Valores de Conservación (AVC). Este fue desarrollado en 2003 por Proforest para el esquema de certificación forestal FSC, y desde entonces ha sido acogido por esquemas de certificación de sostenibilidad como el de la Mesa Redonda de Aceite de Palma Sostenible (RSPO por su sigla en inglés) y Rainforest Alliance.

Un alto valor de conservación es:

- Un valor biológico, ecológico, social o cultural.
- Que es excepcionalmente significativo o de importancia crítica.
- A nivel mundial, nacional, regional o para una comunidad local.

Hay seis categorías de AVC, como se aprecia en la Figura 9.

Los principales resultados del proyecto PPB en relación con los AVC fueron (Figura 10):

- Propuesta metodológica para identificar AVC a escala regional, con la que se evaluaron 4.2 millones de hectáreas en las zonas palmeras Norte y Oriental; cartilla publicada para cada zona con áreas identificadas y con acciones de manejo para las seis categorías de AVC.
- Estudios de AVC para los seis núcleos beneficiarios del proyecto, en los que se valoraron 65.106 hectáreas y se identificaron 16.762 hectáreas como áreas de manejo para AVC. En el territorio de influencia de estos núcleos, se identificaron múltiples especies de fauna y flora: 826 en la Zona Norte y 957 en la Zona Oriental; 161 de ellas con alto valor de conservación, como se muestra en la Figura 11.
- Brochure “El ABC de los AVC”, que explica qué son, describe sus seis categorías y muestra la importancia de su identificación, manejo y monitoreo en los cultivos de palma de aceite.
- Cartillas para colorear con especies AVC de las zonas Norte y Oriental, orientadas a los niños de las familias palmeras y comunidades vecinas.
- Dos videos: uno explicativo sobre los AVC y sus seis categorías, y otro que resume los principales resultados de los estudios de AVC regionales en las zonas Norte y Oriental.

**Figura 9.** Formas de identificar Altos Valores de Conservación.



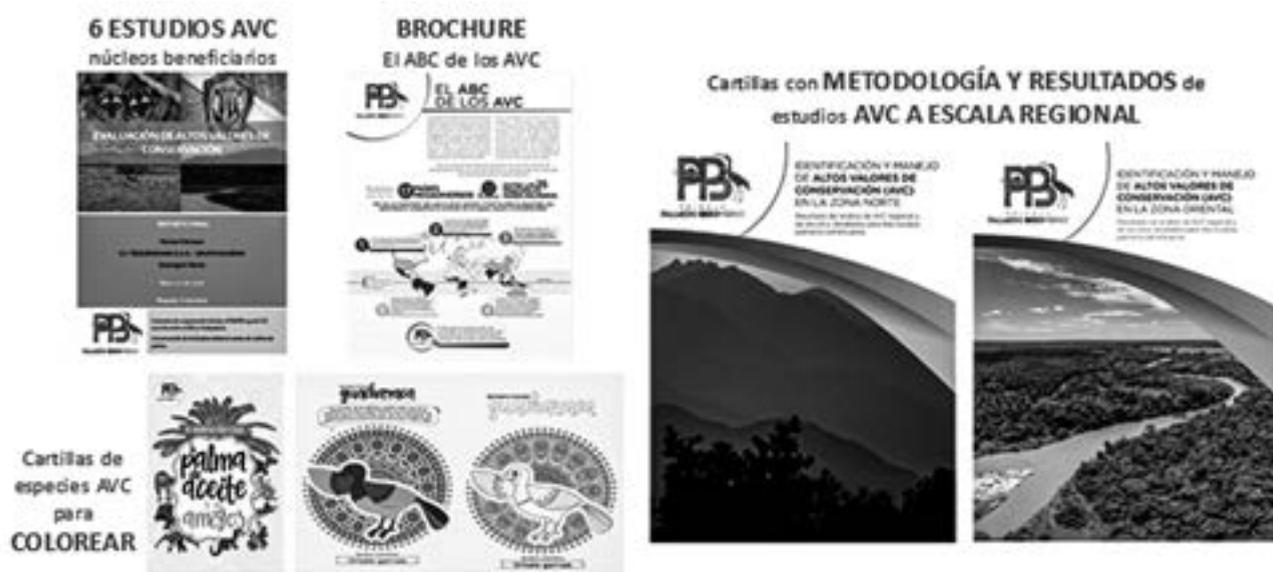
	 FLORA	 MAMÍFEROS	 AVES	 REPTILES	 ANFIBIOS	 PECES	TOTAL DE ESPECIES
ESPECIES IDENTIFICADAS EN LOS RECORRIDOS REALIZADOS	557	40	142	21	17	49	826
ESPECIES CLASIFICADAS COMO AVC1	17	15	9	2	4	16	63
ESPECIES AVC1 IDENTIFICADAS EN LOS NÚCLEOS PALMEROS BENEFICIARIOS							
ADITES	11	4	9	2	4	11	41
PALMACITE	11	7	5	2	4	5	34
TBOQUENAIWA	15	4	6	2	3	16	46



	 FLORA	 MAMÍFEROS	 AVES	 REPTILES	 ANFIBIOS	 PECES	TOTAL DE ESPECIES
ESPECIES IDENTIFICADAS EN LOS RECORRIDOS REALIZADOS	660	51	137	29	23	57	957
ESPECIES CLASIFICADAS COMO AVC1	30	20	21	5	2	20	98
ESPECIES AVC1 IDENTIFICADAS EN LOS NÚCLEOS PALMEROS BENEFICIARIOS							
MANUELITA	22	20	3	3	2	20	70
HACIENDA LA CABAÑA	26	20	16	3	2	11	78
UNIPALMA	15	16	9	3	2	11	56

**Figura 10.** Especies con alto valor de conservación identificadas en el área de influencia de los núcleos palmeros beneficiarios del proyecto PPB.

**Figura 11.** Principales resultados y publicaciones del PPB en relación con los altos valores de conservación.



## Herramientas de Manejo del Paisaje

En la Política Nacional de Biodiversidad, se reconoce que la riqueza natural de un país megadiverso como Colombia no puede ser únicamente conservada en los Parque Nacionales y otras áreas protegidas. Teniendo en cuenta que aproximadamente 40 millones de hectáreas, o un 35 % de nuestro territorio, hacen parte de la frontera agropecuaria del país, los sectores productivos rurales también tienen un rol muy importante en la conservación de nuestra biodiversidad.

Para ello, el Instituto Alexander von Humboldt había desarrollado las Herramientas de Manejo del Paisaje (HMP), que son estrategias que aportan al cuidado de la biodiversidad en sistemas productivos, recuperando y manteniendo la vegetación natural que interactúa con ellos. El proyecto PPB aterrizó este concepto para el sector palmero, identificando un portafolio básico con las HMP más apropiadas para incorporar elementos naturales en los cultivos de palma de aceite, como se muestra en la Figura 12.

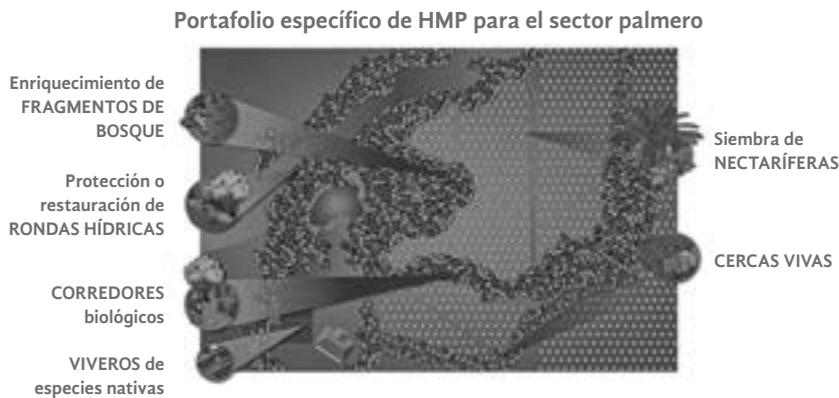
Los principales resultados del proyecto PPB en relación con las HMP fueron (Figura 13):

- Brochure sobre HMP, que explica su concepto y contiene el portafolio básico para el sector palmero.

- Establecimiento de seis viveros con 75.000 plántulas de 56 especies nativas, como estrategia para fomentar la implementación de HMP en fincas palmeras.
- Cartilla sobre viveros de especies nativas, con orientaciones para su instalación, y para la identificación, recolección y tratamiento de diferentes tipos de semillas y frutos.
- Guías de bolsillo sobre especies nativas de importancia ecológica para implementar HMP en las zonas Norte y Oriental, que incluyen fotografías y una descripción de las principales características de cada especie vegetal, y las HMP en las que se puede utilizar.
- Guía de bolsillo con 15 especies de plantas nectaríferas de uso en cultivos de palma de aceite, con una descripción de los insectos benéficos que se alimentan de ellas y las plagas o enfermedades que ayudan a combatir.

## Valoración de servicios ecosistémicos

La presencia de áreas naturales en los sistemas productivos no solo contribuye a la conservación de la biodiversidad; también puede proveer servicios ecosistémicos al mismo cultivo. En el proyecto PPB se



**Figura 12.** Portafolio básico de Herramientas de Manejo del Paisaje para el sector palmero.



**Figura 13.** Portafolio básico de Herramientas de Manejo del Paisaje para el sector palmero.

estudiaron tres de estos servicios: (i) polinización, (ii) control biológico de plagas y enfermedades, y (iii) formación de suelos.

En los estudios se describieron los procesos ecológicos que caracterizan la prestación de estos servicios ecosistémicos, y se identificó que incorporar áreas de conservación y HMP en los cultivos de palma de aceite tiene un efecto positivo en su prestación. Asimismo, se identificaron algunas prácticas agrícolas que también los pueden favorecer y otras que pueden impactarlos negativamente.

Estos primeros resultados abren la puerta para desarrollar nuevas investigaciones, que identifiquen más claramente y cuantifiquen los beneficios económicos que estos servicios ecosistémicos prestan al sector palmero.

### Tercer momento: operación y manejo de los predios palmeros

Para el tercer momento, el proyecto PPB desarrolló una serie de iniciativas para fomentar la adopción de

prácticas ambientales en cultivos de palma de aceite ya establecidos, bajo un enfoque agroecológico que privilegia el cuidado de los recursos suelo y agua, la interrelación armónica con el entorno natural y la biodiversidad, y que aporta también a mejorar la productividad del cultivo.

Para ello, se adelantaron tres actividades complementarias:

- Sensibilización a los palmicultores y equipos técnicos de las empresas palmeras, bajo un enfoque integral que relaciona los aspectos ambientales y los productivos.
- Pilotos de implementación de mejores prácticas con pequeños y medianos productores beneficiarios, que sirvan en el futuro como modelos para replicar en otras fincas palmeras.
- Fortalecimiento de capacidades de los equipos técnicos de los seis núcleos palmeros beneficiarios, para que puedan transmitir los conocimientos y herramientas a sus proveedores de fruto, a través de sus Unidades de Asistencia y Auditoría Técnica, Ambiental y Social, UAATAS.

En estas actividades se abordaron tres temas y seis subtemas principales, y se identificaron 14 prácticas a ser promovidas en los pilotos de implementación, como se muestra en la Figura 14.

La estrategia de implementación para este componente del proyecto fue denominada Plan Finca, que consistió en un ejercicio de planificación de la finca palmera, con el objetivo de orientar al palmicultor sobre acciones de mejoramiento en aspectos ambientales y productivos, hacia una mayor sostenibilidad de su predio en el contexto de su entorno natural. Para establecer el Plan Finca, el proyecto PPB contó con el apoyo de la Fundación Natura, ONG ambiental colombiana con años de experiencia en facilitar la adopción de prácticas de sostenibilidad con pequeños y medianos productores, en diversas cadenas produc-

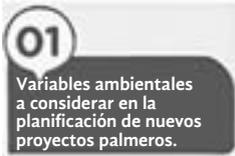
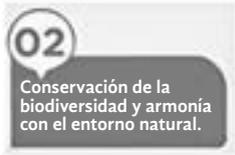
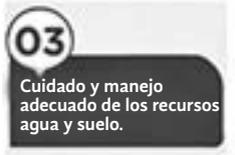
tivas. La implementación se llevó a cabo en dos fases. Sus principales resultados fueron:

### Fase 1. Sensibilización y formulación conjunta de Plan Finca

El principal resultado de esta primera fase fue la formulación conjunta de 134 planes con pequeños y medianos palmicultores, 65 en la Zona Norte y 69 en la Zona Oriental.

Para lograrlo, el proyecto PPB utilizó herramientas innovadoras y lúdicas para sensibilizar a los productores y a los equipos técnicos de las empresas palmeras en temas nuevos como: Altos Valores de Conservación, Herramientas de Manejo del Paisaje, montaje de viveros de especies nativas, servicios eco-

**Figura 14.** Temáticas y prácticas promovidas por el PPB para pilotos de implementación.

	TEMA	SUBTEMA	SENSIBILIZACIÓN	FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES	IMPLEMENTACIÓN DE PRÁCTICAS
 <p>01 Variables ambientales a considerar en la planificación de nuevos proyectos palmeros.</p>	Variables ambientales a considerar en la planificación de nuevos proyectos		✓	✓	
		 <p>02 Conservación de la biodiversidad y armonía con el entorno natural.</p>	Identificación, manejo y monitoreo de AVC	✓	✓
 <p>03 Cuidado y manejo adecuado de los recursos agua y suelo.</p>	Cuidado y manejo adecuado de los recursos suelo y agua		Establecimiento de HMP	✓	✓
		Manejo adecuado relación suelo-agua	✓	✓	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprovechamiento de biomasa (raquis y hojas de poda)</li> <li>• Coberturas con leguminosas</li> </ul>
		Uso eficiente del agua	✓	✓	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medición de aforos</li> <li>• Uso de frentímetros y pluviómetros</li> </ul>
		Prevención de la contaminación al suelo y a cuerpos de agua	✓	✓	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Camas y mesas biológicas para disposición de aguas residuales con agroquímicos</li> <li>• Manejo de residuos sólidos y peligrosos</li> <li>• Siembra de nectaríferas para favorecer control biológico de plagas y enfermedades</li> </ul>

sistémicos y la interrelación entre el cultivo de palma de aceite y su entorno natural (Figuras 15 y 16).

Gracias a este trabajo conjunto de sensibilización y diseño de planes finca con los productores, muchos de

ellos acogieron prácticas asociadas con la conservación de la biodiversidad, como se muestra en la Figura 17. Estas dependieron del contexto productivo y sanitario del cultivo en cada área de trabajo del proyecto.

**METODOLOGÍAS INNOVADORAS** para sensibilizar a los productores AVC y HMP



**Figura 15.** Ejemplos de metodologías lúdicas para sensibilizar a palmicultores en AVC y HMP.

Establecimiento participativo de **VIVEROS DE ESPECIES NATIVAS** para la adopción de Herramientas de Manejo del Paisaje



Recolección y tratamiento de **SEMILLAS**

**GERMINACIÓN** de semillas

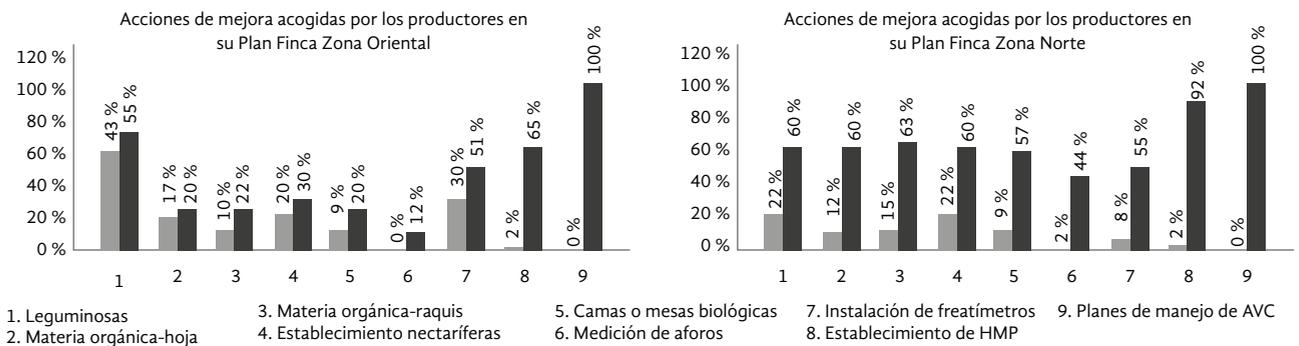
Siembra de **PLÁNTULAS**

**VIVEROS** de especies nativas

**Figura 16.** Actividades para el establecimiento participativo de viveros de especies nativas.

■ Línea base  
■ Plan Finca-Fase 1

**Figura 17.** Grado de adopción de acciones de mejora propuestas por el PPB en los planes finca.



## Fase 2. Acompañamiento a la implementación de Plan Finca

El proyecto PPB acompañó el primer año de implementación de los planes finca. En 38 de las fincas beneficiarias se realizaron inversiones para la implementación de algunas acciones, con contrapartida en efectivo y en especie de los productores. La Figura 18 muestra el avance de adopción de mejores prácticas en las fincas durante ese primer año.

Durante ese primer año, se implementaron buenas prácticas agrícolas con enfoque agroecológico en 550 hectáreas y Herramientas de Manejo del Paisaje en 100 hectáreas. El proyecto PPB invirtió cerca de \$ 200 millones en estas 38 fincas beneficiarias, mientras que

los productores aportaron casi \$ 240 millones, es decir el 70 % de los recursos invertidos (Figura 19).

## Conclusiones

En el sector palmero, y en el agropecuario en general, buena parte de las acciones de mejoramiento ambiental han sido implementadas una vez se han establecido los cultivos y entrado en su fase productiva.

Sin embargo, los principales impactos ambientales de las actividades agropecuarias (deforestación, transformación de ecosistemas, pérdida de biodiversidad y afectación a la disponibilidad de agua para la población y otras actividades económicas), son el resultado de decisiones inadecuadas en la ubicación y diseño de los predios productivos.

**Figura 18.** Avance en el primer año de implementación de 38 planes finca con inversiones directas del PPB.

Buenas prácticas relacionadas con el manejo de suelo/agua/salinidad			Manejo de AVC y establecimiento de HMP		
	ZONA NORTE 26 FINCAS	ZONA ORIENTAL 12 FINCAS			
Leguminosas	47,40 ha	22,19 ha	Establecimiento viveros	23 Fincas	11 Fincas
Materia orgánica (raquis)	31,65 ha	57,75 ha	Enriquecimiento de rondas hídricas	31,7 ha	9,61 ha
Materia orgánica (hoja)	295 ha	22,19 ha	Enriquecimiento de bosques	12,7 ha	10,46 ha
Medición de aforos	25 Fincas	10 Fincas	Cercas vivas	2,0 ha	2,41 ha
Freaímetros	264 Uds	16 Uds	Árboles en potreros	3,2 ha	10,33 ha
Nectaríferas	16,12 ha	3,5 ha	Señalética conservación de AVC	26 Fincas	12 Fincas
Camas biológicas	16 Fincas	10 Fincas			
Manejo de residuos	20 Fincas	3 Fincas			

**Figura 19.** Área beneficiada e inversiones realizadas en el primer año de implementación del Plan Finca.

ÁREA CON ACCIONES IMPLEMENTADAS DEL PLAN FINCA EN LAS 38 FINCAS BENEFICIARIAS CON INVERSIONES DEL PPB				INVERSIÓN REALIZADA EN LAS 38 FINCAS BENEFICIARIAS			
	Zona Norte 26 fincas	Zona Oriental 12 fincas	Total 38 fincas		Zona Norte 26 fincas	Zona Oriental 12 fincas	Total 38 fincas
Área total	1.607,39	1.607,39	4.320,73	Recursos del PPB	\$ 128'168.289	\$ 68'091.524	\$ 196'259.813
Área con palma	1.153,36	1.792,28	2.945,64	Contrapartida productores-en efectivo	\$ 161'192.594	\$ 99'046.212	\$ 260'238.806
Total área impactada con BPA	388,68	160,49	549,17	Contrapartida productores-en especie	\$ 124'117.239	\$ 57'548.313	\$ 181'665.552
% área impactada con BPA	33,70 %	8,95 %	18,64 %	Total	\$ 413'478.123	\$ 224'692.049	\$ 638'170.172
Área sin palma	454,03	921,06	1.375,09	% aportado por el PPB	31,00 %	30,30 %	30,75 %
Total área impactada HMP	48,53	50,88	99,41	% aportado por los productores	69,00 %	69,70 %	69,25 %
% área impactada con HMP	10,69 %	5,52 %	7,23 %				

Por ello, el PPB buscó generar lineamientos y orientaciones para incorporar información ambiental en la conceptualización y análisis de factibilidad de los proyectos palmeros, así como en su diseño.

Siguiendo estos lineamientos, los nuevos desarrollos estarán libres de deforestación y no se ubicarán en áreas protegidas, ni en otras identificadas como de importancia ambiental. También se contará con mejor información para evaluar el riesgo asociado a la disponibilidad actual y futura de agua, para todo el ciclo productivo de la palma, y a condiciones y eventos climáticos que pueden afectar su productividad y sanidad en el mediano plazo.

Por otra parte, la protección de áreas con AVC y la incorporación de HMP, son dos estrategias concretas

con las que el sector palmero contribuirá activamente a la conservación de la biodiversidad en los paisajes y regiones palmeras. Ellas constituirán un valioso activo para los palmicultores colombianos, para posicionar al aceite de palma colombiano, no solo como libre de deforestación sino amigable y armónico con nuestra biodiversidad.

Por último, el proyecto PPB recorrió los primeros pasos para valorar el beneficio que las AVC y las HMP le brindan al sistema productivo palmero, en términos de servicios ecosistémicos de polinización, control de plagas y enfermedades, y formación de suelos. Los resultados iniciales de esta valoración indican que las estrategias no son solo benéficas para la biodiversidad, sino que también favorecen la prestación de estos servicios ecosistémicos para el cultivo.

# Oportunidades para la palma de aceite sostenible en Colombia\*

## Opportunities for the Sustainable Oil Palm of Colombia



**PAUL R. FURUMO**

Investigador, Departamento de Ciencias Ambientales, Universidad de Puerto Rico, Río Piedras  
Researcher, Department of Environmental Sciences, University of Puerto Rico, Río Piedras

**CITACIÓN:** Furumo, P. R. (2019). Oportunidades para la palma de aceite sostenible en Colombia. *Palmas*, 40 (Especial, Tomo II), 188-196

**PALABRAS CLAVE:** oportunidades, palma de aceite, sostenible, cambio uso de la tierra, biodiversidad, certificación.

**KEYWORDS:** Opportunities, oil palm, sustainable, change of land uses, biodiversity, certification.

\*Artículo original recibido en español.

### Resumen

En la actualidad, el aceite de palma es el aceite vegetal de mayor consumo en el mundo y posee una amplia gama de aplicaciones en diversas cadenas de oferta. La expansión de los cultivos de palma de aceite ha llevado a una extensa deforestación y pérdida de biodiversidad en el Sudeste Asiático, lo que ha dado lugar a un controvertido debate mundial sobre el aceite de palma. América Latina ha sido testigo de una dinámica de cambio en el uso de la tierra debido a la expansión de la palma de aceite. Las tierras previamente degradadas, especialmente las zonas de pastaje de ganado, son la principal fuente de nuevos cultivos y la pérdida de bosque ha sido relativamente baja comparada con la de Asia. Lo anterior abre una oportunidad para lograr una producción más sostenible, y podría permitir a los productores latinoamericanos distinguirse de la competencia asiática en el mercado global por medio de un producto sostenible. Colombia está en posición de aprovechar esta oportunidad y al mismo tiempo transformar su industria, para convertirse en el líder mundial de la sostenibilidad. El acuerdo nacional de cero defo-

restación suscrito recientemente es una iniciativa público-privada entre el Gobierno, el sector privado y grupos de la sociedad civil que podría guiar la expansión hacia zonas alejadas de los bosques y tierras previamente degradadas. No obstante, evitar la pérdida forestal es apenas un aspecto de la sustentabilidad; es necesario que estas iniciativas comprendan de manera más cuantitativa y sistemática las implicaciones de la transición del uso de las tierras no forestales para beneficio de la biodiversidad.

Esta investigación emplea el monitoreo acústico para evaluar y crear datos de base sobre la biodiversidad. Se presentan los resultados obtenidos en una muestra del paisaje de palma de aceite de la Zona Norte de Colombia y plantea el potencial para establecer un proyecto de monitoreo bioacústico a largo plazo en el sector palmero colombiano, basado en estaciones permanentes instaladas en los cuatro campos experimentales de Cenipalma.

## Abstract

Palm oil is now the most widely consumed vegetable oil in the world and has broad use across many different supply chains. Expanding oil palm plantations have led to widespread deforestation and biodiversity loss in Southeast Asia, creating a controversial, global debate on palm oil. Latin America has witnessed a different land use change dynamic surrounding oil palm expansion. Previously degraded lands, particularly cattle pastures, are the primary source of new plantations and forest loss has been relatively minimal compared to Asia. This creates an opportunity for more sustainable production and may enable Latin American palm oil producers to distinguish themselves in the global marketplace with a more sustainable product than Asian competitors. Colombia is poised to take advantage of this opportunity while transforming their industry to become a global leader in sustainability. The recently signed national zerodeforestation agreement, an initiative between the government, private sector, and civil society groups, may help in further guiding expansion away from forests and onto previously degraded lands. However, avoiding forest loss is just one aspect of sustainability; these initiatives need to better understand the implications of non-forest land use transitions for biodiversity in a more quantitative and systematic way.

This research utilizes acoustic monitoring to assess and create baseline biodiversity data in oil palm landscapes. It presents the results from a sample of oil palm landscapes in the North production zone of Colombia and discuss the potential for establishing a long-term bioacoustics monitoring project in the Colombian oil palm sector, based on permanent monitoring stations installed at the four Cenipalma experimental stations.

---

## Introducción

Las preferencias de los consumidores urbanos, las dietas cambiantes y las iniciativas de biocombustibles, son los mayores impulsores de la creciente demanda de aceite vegetal en el mundo. Entre 1961 y 2010, el comercio mundial de semillas oleaginosas aumentó un 5,5 % por año (Marcotullio, 2014). La mayor parte de esta demanda se cumple con la producción de cultivos oleaginosos en los trópicos, particularmente con la soya y la palma de aceite. Estos sistemas de producción en monocultivos, junto a productos básicos como el ganado de carne y la madera, son los principales responsables del cam-

bio en el uso de la tierra y de la deforestación en los trópicos. La gran mayoría del aceite de palma se produce en el Sudeste Asiático, donde la industria a menudo entra en conflicto con áreas de alto valor de conservación, provocando grandes pérdidas de bosques (Koh & Wilcove, 2008).

Los impactos ambientales y sociales ocasionados, han creado controversia en torno a la industria, alimentando un debate global sobre el aceite de palma. Los pedidos de una prohibición total de este han sido apoyados por ciertos consumidores y grupos de la sociedad civil, e incluso considerados a nivel nacional por los gobiernos de Europa. Sin embargo, la palma de aceite sigue siendo el cultivo oleaginoso más efi-

ciente, pues produce cuatro veces más aceite vegetal por superficie terrestre que otros. Además, es un importante motor económico en áreas rurales; es una fuente de subsistencia para los pequeños agricultores y ha sacado a muchos de la pobreza. Por tanto, el debate sobre el aceite de palma se debe centrar en cómo mejorar la sostenibilidad de la cadena de suministro global, comenzando con las plantaciones.

A continuación se explica cómo y por qué Colombia está a la vanguardia de la producción de aceite de palma sostenible a nivel mundial. Se resumen las nuevas investigaciones realizadas en el sector palmero colombiano para centrar la discusión en (1) la dinámica del cambio en el uso de la tierra, (2) las implicaciones para la biodiversidad, y (3) la efectividad de los programas de certificación para mejorar las prácticas de producción sostenibles. Se discuten las implicaciones de estos hallazgos y de su importancia para que el sector palmero colombiano pueda diferenciar su aceite en el mercado, además, se presentan posibles pasos adicionales que la agroindustria puede tomar para demostrar su compromiso con la producción sostenible de aceite de palma.

## Cambio de uso de la tierra

En el Sudeste Asiático, grandes bloques de bosques talados y bosques pantanosos están siendo reem-

plazados con nuevas plantaciones de palma (Gaveau *et al.*, 2016; Koh *et al.*, 2011; Koh & Wilcove, 2008). Entre 1990 y 2005, el 55 % y el 59 % de la expansión de la palma de aceite ocurrió en tierras boscosas en Malasia e Indonesia respectivamente, equivalente a una pérdida de tres millones de hectáreas de bosque tropical (Koh & Wilcove, 2008). La tala de bosques para plantar palma de aceite, aunque sean bosques secundarios, produce una pérdida significativa de biodiversidad (Edwards *et al.*, 2013; Savilaakso *et al.*, 2014), degradación de los servicios del ecosistema (Barnes *et al.*, 2014) y liberación de las reservas de carbono (Carlson *et al.*, 2018; Koh *et al.*, 2011). Por lo tanto, deben evitarse a toda costa.

En América Latina el desarrollo de plantaciones no ha causado tanta deforestación y representa una dinámica de cambio de uso de la tierra completamente diferente para la industria. Las tierras en producción agrícola perdieron hace mucho tiempo gran parte de su cubierta forestal debido a la ganadería. A medida que la infraestructura y la conectividad vial mejoraron en estas áreas, las rentas aumentaron y los cultivos comerciales como la palma de aceite, reemplazaron las pasturas ganaderas. Como resultado, los terrenos en palma de aceite, hoy en América Latina, están muy degradados y tienen poco hábitat natural restante (Figura 1).

**Figura 1.** Paisaje típico de palma de aceite en Colombia.



En términos del cambio en el uso de la tierra por la expansión de la palma, se observa la tendencia opuesta a lo que ocurre en el Sudeste Asiático: solo 20 % de las nuevas plantaciones han reemplazado bosques, en cambio, los pastos de ganado son la fuente más común (56 %) (Furumo & Aide, 2017). Esto presenta una gran oportunidad para la sostenibilidad, ya que los cambios responsables en el uso de la tierra son primordiales para prevenir otros impactos ambientales asociados con la expansión de la palma de aceite, como la pérdida de biodiversidad y la emisión de carbono. En Colombia, la disminución de bosques es incluso menor (~ 10 %) al promedio regional de América Latina. Si la palma aceitera en el país continúa reemplazando tierras previamente despejadas, la industria se mantendrá en una posición sólida para evitar pérdidas en la biodiversidad, y podrá limitar las emisiones de gases de efecto invernadero que produce la conversión de tierras.

## Impactos en la biodiversidad

Otra ventaja que tiene Colombia es que las principales zonas de producción de palma de aceite no coinciden con áreas de alta concentración de especies amenazadas. A raíz de un estudio realizado por Ocampo-Peñuela *et al.* (2018), se creó un mapa de prioridad de desarrollo para el sector, el cual considera las áreas idóneas para la siembra de palma y las distribuciones de especies amenazadas. Las zonas alrededor de las principales áreas de producción en la llanura costera del Caribe (Zona Norte), en la región de los Llanos Orientales (Zona Oriental), y en la región del Magdalena Medio (Zona Central), mostraron poco conflicto con las especies amenazadas (Ocampo-Peñuela *et al.*, 2018). Esto sugiere que el desarrollo futuro de la palma de aceite puede continuar en estas áreas sin mayores impactos en la biodiversidad, y por lo tanto, se debe priorizar la producción en estas zonas, en vez de expandir la producción al Caquetá, al Valle, Urabá o al Chocó en el Pacífico.

Si bien este ejercicio de análisis espacial es valioso para la planificación de la expansión futura de palma de aceite, todavía se basa en registros de especies y en datos de distribución históricos a gran escala. Por tanto, se necesitan nuevos datos de campo para entender mejor los futuros escenarios de desarrollo, espe-

cialmente cuando la conversión de tierra y el cambio climático están alterando la distribución y el hábitat de las especies. Se requiere nueva información sobre la ocurrencia de estas dentro de los paisajes neotropicales de palma de aceite, altamente modificados, heterogéneos y rodeados de otros cultivos con poca cobertura forestal. La mayoría del conocimiento que se tiene sobre los impactos de la expansión de palma en la biodiversidad, proviene de comparaciones con los bosques del Sudeste Asiático. Pero ¿cuáles son las implicaciones para la biodiversidad en el contexto de América Latina?

Para responder la pregunta anterior se han realizado esfuerzos para cuantificar la distribución de la biodiversidad en paisajes de palma de aceite en Colombia. La mayor parte de este trabajo se ha llevado a cabo en la región de los Llanos Orientales, la zona de producción de palma de aceite más grande del país, un área prioritaria para la expansión del cultivo. Gilroy *et al.* (2014) utilizaron estudios de campo tradicionales, como conteos de puntos y colocación de trampas, para comparar aves, anfibios e insectos entre diferentes coberturas de terreno en los Llanos: plantaciones de palma de aceite, pastizales para ganado y bosques ribereños. Descubrieron que la primera tiene una riqueza de especies similar o superior a la de los pastos en la mayoría de los taxones, pero más baja que los bosques (Gilroy *et al.*, 2014). Pardo *et al.* (2018) desarrollaron su trabajo usando cámaras trampa para muestrear mamíferos medianos y grandes en, y alrededor, de plantaciones de palma de aceite en el Meta, en las que se halló que mantenían en promedio el 47 % de las especies de mamíferos que se encuentran en los bosques ribereños, lo que proporciona un hábitat limitado para los especialistas forestales, y que tienen una gran abundancia del oso hormiguero gigante (*Myrmecophagatridentata*) y mesocarnívoros. Además, identificaron un umbral forestal mínimo a nivel de paisaje del 55 % para mantener las comunidades de mamíferos. Por debajo de este nivel se observaron fuertes disminuciones (Pardo *et al.*, 2018).

Si bien se está comenzando a investigar el efecto de la conversión de tierras no forestales a palma de aceite en América Latina, y así comprender sus impactos en la biodiversidad, se ha limitado a comparaciones con los pastos de ganado en la región de los Llanos. Los sistemas agrícolas como el banano y otros cultivos de

productos básicos son la fuente de al menos el 22 % de la reciente expansión de palma en Latinoamérica (Furumo & Aide, 2019). Sin embargo, ningún estudio había analizado estos impactos. Para entender mejor las implicaciones para la biodiversidad de reemplazar cultivos con palma de aceite en ecosistemas de Colombia, se realizó un monitoreo acústico a gran escala para obtener una muestra de la biodiversidad en las tres principales zonas palmeras del país (Figura 2). Se tomaron muestras de más de 300 sitios en docenas de paisajes palmeros en Colombia, incluyendo además otros sistemas de producción como banano, arroz y plantaciones de caucho.

Se usaron grabadoras de sonido portátiles automatizadas que se programaron para grabar un minuto de audio, cada 10 minutos. Se dejaron en el campo durante una semana, lo que dio como resultado miles de réplicas de grabación de un minuto para cada sitio, que documentan la fauna vocalizadora activa durante el día y la noche. El monitoreo acústico automatizado tiene muchas ventajas sobre los métodos tradicionales de muestreo de biodiversidad en el campo. Las grabadoras no se fatigan y

proporcionan un registro más consistente durante el periodo de muestreo, incluidas las especies que están activas en la noche. Muchas especies son de naturaleza críptica y resultan difíciles de observar, pero por sus llamadas se pueden detectar con facilidad. Finalmente, las grabadoras proporcionan un registro permanente de la biodiversidad presente en un lugar y en un momento determinado.

Se pueden extraer diferentes datos de biodiversidad a partir de grabaciones acústicas, desde la identificación a nivel de especie hasta una evaluación de la dinámica de la comunidad. Esto último se logra a través de un análisis de paisaje bioacústico, un perfil diario de actividad acústica (Figura 3). Estos paisajes representan la fauna acústicamente activa en un sitio determinado y, por lo tanto, proporcionan un punto de comparación útil pues hábitats similares tendrán paisajes acústicos semejantes. Una analogía de los paisajes acústicos de diferentes usos de tierra del Magdalena (Zona Norte), muestra una clara separación entre los sitios de bosque (ribereños y parches de bosque), y los de producción agrícola: palma de aceite, banano, arroz y pastos (Figura 4). Al conside-

**Figura 2.** Mapa de sitios de muestreo acústico dentro de los siete departamentos de las tres zonas primarias de producción de palma de aceite de Colombia: Zona Norte (llanura costera del Caribe), Zona Central (región del Magdalena Medio) y Zona Oriental (Llanos Orientales).



rar el eje Y de la ordenación de escalamiento multi-dimensional no métrica (NMDS 2), existe un parecido considerable entre la palma de aceite y los sitios forestales. Debido a que queda tan poca cobertura, los bosques se encuentran un tanto degradados y, por tanto, no pueden proporcionar un verdadero sitio de referencia o control. No obstante, los paisajes acústicos muestran que, incluso estos parches de bosques degradados tienen un paisaje acústico único, y que el de la palma de aceite es más similar a estos sitios de bosques que otros sistemas de producción agrícola.

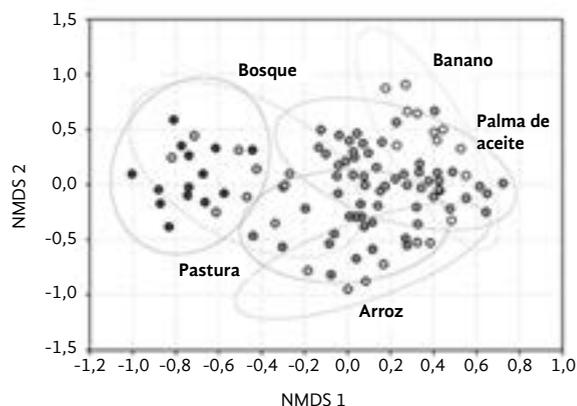
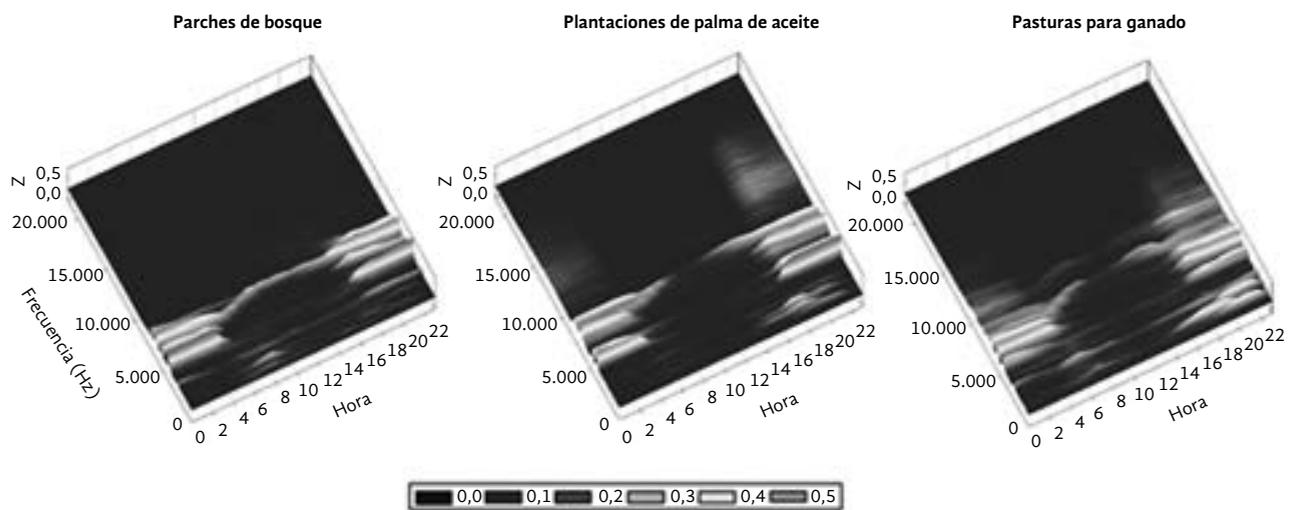
A partir del análisis del paisaje acústico en esta zona, se puede concluir que la palma de aceite puede reemplazar otros sistemas de producción agroindustrial con un impacto mínimo en las comunidades

acústicas. El análisis futuro de los datos bioacústicos recopilados en el sector palmero de Colombia incluirá información a nivel de especies para entender, con más detalle, qué significan estas transiciones en el uso de tierras. Para comprender cómo la biodiversidad en las plantaciones está influenciada por el paisaje, se estudiará la incidencia de la composición y configuración del paisaje en las especies. Estos esfuerzos pueden ayudar a identificar diseños de plantaciones más amigables con la vida silvestre.

## Efectividad de las certificaciones

La sostenibilidad en el sector palmero colombiano está creciendo gracias a la adopción de programas de

**Figura 3.** Ejemplos de paisajes acústicos en diferentes usos de tierras, en paisajes de palma de aceite de la Zona Norte de Colombia (Magdalena).



**Figura 4.** Comparación de ordenación multidimensional no métrica (NMDS) de paisajes acústicos (n = 107) de seis usos de tierra diferentes en la Zona Norte (Magdalena).

certificación, en particular, el de la Mesa Redonda de Aceite de Palma Sostenible (RSPO, por su sigla en inglés). La mayoría del aceite de palma colombiano se consume localmente para la elaboración de alimentos, biodiésel y otras industrias. Sin embargo, debido a la reciente saturación de los mercados nacionales, en parte a causa del aumento de las importaciones de aceite de palma barato de Ecuador y, al uso de sustitutos como el aceite de soya, muchos productores están buscando acceder a nuevos mercados internacionales. La mayoría de las exportaciones de aceite de palma colombiano están destinadas a Europa, donde la certificación RSPO se ha convertido en una barrera de entrada. Como resultado, recientemente muchas empresas se han certificado y muchas más están en el proceso. Hoy, Colombia está a la par con el promedio mundial de producción de aceite de palma sostenible certificada, con un 20 %. Igualmente, domina el suministro mundial de producción de aceite de palma certificado orgánico (~ 90 %), que se destina principalmente a mercados especializados en Europa y Estados Unidos.

Un estudio reciente realizados con pequeños productores del Magdalena, tanto certificados como no certificados, evaluó el impacto de la certificación en las prácticas de manejo a nivel de finca (Furumo *et al.*, 2019). La investigación encontró que los agricultores certificados tenían mejores prácticas de manejo en la mayoría de los criterios ambientales (Figura 5) y sociales; utilizan menos pesticidas y fertilizantes, y protegen las áreas de hábitat natural en sus fincas. También, pagan mejores salarios y reciben precios más altos por su fruta. Esta prima en el precio es importante para que los pequeños productores certificados puedan compensar la baja productividad de las

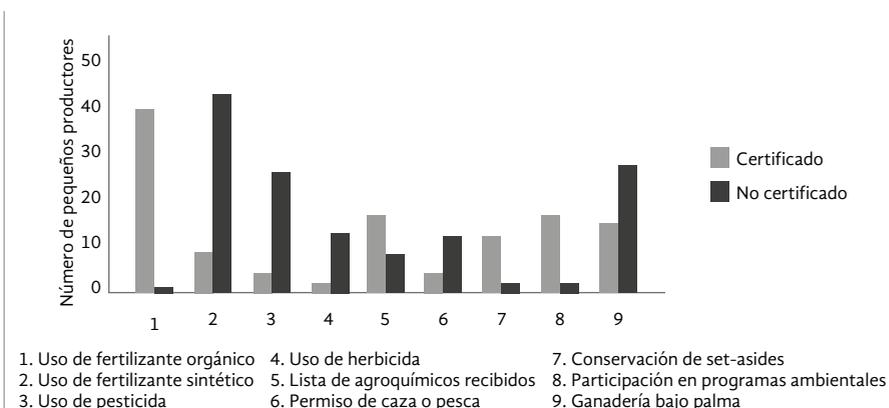
fincas orgánicas, pero lo fue menos para los productores a gran escala, cuya motivación principal para certificarse era acceder a nuevos mercados.

En términos del mejoramiento de las prácticas de manejo a nivel de finca, la certificación está funcionando. Sin embargo, los efectos de dichas prácticas en la conservación de los ecosistemas y en los medios de vida de los productores y sus familias, son todavía inciertos. Hasta ahora, los beneficios ambientales no están acompañados de mejoras detectables en los medios de vida, ya que la tenencia de la tierra, la educación del hogar y otros indicadores de bienestar, no varían mucho entre fincas. Pero la certificación parece estar avanzando las prioridades de conservación entre los productores pequeños y los de escala industrial, al motivarlos a minimizar los impactos ambientales de la labor agrícola.

## La diferenciación del aceite de palma colombiano

Con los mercados nacionales saturados, el futuro de la palma de aceite en Colombia se beneficiaría con el aumento en las exportaciones. Sin embargo, el aceite de palma colombiano no es tan competitivo en el mercado, en comparación con el de otras regiones, debido a los altos costos de producción asociados con los salarios de los trabajadores y el uso de insumos (fertilizantes, etc.). Por ejemplo, el costo promedio de producción de una tonelada de aceite de palma crudo (APC) en Colombia en 2015 fue de aproximadamente \$ 575, en comparación con los \$ 285 en Indonesia, el mayor productor del mundo. Ante estas realidades económicas, los productores colombianos deberán encontrar

**Figura 5.** Respuestas de la encuesta realizada con pequeños productores con y sin certificación RSPO, sobre los criterios ambientales en la producción de palma de aceite en la Zona Norte (Magdalena).



formas de diferenciarse para aumentar las exportaciones. Con mayores costos de producción y un buen historial ambiental, la mejor estrategia sería diferenciar el aceite de palma por su sostenibilidad y agregarle valor a los productos que ingresan al mercado.

Colombia está bien posicionada para aprovechar la oportunidad de establecer una industria nacional sostenible de aceite de palma por varios motivos: (1) la palma ha causado poca deforestación en el país, (2) las zonas de producción existentes se pueden expandir con impactos mínimos en la biodiversidad, y (3) la adopción de programas de certificación está aumentando, lo que lleva a mejoras en las prácticas de gestión ambiental. Para asegurar que estas ventajas diferencien el aceite de palma colombiano, se pueden buscar dos áreas de oportunidad:

Buena gobernanza. Existen propuestas públicas y privadas recientemente promovidas por el Gobierno, grupos de la sociedad civil y empresas en Colombia, con el objetivo de eliminar la deforestación producida por cultivos de palma de aceite y las cadenas de suministro de ganado. Organizados por la Alianza para Bosques Tropicales 2020 (TFA, por su sigla en inglés), estos acuerdos podrían otorgar un reconocimiento formal o un sello de aprobación para certificar la ya mínima deforestación causada por el sector palmero. La iniciativa apunta a desarrollar una etiqueta ecológica única, que distinga los productos que contienen aceite de palma producido sin deforestación. Esto agregaría valor y, a su vez, llegaría a los productores en forma de primas en el precio, similares a los programas de certificación existentes. Igualmente, ayudaría a compensar los costos de implementación de la trazabilidad de alto nivel requerida para reclamar la producción libre de deforestación. Programas como la RSPO, pueden proporcionar un mecanismo viable de trazabilidad y monitoreo para que las empresas cumplan el acuerdo de cero deforestación. Este es un objetivo mínimo necesario para una producción sostenible, sin embargo, muchos productores en Colombia podrían ir más lejos favoreciendo la conservación y restauración del hábitat natural en las plantaciones.

Los programas de certificación podrían modificarse para mejorar la eficiencia y adaptarse mejor a

las condiciones de producción de palma de aceite en América Latina. Por ejemplo, la certificación no requiere la restauración activa de zonas degradadas. Si no se encuentran áreas de alto valor de conservación en una plantación, la empresa puede cumplir plenamente con la norma, pero contener poca o ninguna cobertura de bosque natural. Este escenario es bastante común en Latinoamérica, donde los paisajes de palma de aceite han sido modificados y gran parte de la cobertura forestal se perdió antes del establecimiento de las plantaciones. Requerir que se proteja o restaure una proporción mínima de la plantación (un 10 a 20 %) mejoraría considerablemente la biodiversidad en las fincas y los servicios ecosistémicos, así como contribuiría a la cobertura forestal y a la conectividad a nivel del paisaje.

Monitoreo de biodiversidad a largo plazo. Otra oportunidad importante para diferenciar al aceite de palma de Colombia es a través de una mejor vigilancia de la biodiversidad. Las empresas certificadas deben monitorearla periódicamente en sus plantaciones, para garantizar el buen mantenimiento y la gestión adecuada de las áreas con alto valor de conservación. Sin embargo, dicho monitoreo a menudo representa un gran desafío técnico y económico, especialmente para aquellas compañías que tienen un conocimiento limitado sobre cómo diseñar protocolos de esto, y que ya han realizado grandes inversiones monetarias para adquirir la certificación. El monitoreo bioacústico ofrece una solución potencial a este problema, ya que las grabadoras tienen un bajo costo y proporcionan una gran cantidad de información ecológica que se puede utilizar para comprender la dinámica poblacional (riqueza de especies, composición, etc.) de la biodiversidad en las fincas. El monitoreo a largo plazo también brinda un panorama más completo de cómo las especies responden a diferentes prácticas de manejo en la finca, y por tanto, sirven para evaluar la efectividad de los criterios ambientales y de conservación establecidos por los programas de certificación. El aceite de palma sostenible proveniente de plantaciones donde se monitorea la biodiversidad es una dimensión sin explotar, que puede servir para la diferenciación del producto a través de una etiqueta ecológica que así se lo indique a los consumidores.

## Referencias

- Barnes, A. D., Jochum, M., Mumme, S., Haneda, N. F., Farajallah, A., Widarto, T. H., & Brose, U. (2014). Consequences of tropical land use for multitrophic biodiversity and ecosystem functioning. *Nature Communications*, 5, article 5351.
- Carlson, K. M., Heilmayr, R., Gibbs, H. K., Noojipady, P., Burns, D. N., Morton, D. C., & Kremen, C. (2018). Effect of oil palm sustainability certification on deforestation and fire in Indonesia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(1), 121-126.
- Edwards, F., Edwards, D., Hamer, K., & Davies, R. (2013). Impacts of logging and conversion of rainforest to oil palm on the functional diversity of birds in Sundaland. *IBIS*, 155(2), 313-326.
- Furumo, P. R., & Aide, T. M. (2017). Characterizing commercial oil palm expansion in Latin America: land use change and trade. *Environmental Research Letters*, 12(041001).
- Furumo, P. R., Rueda, X., Rodriguez, J. S., & Pares, I. K. (2019). Field evidence for effective certification outcomes on oil palm smallholder management practices in Colombia. *Land Use Policy* (in review).
- Furumo, P. R., & and Aide T. M. (2019). Using soundscapes to assess biodiversity in Neotropical oil palm landscapes. *Landscape Ecology* (in review).
- Gaveau, D., Sheil, D., Husnayaen, Salim, M. A., Arjasakusuma, S., Ancrenaz, M., Pacheco, P., & Meijaard, E. (2016). Rapid conversions and avoided deforestation: examining four decades of industrial plantation expansion in Borneo. *Scientific Reports*, 6, 32017.
- Gilroy, J. J., Prescott, G. W., Cardenas, J. S., Castaneda, P. G., Sanchez, A., Rojas-Murcia, L. E., Uribe, C.A., Haugaasen, T., & Edwards, D. P. (2014). Minimizing the biodiversity impact of Neotropical oil palm development. *Global Change Biology*, 21, 1531-1540.
- Koh L. P., & Wilcove D. S. (2008). Is oil palm agriculture really destroying tropical biodiversity? *Conservation Letters*, 1, 60-4
- Koh, L. P., Miettinen, J., Liew, S., & Ghazoul, J. (2011). Remotely sensed evidence of tropical peatland conversion to oil palm. *PNAS*, 108(12), 5127-5132.
- Marcotullio, J. P. (2014). Globalization, Economic Flows, and Land-Use Transitions, p.89-118, from *Rethinking Global Land Use in an Urban Era*. Editors Seto, K. C. & Reenberg, A. Cambridge: The MIT Press.
- Ocampo-Peñuela, N., Garcia-Ulloa, J., Ghazoul, J., & Etter, A. (2018). Quantifying impacts of oil palm expansion on Colombia's threatened biodiversity. *Biological Conservation*, 224, 117-121.
- Pardo, L. E., Oliveria Roque, F., Campbell, M. J., Younes, N., Edwards, W., & Laurance, W. F. (2018). Identifying critical limits to oil palm cover for the conservation of terrestrial mammals in Colombia. *Biological Conservation*, 227, 65-73.
- Savilaakso, S., Garcia, C., Garcia-Ulloa, J., Ghazou, J., Groom, M., Guariguata., Laumonier, Y., Nasi, R., Petrokofsky, G., Snaddon, J., & Zrust, M. (2014). Systematic review of effects on biodiversity from oil palm production. *Environmental Evidence*, 3:4.

# Inclusión de la actividad de cultivo de palma de aceite en la comunidad indígena de los Secoya\*

## Inclusion of the Oil Palm Cultivation Activity in the Secoya Indigenous Community

**CITACIÓN:** Piyahuaje, E. (2019). Inclusión de la actividad de cultivo de palma de aceite en la comunidad indígena de los Secoya. *Palmas*, 40 (Especial, Tomo II), 197-200.

**PALABRAS CLAVE:** inclusión, actividad agrícola, comunidad indígena, palma de aceite, vivir con dignidad.

**KEYWORDS:** Inclusion, agricultural activity, indigenous community, oil palm, live with dignity.

\*Artículo original recibido en español.



**ELÍAS PIYAHUAJE PAYAHUAJE**  
Líder comunidad indígena Secoya  
Leader of the Secoya indigenous  
community  
Ecuador

## Resumen

Los Secoya del Ecuador son una comunidad indígena ubicada en la Amazonía Ecuatoriana, provincia de Sucumbíos, Cantón Shushufindi, contiguo a la plantación Palmeras del Ecuador. Esta comunidad ha permanecido abandonada por el Estado por décadas, por tanto, marginalidad y pobreza han estado siempre presentes. Por otro lado, viven rodeados de colonos dedicados principalmente al cultivo de palma de aceite, y tienen además una fuerte influencia de la industria petrolera del país. Durante años, han buscado desesperadamente que alguna institución pública y/o privada los apoye con la siembra del cultivo de palma de aceite, pues algunos de sus integrantes ya habían incursionado en esta actividad, observando que podría brindarles la posibilidad de una vida digna para ellos y sus familias,

proveyéndoles de ingresos estables y permanentes, con lo que podían acceder a servicios de salud y educación para sus hijos. El señor Elías Piyahuaje, Líder de la Comunidad Secoya del Ecuador, estaba convencido de las bondades sociales y económicas que representaba este cultivo a su comunidad. Luego de diversos intentos, logró que Palmeras del Ecuador le prestara el apoyo que requería y convenció a 20 familias Secoya para sembrar 10 hectáreas de palma de aceite cada una. Con su propio esfuerzo y el acompañamiento y apoyo de la empresa, sembraron y empezaron esta aventura con mucha ilusión. Desde entonces han pasado ocho años, y con no pocas dificultades han cumplido la aspiración de tener su propio cultivo. La experiencia acumulada y superando las dificultades, sin duda respiran un aire de tranquilidad y optimismo hacia el porvenir. Se han convertido en unos aliados naturales del cultivo, y aspiran sembrar de manera comunitaria unas 400 hectáreas adicionales, con las que pretenden cubrir, mediante la autogestión, sus gastos de educación y servicios médicos básicos para su comunidad.

La experiencia ha sido muy gratificante para ellos, y sin duda les está significando una vida digna. Por lo tanto, consideramos que el propio señor Elías Piyahuaje, un líder auténtico y genuino, comparta con todos los participantes de esta Conferencia Internacional lo que ha significado para él y su comunidad el haber incursionado en el cultivo de palma y las expectativas que tienen ahora de cara al futuro.

## Abstract

Ecuadorian Secoya are an indigenous community that lives in the Ecuadorian Amazon Region, Province of Sucumbíos, Shushufindi Canton, adjacent to the Palmeras del Ecuador plantation. Historically, this community has been abandoned by the State for decades. Therefore, marginality and poverty have always been the general rule. On the other hand, this community lives among settlers mainly dedicated to oil palm plantations and have also suffered a strong influence of the Ecuadorian petroleum industry. For years, this community desperately sought support from any public and/or private institution to help them grow oil palm, since some of its members had already made incursions into this activity and had witnessed that oil palm could give them and their families the opportunity to live a dignified life and provide them with steady and permanent income that would ensure their access to healthcare and education services for their children. Mr. Elías Piyahuaje-Leader of the Secoya Community in Ecuador-was convinced of the social and economic benefits of this crop for his community. After several attempts to obtain support from Palmeras del Ecuador, he finally convinced 20 Secoya families to plant 10 ha of oil palm each. As a result of his own efforts and with the company's support and assistance, they planted oil palms. The adventure started 8 years ago with huge expectations. These families went through many difficulties, but they have met their goal of having their own crops. The experience obtained during these years in terms of crop management and overcoming problems has achieved many of their hopes and dreams. Undoubtedly they now breath peace and optimism into the future, have become natural allies of the crop, and expect the whole community to plant around 400 additional hectares, with which they expect to cover basic education and healthcare expenses for their community through self-management.

This oil palm planting experience of the Secoya community has been very gratifying and is certainly providing a dignified life. Therefore, we hope that Mr. Elías Piyahuaje himself, an authentic and genuine leader, will share this incursion into oil palm and what it has meant for him and his community, as well as his future expectations with all those who attend this International Conference.

La existencia de documentos sobre los Secoya data de finales del siglo XVI, cuando los misioneros jesuitas incursionaron en territorio ocupado por pueblos a quienes denominaron “encabellados” o “tucaños occidentales” por sus lenguas originarias (Mora & Zarzar, 1997). Los Secoya, organizados en linajes por vía paterna, practicamos tradicionalmente una agricultura de roza y quema. Las chacras comunales son extensas y producen, principalmente, yuca, maíz, plátano, frijol, tabaco, piña, ñame, entre otros. Para nosotros, el territorio está constituido por una base ideológica contenida en los mitos y en las narraciones que relatan las acciones realizadas por los ancestros, en tiempos de los inicios del mundo.

Los Secoya somos una comunidad indígena del Ecuador integrada por más de 400 familias. Estamos ubicados en los territorios que nos adjudicó el Estado ecuatoriano en el oriente, específicamente en la provincia de Sucumbíos, Cantón Shushufindi. A finales de la década de los 80, durante el periodo presidencial de Rodrigo Borja Cevallos, se logró la consolidación de un título de “propiedad comunal” en una extensión aproximada de 40.000 ha, distribuidas en tres bloques, con presencia de bosque tropical húmedo con algunas manchas de intervención por explotación maderera, ganadería, maíz y otros cultivos.

Originalmente esta zona tenía poca influencia de colonos, no habían vías de comunicación suficientes ni apropiadas, por lo que la vida comunitaria se mantenía casi al margen de los centros poblados importantes y ajenos a los colonos. Esto empezó a cambiar con la explotación petrolera, ya que en la tierra que nos fue adjudicada se descubrieron grandes yacimientos de petróleo, lo que trajo su prospección y con ello la apertura de caminos. La tierra resultó altamente atractiva para los colonos, quienes comenzaron a asentarse en dichas zonas que eran promotoras para actividades agrícolas. Para los Secoya, esta nueva realidad significó un reacomodo a otras circunstancias debido a la presencia de campamentos y diferentes dinámicas en el territorio.

En este contexto se inicia la exploración de más áreas, y la comunidad Secoya busca involucrarse de manera activa a esta situación. Así empieza el interés por participar en una actividad sostenible que brindara mejores condiciones de vida a los miembros de

la comunidad. Se intentó con ganadería, cultivos de autoconsumo como el plátano, la yuca, algunos frutales, entre otros, aunque con resultados no tan positivos. Luego, con el objetivo de encontrar una labor agrícola rentable, que no comprometiera el bienestar general, se probó con cacao, café y otros, pero las experiencias terminaron en más frustración.

Algunos de sus líderes, entre ellos yo: Elías Piyaguaje, habíamos observado, que una gran empresa palmera se había instalado cerca de los territorios de la comunidad. Igualmente, que cientos de colonos sembraron palma de aceite atraídos por lo llamativa que parecía la actividad, contando con el respaldo de Palmeras de Ecuador al brindarles mercado fijo. Bajo esta óptica, consideramos que incursionar en el cultivo de palma de aceite podría traer beneficios a los Secoya debido a las ventajas tangibles que veíamos en él. De esta manera, la palma de aceite se presentó como una opción, viable y eficaz, para mejorar la calidad de vida de los miembros de la comunidad, especialmente teniendo en cuenta el abandono del Estado en esta zona.

Los Secoya solicitamos a Palmeras del Ecuador apoyo para el proceso de siembra del cultivo, puesto que estábamos convencidos de su potencial. La empresa, dentro de su visión y estrategia de Responsabilidad Social Empresarial (RSE), decidió respaldar a 20 familias, otorgándole a cada una 10 hectáreas y creando el programa de “Cultivos Inclusivos”, con el que brinda acompañamiento técnico e integral sobre la actividad productiva. Este se da especialmente en temas como transferencia de tecnología, asistencia en asuntos asociados a crédito con entidades bancarias, provisión de insumos para la siembra como fertilizantes, y una garantía de compra de toda la producción a precios de mercado.

El inicio no fue fácil. Algunas de las familias no eran agricultoras, lo que se traducía en dificultades para captar adecuadamente los conocimientos para el manejo de cultivo. A pesar de todos los problemas que fueron saliendo, apostamos a esta actividad productiva con mucho entusiasmo y esperanza. Poco tiempo transcurrió para que sucediera algo insólito, injusto y hasta perverso: la autoridad ambiental impuso a la comunidad una multa impagable, acusándola de haber eliminado bosque primario y sustituirlo por palma de aceite. Lo cierto es que esas tierras ya

estaban intervenidas con otros proyectos productivos que trajeron pérdidas a la comunidad. Así, la sanción hizo que la Corporación Financiera Nacional, entidad que nos otorgó el crédito, cancelara los dos desembolsos adicionales pendientes para cultivo de palma. El tener tierras comunitarias no permite acceder a préstamos ante ninguna entidad crediticia, ni pública ni privada. El que se concedió fue gracias a que Palmeras del Ecuador nos apoyó como garante.

Solo se recibió el primer desembolso, los otros dos fueron cancelados por la sanción. En tales circunstancias de nuevo, Palmeras del Ecuador ayudó, esta vez con el dinero que faltaba y así lograr avanzar y atender el cultivo.

Los primeros años fueron difíciles. Una parte de los hermanos no asumieron totalmente la responsabilidad del manejo adecuado, pese a la insistencia y tenacidad del personal que asignó Palmeras del Ecuador para la asistencia técnica. Los cultivos llegaron a prosperar, algunos con un poco de retraso, pero se logró recuperarse. Hoy en día, luego de ocho años de iniciado el cultivo, se puede decir con orgullo que se encuentra produciendo con un buen rendimiento. El promedio por ha/año bordea las 24 t de fruta, lo que se acerca al de Palmeras del Ecuador y representa el doble del promedio nacional.

Las familias que incursionamos en el cultivo de palma respiramos con tranquilidad y optimismo,

ya no nos angustia el futuro. Tenemos ingresos estables y permanentes que han cambiado nuestras expectativas; nuestros hijos pueden acceder a una mejor educación, y ha bajado significativamente la explotación maderera, pues al mejorar los ingresos de la comunidad ya no se necesita seguir agrediendo al bosque.

En la actualidad, la aspiración de muchas familias y de la comunidad es sembrar más palma de aceite porque estamos convencidos de que es una actividad que permite vivir con dignidad, con el propio esfuerzo y autogestión. Sin el paternalismo ni la limosna del Estado, se logró una mejor calidad de vida para todos. Hemos pedido al Gobierno que fije áreas en las que se puedan realizar actividad agrícola en general, para consolidar el bienestar de la comunidad y de las familias, sin afectar ni comprometer jamás la identidad, tradiciones y cultura ancestral.

No sería justo si en esta oportunidad no expreso públicamente el eterno y sentido agradecimiento a Palmeras del Ecuador, a su Gerente General, Salomón Gutt, por su apoyo decidido para permitir cumplir los sueños de los Secoya. Sin él no hubiera sido posible nada de lo que hoy he compartido con ustedes, todo lo maravilloso que ha representado para la comunidad el incursionar en esta noble actividad, que ha mejorado la autoestima del pueblo y con ello encontrado el camino para recuperar la dignidad.

□

## Referencias

- Mora, C., & Zarzar, A. (1997). Información sobre familias lingüísticas y etnias en la Amazonía peruana. En: *Atlas de Amazonía peruana; comunidades indígenas, base de datos, conocimientos y tierras tituladas*. Lima: GEF- PNUD.

# Trabajo decente y desarrollo rural\*

## Decent Work and Rural Development

**CITACIÓN:** Morales, J. R. (2019). Trabajo decente y desarrollo rural. *Palmas*, 40 (Especial, Tomo II), 201-205.

**PALABRAS CLAVE:** trabajo decente, desarrollo rural, sostenibilidad social, productividad, rentabilidad.

**KEYWORDS:** Decent work, rural development, social sustainability, productivity, profitability.

\*Artículo original recibido en español.



**JOSÉ ROBERTO MORALES**

Asesor Técnico Principal, Organización  
Internacional del Trabajo (OIT)  
Chief Technical Assistant, International  
Labor Organization (ILO)  
Ecuador – Panamá

## Resumen

Los desafíos en el sector rural son claves para el futuro del mundo del trabajo, especialmente con miras a la sostenibilidad social presente y futura de las operaciones de las compañías. El trabajo decente es un medio para alcanzar una dimensión social justa, que genere condiciones positivas para todas las partes involucradas y contribuya a la construcción de un ambiente de paz.

## Abstract

Challenges in the rural context are key to the modern world of work, especially regarding the present and future social sustainability of business operations and rural-based companies. In this sense, the provision of decent work becomes a means for achieving a more equitable social dimension that generates positive conditions for all the parties involved and contributes at the same time to the construction of an atmosphere of peace.

## Introducción

Algunas de las claves para un futuro agrícola sostenible están relacionadas con la generación de un trabajo decente que permitirá que las zonas rurales cuenten con un desarrollo regional importante.

## Antecedentes

La Organización Internacional del Trabajo (OIT) se fundó en 1919, en un mundo devastado por la guerra, amenazado por la revolución y asolado por la pobreza y la miseria de los trabajadores. Su finalidad era establecer una estructura social en pro de la paz y de la estabilidad, en la que el quehacer económico pudiera engendrar la prosperidad a la par que la justicia social, tanto por lo que respecta a las condiciones de vida de los trabajadores como al mundo del trabajo.

Desde el primer momento, la OIT intentó asentar esa estructura combinando la acción normativa, la creación de instituciones y la formulación de una política pública. A lo largo de múltiples luchas sociales y políticas, el mensaje de la organización se ha incorporado, en varios sentidos, en el derecho y en la práctica de las que se califican hoy como sociedades desarrolladas. El paso del tiempo ha demostrado la importancia que todos atribuyen a los valores que propugna la OIT.

Su misión es mejorar la situación laboral de los seres humanos en el mundo. Actualmente, este objetivo concuerda con el afán general, en una coyuntura de grandes cambios, de encontrar oportunidades de trabajo decente. En términos prácticos, la finalidad primordial de la OIT es promover oportunidades para que hombres y mujeres puedan conseguir un trabajo decente y productivo, en condiciones de libertad, equidad, seguridad y dignidad humana.

## El concepto de trabajo decente

Con mucha frecuencia se utiliza el número de puestos de trabajo como una medida para indicar la contribución social de una inversión financiera. Sin embargo, la cantidad de empleos es un indicador positivo pero insuficiente, debido a que al no hacer referencia a la calidad del mismo, se elimina el impacto social real de la inversión.

El concepto de trabajo decente fue acuñado a finales de la década de los noventa para sintetizar los cuatro elementos que debe contener un “trabajo de calidad”. Es decir: trabajo en condiciones de libertad (relativo a los principios y derechos fundamentales en este), oportunidades de empleo productivo, trabajo equitativo (referido al que incluye una cobertura efectiva de la protección social) y dignidad en el trabajo.

Avanzar hacia la construcción del trabajo decente en el ámbito rural es estratégico ahora más que nunca. A nivel mundial, la preocupación principal es que cada vez hay menos personas que desean dedicarse a las labores agrícolas y que estas todavía se encuentran en condiciones precarias de pobreza.

## El entorno rural colombiano

La situación no es muy distinta en Colombia, una población decreciente, con una alta proporción de ella en pobreza, alta informalidad y con importantes barreras de acceso a la educación.

A los desafíos mencionados anteriormente, se suman otros que afectan directamente al sector palmicultor en el país. La mayor parte de estos se relacionan con tres aspectos: seguridad jurídica relativa a la propiedad y uso de la tierra, adecuación de la regulación laboral a la realidad de las zonas rurales y convivencia

entre los cultivos de palma de aceite y los de pancoger o alimentación familiar comunes entre productores de pequeña escala.

## Programa para el empleo rural y el trabajo decente de la OIT

La labor de la OIT no es ajena a estas realidades y desde los años 50 ha dedicado esfuerzos para la construcción de normativas y herramientas específicas, que respondan a los desafíos del mundo rural, y sirvan de apoyo a los países.

Dichas herramientas son revisadas y actualizadas continuamente, de manera que se mantengan vigentes.

Ahora es momento de plantear una pregunta que permitiría aclarar el panorama del empleo rural y el trabajo decente: si este último se basa en la acción normativa de la OIT, ¿es realmente beneficioso para las empresas cumplir con las normas?

Por experiencia, la respuesta es afirmativa ya que existen al menos ocho razones que ponen en evidencia que el cumplimiento de las normas en el mundo del trabajo es un tema positivo:

- Condiciones equitativas en el mercado
- Mayor productividad y rentabilidad
- Menor rotación de personal
- Menos costos por accidentes
- Menos gastos en salud
- Mayor innovación en el lugar de trabajo
- Mejores competencias laborales en las personas
- Mejor calidad de productos

Otro aspecto importante que se debe resaltar es que el acatamiento generalizado de las normas tiene efectos positivos para todos los actores participantes. Pero cuando esto no es así, dichos efectos pueden verse reducidos drásticamente. Por ejemplo, si las normas de seguridad y salud ocupacional no se cumplen, se afectan los costos de cobertura médica y de seguros, y también se reduce el número de personas disponibles para realizar labores agrícolas. Un amplio cumplimiento de las normas es un buen negocio.

Como se mencionó anteriormente, el concepto de trabajo decente hace referencia a cuatro elementos: trabajo en condiciones de libertad (relativo a los principios y derechos fundamentales en el mismo), oportunidades de empleo productivo, trabajo equitativo (referido a aquel que incluye una cobertura efectiva de la protección social) y dignidad en el trabajo.

El primero es el trabajo en condiciones de libertad, asociado con el cumplimiento de los principios y derechos fundamentales en el mismo. La situación mundial respecto a este elemento es desafiante, ya que más de dos tercios del trabajo infantil están en la agricultura, y existe evidencia de trabajo forzoso en actividades agrícolas y de pesca.

En un estudio desarrollado en 2016 por la OIT, las compañías entrevistadas manifestaron “creer” que sus cadenas de valor son susceptibles al trabajo forzoso. También, el empleo no es libre para todas las personas, ya que todavía hay quienes sufren discriminación, particularmente de género, aunque hay otros tipos de marginación importantes, especialmente en segmentos donde el trabajo es formal.

Promover y asegurar los principios fundamentales en el trabajo es una estrategia inteligente de negocio, ya que según investigaciones realizadas en Asia, Estados Unidos y otros países, además de ser rentable, contribuye con la mejora de las condiciones de empleo a nivel nacional.

Por otro lado, facilita la inversión extranjera ya que las empresas transnacionales enfrentan presiones crecientes para asegurar que sus productos cumplen con los principios y derechos fundamentales. Demostrar que esto es un valor en las compañías locales, se convierte en un poderoso factor de competitividad.

La situación mundial del empleo en el ámbito rural representa un desafío importante en donde solo un poco más de la mitad está empleada, y la fuerza laboral tiene una formación limitada. Estos aspectos son una fuerte limitante para el crecimiento de la productividad que se requiere en las zonas rurales, para hacer frente a la demanda creciente de productos en el mundo.

Así las cosas, el mayor desafío de las empresas está en la creación de empleos formales que ayuden a mejorar la productividad del cultivo de palma de aceite. Sin embargo, una barrera para esto es justamente la

calidad de los trabajos disponibles. Personas con poca formación y escasas perspectivas de estabilidad en el empleo serán menos propensas a implementar innovaciones en la producción, por lo que la posibilidad de aumentar la productividad se reduce.

Un segundo elemento a discutir es el del trabajo equitativo, destinado a asegurar que las personas cuenten con un amparo frente a los imprevistos en el mundo laboral, de manera que puedan desarrollar todo su potencial. Este es un desafío importante para los países en desarrollo, en donde menos de la mitad de la población de zonas rurales, tiene algún tipo de cobertura de protección social.

La evidencia revela que en las economías más productivas las personas dedican menos horas al trabajo. La Figura 1 muestra que la fuerza laboral en los países productores de aceite de palma en Asia, es menos productiva que en los de América Latina, lo que permite suponer que las mejoras en las zonas rurales tienen efectos directos en avanzar más hacia la productividad rural.

Es necesario señalar que la productividad laboral no solo depende de las horas trabajadas, también es

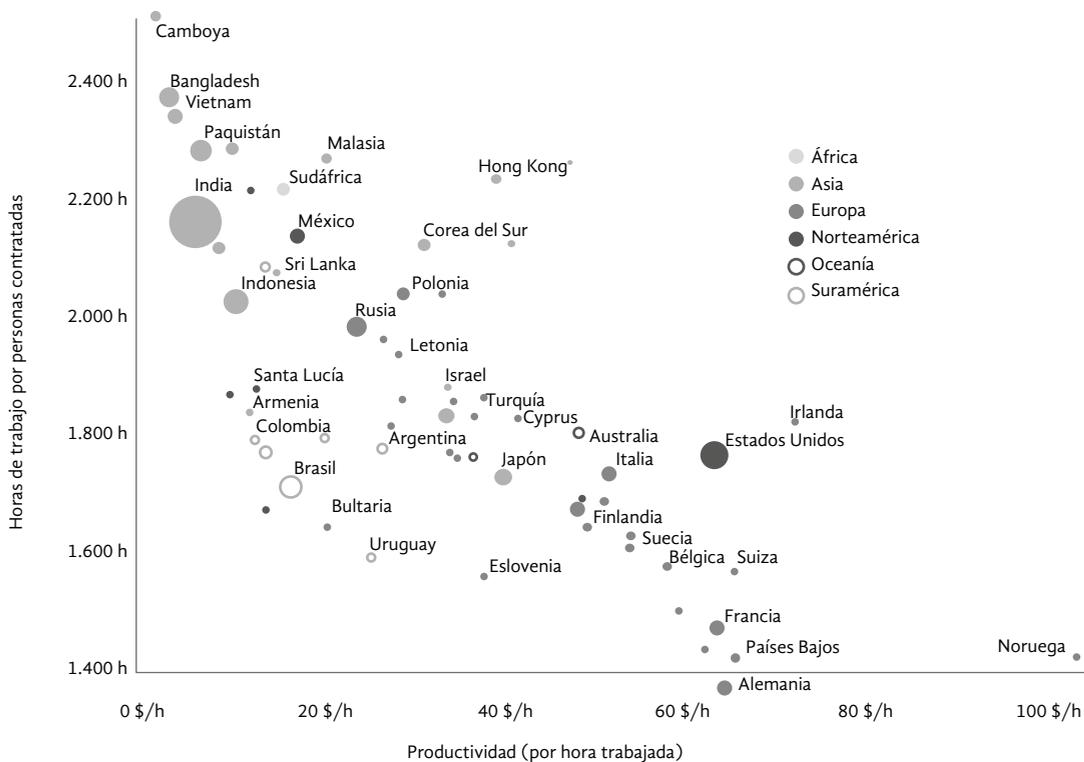
necesario considerar aspectos claves como proteger a las personas contra los accidentes, ya que esto es una estrategia que permite minimizar costos y fortalecer la productividad de las empresas (Figura 2).

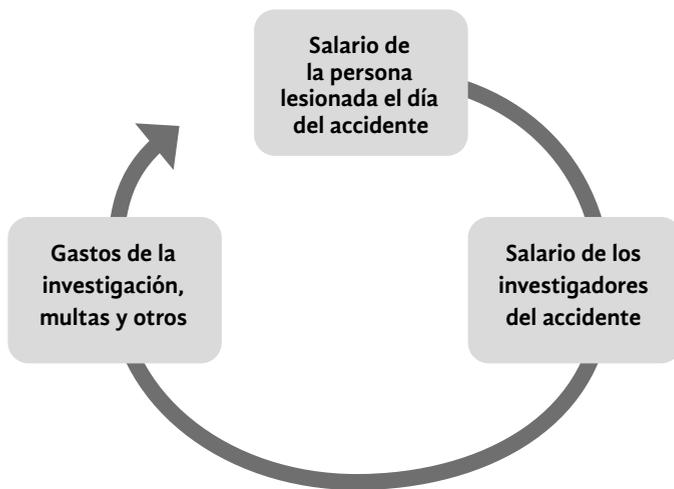
Para poder implementar una estrategia de cobertura de protección social, la OIT ha desarrollado herramientas específicas que pueden ayudar a las empresas y a sus cadenas de suministro a establecer prácticas que pongan en plena vigencia el trabajo decente. Estas van desde cosas básicas como mejorar la compilación de datos, hasta la integración de la SST (Seguridad y Salud en el Trabajo) en la educación (Figura 3).

## Diálogo social

El diálogo social incorpora los aspectos relativos a la dignidad en el trabajo como parte fundamental de todo el proceso ya mencionado. Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), el número de trabajadores que pudieron acceder a la negociación pasó de 37,4 % en 2000 a 32,2 % en 2016, esto solo en países que pertenecen a la organización.

**Figura 1.** Productividad vs horas anuales laboradas, 2014.  
Fuente: Our World in Data.





**Figura 2.** Costos directos de la protección social. Fuente: OIT.



**Figura 3.** Áreas de gestión de la SST.

Así mismo, en las naciones en desarrollo este diálogo solo alcanza entre 10 y 15 %, por lo que las necesidades e intereses de los trabajadores y empleadores no agremiados, no son tomados en cuenta.

Esto demuestra que un diálogo social limitado en el sector rural, es un obstáculo para avanzar de manera efectiva en los desafíos presentados anteriormente. Uno de los aspectos críticos se refiere a la adecuación de las regulaciones laborales que no se ajustan a la realidad de las zonas rurales, haciendo que el desafío de la productividad entre en escena, requiriendo que las mejoras tengan efectos positivos tanto para las personas como para las empresas.

## Conclusiones

La promoción del trabajo decente debería ser una estrategia de negocios que esté fundamentada en

la construcción de un espacio laboral estable, que promueva el desarrollo de las personas y cree un fuerte vínculo con la empresa. Esto reduce riesgos en muchas áreas, incluyendo conflictos laborales y costos por accidentes de trabajo, al tiempo que mejora el acceso de personal más calificado y, por tanto, más productivo.

Asegurar que las empresas agrícolas y rurales pongan en práctica los valores relativos al trabajo decente, permitirá que la expansión productiva continúe, situando a la producción de aceite de palma en un umbral de alto valor en el mercado internacional.

Así mismo, se debe resaltar que para cumplir con los anteriores objetivos, Colombia se encuentra en una mejor posición que los países de Asia, y debería aprovechar esta ventaja para acceder a mercados más restringidos.

## Repensando la grasa saturada\*

### Rethinking Saturated Fat



**DR. AZMAN ISMAIL MD (USM)**

Miembro del Parlamento, Kuala Kedah, Malasia. Member of Parliament, Kuala Kedah, Malaysia

**CITACIÓN:** Ismail, A. (2019). Repensando la grasa saturada. *Palmas*, 40 (Especial, Tomo II), 206-210.

**PALABRAS CLAVE:** estudios científicos, grasas saturadas, reevaluación.

**KEYWORDS:** Scientific studies, saturated fat, reassessment

\*Artículo original recibido en inglés y traducido por Carlos Alberto Arenas

### Resumen

Este trabajo pretende responder a la inquietud básica de si la grasa saturada natural es sana. El artículo hace un recuento histórico de por qué y cuándo se le demonizó. Además, presenta la reevaluación científica de dos estudios trascendentales que anteriormente contribuyeron a su desprestigio. El Sydney Diet Heart Study (1966-1973) y el Minnesota Coronary Experiment (1968-1973), muestran que las conclusiones de estos estudios estaban erradas. Así mismo, este trabajo cita investigaciones serias que prueban científicamente que las grasas saturadas son sanas, a saber: los estudios Pukapuka y Tokelau (1981) y el PURE (Epidemiología Prospectiva Urbana y Rural) de Dehgan M. *et al.*, 2017. El estudio PURE, inclusive, señala que la ingesta adecuada de grasas saturadas está asociada con una menor incidencia de derrames. Finalmente, presenta evidencia científica en el sentido de que las grasas saturadas naturales son sanas y esenciales, y que su deficiencia en la alimentación podría producir graves consecuencias, como derrames, cáncer y demencia.

## Abstract

This study attempts to answer the basic question of whether natural saturated fat is healthy. The paper traces the history of how and when the demonization of saturated fat occurred. The paper also presents a scientific reassessment of 2 landmark studies that were previously used to demonise saturated fat. The Sydney Diet Heart Study (1966-1973) and The Minnesota Coronary Experiment (1968-1973), both reassessments show that the previous conclusions of the studies were erroneous. The paper also quotes good studies which scientifically proved that saturated fats are healthy, namely The Pukapuka and Tokelau Studies (1981) and PURE (Prospective Urban Rural Epidemiology) Study by Dehgan M, *et al.* Lancet 2017. PURE Study even establishes that adequate saturated fat intake is associated with lower incidence of stroke, among others. Finally, provides scientific evidence that natural saturated fats are healthy and are essential foods and lacking them in the diet may lead to serious consequences like stroke, cancers and dementia.



Cuando un bebé nace, el mejor alimento para él es la leche materna, que es grasa saturada. Irónicamente, a medida que crece y se vuelve adulto, la mayoría de los médicos creen que el consumo de grasas saturadas es malo para su salud.

### ¿Cómo surgió esta paradoja?

La satanización de las grasas saturadas se puede atribuir casi que exclusivamente a Ancel Keys (1904-2004), un prominente e influyente científico estadounidense (Keys, 1971).

Con la hipótesis de dieta-corazón, propuso que el consumo de grasas saturadas lleva a un colesterol sérico alto, y que este a enfermedades cardiovasculares que aumentan los índices de mortalidad. Justificó la premisa mediante su estudio de los Siete Países (1958) y, luego realizó una serie de ensayos aleatorios controlados en Minnesota, Sídney y otros lugares, para probar la correlación entre las grasas saturadas, el colesterol y las enfermedades cardiovasculares.

Posteriormente, la Asociación Americana del Corazón adoptó las ideas de Keys y comenzó a aconsejar al público que limitaran el consumo de grasas saturadas, que se encontraban en alimentos como el huevo, la carne y la mantequilla. En poco tiempo, muchas de las autoridades de salud en todo el mundo empezaron a dar sugerencias similares. Después, el aceite de coco e incluso el aceite de palma, fueron incluidos en la lista.

Keys también concluyó que reemplazar las grasas saturadas con insaturadas, que se encuentran en los aceites vegetales, tenía efectos beneficiosos para reducir las enfermedades cardiovasculares, y que su consumo podía disminuir el colesterol. Así, este consejo fue propagado por la mayoría de las autoridades de salud.

Sin embargo, ha surgido nueva evidencia y nuevo entendimiento científico, y muchos están cuestionando las recomendaciones alimentarias estándar respecto a las grasas saturadas.

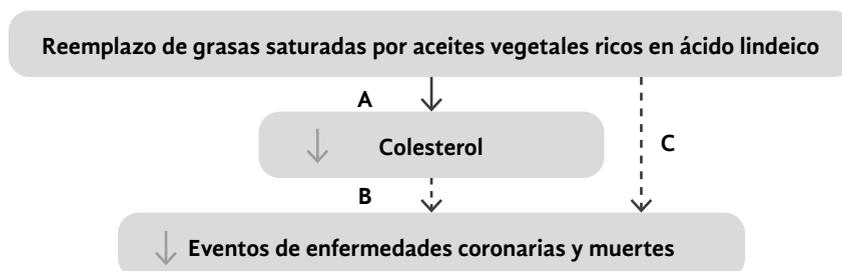
### Nueva evidencia y nuevo entendimiento de la ciencia

Es importante anotar que tan solo unos pocos ensayos aleatorios controlados han probado causalmente la hipótesis de dieta-corazón (Figura 1). Los resultados de estas pruebas no fueron reportados en su totalidad. El descubrimiento y posterior análisis de dos de estas pruebas, utilizando los últimos métodos científicos, se debió a la notable labor del Dr. Christopher E. Ramsden, investigador de los Institutos Nacionales de Salud, Bethesda (EE.UU.), y a su grupo de investigadores.

En 2013 publicaron su reevaluación del Estudio Dieta-Corazón de Sídney (1966-1973) y en 2016 la del Experimento Coronario de Minnesota (1968-1973).

**Figura 1.** Hipótesis tradicional de Dieta-Corazón. La línea sólida indica que se ha establecido una relación causal en los ensayos aleatorios controlados (A); las líneas punteadas indican que no se ha establecido una relación causal (B y C). A: los ensayos aleatorios controlados muestran que el reemplazo de grasas saturadas por aceites vegetales, ricos en ácido linoleico, reduce el total de colesterol sérico y LDL. B: los criterios de valoración intermedios relacionados con el colesterol sérico están fuertemente vinculados con el riesgo de enfermedad cardiovascular o muerte en los estudios de observación. C: Los ensayos aleatorios controlados han analizado si el reemplazo de grasas saturadas por ácido linoleico reduce los eventos de enfermedad cardiovascular o muerte. Ninguno ha mostrado un beneficio significativo.

Fuente: <http://www.bmj.com/content/353/bmj.i1246>



### Estudio de Dieta-Corazón de Sídney (Ramsden *et al.*, 2013)

El objetivo del estudio era evaluar la efectividad de la sustitución de grasas saturadas en la dieta con aceite de cártamo poliinsaturado (grasa insaturada), para la prevención secundaria de enfermedad cardiovascular y muerte.

Los resultados muestran que el grupo de intervención tenía mayores tasas de mortalidad que los controles: todas las causas de muerte 17,6 % vs. 11,8 %, muertes por enfermedades cardiovasculares 17,2 % vs. 11,0 %, y muertes por enfermedades coronarias 16,3 % vs. 10,1 %.

Por lo tanto, sustituir las grasas saturadas con grasas insaturadas no demostraba ningún beneficio respecto a las muertes por enfermedades cardiovasculares.

### Experimento Coronario de Minnesota (Ramsden *et al.*, 2016)

Este estudio es un ensayo aleatorio controlado doble-ciego, diseñado para probar si el reemplazo de grasas saturadas con aceite vegetal rico en ácido linoleico (aceite insaturado), reduce las enfermedades coronarias y las muertes al disminuir el colesterol sérico.

Los documentos no publicados recuperados del Experimento Coronario de Minnesota (MCE, por su

sigla en inglés) y los datos en bruto, fueron analizados según las hipótesis preespecificadas por los investigadores originales.

Los resultados muestran que el grupo de intervención presentó una reducción significativa en el colesterol sérico, en comparación con los controles (media de cambio -13,8 % vs. -1,0 %). Sin embargo, el riesgo de muerte era 22 % más alto por cada 30 mg/l (0,78 mmol/l) de reducción en el colesterol sérico. No había evidencia del beneficio en el grupo de intervención para aterosclerosis coronaria o infarto del miocardio. En el meta-análisis, estas intervenciones de reducción en el colesterol no mostraron prueba de beneficios sobre la mortalidad por enfermedad cardiovascular. Por lo tanto, la evidencia de los ensayos del MCE, manifestaron que sustituir la grasa saturada en la dieta por ácido linoleico efectivamente reduce el colesterol sérico, pero esto no se traduce en un menor riesgo de muerte por enfermedad arterial coronaria o por todas las causas.

### Resultados de los estudios etnológicos

#### Pukapuka y Tokelau (Prior *et al.*, 1981)

Se investigaron dos poblaciones de polinesios que viven en atolones y subsisten de grasas del coco, altamente saturadas. Los tokelauanos derivaban el 63 % de su energía de aceite y grasas de coco, mientras que

los pukapukanos lo hacían en el 34 %. Las biopsias de grasa humana muestran un alto contenido de ácido láurico y mirístico. Sin embargo, la enfermedad arterial coronaria o el accidente cerebrovascular (ACV) eran raros en ambas poblaciones, y no se encontró evidencia de que el alto consumo de grasas saturadas tuviera un efecto dañino sobre estas poblaciones.

Masáis (Mann *et al.*, 1965; Mann *et al.*, 1972)

El profesor George Mann y su equipo, estudiaron la dieta del pueblo Masái en los 60. Muy alta en consumo de grasas saturadas y colesterol por la carne y leche de vaca. Sin embargo, las enfermedades arteriales coronarias eran muy raras y tenían niveles bajos de colesterol.

Indios de Kenia (Charters & Arya, 1960)

Indios no musulmanes de Gujarat en Kenia viven con una dieta lacto-vegetariana, mientras que los indios musulmanes consumen cantidades muy altas de leche y carne. La tasa de mortalidad por enfermedades cardiovasculares era igual en ambas poblaciones.

Muertes por infarto al miocardio entre empleados de Indian Railways (Malhotra, 1967)

El Dr. S. L. Malhotra estudió la dieta y muertes por infarto al miocardio de más de un millón de empleados de Indian Railways en un periodo de cinco años.

El pueblo de Punyab comía 18 veces más grasa que el de Madrás, pero este tuvo siete veces más muertes por infarto al miocardio que el de Punyab. La mayoría de la grasa consumida por el pueblo de Punyab era grasa saturada de animales.

PURE (Dehghan *et al.*, 2017)

El Estudio Prospectivo de Epidemiología Urbana y Rural (PURE, por sus siglas en inglés) es una gran investigación epidemiológica de cohorte a 135.335 individuos de entre 35 a 70 años de edad (enero de 2003 a marzo de 2013), de 18 países, con mediana de seguimiento de 7,4 años, y cuestionarios validados de frecuencia de consumo de alimentos.

Hallazgos: el alto consumo de hidratos de carbono fue asociado con un mayor riesgo de mortalidad total; mientras que el total de grasa y los tipos individuales de esta fueron relacionados con una menor mortalidad total. La grasa total y los tipos de esta no fueron asociados con enfermedades cardiovasculares o infarto del miocardio, y el consumo de grasas saturadas tuvo una relación inversa con los ACV.

Nuevo entendimiento sobre la ciencia de las grasas, colesterol y enfermedad coronaria (Lamarche *et al.*, 1999; Gaziano *et al.*, 1997)

- i) La enfermedad arterial coronaria comienza con un proceso llamado inflamación, y no es causada por la molécula de colesterol.
- ii) El exceso de grasas poliinsaturadas del tipo omega 6 es inflamatorio.
- iii) Los radicales libres de la descomposición de los enlaces dobles del carbono en las grasas insaturadas, pueden afectar la salud adversamente y llevar a enfermedades coronarias.
- iv) Las grasas saturadas son estables, ya que no tienen enlaces dobles de carbono y, por lo tanto, al ser cocinadas no contribuyen radicales libres.
- v) El colesterol existe como dos subgrupos, dependiendo del tamaño de la partícula: el estable y saludable es grande y esponjoso; mientras que el inflamatorio, fácilmente oxidable, es pequeño y denso, y tiene incidencia en la enfermedad arterial coronaria, entre otras.
- vi) El consumo de grasas saturadas saludables aumenta el colesterol saludable, grande y esponjoso.
- vii) El consumo de azúcares, hidratos de carbono refinados y grasas *trans* lleva a partículas del colesterol inflamatorio, pequeño y denso.

## Conclusión

Es hora de repensar seriamente el problema de las grasas saturadas en nuestra dieta y también reconsiderar las recomendaciones alimentarias estándar.

## Referencias

- Keys, A. (1971). Coronary heart disease in seven countries. *Circulation*, 41(S1), 118-139.
- Ramsden, C. E., Zamora, D., Leelarthaepin, B., Majchrzak-Hong, S. F., Faurot K. R., Suchindran, C. M., Ringel, A., Davis, J. M., & Hibbeln, J. R. (2013). Use of dietary linoleic acid for secondary prevention of coronary disease and death: evaluation of recovered data from the Sydney Diet Heart Study and update meta-analysis. *British Medical Journal*, 346.
- Ramsden, C.E., Zamora, D., Majchrzak-Hong, S. F., Faurot K. R., Broste, S. K., Frantz, R. P., Davis, J. M., Ringel, A., Suchindran, C. M. & Hibbeln, J. R. (2016). Re-evaluation of the traditional diet-heart hypothesis: analysis of recovered data from Minesota Coronary Experiment (1968-73). *British Medical Journal*, 353.
- Prior, I. A., Davidson, F., Salmond, C. E., & Czochanska, Z. (1981). Cholesterol, coconuts, and diet on Polynesian atolls: a natural experiment the Pukapuka and Tokelau Island studies. *American Journal Clinical Nutrition*, 34(8), 1552-1561.
- Mann, G. V., Shafer, R. D., & Rich, A. (1965). Physical fitness and immunity to heart disease in Masai. *Lancet*, 2, 1308-1310.
- Mann, G. V., Spoerry, A., Gary, M., & Jarashow, D. (1972). Atherosclerosis in the Masai. *American Journal of Epidemiology*, 95(1), 26-37.
- Charters, A. D., & Arya, B. P. (1960) Incidence of ischaemic heart-disease among Indians in Kenya. *Lancet*, 1, 288-289.
- Malhotra, S. L. (1967). Epidemiology of ischaemic heart disease in India with special reference to causation. *British Heart Journal*, 29, 895-905.
- Dehghan, M., Mente, A., Zhang, X., Swaminathan, S., Li, W., Mohan, V.,... Yusuf, S. (2017). Associations of fats and carbohydrate intake with cardiovascular disease and mortality in 18 countries from five continents (PURE): a prospective cohort study. *Lancet*, 390, 2050-2062.
- Lamarche, B., Lemieux, I., & Despres, J. P. (1999). The small dense LDL phenotype and risk of coronary heart disease: epidemiology, pathophysiology and therapeutic aspects. *Diabetes & Metabolism*, 25(3), 199-211.
- Gaziano, J. M., Hennekens, C. H., O'Donell, C. J., Breslow, J. L., & Buring, J. E. (1997). Fasting Triglycerides, High Density Lipoprotein and Risk of Myocardial Infarction. *Circulation*, 96(8), 2520-2525.

## Vitamina E y tocotrienoles en la enfermedad renal crónica, ¿cumplen alguna función?\*

Vitamin E and Tocotrienols in Chronic Kidney Disease, is There a Role?

**CITACIÓN:** Khosla, P. Vitamina E y tocotrienoles en la enfermedad renal crónica, ¿cumplen alguna función? *Palmas 40* (Especial, Tomo II), 211-221.

**PALABRAS CLAVE:** vitamina E, tocotrienoles, ERC, ECV, estudio PATCH.

**KEYWORDS:** Vitamin E, tocotrienols, ERC, ECV, PATCH study.

\*Artículo original recibido en inglés, traducido por Carlos Alberto Arenas.



**PRAMOD KHOSLA**

Departamento de Nutrición y Ciencias Alimentarias de Wayne State University  
Department of Nutrition and Food Science Wayne State University  
Estados Unidos/United States

### Resumen

La enfermedad renal crónica (ERC) constituye un problema global de salud. Es una reducción progresiva de la función glomerular que produce una acumulación de toxinas y desechos. En etapa 5, que conduce a la Enfermedad Renal en Etapa Terminal (ESRD, por su sigla en inglés), requiere diálisis o trasplante de riñón. Los pacientes en diálisis tienen un bajo índice de supervivencia atribuible a la enfermedad cardiovascular (ECV) avanzada. La mayor incidencia de ECV se produce en parte por la dislipidemia (alto triacilglicerol en plasma y bajos niveles de colesterol de lipoproteínas de alta densidad), y por una creciente inflamación y estrés oxidativo. La diabetes y la hipertensión son dos de los principales factores de riesgo de la ERC. Además, los pacientes de ESRD tienden a sufrir de malnutrición y es común el gasto de energía proteica. Mientras los niveles bajos de colesterol HDL son comunes, existen varias pruebas que sugieren que la funcionalidad de las partículas HDL puede ser más importante que los niveles en sí. Se han evaluado varios nutraceuticos con propiedades antioxidantes y antiinflamatorias en pacientes de ESRD, inclusive la vitamina E. Los ensayos con estos

últimos han producido resultados mixtos. Un estudio piloto realizado por nuestro grupo demostró que los suplementos de tocotrienol mejoraban la dislipidemia. La investigación sobre Tocotrienoles de Palma en Hemodiálisis Crónica (PATCH, por su sigla en inglés) es un estudio multinacional doble ciego en curso, con control de placebo, que evalúa la suplementación con TT en pacientes en diálisis. En este artículo presentamos la actualización del estudio PATCH, además de la revisión de investigaciones sobre la vitamina E.

## Abstract

Chronic kidney disease (CKD) is a global health problem. CKD is a progressive decline in glomerular function resulting in the accumulation of toxins and waste products. CKD Stage 5 leading to End Stage Renal Disease (ESRD) - necessitates dialysis or a kidney transplant. Patients on dialysis have poor survival rates attributable to accelerated cardiovascular disease (CVD). The higher incidence of CVD results in part from dyslipidemia (high plasma triacylglycerol and low levels of high density lipoprotein cholesterol) and increased inflammation and oxidative stress, diabetes and hypertension are two principal risk factors for CKD. Additionally ESRD patients tend to be malnourished and protein energy wasting is common. While low HDL levels are common, several lines of evidence suggest that the functionality of HDL particles may be more important than actual levels. Several nutraceuticals with antioxidant and anti-inflammatory properties have been evaluated in ESRD patients, including vitamin E. Trials with the latter have produced mixed results. A pilot study from our group showed that tocotrienol supplementation improved dyslipidemia. The Palm Tocotrienols in Chronic Hemodialysis (PATCH) study is an ongoing doubleblind, placebo-controlled multi-national study assessing TT supplementation in dialysis patients. An update on the PATCH study as well as review on the vitamin E studies will be presented at the meeting.

□

La definición funcional de la Enfermedad Renal Crónica (ERC) se basa ya sea, en una reducción en la función y/o en daño renal. Una tasa estimada de filtración glomerular (ETFG) de  $< 60$  mL/min/1,73 m<sup>2</sup>, durante más de tres meses con o sin daño renal, es indicativo de ERC. La pérdida de función renal resulta en aclaramiento renal reducido y en la acumulación de toxinas urémicas, tales como productos finales de glicación avanzada, especies de oxígeno reactivo y citocinas proinflamatorias. Según la Fundación Nacional del Riñón (NKF, por su sigla en inglés), entre 10 y 13 % de la población mundial sufre de ERC. La falla renal, también llamada etapa 5, se define como una ETFG menor a 15 mililitros por minuto. En esta fase, la función renal está severamente comprometida y se asocia con anormalidades de líquidos, electrolitos y hormonas metabólicas. La enfermedad renal terminal (ERT), si bien no es un diagnóstico médico real, se refiere a un paciente tratado con terapia de sustitución, como diálisis o trasplante de riñón. La reducción en la ETFG se asocia con tasas significa-

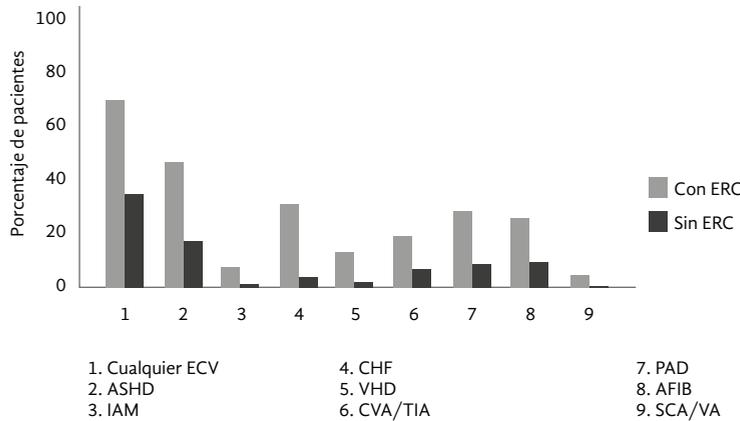
tivamente más altas de mortalidad cardiovascular y por toda causa (Figura 1).

La enfermedad cardiovascular (ECV), la principal causa de muerte en los Estados Unidos y la mayoría de los países desarrollados, representa aproximadamente el 39 % de fallecimientos entre personas con diálisis. La mayoría de individuos con ERC morirán de complicaciones cardiovasculares, en vez de por el progreso a ERT. La enfermedad cardíaca arteriosclerótica (ECA), seguida del infarto agudo de miocardio (IAM), están entre las principales causas de ECV en las poblaciones en diálisis y de trasplante (Figura 2).

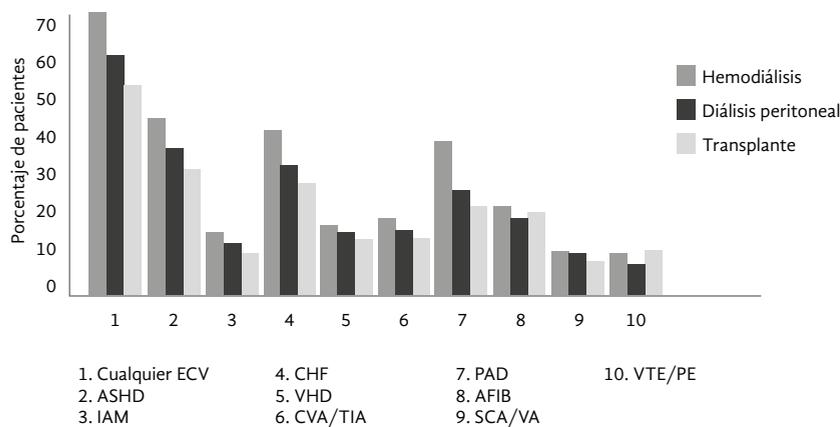
Los factores que contribuyen al progreso de la ECV pueden incluir múltiples causas que inciden en un mayor riesgo de estrés oxidativo e inflamación. Los factores dialíticos, como la biocompatibilidad con las membranas de diálisis y el tipo de acceso vascular, pueden resultar en la activación de los leucocitos circulantes y la liberación consecutiva de citocinas. Una reducción en la función renal, que lleve a la acumulación de toxinas urémicas y a

un aclaramiento reducido de citocinas, contribuye a una disminución en el apetito. Esta reducción de la ingesta calórica, junto con la demanda de mayor necesidad de nutrientes, puede dar lugar a un déficit de estos, un criterio de pérdida de proteínas y energía. La disminución en la ingesta de antioxidantes exógenos y los sistemas de defensa antioxidantes

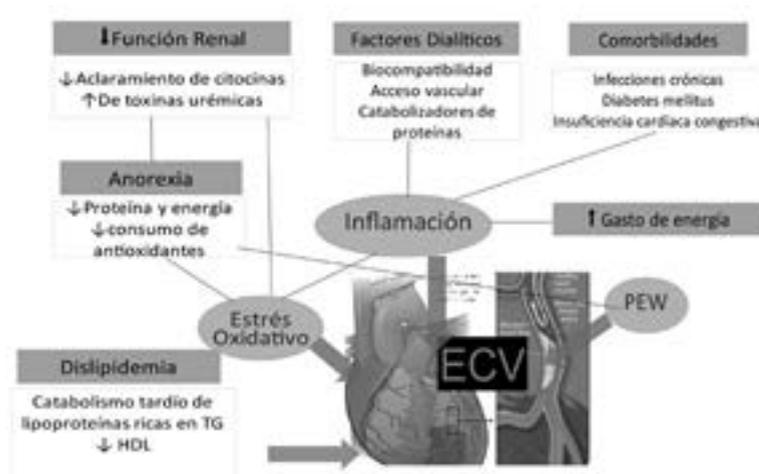
endógenos comprometidos, junto con un aumento del estrés oxidativo, han sido relacionados con el desarrollo de ECV. Las comorbilidades comunes entre la población con ERC, tales como infección e insuficiencia cardíaca congestiva, así como dislipidemia, también juegan un papel en la fisiopatología de la ECV (Figura 3).



**Figura 1.** Tasas de mortalidad cardiovascular asociadas con la ETRG.



**Figura 2.** Principales causas de ECV en las personas en diálisis y trasplante. ART 55.



**Figura 3.** Fisiopatía de ECV en ERC/ERT.

El mayor riesgo de desarrollar ECV en pacientes con ERC/ERT puede atribuirse a factores de riesgo, tanto tradicionales como no tradicionales (Figura 4). Estos últimos reflejan la fisiopatología subyacente de la ERC, es decir, inflamación, acumulación de toxinas urémicas, malnutrición, estrés oxidativo, disfunción endotelial y metabolismo mineral alterado. Tres de estos factores de riesgo, dislipidemia, inflamación y estrés oxidativo, se ven afectados por los tocotrienoles (TCT).

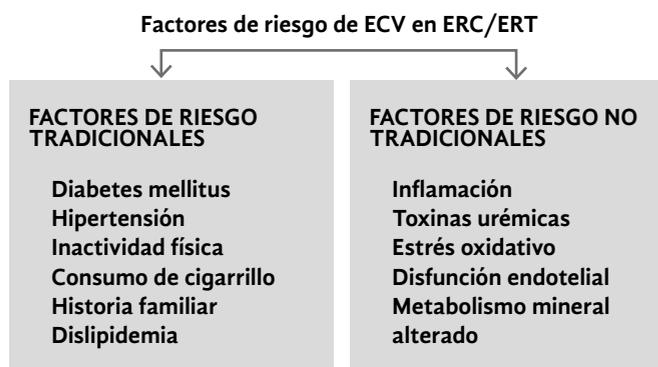
Los tocotrienoles han demostrado tener efectos cardioprotectores mediados por mejoras en los marcadores del metabolismo del colesterol, así como propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. También se han visto resultados positivos con tocotrienoles en casos de cáncer, diabetes mellitus y procesos neurodegenerativos, utilizando tanto modelos *in vitro* como en animales. Un estudio inicial en pacientes con accidente cerebrovascular encontró efectos beneficiosos (Figura 5).

La vitamina E es un grupo de ocho compuestos

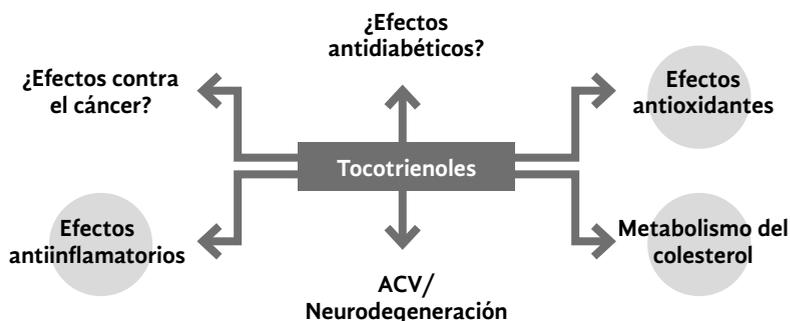
hidrófobos y liposolubles que se encuentran en varias fuentes alimentarias, tales como aceites vegetales, semillas, nueces, frutas y verduras. Existe como tocoferol o TCT, cada una con cuatro isómeros ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  y  $\delta$ ), diferentes en el estado de metilación del anillo cromano. Las cadenas laterales de tocoferol (saturado) y tocotrienol (insaturado), proporcionan las diferencias funcionales entre los dos. La cadena lateral insaturada de tocotrienoles permite una mejor penetración de sus isómeros en el tejido, así como una mejor distribución en la membrana celular.

Varios estudios previos han intentado evaluar las propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y generales de los tocoferoles en pacientes con ERC (Tabla 1). Los resultados no han sido concluyentes. Los tocoferoles mixtos y el ácido lipoico no impactaron los marcadores de estrés inflamatorio y oxidativo durante seis meses, mientras que los suplementos de 400 IU / día de vitamina E y de ácidos grasos  $\omega - 3$  disminuyeron el puntaje de la valoración global subjetiva (SGA, por su sigla en inglés). Los tocoferoles administrados como parte de una bebida de proteína, mejoraron

**Figura 4.** Factores de riesgo tradicionales y no tradicionales.



**Figura 5.** Efectos beneficiosos de los tocotrienoles.



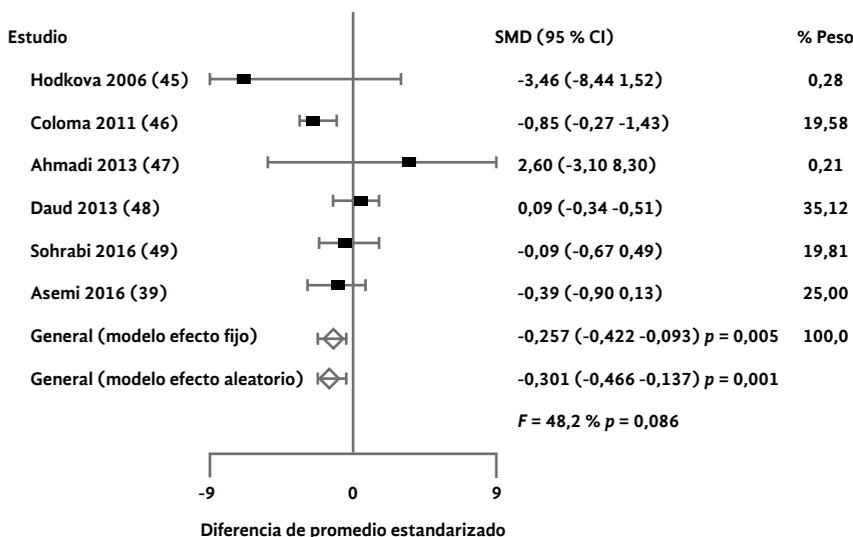
los puntajes tanto de SGA como de malnutrición-inflamación. Recientemente, se demostró que 300 mg de vitamina E mejoraban el flujo de colesterol en un periodo de 12 semanas. Un meta-análisis limitado (Figura 6) evidenció que la suplementación con vitamina E estaba asociada con una mejora significativa pero modesta, en el marcador inflamatorio, la proteína C reactiva (PCR).

Los tocotrienoles se encuentran en varios aceites vegetales generalmente como mezclas. El aceite de palma es una fuente rica en estos (los del aceite de achiote son >90 % ( $\delta$ ) TCT). Además de poseer una

mayor capacidad antioxidante que los tocoferoles, el TCT también ha demostrado reducir los niveles de varias citocinas y marcadores inflamatorios. Adicionalmente, inhibe la HMG-CoA reductasa, la enzima limitante de la velocidad en la síntesis de colesterol, que es el objetivo de los medicamentos con estatinas. Estudios *in vitro* han revelado que el TCT altera la expresión génica de varios tipos de moléculas. Es interesante el hecho de que diversos marcadores inflamatorios, elevados en los pacientes con hemodiálisis, se han visto reducidos con TCT según lo demostrado en algunos informes publicados (Figura 7). En un estudio piloto de nuestro grupo, an-

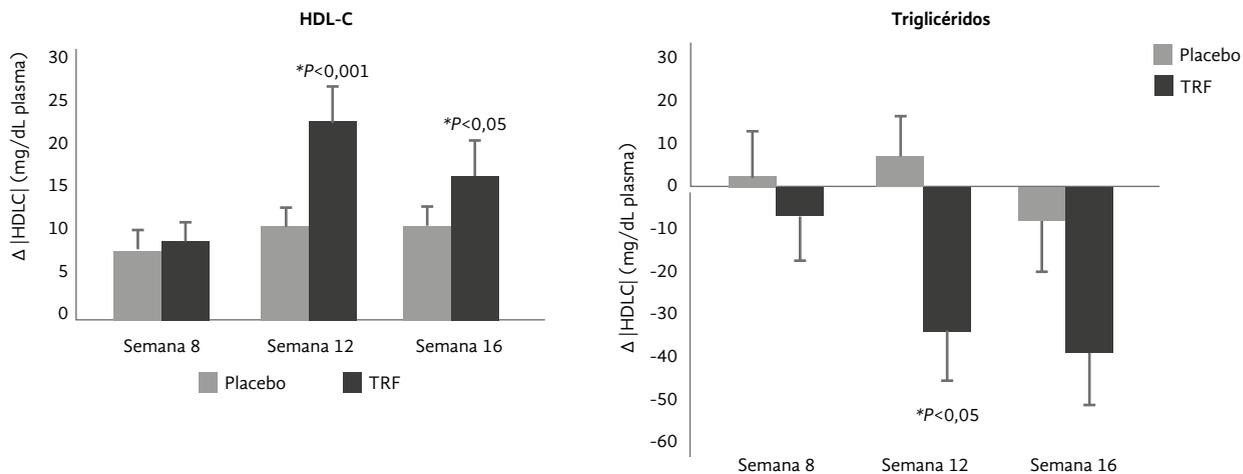
**Tabla 1.** Estudios con vitamina E (tocoferol).

Estudios con vitamina E (tocoferol)	
Estudios previos han intentado evaluar las propiedades antioxidativas, antiinflamatorias y nutricionales en general de TCT.	
El Estudio PATH (2014) no encontró impactos sobre los marcadores de estrés inflamatorio y oxidativo con TCP mezclado (555 lu/d) y ácido $\alpha$ -lipoico. 6 mos, 175 pax/periodo de prueba (Himmelfarb <i>et al.</i> , 2014).	
Asemi <i>et al.</i> (2016) encontraron que los complementos de vitamina E (400 lu/d) y w3 reducen el puntaje SGA, la insulina y la glucosa, pero no tienen efectos en los lípidos. 12 semanas, 30 pax/periodo de prueba.	
Sohrabi <i>et al.</i> (2016) evaluaron una bebida basada en proteínas de suero lácteo con TCP (600 lu/d) y encontraron mejoras en los puntajes SGA y MIS. 8 semanas, 23 pax/periodo de prueba.	
La vitamina E (TCP) también ha sido evaluada mediante el recubrimiento de membranas del dializador para evaluar la eficiencia del procedimiento de diálisis (es decir, para prevenir el taponamiento del dializador) (Islam <i>et al.</i> , 2016).	
Mune <i>et al.</i> (2018) encontraron que 300 mg de vitamina E mejoraban la capacidad de salida del colesterol en 12 semanas.	



**Figura 6.** Promedio de cambios en PCR después de suplementos de vitamina E en pacientes en HD (Khor *et al.*, 2018).

**Figura 7.** La fracción rica en tocotrienol mejora el perfil lipídico en pacientes con ERT (Daud *et al.*, 2013).



teriormente reportamos que la suplementación con una fracción rica en tocotrienoles (TRF) mejora los parámetros lipídicos en pacientes con hemodiálisis en un periodo de 16 semanas.

El perfil de lipoproteínas en pacientes con ERC se caracteriza por mayores concentraciones de triglicéridos y niveles de colesterol VLDL, mientras que los de HDL-C son bajos. Los restos de IDL y quilomicrosomas pueden ser más altos, en tanto que los niveles de colesterol total y LDL tienden a ser normales o incluso a reducirse. De hecho, estos niveles menores de colesterol pueden asociarse con una mayor mortalidad (atribuida a la malnutrición o inflamación), llevando al “fenómeno de la epidemiología inversa”. Los pacientes con ERC también tienen un transporte de colesterol reverso deteriorado, de modo que el perfil lipídico adverso puede dar lugar a cambios funcionales en las partículas de lipoproteínas que reflejen el entorno inflamatorio. Bajo tales condiciones, los niveles de colesterol HDL en sí mismos no predicen el riesgo de ECV, en cambio, las modificaciones inducidas por la ERC en el HDL pueden ser más importantes.

Respecto a lo anterior, Moradi *et al.* (2014) documentaron que los niveles bajos (<30 mg/dL) y elevados (>60 mg/dL) de HDL-C en una cohorte de pacientes en hemodiálisis, estaban asociados con una mayor mortalidad cardiovascular y por toda causa,

en un periodo de tres años. El gran conjunto de datos fue obtenido de los registros de un proveedor principal de servicios de diálisis. Sin embargo, estos cambios podrían haberse atribuido en parte al procedimiento de diálisis en sí mismo. Un estudio posterior de Chang *et al.* (2018) examinó los cambios de HDL-C, seis meses después del inicio de diálisis con mortalidad por todas las causas. Se observaron mayores índices de riesgo en los sujetos que experimentaron tanto reducciones (-5 mg/dL) como aumentos (+7 mg/dL) en HDL-C.

Estas observaciones pueden reflejar las características subyacentes de dislipidemia en pacientes con ERC (Figura 8). La ERC es un gran factor de riesgo para ECV, que representa la mayor tasa de mortalidad en la ERC. En pacientes con ERC, los niveles de HDL grande que tiene propiedades antioxidantes y antiinflamatorias se reduce. Por el contrario, el HDL pequeño y proaterogénico aumenta debido a la disminución del nivel de enzimas antiaterogénicas, como la lecitina colesterol acil transferasa (LCAT), PON 1 y NO. Estos cambios en los niveles de HDL grande y pequeño afectan el transporte reverso del colesterol (TRC), un proceso que remueve el exceso de este en las arterias.

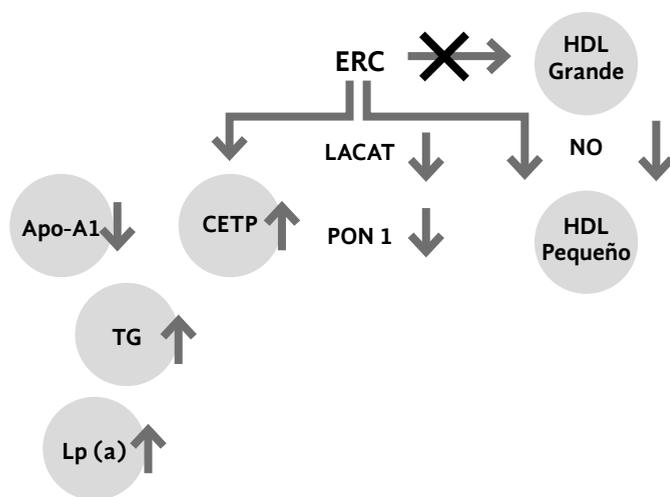
Entre las partículas grandes y pequeñas de HDL, se sabe que la grande promueve el colesterol reverso, mientras que se ha reportado que la pequeña obstruye

el proceso. Por lo tanto, durante la ERC, el TRC se ve afectado debido a un aumento en las HDL pequeñas y una reducción en las grandes, lo que eleva el riesgo de ECV. Adicionalmente, la ERC causa un incremento en el nivel de triglicéridos en plasma, la proteína de transferencia de ésteres de colesterol (CETP, por su sigla en inglés) y las partículas pequeñas y densas de LDL, así como la lipoproteína aterogénica (a) Lp- (a). Las partículas pequeñas y densas de LDL pueden entrar en la íntima arterial a través de la infiltración de la pared del vaso. Al quedar atrapadas son altamente susceptibles a la modificación oxidativa que puede promover la formación de ateroma. Así mismo, en la ERC, la Lp- (a) que generalmente es degradada por el riñón, también puede acumularse en las lesiones ateroscleróticas, lo que aumenta el riesgo de ECV en pacientes con ERC.

El eflujo de colesterol es el primer paso en el TRC e implica tomar el oxidado de la íntima arterial, llevarlo a los macrófagos y liberar el exceso en partículas de HDL. El eflujo de colesterol alterado causa la acumulación del exceso en los macrófagos, formando células espumosas, que inician la aterosclerosis. La captación de LDL modificado se produce a través de los receptores de afluencia de colesterol, tales como CD 36 y SRA1. Una vez que es llevada a los macrófagos, las LDL oxidadas se catabolizan en los lisosomas en los macrófagos. Luego, la lipasa ácida lisosomal descompone los ésteres de colesterol en las partículas de LDL, en colesterol libre y ácidos grasos. Posteriormente, la acil coenzima A lo convierte en ésteres

de colesterol: aciltransferasa (ACAT 1) en el retículo endoplásmico (RE) del macrófago. Una hidrólisis secundaria de los ésteres de colesterol a colesterol, tiene lugar a través de hidrolasas de ésteres de colesterol neutrales, y el liberado es eliminado de los macrófagos a través de los transportadores dependientes de ATP, ABCA1 y ABCG1, y el receptor del eliminador SR-BI. El colesterol libre se acepta principalmente de ABCG1 y SRB1 en partículas grandes de HDL-2 maduras; mientras que las partículas de Apo-A1 y pequeñas HDL-3 son las principalesceptoras de colesterol libre de ABCA1. Al recibir colesterol en HDL-3 naciente y pequeña, HDL-3 activa LCAT que es una enzima que convierte el colesterol en ésteres de colesterol. Esto limpia el espacio superficial en pequeñas partículas HDL-3 nacentes para aceptar más colesterol libre y convertirlo en partículas HDL-2 esféricas, mucho más grandes. Luego, los ésteres de colesterol, en partículas de HDL-2, son intercambiados por triglicéridos en partículas de LDL/VLDL mediante CETP. Las HDL-2 ricas en colesterol y triglicéridos son captadas por los receptores SRB1, que también están presentes en los hepatocitos. En el hígado, el colesterol transportado por HDL-2 se desesterifica y se secreta en la bilis, y se excreta.

En la ERC, el TRC se ve afectado en varias etapas. Se ha reportado que los pacientes con ERC tienen niveles plasmáticos significativamente inferiores de receptores de colesterol, como Apo-AI y el de HDL en plasma. Los bajos niveles de HDL en estos pacientes, se pueden atribuir a uno mayor de CETP.



**Figura 8.** Dislipidemia en la ERC (Reiss *et al.*, 2015).

Se sabe también que estos pacientes presentan una deficiencia y función reducida de LCAT, lo que impide la conversión de HDL-3 pequeña y densa en HDL-2 más grande. Más importante aún, HDL-3 es degradada principalmente por el riñón. Entonces, la ERC puede darse a acumulación de HDL-3, que tiene propiedades proinflamatorias y prooxidantes. Por otra parte, debido a la actividad reducida de LCAT, la ERC puede reducir HDL-2 con propiedades antiinflamatorias y antioxidativas. Por lo tanto, un nivel reducido de HDL en la ERC puede aumentar el riesgo de aterosclerosis. Según los hallazgos anteriores de nuestro laboratorio, la suplementación de pacientes con ERC con TRF aumentó los niveles plasmáticos de Apo-A1 y HDL, y disminuyó los de triglicéridos y los de CETP, lo que sugiere el posible papel antiaterogénico de la TRF en el manejo de la ECV. Utilizando un modelo *in vitro*, exploramos más su efecto sobre el eflujo de colesterol (Figura 9).

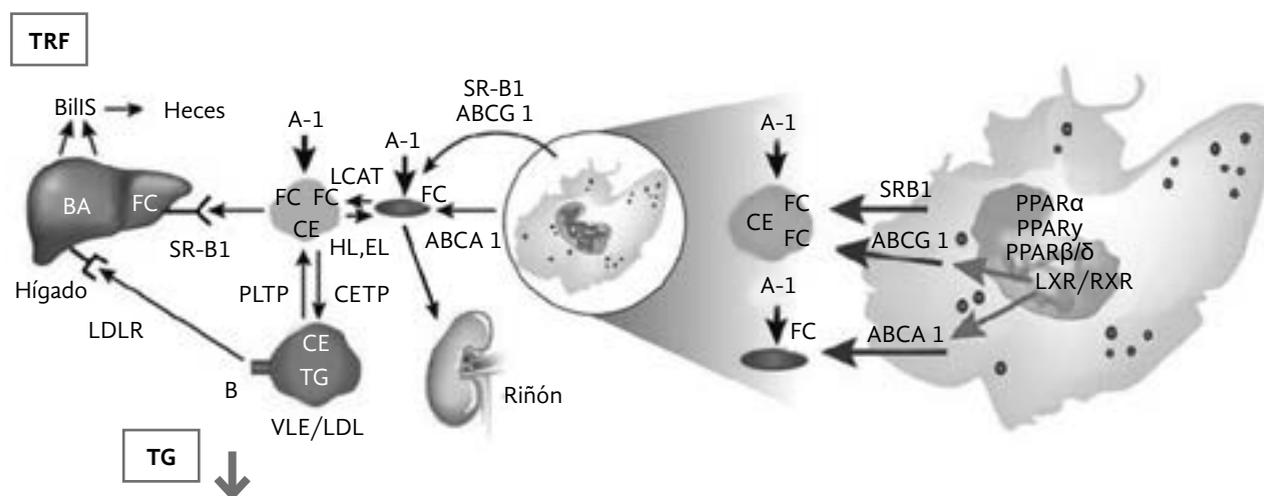
PPAR- $\gamma$  actúa como un regulador clave de los genes de influjo (SRA1, CD 36) y eflujo (ABCA1, ABCG1 y SRB1) del colesterol. Se sabe que el aumento de la expresión PPAR- $\gamma$  incrementa el CD 36, mientras que disminuye la expresión de SRA1 y causa que no haya un influjo neto hacia los macrófagos. Además, se conoce que PPAR- $\gamma$  eleva la expresión de ABCA1, ABCG1 y SRB1. Por lo tanto, colectivamente,

se cree que la inducción de PPAR- $\gamma$  aumenta el eflujo neto de colesterol de los macrófagos. La inducción de ABCA1 Y ABCG1 a través de PPAR- $\gamma$  se produce con la inducción de otro gen, LXR- $\alpha$ , que está más abajo que PPAR- $\gamma$  pero más arriba que ABCA1 Y ABCG1. Por lo tanto, la expresión alterada de estos genes también puede llevar a un eflujo reducido de colesterol (Figura 10).

Para probar los efectos de la TRF (en forma aislada, con cápsulas de estudio especialmente fabricadas) sobre el eflujo de colesterol, utilizamos un modelo de células de ratón bien establecido: macrófagos J774A1. Estas fueron tratadas con 8 y 16  $\mu\text{g/ml}$  de TRF y placebo durante 24 y 48 horas. El placebo contenía aceite de germen de trigo como el componente principal. El efecto de la TRF en la expresión génica de CD36, ABCA (genes de influjo de colesterol), ABCA1, ABCG1, SRB1 (genes de eflujo de colesterol), PPAR- $\gamma$ , LXR- $\alpha$ , se evaluó mediante PCR en tiempo real. Los resultados sugirieron un aumento significativo dependiente del tiempo en SRB1 y la expresión del gen PPAR- $\gamma$ , y una disminución importante dependiente del tiempo en la expresión del gen SRA1 cuando las células se trataron con TRF. En contraste, no se detectó ningún cambio en las células manejadas con placebo (Figura 11).

Se observaron efectos adicionales con PPAR- $\gamma$ , CD-36, SRB1, ABCA1 y SRA1, mientras que no se

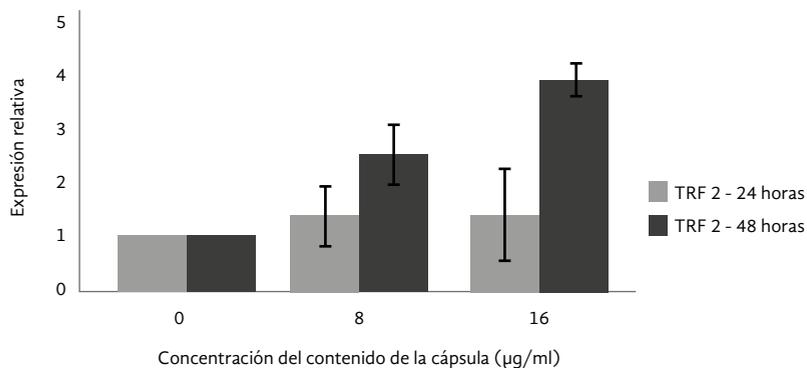
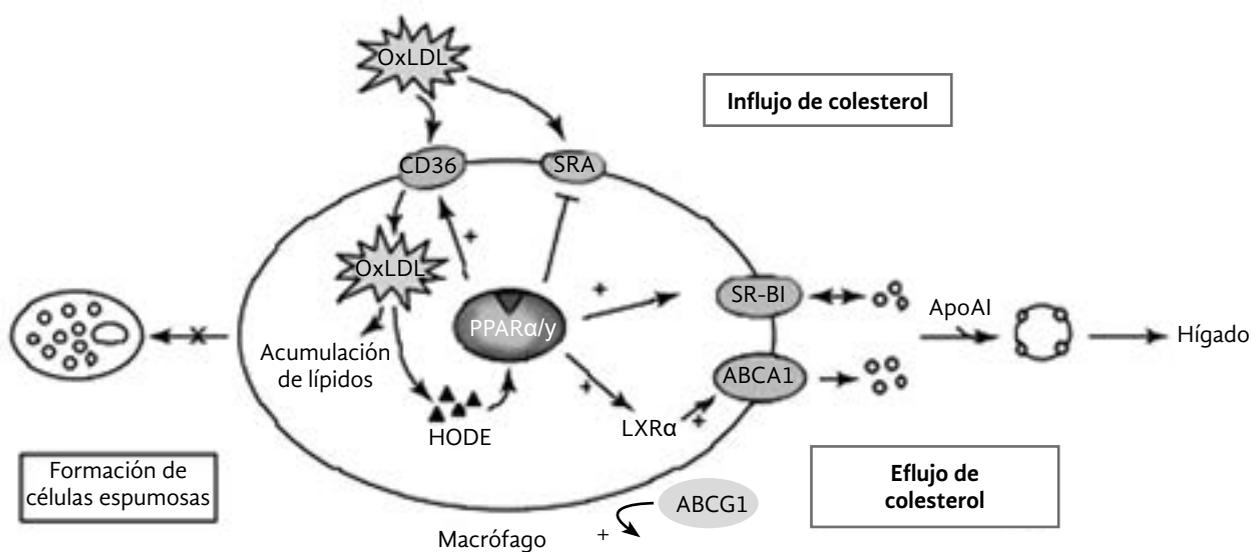
**Figura 9.** Efecto de los tocotrienoles en el transporte reverso del colesterol (Gutstein *et al.*, 2012).



identificó ninguno significativo en la expresión génica de LXR- $\alpha$  y ABCG1. En conjunto, el aumento de PPAR- $\gamma$  debido a la TRF, puede causar que no haya una captación neta de colesterol en los macrófagos al incrementar el gen CD36 y disminuir los SRA1. Además, el aumento de la expresión de SRB1 a través de TRF, puede promover el eflujo de colesterol mediado por SRB1. Por lo tanto, como efecto colectivo, la TRF

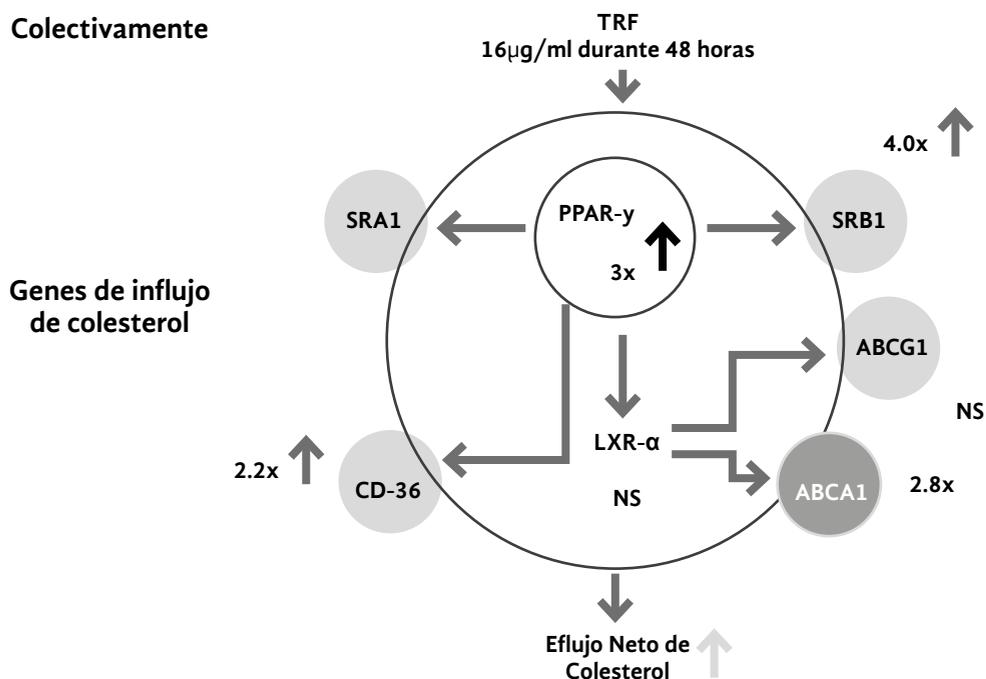
puede elevar el eflujo neto de colesterol (Figura 12). Estas mismas cápsulas de TRF se están evaluando actualmente, como parte de un estudio multicéntrico controlado con placebo y doble ciego, en cientos de pacientes con ERT. Los puntos finales primarios incluyen la evaluación de los efectos de la TRF sobre la inflamación y la dislipidemia, incluido el impacto en el transporte reverso del colesterol.

**Figura 10.** Efecto de PPAR-gamma en el eflujo e influjo de colesterol (Duval *et al.*, 2002).



**Figura 11.** TRF-2 aumentó la expresión del gen SRB1.

**Figura 12.** Efectos de TRF en los genes de influjo y eflujo de colesterol en macrófagos.



## Referencias

- Asemi, Z., Soleimani, A., Bahmani, F., Shakeri, H., Mazroii, N., Abedi, F., Fallah, M., Mohammadi, A.A., & Esmailzadeh, A. (2016). Effect of the omega-3 fatty acid plus vitamin E supplementation on subjective global assessment score, glucose metabolism, and lipid concentrations in chronic hemodialysis patients. *Molecular Nutrition & Food Research*, *60*, 390-398.
- Chang, T. I., Streja, E., Soohoo, M., Ko, G. J., Rhee, C. M., Kovesdy, C. P., Kashyap, M. L., Vaziri, N. D., Kalantar-Zadeh, K., & Moradi, H. (2018). Increments in serum high-density lipoprotein cholesterol over time are not associated with improved outcomes in incident hemodialysis patients. *Journal of Clinical Lipidology*, *12*(2), 488-497.
- Daud, Z. A., Tuibie, B., Sheyman, M., Osia, R., Adams, J., Tubie, S., & Khosla, P. (2013). Vitamin E tocotrienol supplementation improves lipid profiles in chronic hemodialysis patients. *Vascular Health Risk Management*, *9*, 747-761.
- Duval, C., Chinetti, G., Trottein, F., Fruchart, J. C., & Staels, B. (2002). The role of PPARs in atherosclerosis. *Trends in Molecular Medicine*, *8*(9), 422-430.
- Gutstein, D. E., Krishna, N., Jhons, D., Sursk, H. K., Dansky, H. M., Shah, S., Mitchel, Y. B., Arena, J., & Wagner, J. A. (2012). Anacetrapib, a novel CETP inhibitor: pursuing a new approach to cardiovascular risk reduction. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, *91*(1), 109-122.
- Himmelfarb, J., Ikizler, T. A., Ellis, C., Wu, P., Shintani, A., Dalal, S., Kaplan, M., Chonchol, M., & Hakim, R. M. (2014). Provision of Antioxidant Therapy in Hemodialysis (PATH): A Randomized Clinical Trial. *Journal of the American Society of Nephrology*, *25*(3), 623-633.

- Islam, M. S., Hassan, Z. A., Chalmin, F., Vido, S., Berrada, M., Verhelst, D., Donnadieu, P., Moranne, O., Esnault, V. L. (2016). Vitamin E-Coated and Heparin-Coated Dialyzer Membranes for Heparin-Free Hemodialysis: A Multicenter, Randomized, Crossover Trial. *American Journal of Kidney Diseases*, 68(5), 752-762.
- Khor, B. H., Narayanan, S. S., Sahathevan, S., Gafor, A. H. A., Daud, Z. A. M., Khosla, P., Sabatino, A., Fiaccadori, E., Chinna, K., & Karupaiah, T. (2018) Efficacy of Nutritional Interventions on Inflammatory Markers in Haemodialysis Patients: A Systematic Review and Limited Meta-Analysis. *Nutrients*, 10(4),397. doi:10.3390/nu10040397.
- Moradi, H., Streja, E., Kashyap, M. L., Vaziri, N. D., Fonarow, G. C., & Kalantar-Zadeh, Z. (2014). Elevated high-density lipoprotein cholesterol and cardiovascular mortality in maintenance hemodialysis patients. *Nephrology Dialysis Transplantation*, 29(8), 1554-1562.
- Mune, M., Uto-Kondo, H., Iteya, I., Fujii, Y., Ikeda, S., & Ikewaki, K. (2018). Vitamin E supplementation improves high-density lipoprotein and endothelial functions in end-stage kidney disease patients undergoing hemodialysis. *Clinical Nephrology*, 90(3), 212-221.
- Sohrabi, Z., Eftekhari, M. H., Eskandari, M. H. Rezaianzadeh, A., & Sagheb, M. M. (2016). Intradialytic Oral Protein Supplementation and Nutritional and Inflammation Outcomes in Hemodialysis: A Randomized Controlled Trial. *American Journal of Kidney Diseases*, 68(1), 122-130.
- Reiss, A. B., Voloshyna, I., De Leon, J., Miyawaki, N., & Mattana, J.. (2015). Cholesterol Metabolism in CKD. *American Journal of Kidney Diseases*, 66(6), 1071-1082.

## Grasas: nutriente estigmatizado en pediatría\*

### Fats: Stigmatized Nutrient in Pediatrics



**NORA PATRICIA ÁLVAREZ**

Nutricionista Dietista, Máster Nutrición  
Pediátrica. Dietician nutritionist,  
Master's Degree in Pediatric Nutrition  
Aspen Pharma Group  
Colombia

**CITACIÓN:** Álvarez, N. P. (2019). Grasas: nutriente estigmatizado en pediatría. *Palmas*, 40 (Especial, Tomo II), 222-227.

**PALABRAS CLAVE:** grasas, nutriente esencial, primera infancia, leche materna, salud.

**KEYWORDS:** Fats, essential nutrient, early childhood stages, breast milk, health.

\*Artículo original recibido en español.

## Resumen

Las grasas son un nutriente primordial en la primera infancia. Las grasas y los aceites esenciales son la principal fuente de lípidos de la alimentación humana, y junto con los carbohidratos y las proteínas son indispensables para el mantenimiento de un óptimo estado de salud. El consumo de lípidos favorece el adecuado crecimiento y desarrollo durante la primera infancia. La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda implementar la lactancia materna exclusiva, como única fuente de alimentación en los primeros seis meses de vida. Esta se caracteriza por su alto contenido de ácidos grasos, principalmente palmítico y oleico, que representan el 50 % del aporte energético. Actualmente, el aceite de palma es el segundo más consumido en el mundo, y es ampliamente utilizado a nivel de la industria de alimentos. Una de las características específicas es su estabilidad a altas temperaturas. Se ha encontrado que la oleína de más bajo punto de fusión, se adapta muy bien a las fórmulas infantiles

cuando se mezcla con otros aceites vegetales, ya que contiene 10-15 % de ácido palmítico en SN-2, lo que contribuye a la alta digestibilidad del producto obtenido. Hasta la fecha, se ha demostrado en extensos estudios nutricionales, que el aceite de palma con alta monoinsaturación en SN-2 es comparable a los aceites monoinsaturados, siendo una excelente opción en esta etapa de la vida.

## Abstract

Fats are an essential nutrient during early childhood stages. Together with carbohydrates and proteins, essential oils and fats are the major lipid source in the human diet and they are critical to maintain optimal health conditions. Lipid intake is fundamental for adequate growth and development at this stage. The WHO recommends using exclusively breast milk as the only source of food during the first 6 months of life. Breast milk is characterized by a high, primarily palmitic and oleic, fatty acid content. These fatty acids account for 50% of the energetic contribution of breast milk. Currently, palm oil consumption is the second largest worldwide and is extensively used by the food industry. One of its specific characteristics is high-temperature stability. Low melting point olein has been found to adapt very well to baby formulas when mixed with other vegetable oils, due to its 10- 15 % palmitic acid content at the SN-2 position. This contributes to the high digestibility of the resulting product. To date, many nutritional studies have shown that highly monounsaturated palm oil at the SN-2 position is comparable to monounsaturated oils and therefore is an excellent food option at the early stages of life.

---

## Introducción

La nutrición en los primeros 1.000 días de vida es la clave esencial para una futura vida sana, ya que este subgrupo de la población es propenso a los desequilibrios e insuficiencias dietéticas. Es de vital importancia una correcta nutrición para apoyar el crecimiento y desarrollo adecuado. En esta etapa se forman la sangre, el cerebro, los huesos y la mayor parte de los órganos y tejidos, así como el potencial físico e intelectual de cada persona. Muchos de los daños que provoca la desnutrición durante los primeros tres años de vida son irreversibles. Por este motivo, la prevención tiene una importancia fundamental.

El desarrollo cognitivo en la infancia es un proceso complejo, influenciado por múltiples factores genéticos y medioambientales que interactúan entre sí. La nutrición y, en particular, los lípidos, juegan un rol relevante sobre el desarrollo del encéfalo que, hacia los dos años, alcanza el 80 % de su tamaño adulto.

El descubrimiento de la importancia de los lípidos en una nutrición sana, es un proceso que se inició a partir de los años veinte. Anteriormente se creía que la grasa no desempeñaba un papel esencial en la ali-

mentación, si se consumían cantidades suficientes de vitaminas y minerales con la dieta. Sin embargo, Aron (1918) propuso que la grasa tenía un valor nutritivo que no podía ser suplido por otros componentes de los alimentos. Posteriormente, Burr & Burr (1929) documentaron la existencia de una sustancia esencial en la grasa: el ácido linoleico (C18:2 n-6), señalando que en ausencia de este nutriente se desarrollan síntomas que afectan la salud de la piel, retención de agua, fertilidad y crecimiento.

El mundo ha dado pasos notables para mejorar la nutrición en los últimos decenios, pero todavía queda mucho por hacer. La cifra de niños crónicamente subalimentados o que sufren retraso del crecimiento ha disminuido en bastantes países, del mismo modo que los niños gravemente malnutridos o que sufren emaciación.

Sin embargo, la carga sigue siendo elevada, y los índices de desnutrición no se han reducido con la rapidez necesaria para mantener el ritmo de la evolución de los patrones mundiales. La obesidad plantea todavía un reto significativo: el número de niños y adultos con sobrepeso y obesidad está aumentando.

Se ha prestado atención a la relación existente entre cantidad y tipo de grasa consumida con el riesgo de

sufrir enfermedades cardiovasculares, cáncer y otras afecciones degenerativas. El mensaje principal que resultó de estos estudios llevó a aconsejar moderación en el consumo de grasa total, grasa saturada y colesterol. En los últimos 10 años, muchas fracciones lipídicas han despertado interés al comprobarse su importancia en la prevención de diversas patologías y deterioros. Las investigaciones realizadas y el desarrollo de alimentos enriquecidos con estas fracciones lipídicas (ácidos grasos omega-3 [w-3], esteroides vegetales...) abren nuevos caminos en la búsqueda de una mejora de la salud y calidad de vida, por modificación en el consumo de grasas.

## Macronutrientes relacionados con macrobeneficios

Basados en el conocimiento de los contenidos de nutrientes de los alimentos, para la integración de una alimentación balanceada, es preciso considerar los siguientes principios:

- La alimentación debe ser suficiente en cantidad de alimentos para cubrir las necesidades energéticas y nutricionales del organismo, así como todos sus requerimientos según edad, sexo, talla, peso y actividad física.
- Debe ser completa, es decir, contener los nutrientes para ofrecer al ser humano todas las sustancias que integran sus tejidos: proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas, minerales y agua.
- Tiene que guardar una proporción apropiada entre sí de acuerdo con la etapa del proceso vital. En otras palabras, aportar la calidad y cantidad de nutrientes necesarios para el adecuado funcionamiento del organismo.

## Grasas y su importancia en la nutrición infantil

El desarrollo cognitivo en la infancia es un proceso complejo influenciado por múltiples factores genéticos y medioambientales que interactúan entre sí. La nutrición y, en particular, los lípidos, juegan un rol de gran importancia sobre el desarrollo del encéfalo que, hacia los dos años, alcanza el 80 % de su tamaño adulto.

La composición lipídica de la leche materna depende de la ingesta y del estado nutricional de la madre.

Tradicionalmente, los lípidos fueron considerados fuente de energía en el requerimiento dietario de los lactantes. Hoy se sabe que, además, juegan un rol destacado durante el desarrollo cerebral.

Aproximadamente, el 50-60 % del peso seco cerebral es lípido, ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) de cadena larga no disponibles para el metabolismo energético.

En las últimas décadas el interés acerca de la nutrición lipídica, se ha enfocado en conocer la función de los lípidos esenciales en el desarrollo del sistema nervioso central, y de los ácidos grasos específicos y del colesterol en el metabolismo de las lipoproteínas.

Existen estudios que indican que durante los primeros seis meses de vida, la grasa total de la dieta debería contribuir al 40-60 % del valor calórico total, para cubrir la energía necesaria para el crecimiento y el depósito en los tejidos.

Desde los seis hasta los 24 meses, la ingesta de grasa tendría que reducirse gradualmente, dependiendo de la actividad física del niño, al ~35 % de energía, lo que coincide con el valor superior del rango aceptable de distribución de macronutrientes (AMDR, por su sigla en inglés) para adultos.

La leche materna madura (después de las primeras 2-3 semanas de vida) aporta el 50 % del valor calórico total en forma de grasa. La leche materna proporciona principalmente ácidos grasos saturados (palmítico) y monoinsaturados (oleico), y una ingesta de colesterol relativamente alta de 100-150 mg/d (Jensen, 1996).

## Lípidos y sus definiciones

Los lípidos son un grupo heterogéneo de sustancias orgánicas, que tienen en común el ser moléculas no polares, insolubles en el agua, solubles en los solventes orgánicos, estar formadas de carbono, hidrógeno, oxígeno y, en ocasiones, fósforo, nitrógeno y azufre. Son principalmente triglicéridos, es decir, tres ácidos grasos que esterifican un esqueleto de glicerol; aunque también se pueden encontrar dos ácidos grasos ligados a la cadena de glicerol con el

tercer carbono unido a ácido fosfórico, etanolamina, colina e inositol.

La leche materna y sus sucedáneos están compuestos por lípidos indispensables para el desarrollo cerebral infantil, entre los que se encuentran los AGS, ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) y AGPI, el colesterol y los lípidos complejos.

## Ácidos grasos saturados

- Solo tienen enlaces sencillos entre átomos de carbono adyacentes.
- No contienen dobles enlaces, lo que les confiere una gran estabilidad y la característica de ser sólidos a temperatura ambiente.
- Predominan en los alimentos de origen animal, aunque también se encuentran en grandes cantidades en algunos alimentos de origen vegetal como los aceites de coco y palma, también llamados aceites tropicales.
- El ácido palmítico (C16:0) es un ejemplo de AGS.

## Ácidos grasos monoinsaturados

- Solo tienen un doble enlace en la molécula. Por ejemplo el ácido oleico (C18:1), principal componente del aceite de oliva.

## Ácidos grasos poliinsaturados

- Tienen dos o más dobles enlaces que pueden reaccionar con el oxígeno del aire, aumentando la posibilidad de enranciamiento de la grasa.
- Los pescados y algunos alimentos de origen vegetal, como los aceites vegetales, líquidos a temperatura ambiente, son especialmente ricos en AGP. El ácido linoleico (C18:2) se encuentra en cantidades apreciables en el aceite de girasol.

## ¿Cuál es la recomendación sobre el consumo de grasas saturadas en niños?

Existe una recomendación expresa de limitar el consumo de grasas saturadas por sus potenciales efectos

perjudiciales para la salud, en especial en relación con la enfermedad cardiovascular y la obesidad.

Sin embargo, fuera de una sugerencia general sobre el consumo de grasas saturadas sean de origen vegetal, como es el caso que nos ocupa, o de origen animal, no existen datos específicos concluyentes acerca del consumo de aceite de palma o del ácido palmítico y variables de salud, sobre todo cuando se estudia en el contexto de una dieta equilibrada.

Las recomendaciones de ingesta de grasas para la población referida siempre a mayores de dos años, es que el consumo sea inferior al 30 % del aporte calórico total, del que las grasas saturadas deben constituir menos del 10 % (por ejemplo, para una dieta de 2.000 kcal, esta cantidad se traduce en un máximo de 20-22 gramos al día).

## Investigaciones en nutrición infantil y aceite de palma

La alerta reciente de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, por su sigla en inglés) hacía una referencia específica, no tanto a las características nutricionales del aceite de palma, sino a los contaminantes generados en el proceso de refinamiento (3-MPD, glicidol y sus ésteres), revisando los límites máximos que se generan en el mismo. Tal y como puede verse con detalle en la información facilitada por la Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN) del Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad.

## Grasas en la leche materna

La leche materna es el alimento ideal en el lactante y el modelo sobre el que se elaboran y desarrollan los sustitutos de la leche materna. De todos sus ácidos grasos saturados, el palmítico es el más abundante. Constituye entre el 20 y el 25 % de los ácidos grasos de la leche, de los que una parte importante está en la posición dos del triglicérido (conocida también como beta), en la que se favorece la absorción del ácido palmítico.

## Grasas en las fórmulas infantiles

Las fórmulas infantiles, sustitutos de la leche materna cuando no se dispone de esta, tienen un contenido

en ácido palmítico en cantidades similares a las de la leche materna, aunque en su mayor parte en la posición uno y tres del triglicérido. En los últimos años, la mayoría de las fórmulas infantiles han aumentado el contenido en betapalmitato, para acercarse a los valores presentes en la leche humana. Con esta disposición se favorece la absorción de ácidos grasos y de calcio, así como el desarrollo de una microflora rica en bifidobacterias. También se ha demostrado, en un modelo animal, el efecto antiinflamatorio del betapalmitato sobre la mucosa intestinal.

## ¿Qué dice la legislación española y europea sobre el contenido graso de las fórmulas infantiles?

Además de señalar los límites en el contenido total de grasas, solo anota lo siguiente:

- Queda prohibida la utilización de las siguientes sustancias: aceite de sésamo y aceite de algodón.
- El contenido en ácidos grasos *trans* no será superior al 3 % del contenido total de materia grasa.
- El contenido en ácido erúxico no será mayor al 1 % del contenido total en materia grasa.

Como se ve, no hay ninguna referencia expresa al contenido en ácido palmítico.

## Conclusiones

1. El consumo de grasas concierne de forma diferente a los niños menores de dos años y a los mayores de esta edad y adultos.
2. En menores de dos años, el consumo de ácido palmítico es importante, pues su contenido en el organismo es elevado y tiene funciones específicas. Por ese motivo está presente en las fórmulas de productos y alimentos infantiles. Es un ingrediente imprescindible. El aceite de palma es una fuente importante de ácido palmítico.
3. En niños mayores y en adultos se sugiere controlar la cantidad y calidad de la grasa consumida. El aceite de palma está contenido en muchos productos manufacturados de consumo habitual por sus características organolépticas. Su recomendación de consumo se encuadra dentro del total de grasas saturadas (sean de origen animal o vegetal), teniendo en cuenta sus potenciales efectos negativos sobre la salud cardiovascular.
4. La alerta de la EFSA está relacionada con los contaminantes que pueden producirse durante su manipulación y no específicamente sobre sus aspectos nutricionales.

---

## Referencias

- Aron, H. (1918) Uber den Nahrwert (On the nutritional value). *Biochem Z*, 92, 211-233.
- Burr, G.O., & Burr, M.M. (1929). A new deficiency disease produced by the rigid exclusion of fat from the diet. *Journal of Biological Chemistry*, 82, 345-346.
- Acta Pediátrica Hondureña. (2016). 7, 1 /abril a septiembre.
- UNICEF. (2016). ¿Qué importancia tiene la Nutrición? Recuperado de: [http://www.unicef.org/spanish/nutrition/index\\_role.html](http://www.unicef.org/spanish/nutrition/index_role.html)
- Development Initiatives. (2017). Alimentar los ODS. Informe de la Nutrición Mundial. Bristol, Reino Unido.
- Ortega, R. (2008). Prejuicios y verdades sobre las grasas y otros alimentos. Unilever Foods España.

- OMS-INCAP. (2005). Las 5 claves para mantener los alimentos seguros. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/013/am283s/am283s05.pdf>
- González, H., & Visentin, S. (2016). Nutrients and neurodevelopment: Lipids. Instituto de Desarrollo e Investigaciones Pediátricas (IDIP) Ministerio de Salud/Comisión de Investigaciones Científicas, Provincia de Buenos Aires.
- FAO-FINUT. (2012). Grasas y ácidos grasos en la nutrición humana. Consulta de Expertos. Granada, España. ISBN 978-92-5-3067336.
- Asociación Española de Pediatría. (2017). Comunicado sobre el aceite de palma y ácido palmítico en la alimentación infantil. Comité de Nutrición AEP, SEGHNP.

## Sin aceite de palma, con más grasas saturadas. Una investigación comparativa sobre el perfil nutricional indicado en el empaque de 25 productos alimenticios en Italia. ¿Aceite de palma = más grasas saturadas? ¡Falso!

Palm Oil Free, with More Saturated Fats. A Comparative Research on  
Nutritional Profile Indicated on the Packaging of 25 Food Products in Italy.  
Palm Oil = More Saturated Fats? False!



**PIETRO PAGANINI**

Fundador de For Free Choice Institute  
- Campagne Liberali. Founder For Free  
Choice Institute - Campagne Liberali  
Italia, Italy

**CITACIÓN:** Paganini, P. (2019). Sin aceite de palma, con más grasas saturadas. Una investigación comparativa sobre el perfil nutricional indicado en el empaque de 25 productos alimenticios en Italia. ¿Aceite de palma = más grasas saturadas? ¡Falso! *Palmas*, 40 (Especial, Tomo II), 228-234.

**PALABRAS CLAVE:** aceite de palma, grasas saturadas, investigación comparativa, información nutricional empaques.

**KEYWORDS:** Palm oil, saturated fats, research comparative, nutritional profile packaging.

\*Artículo original recibido en inglés, traducido por Carlos Alberto Arenas.

### Resumen

El aceite de palma es víctima de una campaña de desprestigio con claros motivos comerciales. Muchas compañías de alimentos lo han eliminado de sus productos con el fin de reducir las grasas saturadas. La ausencia de aceite de palma ha sido resaltada con claridad en los empaques y comunicaciones, asociándolo directa o indirectamente con que es más saludable. El objetivo de esta investigación es demostrar que, en muchos casos, la falta de aceite de palma no corresponde a menores niveles de grasas saturadas en comparación con productos similares que sí lo contienen. En otros casos, el beneficio es apenas significativo desde un punto de vista nutricional, principalmente al considerar la dieta diaria como un todo (De Souza *et al.*, 2015; Sette, 2013). La conclusión a la que se llega es que la ausencia de aceite de palma que se muestra en los empaques, corre el riesgo de engañar a los consumidores cuando se trata de tomar decisiones.

Campagne Liberali es una asociación de ciudadanos que defiende la libertad de elección y promueve el debate científico justo. Ha estudiado los argumentos presentados por los detractores del aceite de palma y ha utilizado el método experimental, para demostrar que muchos de los cargos son falsos y tendenciosos.

## Abstract

Palm oil is the victim of a smear campaign for clearly commercial reasons. Many food companies have removed it from their products in order to reduce saturated fats. The absence of palm oil has been clearly highlighted on packaging and in communication, associating this directly or indirectly with being healthier. The aim of this research is to demonstrate that in many cases the absence of palm oil does not correspond to lower levels of saturated fats compared to similar products that do contain palm oil. In other cases, the benefit is barely significant from a nutritional perspective, above all when taking into account the daily diet as a whole (De Souza *et al.*, 2015; Sette, 2013). The conclusion arrived at is that the absence of palm oil displayed on packaging risks misleading citizen consumers when it comes to making choices.

Campagne Liberali is a citizens' association that defends freedom of choice and promotes fair scientific debate. It has examined the arguments put forward by many detractors of palm oil, and has used the experimental method to demonstrate that many charges are untrue and tendentious.



## Guerra comercial contra el aceite de palma

Muchas marcas de productos alimenticios han decidido no utilizar el aceite de palma (en adelante llamado palma o AP) en la elaboración de sus productos. Lo hicieron ostentadamente, haciendo referencia a argumentos que, en algunos casos, pueden relacionarse con ideologías ambientales, en muchos otros con problemas de salud, y algunas veces con ambos. Naturalmente, los motivos que subyacen a estas elecciones no se basan en ideologías, pero están evidentemente relacionados con negocios. El abandono del aceite de palma para crear una tendencia comercial, puede definirse como *palmwashing* (lavado de palma), en un eco del concepto más conocido de *greenwashing* (lavado verde). Esta palabra se utiliza para describir las estrategias de mercadeo y comunicación que las compañías, organizaciones y otros, emplean para mejorar su propia reputación a los ojos del público respecto a la sostenibilidad ambiental, con el objetivo de desviar la atención de malas prácticas que son potencialmente dañinas para el medioambiente.

Este es el caso del aceite de palma, así como otros ingredientes y sustancias que muchas compañías en la industria de los alimentos y los empaques han decidido eliminarlos en sus productos. El objetivo es responder a la presión mediática a raíz de campañas agresivas, de veracidad científica cuestionable, presentadas por una variedad de diferentes asociaciones, organizaciones no gubernamentales y, más en general, activistas que atacan y amenazan a los operadores del mercado.

Para todas estas campañas, incluyendo la construida en contra del AP, los argumentos no se sostienen con los hechos, y sobre todo, están muy alejadas de la evidencia científica y no siguen el método experimental. En el caso del aceite de palma, por ejemplo, no hay estudios científicos que demuestren que es carcinógeno para la salud humana (Fattore & Fanelli, 2013). Incluso el tema de la deforestación, que es sin duda un asunto de discusión, es abordado de manera ideológica, con argumentos que no buscan asumir y resolver el problema, sino que tienden hacia ideas utópicas que son tan genéricas como ingenuas.

## Palmwashing

Muchas de las pequeñas y grandes compañías de alimentos de Italia, han tomado a propósito la opinión de que el aceite de palma es dañino para la salud, y que las plantaciones de las que se extrae el aceite son la principal causa de deforestación. La ciencia y los hechos muestran que la realidad es lo opuesto. De hecho, el aceite de palma no es dañino para la salud si se consume como parte de una dieta balanceada y en moderación<sup>1</sup>. Este debería ser el caso para todas las grasas, incluyendo los aceites vegetales. Las plantaciones de palma de aceite son unas de las más sostenibles. En resumen, ¿qué pasaría si se eliminarán todas las plantaciones de palma? Los habitantes de las regiones productoras las remplazarían rápidamente, con toda razón, con otras que, potencialmente, serían menos sostenibles.

## La ambigüedad de las afirmaciones

En esta sección nos hemos concentrado en la vasta campaña de *palmwashing* realizada por diferentes empresas en detrimento de los consumidores, mediante la información nutricional y las afirmaciones publicitarias añadidas a los empaques, y que se muestran en centros minoristas o son comunicadas con fines publicitarios. Este estudio pretende investigar la exactitud de la información que se presenta a las personas, la publicidad (afirmaciones) y las etiquetas, prestando especial atención a los rótulos nutricionales y las tablas de información, particularmente respecto a las grasas saturadas, el tipo de aceites y grasas utilizadas, así como las afirmaciones hechas en los empaques de las diferentes marcas estudiadas.

Los críticos de este ingrediente suelen cuestionar el hecho de que está presente en varios bocadillos,

---

1 Existen varios estudios que apoyan esta teoría, uno fue publicado por el Departamento de Salud Pública y Veterinaria y de Seguridad Alimentaria del Instituto Nacional de Salud de Italia en 2016. Este documento está disponible para su consulta en el siguiente enlace: [http://campagneliberale.org/olioidipalma/files/2016/09/C\\_17\\_pubblicazioni\\_2481\\_allegato.pdf](http://campagneliberale.org/olioidipalma/files/2016/09/C_17_pubblicazioni_2481_allegato.pdf).

Para ver otros estudios científicos acreditados, consulte la siguiente sección de la página web de Campagne Libera-li: <http://campagneliberale.org/olioidipalma/scienza-e-verita/>.

productos empacados para el desayuno y las meriendas y, por lo tanto, aquellos dirigidos a personas más jóvenes, aumentando el contenido de grasas, particularmente de las saturadas, en sus recetas<sup>2</sup>. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es entender si, para categorías específicas de productos, la presencia o ausencia de aceite de palma realmente influye en el nivel de grasas totales y saturadas. En otras palabras, la pregunta que se ha formulado es: ¿La presencia de aceite de palma implica más grasas, principalmente saturadas, en comparación con los productos en los que se ha eliminado?

No se analizan los aspectos químicos de los ingredientes contenidos en los productos, y está basado en una comparación simple, pero eficaz, de las etiquetas y tablas de información nutricional. Los productos examinados fueron escogidos según el tipo de alimento seleccionado y su consumo generalizado entre los rangos de edad más jóvenes de la población. Esta investigación tampoco es un estudio médico que pretende resaltar los efectos del ingrediente en consideración sobre la salud de los individuos.

En los últimos años, una gran parte de la campaña en contra de este ingrediente se ha centrado principalmente en el axioma de que el aceite de palma = altos niveles de grasas saturadas. Varias compañías, sorprendidas por el alboroto creado políticamente y en los medios, prefirieron eliminarlo mediante una operación de *palmwashing*, y remplazarlo con otras grasas y aceites vegetales. Pero, ¿con qué lo han remplazado? Principalmente, con aceite de coco, de gi-

---

2 En 2015, la OMS emitió la Hoja Informativa No. 394, que contiene pautas sobre el consumo recomendado de grasas saturadas. Menciona que los individuos no deberían superar el 10 % de las necesidades calóricas diarias mediante el consumo de grasas saturadas. Por lo general, según lo informó el Ministerio de Salud de Italia y la organización CRA (Consejo para la Investigación en Agricultura y el Análisis de la Economía Agrícola) – NUT (Centro para Investigación en Alimentos y Nutrición) “la cantidad total de grasas para garantizar una buena salud varía según el individuo, dependiendo del sexo, edad y estilo de vida: entre el 20 % y 25 % de la ingesta diaria de calorías (para individuos sedentarios) y hasta un máximo de 35 % (para aquellos que hacen actividad física intensa)”. Estas pautas científicas confirman que es conceptualmente erróneo ver una “dieta libre de grasas saturadas” como sistemáticamente más saludable, en comparación con una dieta balanceada en la que las grasas saturadas no superan el 10 % de la ingesta calórica diaria.

rasol y de maíz, y también con mantequilla, manteca de cacao y de karité. Queremos mencionar que los primeros tres aceites son menos sostenibles que el de palma, al considerar la producción por hectárea<sup>3</sup>.

Con base en las declaraciones y afirmaciones de las marcas que han remplazado el aceite de palma en sus ingredientes, el perfil nutricional de las recientes fórmulas y los nuevos ingredientes deberían demostrar la clara superioridad de las grasas alternativas por encima del aceite de palma. Sin embargo, solo fue necesario comparar algunas tablas de información nutricional y verificar los ingredientes en una serie de productos, divididos según su tipo, para entender la falacia del axioma mencionado anteriormente. La publicidad y los mensajes mediáticos que hacen parecer como si fueran la verdad absoluta, claramente se derrumban cuando se comparan con evidencia fáctica.

## Libre de palma con los mismos niveles de grasas saturadas

Los resultados han mostrado que remplazar el aceite de palma con otras grasas vegetales o animales, no resulta automáticamente en un mejor perfil nutricional desde el punto de vista de lípidos. De hecho, sucede todo lo contrario. Hay varios productos que contienen aceite de palma y tienen menos grasas, tanto totales como saturadas, en comparación con sus correspondientes a ser “libres de palma”.

La Tabla 1, elaborada por Campagne Liberali, presenta la información, discriminada por tipos, que diferentes marcas incluyeron en el empaque y es útil para aclarar los conceptos descritos en esta sección. Los productos fueron elegidos con base en su disponibilidad en los estantes de las principales

**Tabla 1.** Análisis comparativo del perfil nutricional y las afirmaciones en las etiquetas de distintos productos empacados disponibles en el mercado (varias marcas). Fuente: Campagne Liberali con base en información en los empaques de productos disponibles en el mercado o en las páginas web oficiales de las compañías fabricantes.

Marca	Producto/tipo	% grasas en 100 g	% grasas saturadas	Libre de aceite de palma	Ingredientes
Barilla	<i>Nastrine</i> /bocadillo de hojaldre trenzado	28	15	Sí	Manteca de cacao, aceite de girasol, aceite de coco, aceite de cártamo, mantequilla.
Colussi/Misura	Cornetto clásico	25	8,1	Sí	Aceite de girasol, manteca de karité.
Barilla	<i>Croissant</i> relleno de chocolate	23,5	12,5	Sí	Aceite de semilla de girasol, aceite de coco, aceite de cártamo.
Bauli	Cornetto clásico	22,5	11,5	No	Aceite de palma, aceite de girasol.
Bauli	<i>Amor di sfogliata</i> / bocadillo de hojaldre trenzado	22,25	11,5	No	Aceite de palma, aceite de girasol.
Bauli	<i>Croissant</i> relleno de chocolate	20	10,2	No	Aceite de palma, aceite de girasol.
Motta	Cornetto clásico	13	6,1	No	Aceite de palma, aceite de girasol

Continúa →

3 La palma de aceite es la planta oleaginosa más productiva del mundo. Una hectárea de tierra puede producir aproximadamente cuatro toneladas de aceite, 0,8 toneladas de aceite de canola, 0,6 toneladas de aceite de girasol y 0,4 toneladas de aceite de soya. Gracias a su mayor rendimiento, el de palma

contribuye con más del 30 % de la producción agrícola total de aceites vegetales, ocupando únicamente el 6 % del área total dispuesta para la producción agrícola de aceites vegetales del mundo. Para más información: <http://campagneliberali.org/oliodipalma/olio-di-palma-e-lambiente/>

Marca	Producto/tipo	% grasas en 100 g	% grasas saturadas	Libre de aceite de palma	Ingredientes
Motta	<i>Croissant</i> relleno de chocolate	13	6,1	No	Aceite de palma, aceite de girasol
Barilla	<i>Abbracci</i> /galletas de mantequilla de chocolate y crema	23,5	10,5	Sí	Mantequilla, aceite de girasol
Balocco	<i>Girandole</i> /galletas de mantequilla de chocolate y crema	22	9,2	Sí	Aceite de girasol, manteca de cacao, mantequilla
Simply	Galletas de mantequilla de chocolate y crema	21,7	10,7	No	Aceite de palma, mantequilla
Bauli	<i>Farfallegre</i> /galletas de mantequilla con <i>chips</i> de chocolate y leche	18,7	10,2	No	Aceite de palma, aceite de coco
Mondelez	<i>Milka</i> /galleta de barquillo de chocolate	28	18	No	Aceite de palma
Galbusera	<i>Buonicosì</i> /galletas de barquillo con crema de cacao (porción individual)	28	16,5	No	Aceite de palma, aceite de maíz
Galbusera	<i>Buonicosì</i> /galletas de barquillo con crema de cacao	27,3	21,3	Sí	Aceite de coco, aceite de maíz
Loacker	<i>Napolitaner</i> /galletas de barquillo con crema de cacao	27	22	No	Aceite de palma
Nestlé	KitKat/galleta de barquillo de chocolate	26	18	No	Aceite de palma, manteca de cacao
Balocco	<i>Napolitaner</i> /galletas de barquillo con crema de cacao	25	22	Sí	Aceite de coco
Coop	<i>Napolitaner</i> /galletas de barquillo con crema de cacao	24,8	21,6	Sí	Aceite de coco
Ringo	Goal/bocadillo de galleta y chocolate	25	13,7	Sí	Aceite de girasol, mantequilla
Saiwa	Oro Ciok/Bocadillo de galleta de chocolate oscuro	23	12	No	Manteca de cacao, aceite de palma
Coop	Bocadillo de galleta de chocolate	21,3	12,9	Sí	Manteca de cacao, pasta de cacao
Barilla	Crostatineall'albicocca/tartaletas de albaricoque	14	5,5	Sí	Mantequilla, aceite de girasol
Coop	Crostatineall'albicocca/tartaletas de albaricoque	13	3,4	Sí	Aceite de girasol, manteca de cacao, aceite de cártamo
Germinal	Crostatine/tartaletas	10	4,2	No	Aceite de palma

tiendas minoristas. La elección no tiene un valor representativo ni fines comerciales. Solo pretende mostrar, mediante ejemplos, cómo la sustitución del aceite de palma ha llevado a mejoras menores, pro-

bablemente a ninguna, en varios de los alimentos dirigidos principalmente a los adolescentes. Lo que se concluye de la Tabla 1 es que la afirmación “libre de aceite de palma” y su posterior remplazo con dife-

rentes aceites vegetales, en los productos examinados en este estudio, no corresponde necesariamente con un mejor perfil nutricional, desde el punto de vista de grasas saturadas al compararlos con marcas que utilizan el aceite de palma dentro de sus ingredientes.

En el primer segmento examinado, el *cornetti/croissants* empacados, ya muestran una imagen clara: los productos (de las marcas Barilla y Colussi/Musira) que publicitan la exclusión del aceite de palma en sus empaques, en comparación con marcas similares (Motta y Bauli) que sí lo utilizan, son claramente peores desde el punto de vista de los lípidos. El *croissant* relleno de chocolate de Barilla contiene 23,5 g de grasas por 100 g de producto, de los que 12,5 g son saturadas, utilizando una mezcla de aceite de girasol, aceite de coco y aceite de cártamo. El *croissant* relleno de chocolate de Motta, que usa aceite de palma, solo tiene 13 g de grasas por 100 g de producto, de los que tan solo 6 g son saturadas. Los productos “libres de aceite de palma” de Colussi/Misura, incluso si parecen ser mejores que los de Barilla respecto a grasas saturadas, continúan teniendo un contenido de grasas, considerando tanto las totales como las saturadas, que son mayores que el producto de Motta “con aceite de palma”: 25 g total y 8,1 g de grasas saturadas.

Una condición similar ocurre en el caso de los productos “libres de aceite de palma” de la compañía Barilla disponibles en el mercado, tales como su Nastrine, en comparación con otros “con aceite de palma”, como el Amor di sfoglia de Bauli. Según la tabla de información nutricional, el primero tiene un contenido de grasas saturadas que es mucho más alto que el segundo: Nastrine tiene casi 30 % más (15/100 g vs. 11,5/100 g).

Igualmente, en el frente de las galletas<sup>4</sup>, el estudio comparativo ha mostrado casos similares a los de arriba. Se examinó la categoría “galletas de mantequilla de chocolate y crema”. Los productos fueron: Abracci de

Barilla, Simply, Girandole de Balocco y Farfalle de Bauli. Las galletas de Simply y Bauli contienen aceite de palma y, aun así, parecen ser las mejores en cuanto al contenido total de grasas (21,7 g y 18,7 g, respectivamente). Es más, respecto a las grasas saturadas, tienen un perfil que está en línea con los puntos de referencia seleccionados para esta comparación.

Los resultados son igualmente significativos en la categoría que incluye galletas de barquillo, bocadillos con galleta de barquillo y chocolate y tartaletas, siendo todos estos alimentos populares en el rango de edad más joven, quienes particularmente deben ser protegidos. Los productos que contienen aceite de palma no tienen un perfil nutricional peor en comparación con aquellos que publicitan que no lo incluyen. La tabla muestra valores similares: Oro Ciok, con palma de aceite, tiene 12 g de grasas saturadas por 100 g de producto, mientras que Ringo 13,7 g. Incluso los ingredientes de las galletas de barquillo recubiertas de chocolate Milka y KitKat, que contienen aceite de palma, son mejores que otros productos libres de palma, con una diferencia promedio de 4 g en términos de grasas saturadas.

La comparación entre las tartaletas de fruta parece evidenciar lo mismo. El producto de Germinal con aceite de palma contiene 4,2 g de grasas saturadas por 100 g de producto, ubicándose en una posición intermedia entre las de Barilla (5,5 g) y las de Coop (3,4 g).

#### Afirmaciones comparativas

El ciudadano/consumidor debería prestar particular atención a las llamadas afirmaciones comparativas. Es decir, todos los “mensajes” que suelen encontrarse en los empaques de productos alimenticios, cuyo propósito es publicitar mejores valores nutricionales como resultado de las nuevas recetas con ingredientes diferentes. La Regulación 1925/2006 de la Unión Europea sobre afirmaciones nutricionales y de salud, permite a las compañías hacer comparaciones sobre los valores nutricionales únicamente en relación con el promedio del punto de referencia, mas no con las fórmulas anteriores de los mismos productos. Por ejemplo, cualquier afirmación que contenga palabras como “contiene 30 % menos grasas saturadas en comparación con la receta anterior” es ilegal y, por lo tanto, punible. Algunas empresas han utilizado tal mecanismo, lo que ha

4 Nótese que para el segmento “galletas”, la variedad de productos es mucho mayor en comparación con las otras categorías. Por lo tanto, amerita un análisis por separado para verificar cualquier instancia adicional de divergencia entre las afirmaciones, la publicidad y los perfiles nutricionales reales.

generado señalamientos de diversos actores. También se ha dicho que si se hiciera la comparación según lo establece la ley, es decir, respecto al promedio del mercado, los valores mostrados serían mucho más bajos y, a menudo, difícilmente detectables.

## Conclusiones

Además de otras variables, como la tecnología para procesar los productos industriales y la calidad de las materias primas, que no obstante son muy significativas e influyen en el valor del producto final, los resultados de este análisis parecen confirmar nuestra premisa inicial respecto a que el remplazo del aceite de palma no es un factor determinante de la cantidad de grasas totales y saturadas presentes en un alimento producido en masa.

Por el contrario, varios productos que utilizan aceites alternativos como el de girasol, el de coco, el de maíz y el de cártamo o la manteca de karité, o grasas animales como la mantequilla y la crema, no tie-

nen necesariamente un mejor perfil nutricional desde el punto de vista de los lípidos. Por este motivo, los medios, algunos partidos políticos (ver diferentes documentos de orientación parlamentaria, pero no exclusivamente) y en ocasiones las mismas compañías, suelen transmitir un mensaje engañoso indicando que un producto que no contenga aceite de palma es mejor desde un punto de vista nutricional.

El ciudadano, en este caso el consumidor, es timado por la afirmación “libre de aceite de palma”<sup>5</sup>. Por lo tanto, cada vez es más necesario tener un ojo crítico sobre la información y publicidad, particularmente cuando está dirigida a los niños y jóvenes. La discriminación en contra del aceite de palma y las grasas por motivos de salud, es un tipo de desinformación que contrasta con un análisis de los hechos y el método científico según el que, con el fin de asumir un teorema como verdadero, debe estar soportado por evidencias y pruebas empíricas. En este caso el teorema, como lo han demostrado los hechos, ha resultado ser poco fiable e inconsistente.

□

## Referencias

- De Souza, R. J., Mente, A., Maroleanu, A., Cozma, A., Ha, V., Kishibe, E., ... Anand, S.S. (2015). Intake of saturated and trans unsaturated fatty acids and risk of all-cause mortality, cardiovascular disease, and type 2 diabetes: systematic review and meta-analysis of observational studies. *British Medical Journal*, 355, 3978. doi: 10.1136/bmj.h3978.
- Fattore, E., & Fanelli, R. (2013). Palm oil and palmitic acid: a review on cardiovascular effects and carcinogenicity. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 64(5), 648-659.
- Priven, M., Baum, J., Vieira, E., Fung, T., & Herbold, N. (2015). The Influence of a Fictitious Free-From Food Product Label on Consumer Perceptions of Healthfulness of EUFIC (2017) Consumer Attitudes Towards “Free-From” Labels.
- Sette, S. (2013). CREA Alimenti e Nutrizione.

5 Las etiquetas “libre de” en los empaques son utilizadas con fines comerciales, con el claro objetivo de convencer a un consumidor para que compre un producto. La influencia de las afirmaciones en las elecciones de los consumidores ha sido examinada por varios estudios. Ver sobre este tema Priven *et al.* (2015). De esta manera, los consumidores son llevados a creer que la etiqueta “libre de” en los empaques corresponde a productos más saludables que, por este motivo, se asocian con el bienestar. Por lo tanto, muchas de las etiquetas “libre

de” parecen ser engañosas porque engañan a los consumidores para que compren productos que no son necesariamente más saludables, más seguros o más amigables con el medio ambiente. La afirmación “libre de aceite de palma” es un ejemplo de esto. Adicionalmente, en el caso del aceite de palma, la campaña mediática extremadamente poderosa de los últimos años ha contribuido a añadir un valor de salud a una única pieza de información, revelada como crucial cuando se trata de opciones de mercadeo.

# Transesterificación enzimática de aceite de palma como alternativa para producción de alimentos libres de grasas *trans*\*

Enzymatic Palm Oil Transesterification as an Option for the Production of Trans Fat Free Foods

**CITACIÓN:** López, G., & Baena, S. (2019). Transesterificación enzimática de aceite de palma como alternativa para producción de alimentos libres de grasas *trans*. *Palmas*, 40 (Especial, Tomo II), 235-243.

**PALABRAS CLAVE:** enzimas lipolíticas, transesterificación, lipasas, libre de grasas *trans*.

**KEYWORDS:** Lipolytic enzymes, transesterification, lipases, trans fat free.

\*Artículo original recibido en español.



**GINA LÓPEZ RAMÍREZ**

Unidad de Saneamiento y Biotecnología Ambiental (USBA) Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Pontificia Universidad Javeriana  
Sanitation and Environmental Biotechnology Unit (USBA), Faculty of Sciences, Department of Biology, Pontificia Universidad Javeriana  
Colombia

## Resumen

La transesterificación de aceites y grasas comestibles es una alternativa de producción de grasas comerciales libres de ácidos grasos tipo *trans*, que puede repercutir en la mejora de las propiedades físicas y nutricionales de materias primas o productos intermediarios del procesamiento del aceite de palma. Es una redistribución de ácidos grasos entre los triacilglicéridos, que tiene lugar dentro de la misma molécula o en diferentes. Este proceso lo llevan a cabo las enzimas lipolíticas, catalizadores biológicos que hidrolizan el enlace éster del triacilglicerol en la interfase agua/aceite, liberando ácidos grasos, glicerol, monoacilglicerol y diacilglicerol. También catalizan ésteres insolubles en agua a

través de reacciones de interesterificación, alcoholólisis y acidólisis. El uso de las enzimas lipolíticas es una “tecnología limpia”, que puede ser alterna al proceso de hidrogenación parcial empleado para que los aceites se transformen en grasas semisólidas o sólidas, mediante la adición de hidrógeno, dejando como resultado aceites o grasas con altas concentraciones de ácidos grasos tipo *trans*, nocivos para la salud, principalmente porque pueden elevar el colesterol LDL y los triglicéridos. Esta tecnología, que en el sector del aceite de palma está en desarrollo, muestra alto potencial de mejoramiento de los aceites y las grasas en un mercado cada vez más exigente en calidad y beneficios nutricionales.

## Abstract

Transesterification of edible oils and fats is an option for producing commercial fats free of trans fatty acids, which may result in improved physical and nutritional properties of raw materials or intermediate products of oil palm processing. Transesterification consists of the redistribution of fatty acids within triacylglycerides that takes place inside the molecule itself or in different molecules. The process is carried out by lipolytic enzymes which act as biologic catalysts that hydrolyse the triacylglycerol ester bond in the water/oil interface, releasing fatty acids, glycerol, monoacylglycerol and diacylglycerol. They also act as catalysts of water-insoluble esters through interesterification, alcohololysis and acidolysis reactions. Lipolytic enzymes are a “clean technolog” which may be an alternative to partial hydrogenation, the process used to transform oils into solid or semi-solid fats through hydrogen addition, the result of which are oils or fats with high concentration of trans fatty acids that may be harmful to human health mainly because of the their potential to elevate LDL and triglyceride levels. Finally, the palm oil sector is working on the development of lipolytic enzymes, which appear to be highly promising as a technology for enhancing oils and fats in a sector that is increasingly demanding in terms of quality and nutritional benefits.

## Introducción

En las últimas décadas, ha aumentado la tendencia industrial al uso de catalizadores biológicos o enzimas, con el fin de generar procesos más verdes, seguros y sostenibles con el medioambiente. Esta tendencia hace frente a una situación global, en la que se han planteado desafíos claros hacia una industria sostenible, que tenga una base biológica y que enfrente principalmente retos como el crecimiento de la población mundial, el rápido agotamiento de los recursos naturales, el aumento de las presiones medioambientales y el cambio climático. Sin dejar de lado otros desafíos como la seguridad energética, destrucción del suelo y del agua, y la seguridad alimentaria (Krüger *et al.*, 2018). Especialmente, en esta última, los biocatalizadores pueden producir reacciones catalíticas con mayor especificidad y en condiciones ambientales, sin generar productos secundarios indeseados y a mayor velocidad (tasa de reacción) que un catali-

zador químico. Se logra así obtener materias primas o productos inocuos y nutritivos que satisfagan las necesidades de las personas para llevar una vida sana (CE-FAO, 2011). Las enzimas lipolíticas son uno de los principales biocatalizadores con un alto uso en la industria de alimentos, debido a que intervienen en diversos procesos de transformación y estructuración de materias primas como grasas y aceites, generando productos intermediarios con alto valor agregado (Sarmah *et al.*, 2018). Las enzimas lipolíticas son una alternativa a los procesos de hidrogenación de aceites, que conllevan la disminución o eliminación de ácidos grasos tipo *trans*, relacionados con el riesgo de padecer cardiopatías coronarias. El uso de la tecnología enzimática permitirá cumplir con los parámetros establecidos por la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA, por su sigla en inglés), que prohibieron la presencia de grasas *trans* en los productos alimenticios envasados. Sin embargo, para la Organización de las Naciones Uni-

das para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por su sigla en inglés) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), el contenido de grasas *trans* de los alimentos puede estar por debajo del 4 %. Por lo tanto, en este estudio, nos centraremos en los usos de las lipasas como una alternativa para la producción de alimentos libres de grasas *trans*.

## Enzimas lipolíticas y sus generalidades

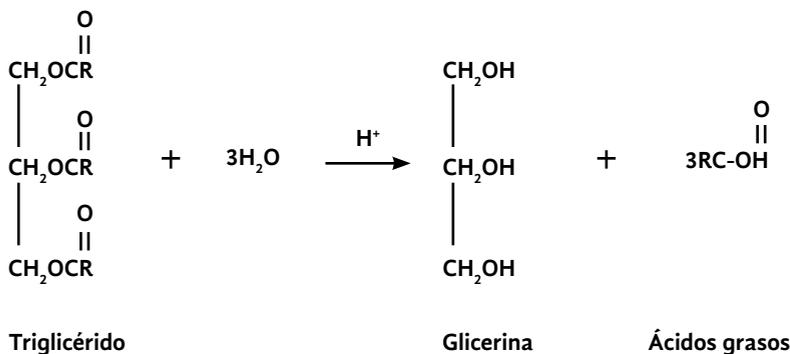
Desde hace más de 85 años, las enzimas lipolíticas son objeto de estudio debido a sus características intrínsecas (Daiha *et al.*, 2015). Ubicuas en todos los seres vivos, son enzimas hidrolasas (EC3.1.1.X) que catalizan la hidrólisis o la síntesis de ésteres formados por glicerol y ácidos grasos (Figura 1). La hidrólisis se lleva a cabo en un sistema bifásico, es decir, en presencia de una fase orgánica inmiscible que contiene el sustrato hidrofóbico en agua. La síntesis, reacción inversa, se realiza en sistemas con un bajo contenido de agua (Aw), a través de reacciones de esterificación y transesterificación.

Las enzimas lipolíticas son consideradas “promiscuas” por ser capaces de catalizar reacciones alternas a su reacción fisiológica natural (Kapoor & Grupta, 2012). La promiscuidad está dada por las características del sitio activo, que permiten unirse al sustrato y catalizarlo según su configuración. Estas enzimas realizan transesterificaciones que ocurren a través del intercambio de una molécula de ácido graso con un ácido (acidólisis), un alcohol (alcoholólisis), una amina (aminólisis) o un ácido graso (interesterificación) (Sandoval *et al.*, 2012). Específicamente, la interes-

terificación es un proceso útil para cambiar o redistribuir la composición de ácidos grasos en un enlace éster en un mismo triacilglicérido o entre moléculas de diferentes triacilglicéridos (Sánchez-Otero *et al.*, 2010). La promiscuidad de las enzimas lipolíticas puede agruparse en tres formas:

- Según su condición: reacciones en condiciones no óptimas de la enzima, en solventes orgánicos, temperaturas y pH extremos, entre otros.
- Según el sustrato: cuando la enzima realiza la misma reacción, pero con diferentes sustratos.
- Según la transformación catalítica: es la capacidad del sitio activo de la enzima de llevar a cabo una transformación química, ya sea por corte o por uniones. Hult & Berglund (2007), dividen esta condición en dos grupos, la accidental (actividad nativa de la enzima) y la inducida (lograda por procesos de modificación a la enzima).

Otras propiedades de las enzimas lipolíticas son la sustrato-selectividad asociada con la preferencia por mono, di o triglicéridos y por ácidos grasos de cadena corta, media o larga, y según el grado de insaturación del ácido graso. Ejemplo de ello son las lipasas de *Geotrichum candidum*, cuya actividad lipolítica es altamente efectiva cuando se usan triacilglicéridos con ácidos grasos de cadena media (C12) y larga (C18) (Brabcova *et al.*, 2010). La *enantioselectividad* de las lipasas es la preferencia de un estereoisómero en particular sobre todos los posibles, y está relacionada con moléculas quirales (con centro asimétrico) que adoptan dos formas: R y S. Las propiedades de estas dos moléculas son diferentes, y en algunas ocasiones, tienen características biológicas contrarias; mientras



**Figura 1.** Reacción catalítica de una lipasa. Hidrólisis de un triglicérido.

Fuente: Sandoval *et al.* (2012).

que las de una son terapéuticas, las de la otra pueden ser inactivas e incluso tóxicas. Ejemplo de esto es la esterasa de *Acidicaldus* sp. USBA-GBX-499, capaz de hacer resolución racémica de sustratos como profenos (López *et al.*, 2014). La *regioselectividad* de las enzimas lipolíticas se relaciona con la capacidad de la enzima para cortar un determinado enlace éster del triglicérido, que puede ser el sn-1(3) o sn-2. Algunas enzimas lipolíticas no son regioselectivas, por lo tanto, liberan cualquier ácido graso unido en alguna posición del triglicérido. Otras enzimas son regioselectivas sobre los enlaces sn-1(3), produciendo mono y diglicéridos como intermediarios. Un ejemplo de esto son las enzimas lipolíticas 499EST, 505LIP y 514FE que son 1,3 regioespecíficas, ya que sus cortes no afectaron la posición 2sn de los triacilgliceroles tributirina, tricaprilina y trioleína (López *et al.*, 2015).

Por todas estas características, las enzimas lipolíticas, específicamente las lipasas, son empleadas en diferentes áreas de la industria, tales como alimentos

(para producción de aromas), agricultura, cosméticos (ésteres), medicina, farmacéutica (medicamentos), detergentes, productos lácteos, oleoquímicos (biodiésel), transformación de cuero, papel y textiles (Angajala *et al.*, 2016). En general, las aplicaciones de las lipasas pueden dividirse en diferentes áreas según el tipo de reacción que se requiera (Tabla 1).

La multinacional Novozymes, líder global de ventas de enzimas (48 % a nivel mundial), manifestó que en el 2017 los alimentos, bebidas y la bioenergía fueron los principales contribuyentes de su crecimiento, respaldados por la robusta aceptación de la innovación en las empresas en los últimos años. Por lo tanto, esta dinámica del mercado permite ver que las lipasas tienen una alta demanda en el sector de la biocatálisis (especialmente en el área de alimentos y bebidas). Estas enzimas ocupan el tercer lugar en ventas después de las proteasas y amilasas. Se espera que el mercado anual de lipasas alcance alrededor de 590.5 millones de dólares para 2020 (Angajala *et al.*, 2016; Lajis, 2018).

**Tabla 1.** Casos de usos de lipasas. Fuente: Lajis (2018).

Industria	Proceso	Producto	Organismo productor de la lipasa
Energías renovables	Trasesterificación de aceites/ alcoholólisis/ metanolólisis/ interesterificación	Biodiésel	<i>Geobacillus thermodenitrificans</i> AV-5, <i>Microbacterium</i> sp., lipZ01 expresado en <i>Pichia pastoris</i> GS11
Lavandería (detergentes)	Hidrólisis de lípidos	Biodetergentes	<i>Brevibacterium halotolerans</i> PS4, <i>Talaromyces thermophilus</i> , <i>Bacillus stearothermophilus</i> , <i>Thermosyntropha lipolytica</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> ALA1, <i>Bacillus methylotrophicus</i> PS3, <i>Staphylococcus aureus</i> SAL3, <i>Bacillus</i> sp. BSK-L, <i>Geobacillus zalihae</i>
Cuero	Hidrólisis de aceites y grasas del cuero	Agente biodesengrasante	<i>Geobacillus thermoleovorans</i> DA2, <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Staphylococcus arlettae</i> JPBW-1
Cosméticos	Esterificación de ácidos grasos y otros compuestos	Ésteres, plastificantes y lubricantes	<i>Thermomyces lanuginosus</i> , <i>Rhizomucor miehei</i> , <i>Pseudomonas cepacia</i> , <i>Candida antarctica</i>
Alimentos	Transesterificación/ interesterificación/ acidólisis y esterificación	Ácidos grasos, plastificantes, acilgliceroles y ésteres	<i>Rhizomucor miehei</i> , <i>Rhizopus oryzae</i> NRRL 3562, <i>Candida antarctica</i>
Biorremediación	Hidrólisis de aceites	Biodesengrasante	<i>Staphylococcus pasteurii</i> , <i>Ochrobactrum intermedium</i> sp. MZV101, <i>Bacillus sonorensis</i> 4R, <i>Aspergillus ibericus</i> , <i>Aspergillus uvarum</i> , <i>Aspergillus niger</i>
Farmacéuticos	Transesterificación/ aminólisis	Plastificantes y medicamentos	<i>Candida antarctica</i> , <i>Candida rugosa</i>

## Modificación de lípidos para la industria de alimentos

La producción de alimentos a “la medida” es casi una exigencia de la sociedad del siglo XXI (Rodrigues & Fernandez-Lafuente, 2010). Por lo tanto, existe un amplio número de estudios de enzimas basadas en la transformación de comestibles, que permiten encontrar alimentos novedosos y sanos que cumplan con las expectativas de las personas. Particularmente, en el área de los lípidos (aceites y grasas), que son los componentes básicos de los aceites de cocina (manteca vegetal, margarinas y otras grasas comestibles), se busca que proporcionen satisfacción a través de su aroma, sabor y textura, y que nutricionalmente sean sanos al tener un bajo o nulo contenido de ácidos grasos tipo *trans* (Imran & Nadeem, 2015). Debido a que los aceites y grasas naturales no siempre tienen las características adecuadas para su uso final, o no cumplen con los requerimientos a nivel industrial, se precisan productos particulares modificados con determinadas propiedades. Los lípidos pueden ser rediseñados para aportar o no ácidos grasos específicos, o moléculas aromáticas de mayor uso y eficiencia. Con este rediseño se puede, a largo plazo, mejorar las propiedades de los productos. Por ejemplo, el cambio de las características físicas y químicas de los aceites y las grasas, particularmente el perfil de fusión, la compatibilidad de los diferentes triacilglicérols (TAG) en el estado sólido y la plasticidad, resultando en el mejoramiento de la cremosidad que conlleva a una grasa fácilmente untable (o *spreads*). Finalmente, lo que se quiere es el aumento en la estabilidad oxidativa de estos aceites y grasas. La modificación de lípidos se puede dar principalmente, por procesos de hidrogenación e interesterificación (entre grasas sólidas y aceites líquidos) vía química o enzimática, teniendo un fuerte impacto en las propiedades nutricionales del lípido (Speranza & Macedo, 2012) al producir grasa plástica cero *trans*. Aproximadamente el 10 % de todos los aceites y grasas comestibles en el mundo están fraccionados o interesterificados, mientras que un tercio está completamente hidrogenado (Senanayake & Shahidi, 2005). La hidrogenación y la interesterificación modifican las propiedades químicas de los lípidos, que incluyen el grado de saturación, la longitud

de la cadena de ácido graso y la composición de la molécula del glicerol. Estas son determinantes para caracterizar las propiedades físicas de los lípidos, como son: punto de fusión, viscosidad, elasticidad, contenido de grasa sólida y comportamiento térmico (Kadhum & Shamma, 2017).

### Transformación de los lípidos por hidrogenación

La hidrogenación es un proceso en el que se logra transformar lípidos líquidos o semisólidos en una grasa sólida completa o parcialmente saturada, que puede ser empleada en la elaboración de margarinas y otros productos alimenticios. Este proceso se lleva a cabo haciendo reaccionar hidrógeno gaseoso con los sitios activos dentro de las grasas líquidas, es decir, actúa sobre los dobles enlaces de los ácidos grasos (Sellami *et al.*, 2012). A pesar de que todo el proceso se realiza bajo condiciones controladas de presión, temperatura, velocidad de agitación en presencia de catalizadores específicos, se pueden generar productos indeseados con altas concentraciones de ácidos grasos tipo *trans*, perjudiciales para la salud ( Sellami *et al.*, 2012; Morselli Ribeiro *et al.*, 2017).

El tipo y proporción de lípidos presentes en la dieta, son un factor importante que incide en problemas de hipertensión. Una alimentación rica en grasas saturadas y alto contenido de ácidos grasos tipo *trans*, tiene un efecto en la concentración del colesterol (principalmente del tipo lipoproteínas de baja densidad, LDL), en el plasma y en el tejido conectivo de las paredes arteriales, provocando arterosclerosis, alta presión en la sangre y enfermedades coronarias (Kadhum & Shamma, 2017).

En la naturaleza, los ácidos grasos insaturados presentes en los aceites y grasas vegetales, se encuentran en configuración *cis*, que es la ideal dentro de estos lípidos rediseñados.

### Transformación de lípidos por biocatálisis

Un método alternativo a la hidrogenación de lípidos es el uso de catalizadores químicos, como el níquel Raney que está compuesto por una aleación de níquel-aluminio. Otros catalizadores químicos cono-

cidos, son el rutenio y el paladio-rutenio. También puede ser mediado por catalizadores biológicos (enzimas) como lipasas. Este tipo de hidrogenación se realiza a través de las transesterificaciones que se desarrollan por tres procesos: acidólisis, glicerólisis, e interesterificación. Las lipasas son una alternativa para llevar a cabo la modificación de aceites y grasas, al cambiar en gran medida sus propiedades físico-químicas y nutricionales. Las características de las lipasas como la especificidad y la selectividad, son ventajas frente a catalizadores químicos (metales alcóxidos), cuyas reacciones de interesterificación son completamente aleatorias, generando en ocasiones compuestos secundarios no deseados que pueden repercutir en una baja calidad organoléptica y/o nutricional del producto. Las enzimas lipolíticas, al presentar una alta especificidad y eficiencia, pueden desarrollar de forma precisa el lípido estructurado deseado (Zhang *et al.*, 2013).

Por otra parte, estas enzimas se han empleado con éxito como catalizadores en la industria alimentaria, para liberar ácidos grasos en productos alimenticios y de panadería, a través de la hidrólisis selectiva de grasas y aceites (Speranza & Macedo, 2012; Speranza *et al.*, 2016). Las transformaciones y estructuraciones de compuestos lipídicos, pueden consistir inicialmente en la hidrólisis de triacilglicéridos de manera regioespecífica para producir mono o diacilglicéridos y ácidos grasos libres. Posteriormente, se tiene una etapa de síntesis de triacilglicéridos al unir monoacilglicéridos con ácidos grasos específicos o de interés. La modificación de estos permite que la industria satisfaga los requisitos dietéticos cambiantes de los consumidores, al mejorar las propiedades funcionales y nutricionales de los alimentos (Ribeiro *et al.*, 2017).

Las lipasas han sido empleadas para la generación o síntesis de diacilglicerol (DAG) con propiedades multifuncionales y nutricionales. Estas moléculas son componentes de las grasas y aceites comestibles, pero con menos calorías y digestibilidad similar a los triacilglicerol (TAG). Una dieta rica en DAG, especialmente sn-1,3-diacilglicerol, reduce la obesidad y el contenido total de grasa en los humanos, y aumenta la pérdida de peso corporal (May & Nesaretnam, 2014).

## Interesterificación del aceite de palma mediada por lipasas

El aceite de palma obtenido de *Elaeis guineensis* es uno de los más consumidos a nivel mundial, (se estima en aproximadamente 61.1 millones de toneladas durante el 2015). India, China y la UE tuvieron el 47,9 % de las importaciones mundiales (<https://www.palmoilandfood.eu/es/el-consumo-de-aceite-de-palma>). Este aceite contiene una mezcla de triacilglicerol de alto y bajo punto de fusión. Su fraccionamiento en condiciones controladas, permite recuperar dos fracciones: la oleína (líquida) y la estearina (sólida). Esta última es la menos empleada en la industria de las grasas comestibles, pero muestra ser una grasa dura potencial para reemplazar los lípidos hidrogenados por medio de la interesterificación con aceites líquidos como la oleína (Sellami *et al.*, 2012). El aceite de palma tiene una alta estabilidad oxidativa y puede ser una alternativa efectiva para reemplazar las grasas parcialmente hidrogenadas, debido a que carece de ácidos grasos *trans* (Stahl *et al.*, 2018; May & Nesaretnam, 2014). Diversos estudios sobre la transformación de los lípidos, se han centrado en los efectos del grado de interesterificación en las propiedades físicas de una mezcla de aceites y grasas como la estearina de palma, oleína y aceite de coco, de oliva, de girasol, de soya, de castor, de arroz, entre otros (Sellami *et al.*, 2012; Morselli Ribeiro *et al.*, 2017; Ahmadi *et al.*, 2009; Adhikari *et al.*, 2010), para generar margarinas o *shortening* libres de *trans*. Ejemplo de ello fue el estudio de Da Silva *et al.* (2010), donde evaluaron el efecto de la mezcla y la interesterificación en las propiedades físicas entre la estearina de palma y el aceite de oliva, obteniendo *shortening* para la industria alimentaria, con alta plasticidad y fácil de derretir a temperatura corporal. Estos hallazgos muestran cómo las lipasas permiten superar las desventajas inherentes a los aceites vegetales como son la plasticidad pobre y textura.

Estudios con la lipasa ROL, producida por *Rhizopus oryzae*, han demostrado cómo las mezclas entre estearina y oleína de palma, en diferentes proporciones, pueden ser transesterificadas conllevando la generación de grasas para la formulación de margarinas libres de *trans* (Byun *et al.*, 2007). Li *et*

al. (2018), compararon la interesterificación de la lipasa Lipozyme 435 con otros catalizadores químicos (ácido sólido, hidróxido de sodio y metóxido), observando su buena actividad catalítica al producir análogos de margarina de carne (para formulaciones más saludables), con bajo contenido de grasas *trans*. Esto se logró al mezclar aceite de soya y aceite de palma totalmente hidrogenado (como aceite de bajo costo libre de *trans*), en una proporción de masa de 4:3. Otro ejemplo, es la interesterificación mediada por la lipasa de *Rhizomucor miehei* (Lipozyme RM IM) entre la fracción media dura de palma con manteca de cacao y con la estearina del grano de mango, que permitió preparar grasas duras de chocolate intermediarias para la preparación de mantequilla de cacao (Jin *et al.*, 2018). Estudios realizados por Zhu *et al.* (2018), determinaron la relación que existe entre triacilglicéridos y la cristalización de la grasa interesterificada, y entre la estearina de palma y los aceites vegetales de soya y maíz a través de las enzimas inmovilizadas Lipozyme 435 y Lipozyme RM IM. Establecieron que estas podrían ser útiles en el desarrollo de grasas para productos congelados, al mejorar la textura de los mismos.

Actualmente, muchas investigaciones resaltan la importancia del uso de enzimas lipolíticas inmovilizadas porque permiten, a escala industrial, disminuir costos operativos al ser reutilizadas de cinco a 20 veces, sin perder más del 50 % de su actividad (Sellami *et al.*, 2012; Lopes *et al.*, 2016)

## Conclusiones y perspectivas

Hoy en día se han identificado más de 3.000 enzimas. Muchas de ellas tienen aplicaciones biotecnológicas, pero sus características no satisfacen la demanda industrial porque no siempre cumplen con las condiciones de reacción específicas requeridas para cada aplicación, como altas temperaturas, actividad en presencia de solventes orgánicos y valores extremos de pH (Ferrer *et al.*, 2016). Godoy *et al.* (2015), en el estudio sobre las predicciones tecnológicas del uso de las lipasas a nivel industrial, muestran que las perspectivas de su uso en la biotecnología industrial son muy buenas, ya que su actual aplicación está lejos de explotar su potencial real. Estas observaciones requieren de mayor investigación del sector industrial unido al académico, relacionado principalmente con la identificación de nuevas lipasas y mejoramiento de las existentes, a través de técnicas como la evolución dirigida, que permitan superar los desafíos tecnológicos y así promover su uso. Es una oportunidad para los grupos de investigación, que desde la academia desarrollan estudios en biocatalizadores de organismos no antes explorados como fuentes de enzimas. Más aún, cuando el uso masivo de enzimas en transformaciones industriales requiere de un portafolio amplio para cubrir las demandas del sector industrial de la modificación de los lípidos, cada vez se precisa más especificidad de reacciones de modificación de materias primas.

---

## Referencias

- Krüger, A. Schäfers, C., Schröder, C., & Antranikian, G. (2018). Towards a sustainable biobased industry - Highlighting the impact of extremophiles. *New Biotechnology*, 40, 144-153.
- CE-FAO. (2011). Guía práctica: Una introducción a los conceptos básicos de la seguridad alimentaria. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/014/al936s/al936s00.pdf>
- Sarmah, N., Revathi, D., Sheelu, G., Yamuna Rani, K., Sridhar, S., Mehtab, V., & Sumana, C. (2018). Recent advances on sources and industrial applications of lipases. *Biotechnology Progress*, 34, 5-28.
- Daiha, K. de G., Angeli, R., de Oliveira, S. D., & Almeida, R. V. (2015). Are Lipases Still Important Biocatalysts? A Study of Scientific Publications and Patents for Technological Forecasting. *PLoS One* 10(6).
- Kapoor, M., & Gupta, M. N. (2012). Lipase promiscuity and its biochemical applications. *Process Biochemistry*, 47(4), 555-569.

- Sandoval, G., Casas-Godoy, L., Duquesne, S., Bordes, F., & Marty, A. (2012). Lipases: An Overview, p 3-30, Lipases and Phospholipases, vol 861. Humana Press.
- Sánchez-Otero, M. G., Quintana-Castro, R., Mora-González, P. C., Márquez-Molina, O., Valerio-Alfaro, G., & Oliart-Ros, R. (2010). Enzymatic reactions and synthesis of n-butyl caproate: esterification, transesterification and aminolysis using a recombinant lipase from *Geobacillus thermoovorans* CCR11. *Environmental Technology*, 31,1101-1106.
- Hult, K., & Berglund, P. (2007). Enzyme promiscuity: mechanism and applications. *Trends in Biotechnology*, 25(5),231-238.
- Brabcova, J., Zarevucka, M., & Mackova, M. (2010). Differences in hydrolytic abilities of two crude lipases from *Geotrichum candidum* 4013. *Yeast*, 27,1029-1038.
- López, G., Chow, J., Bongen, P., Lauinger, B., Pietruszka, J., Streit, W.R., & Baena, S. (2014). A novel thermoalkalostable esterase from *Acidicaldus* sp. strain USBA-GBX-499 with enantioselectivity isolated from an acidic hot springs of Colombian Andes. *Applied Microbiology Biotechnology*, 98(20),8603-16.
- López, G., Ruiz, M., Vera, R., Loaiza, A., & Baena, S. (2015). Desarrollo de reacciones de transformación de oleorresinas de coníferas, triacilglicéridos, ácidos grasos usando enzimas lipolíticas para la generación de materias primas intermediarias en el sector industrial. Pontificia Universidad Javeriana, Informe técnico, p 157.
- Angajala, G., Pavan, P., & Subashini, R. (2016). Lipases: An overview of its current challenges and prospectives in the revolution of biocatalysis. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 7,257-270.
- Lajis, A. F. B. (2018). Realm of Thermoalkaline Lipases in Bioprocess Commodities. *Journal of Lipids* 2018, 22.
- Rodrigues, R. C., & Fernandez-Lafuente, R. (2010). Lipase from *Rhizomucor miehei* as a biocatalyst in fats and oils modification. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, 66 (1-2),15-32.
- Imran, M., & Nadeem, M. (2015). Triacylglycerol composition, physico-chemical characteristics and oxidative stability of interesterified canola oil and fully hydrogenated cottonseed oil blends. *Lipids in Health and Disease*, 14,138.
- Speranza, P., & Macedo, G. A. (2012). Lipase-mediated production of specific lipids with improved biological and physicochemical properties. *Process Biochemistry*, 47(12),1699-1706.
- Senanayake, S. P. J. N., & Shahidi, F. (2005). Modification of Fats and Oils via Chemical and Enzymatic Methods, Bailey's Industrial Oil and Fat Products. F. Shahidi (Ed.).
- Kadhun, A. A., & Shamma, M. N. (2017). Edible lipids modification processes: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(1),48-58.
- Sellami, M., Ghamgui, H., Frikha, F., Gargouri, Y., & Miled, N. (2012). Enzymatic transesterification of palm stearin and olein blends to produce zero-trans margarine fat. *BMC Biotechnology*, 12,48.
- Morselli Ribeiro, M. D. M., Ming, C. C., Silvestre, I. M., Grimaldi, R., & Gonçalves, L. A .G. (2017). Comparison between enzymatic and chemical interesterification of high oleic sunflower oil and fully hydrogenated soybean oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119,1500473.
- Zhang, J. H., Jiang, Y. Y., Lin, Y., Sun, Y. F., Zheng, S. P., & Han, S. Y. (2013). Structure-guided modification of *Rhizomucor miehei* lipase for production of structured lipids. *PLoS One*, 8(7),e67892.
- Speranza, P., Ribeiro A. P. B., & Macedo, G.A. (2016). Application of lipases to regiospecific interesterification of exotic oils from an Amazonian area. *Journal of Biotechnology*, 218,13-20.

- Ribeiro, M., Ming, C. C., Lopes, T. I. B., Grimaldi, R., Marsaioli, A. J., & Goncalves, L. A. G. (2017). Synthesis of structured lipids containing behenic acid from fully hydrogenated *Crambe abyssinica* oil by enzymatic interesterification. *Journal of Food Science Technology*, 54(5),1146-1157.
- Salameh, M. A., & Wiegel, J. (2009). Synthesis of fatty acid esters and diacylglycerols at elevated temperatures by alkalithermophilic lipases from *Thermosyntropha lipolytica*. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 36(10),1281-1287.
- Stahl, M. A., Buscato, M. H. M., Grimaldi, R., Cardoso, L. P., & Ribeiro, A. P. B. (2018). Structuration of lipid bases with fully hydrogenated crambe oil and sorbitan monostearate for obtaining zero-trans/low sat fats. *Food Research International*, 107,61-72.
- May, C. Y., & Nesaretnam, K. (2014). Research advancements in palm oil nutrition. *European Journal of Lipid Science Technology*, 116(10),1301-1315.
- Ahmadi, L., Wright, A. J., and Marangoni, A. G. (2009). Structural and Mechanical Behavior of Tristearin/Triolein-rich Mixtures and the Modification Achieved by Interesterification. *Food Biophysics*, 4(2),64-76.
- Moreno, N., Pareja, C., Martínez, F., Perea, A., & Arango, L. M. (2004). Transesterificación enzimática de la oleína de palma para la producción de grasas especiales en un reactor tipo batch. *Revista Palmas*, 5(Especial),370-375.
- Fuciños, P., Domínguez, A., Sanromán, M. A., Longo, M. A., Rúa, M. L., & Pastrana L. (2005). Production of thermostable lipolytic activity by *Thermus* species. *Biotechnology Progress*, 21(4),:1198-1205.
- Adhikari, P., Shin, J. A., Lee, J. H., Hu, J. N., Zhu, X. M., Akoh, C. C., & Lee, K. T. (2010). Production of trans-free margarine stock by enzymatic interesterification of rice bran oil, palm stearin and coconut oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(4),703-11.
- Da Silva, R. C., Soares, D. F., Lourenço, M. B., Soares, F. A. S .M., Da Silva, K. G., Gonçalves M. I. A., & Gioielli, L. A. (2010). Structured lipids obtained by chemical interesterification of olive oil and palm stearin. *LWT - Food Science and Technology*, 43(5),752-758.
- Byun, J. S., Rhee, J. K., Kim, N. D., Yoon, J., Kim, D. U., Koh, E., Oh, J. W., & Cho, H .S. (2007). Crystal structure of hyperthermophilic esterase EstE1 and the relationship between its dimerization and thermostability properties. *BMC Structural Biology*, 7,1-11.
- Li, Y., Zhao, J., Xie, X., Zhang, Z., Zhang, N., & Wang, Y. (2018). A low trans margarine fat analog to beef tallow for healthier formulations: Optimization of enzymatic interesterification using soybean oil and fully hydrogenated palm oil. *Food Chemistry*, 255,405-413.
- Jin, J., Akoh, C. C., Jin, Q., & Wang, X. (2018). Preparation of mango kernel fat stearin-based hard chocolate fats via physical blending and enzymatic interesterification. *LWT - Food Science and Technology*, 97,308-316.
- Zhu, T. W., Weng, H. T., Zhang, X., Wu, H., & Li, B. (2018). Mechanistic insight into the relationship between triacylglycerol and crystallization of lipase-catalyzed interesterified blend of palm stearin and vegetable oil. *Food Chemistry*, 260,306-316.
- Lopes, T. I. B., Ribeiro, M. D. M. M., Ming, C. C., Grimaldi, R., Gonçalves L. A. G., & Marsaioli, A. J. (2016). Comparison of the regiospecific distribution from triacylglycerols after chemical and enzymatic interesterification of high oleic sunflower oil and fully hydrogenated high oleic sunflower oil blend by carbon-13 nuclear magnetic resonance. *Food Chemistry*, 212,641-647.
- Ferrer, M., Martínez-Martínez M., Bargiela, R., Streit, W.R ., Golyshina, O. V., & Golyshin, P. N. (2016). Estimating the success of enzyme bioprospecting through metagenomics: current status and future trends. *Microbial Biotechnology*, 9(1),22-34.

## Situación actual y perspectivas del aceite de palma sostenible a nivel mundial

### Current Situation and Perspectives of Sustainable Palm Oil in the World



**GERNOT KLEPPER**

Presidente, Investigador Senior  
Chairman, Senior Researcher  
Kiel Institute for the World Economy,  
ISCC Association  
Alemania/Germany

**CITACIÓN:** Klepper, G. (2019). Situación actual y perspectivas del aceite de palma sostenible a nivel mundial. *Palmas*, 40 (Especial, Tomo II), 244.

**PALABRAS CLAVE:** aceite de palma sostenible, perspectivas, certificación, mercado.

**KEYWORDS:** sustainable palm oil, perspectives, certification, market.

### Resumen

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas establecen los principios que guiarán las actividades agrícolas hacia el futuro. En la actualidad, el aceite de palma sostenible está regulado principalmente en los mercados de biodiésel. En particular, la Directiva de Energía Renovable (DER) de la Unión Europea exige un certificado de sustentabilidad de las materias primas que se utilizan para la producción de biocombustibles. La nueva directiva DER II, incluso va más allá y propone limitar el uso de ciertos cultivos con el fin de mitigar el riesgo de cambio indirecto del uso de la tierra (ILUC, por su sigla en inglés). En el futuro, los llamados biocombustibles de bajo riesgo ILUC se convertirán en un componente importante del mercado de los biocombustibles.

### Abstract

The Sustainable Development Goals of the UN set the guiding principles for future agricultural activities. Currently, sustainable palm oil is predominantly regulated in the markets for biodiesel. Especially the Renewable Energy Directive (RED) of the European Union requires sustainability certification for feedstocks in biofuel production. The new RED II goes even further and proposes to limit the use of designated crops in order to reduce the risk of Indirect Land Use Change (ILUC). In the future, so called low ILUC risk biofuels will become an important component of the biofuel market.

# La perspectiva económica y del mercado para la agroindustria de la palma de aceite en 2018-2019\*

## The Economic and Market Outlook for the Palm Oil Industry in 2018-2019

**CITACIÓN:** Fry, J. (2019). La perspectiva económica y del mercado para la agroindustria de la palma de aceite en 2018-2019. Palmas, 40 (Especial, Tomo II), 245-254.

**PALABRAS CLAVE:** aceite de palma, El Niño, ciclos de producción, guerra comercial de EE. UU. con China, banda de precios, precios del petróleo, biodiésel, mandato de Indonesia, petróleo de esquisto de EE. UU.

**KEYWORDS:** Palm oil, El Niño, production cycles, U.S. trade war with China, price band, petroleum prices, biodiesel, Indonesian mandate, U.S. shale oil.

\*Artículo original recibido en inglés y traducido por Carlos Alberto Arenas



**DR. JAMES FRY**  
**PRESIDENTE, LMC INTERNACIONAL,**  
**OXFORD. CHAIRMAN, LMC**  
**INTERNATIONAL LTD., UNITED**  
**KINGDOM/REINO UNIDO**

## Resumen

Los patrones climáticos actuales, principalmente El Niño, han sido generosos con la palma de aceite. El impacto combinado de la guerra comercial de Trump con China y su hostilidad hacia los biocombustibles, reduciendo el tamaño efectivo del mandato, ha golpeado el precio del aceite de soya, fijando un techo para los del aceite de palma. En el sector de la palma de aceite se pueden diferenciar dos patrones diferentes de crecimiento interanual en la producción de aceite de palma crudo (APC). Actualmente, Indonesia está gozando de un crecimiento muy fuerte. Todos los otros productores principales, incluyendo los de Latinoamérica, están reportando reducciones interanuales. Existe fuerte evidencia de una relación entre los precios del petróleo y el aceite de palma, dentro de una banda de precios. En septiembre de 2018, los de APC UE estaban en el piso de esta banda de precios, en paridad con los del crudo Brent del Mar del Norte. La interacción entre los precios del aceite de palma y el petróleo se refuerza con el impacto de los impuestos a la exportación, lo que fortalece la competitivi-

dad del aceite de palma como un combustible en Indonesia. Gracias al Fondo de APC de Indonesia, financiado con gravámenes sobre todas las exportaciones de productos de aceite de palma, este país puede operar un mandato flexible de biodiésel, que es grande cuando el precio local del APC es cercano al local del gasóleo, y es más pequeño cuando está por encima de este. De esta manera se ayuda a estabilizar el precio del aceite de palma dentro de la banda de precios. En vista de la importancia de los precios de petróleo para determinar el rango dentro del que se fijan los del aceite de palma, este artículo incluye una discusión sobre las perspectivas para el petróleo crudo y los factores que impulsan el aumento en la producción de petróleo de esquisto de EE. UU. Así, se proporciona la base para las proyecciones de los precios del APC hasta comienzos del 2019.

## Abstract

Current weather patterns, notably the El Niño, are proving kind to oil palm. The combined impact of Mr Trump's trade war with China and his hostility to biofuels, by reducing the effective size of the mandate, has hit the price of palm oil's main competitor, soybean oil, putting a ceiling on palm oil prices.

Inside the palm sector, two distinctly different patterns of year-on-year growth in CPO output can be discerned. Indonesia is currently enjoying very strong growth; all other major producers, including those in Latin America, are reporting year-on-year production declines.

There is strong evidence of a link between petroleum and palm oil prices within a price band. In September 2018, EU CPO prices are lying at the floor to this price band, at parity with Brent North Sea crude oil prices.

The interaction between palm oil and petroleum prices is reinforced by the impact of export taxes, which reinforces the competitiveness of palm oil as a fuel inside Indonesia. By virtue of Indonesia's CPO Fund, financed via export levies on all palm product exports, Indonesia is able to operate a flexible biodiesel mandate, which is large when the local CPO price is close to the local price of gasoil, and is smaller when the CPO price is well above that of gasoil. This helps to stabilize the price of palm oil within the price band. In view of the importance of petroleum prices in determining the range within which palm oil prices are set, this paper include a discussion of the outlook for crude oil and the factors driving the surge in US shale oil production. This provides a basis for projections of CPO prices until early 2019.

□

## Patrones climáticos reflejados en el Índice Oceánico de El Niño

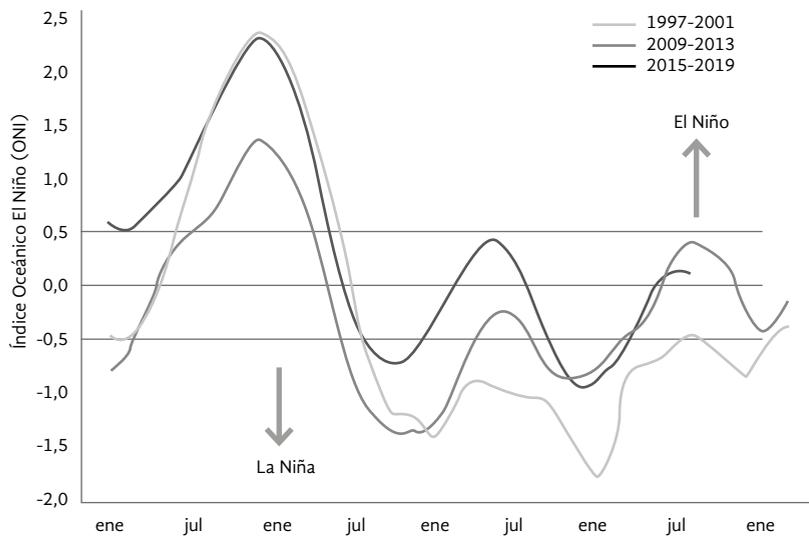
El ciclo del Índice Oceánico de El Niño (ONI, por su sigla en inglés) para 2015-2019, comenzó con valores muy altos, en línea con el ciclo severo de 1997-2001 (Figura 1). Un alto pico del ONI durante el primer año, fue seguido de sequías en el Sudeste Asiático un año después.

Sin embargo, este ciclo es diferente de los dos anteriores porque el ONI nunca cayó profundamente en

el territorio de La Niña. Durante los últimos 12 meses, ha sido bastante similar al de 2009-2013.

En el presente se encuentra en territorio neutral, pero según información de la Organización Meteorológica Mundial, la probabilidad de un Niño débil y renovado es de 70 % para finales de este año.

En caso de que se materialice un nuevo fenómeno de El Niño, el primer impacto sobre la producción de aceite de palma crudo (APC) del Sudeste Asiático se sentiría en el cuarto trimestre de 2019.



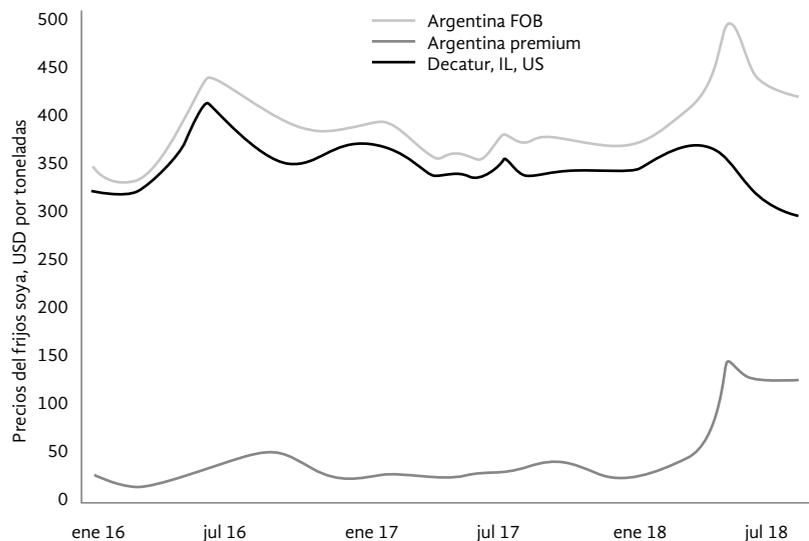
**Figura 1.** El ciclo climático y El Niño/La Niña.

## Impacto de las políticas de Trump sobre los precios de la soya y el aceite de soya en EE. UU.

Al iniciar una guerra comercial con China, el señor Trump redujo los precios pagados por los frijoles de soya de EE. UU. en más de USD 100/tonelada, en comparación con los precios de exportación del de América del Sur, como resultado de la retaliación de China.

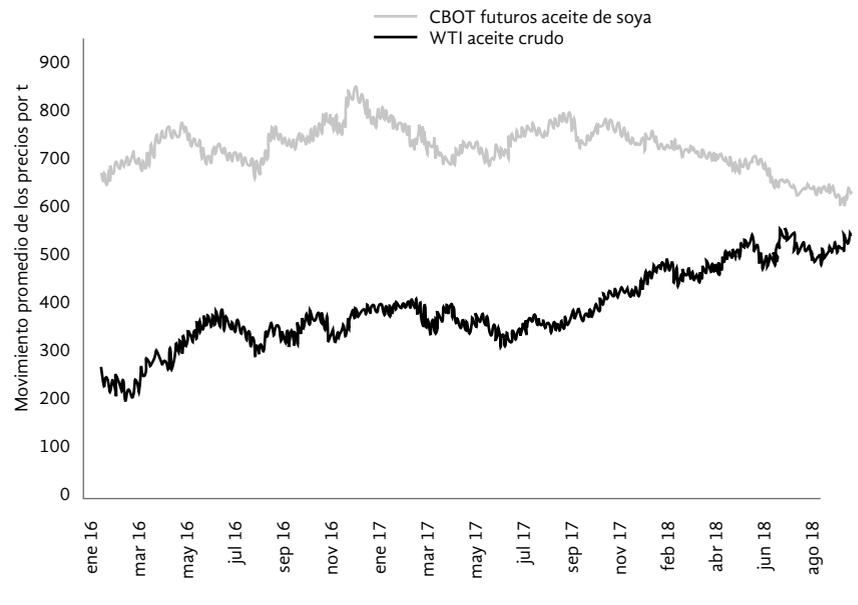
La presión a la baja sobre los precios del frijol de soya en el Medio Oeste de EE. UU. (el corazón electoral de Trump), ha sido replicado en el mercado del aceite de soya, tal y como lo vemos en la Figura 2.

Probablemente se habría esperado que los aranceles *antidumping* sobre el biodiésel importado de Argentina, así como los crecientes precios del crudo, darían un fuerte apoyo a los precios del aceite de soya de EE. UU. y ayudarían a moderar la presión a la baja de este. Sin embargo, esto no ocurrió (Figura 3).



**Figura 2.** Daño causado por Trump a los precios del frijol de soya y al aceite de soya.

**Figura 3.** Los biocombustibles también han perdido por los cambios en las políticas de EE. UU.



Antes se creía que la política de los EE. UU. estaba destinada a favorecer la demanda de biocombustibles mediante grandes mandatos. Estos elevarían los precios de las materias primas de los biocombustibles, como el aceite de soya. En cambio, la Agencia de Protección Ambiental (que no muestra un deseo aparente de proteger el medioambiente), ha usado su criterio para otorgar "exenciones" de los mandatos a muchas refinерías pequeñas de los Estados Unidos. Así se redujo el uso de biocombustibles en EE. UU. en 10 % de un solo golpe.

Esto llevó a los precios de aceite de soya de EE. UU., a sus niveles más bajos desde 2015, a pesar de un aumento de más de USD 300 por tonelada (\$ por barril) en los precios del crudo WTI de EE. UU. en el ínterin. La debilidad en los precios del aceite de soya, fija un techo para los precios mundiales del aceite de palma.

### Ciclos de producción recientes en los principales países productores de palma

En la Figura 4, se comparan las tasas de crecimiento interanual en la producción trimestral de APC en Colombia, Indonesia y Malasia (se equipara la produc-

ción de los países en T1.2018 con T1.2017; T2.2018 con T2.2017, y así sucesivamente).

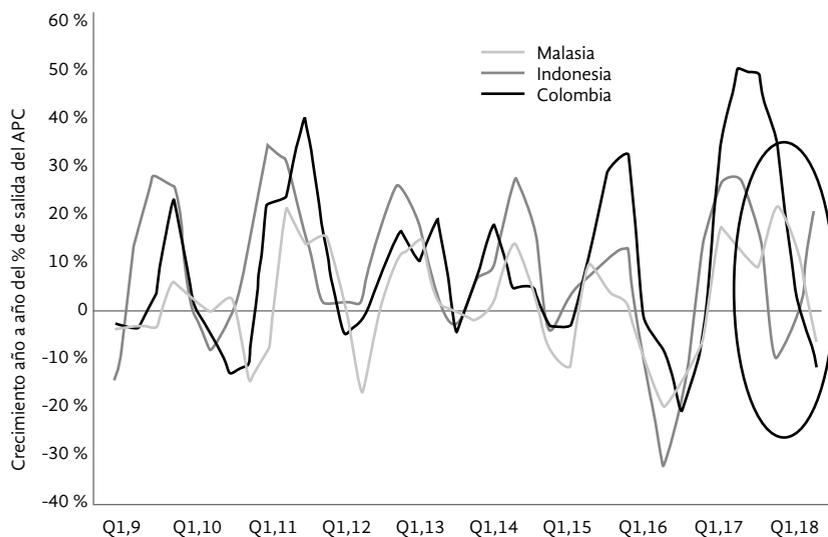
Las tendencias generales en los ciclos de producción colombianos y malasios son similares (por cierto, esto también aplica para Tailandia, que no fue incluido en la Figura). El crecimiento en la producción tanto en Colombia como en Malasia se volvió negativo en T2.2018.

El diferente es Indonesia, cuyas tasas de crecimiento desde septiembre de 2017 se han movido en dirección opuesta a los patrones de los otros países. Esto importa mucho, considerando el tamaño de Indonesia.

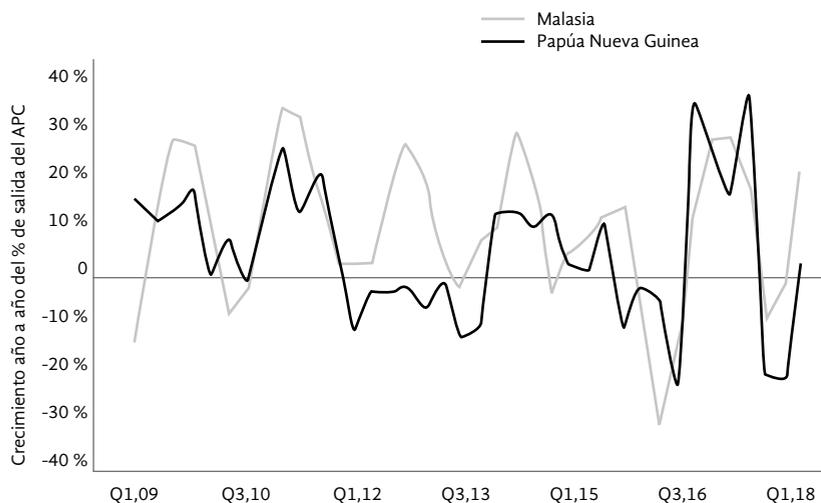
Indonesia no es el único país fuera de sintonía con Colombia, Malasia y Tailandia en su ciclo de producción. Papúa Nueva Guinea es mucho más similar en su patrón a Indonesia que otros países (Figura 5). ¿Por qué se da esto?

Mi hipótesis (y recalco que es solo una hipótesis, ya que no soy agrónomo), es que esto puede reflejar una división norte-sur.

Papúa Nueva Guinea se encuentra en el hemisferio sur, mientras que Indonesia está aumentando constantemente la proporción de sus áreas palmeras en el sur de la línea de Ecuador. Hoy en día, más del 60 % de estas áreas se encuentran en esta región, con



**Figura 4.** Los ciclos de producción de aceite de palma por países.



**Figura 5.** Ciclos de Indonesia y Papúa Nueva Guinea se mueven en paralelo.

una distribución y patrones estacionarios diferentes de producción a las áreas al norte de la línea.

## La banda de precios que relaciona los del petróleo y los de aceites vegetales

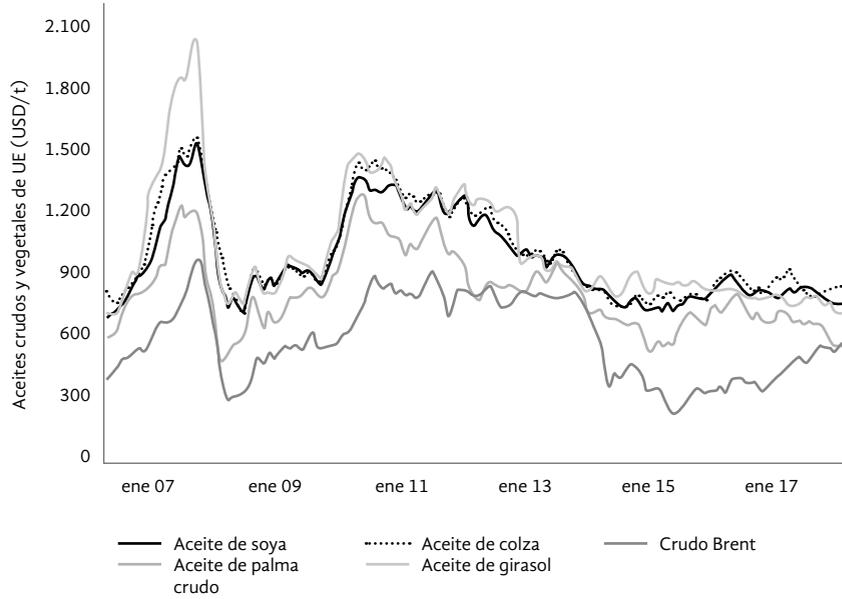
Es evidente que en la Unión Europea, el precio del crudo Brent del Mar del Norte actúa como piso para los precios de aceites vegetales, siendo el aceite de palma usualmente el más barato. En cinco de los últimos 10 años (2008, 2012, 2013, 2014 y 2018), el crudo ha

actuado como el piso para los precios del APC en la UE (Figura 6).

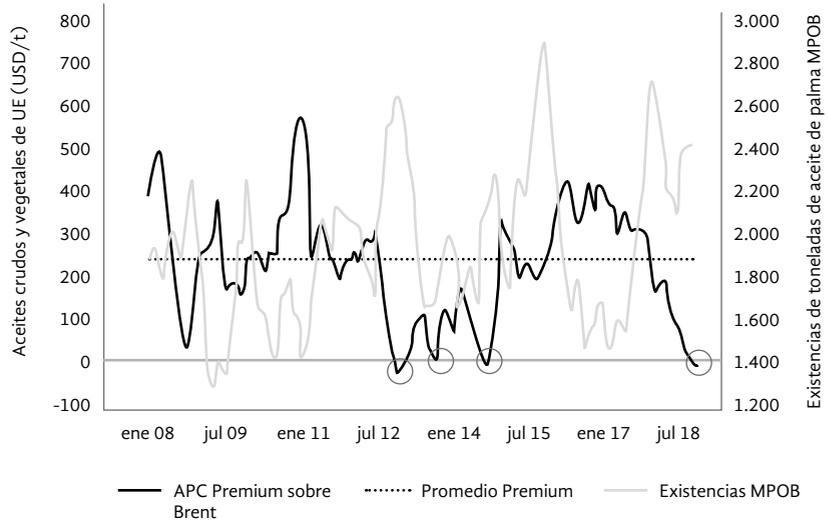
Los aceites vegetales se negocian dentro de una banda de precios por encima del crudo, con su recargo sobre el APC variando según el equilibrio de oferta y demanda para estos.

¿Por qué existe este piso? Cuando los precios de APC UE y Brent son iguales, el APC FOB del Sudeste Asiático es más barato que el Brent (por costos de flete). Incluso, el APC del este es más barato debido a impuestos de exportación. Por lo tanto, no se requieren subsidios para hacer que el biodiésel del Su-

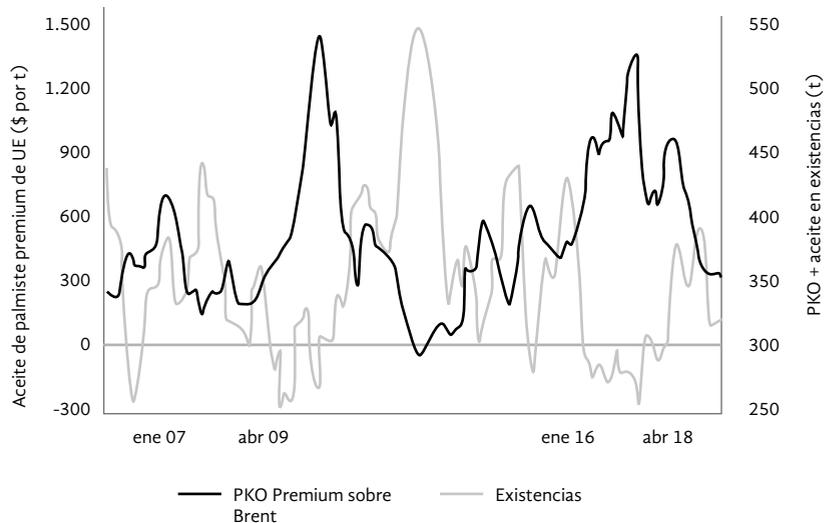
**Figura 6.** El petróleo crudo fija un piso para los precios del petróleo en la UE.



**Figura 7.** El recargo de APC sobre Brent vs. existencias de aceite de palma malasio.



**Figura 8.** El recargo de PKO sobre Brent vs. existencias mensuales de PKO de la MPOB.



de este Asiático compita como un combustible diésel en este piso.

¿Qué determina la prima del APC de UE sobre el Brent? La respuesta es las existencias de aceite de palma, y las que el mundo utiliza son las del MPOB de Malasia, publicadas tan solo diez días después del fin de mes.

Hay una relación inversa entre el nivel de existencias de MPOB y el recargo del APC de la UE sobre el Brent (Figura 7). Recalco que esta es la prima, no el precio real del APC.

Si las existencias aumentan, el recargo baja; y si las existencias bajan, el recargo tiende a subir.

Los factores que también afectan esta relación incluyen la tendencia del mercado de mirar hacia el futuro (a finales de 2015, las condiciones de El Niño significaban que el mercado sabía que tanto la producción como las existencias bajarían pronto, de manera que el recargo no se desplomó y continuó en aproximadamente USD 200).

¿Qué determina el recargo de aceite de palmiste (PKO) vs. Brent? La respuesta es las existencias del aceite de palmiste. En este caso, son las de MPOB de Malasia para el PKO más las de aceite en las almenaras de palma no trituradas.

Nuevamente, existe una relación inversa, esta vez entre el nivel de existencias de la MPOB y el recargo de PKO de UE sobre el Brent (Figura 8).

Si las existencias aumentan, el recargo baja, y si bajan, el recargo tiende a subir. Es desconcertante que el recargo no sea sobre el APC, sino sobre el Brent.

Quizás el motivo sea que el Brent está relacionado con el etileno, que actúa como elemento principal para las materias primas de alcoholes sintéticos, que compiten con los alcoholes naturales grasos derivados del PKO.

## Influencia de los mandatos de biodiésel y los impuestos de exportación sobre los precios del APC

Los datos diarios sobre el recargo de los precios del APC en diferentes sitios, ilustran el impacto de las

tarifas de flete y los impuestos de exportación sobre la competitividad del APC local vs. Brent (Figura 9).

La línea más alta es CIF UE a finales de septiembre, el APC era USD 70 más barato que el crudo Brent.

Le sigue el FOB Indonesia, con una brecha de USD 25 sobre el CIF UE. Esto representa los costos de flete.

Los precios internos de Malasia reflejan el impacto de sus impuestos de exportación (cero en septiembre).

Los recargos/descuentos de Indonesia sobre el Brent permiten aplicar un gravamen a la exportación al APC, y por lo tanto, el precio interno está USD 50 por debajo del precio FOB.

A finales de septiembre, el precio del APC de Indonesia cayó USD 145 (USD 20/bbl) por debajo del Brent. Esto hizo que fuera un combustible muy barato en este país.

## La importancia del mandato de biodiésel de Indonesia

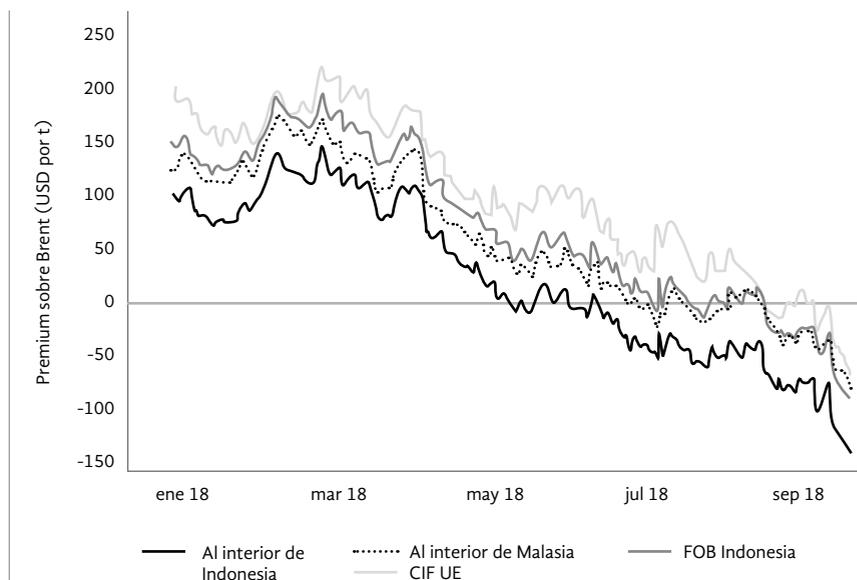
Indonesia cobra gravámenes de exportación sobre todos los productos de palma de aceite. Estos fueron introducidos en 2015, para crear una reserva de fondos a ser utilizada para subsidiar el uso de biodiésel y para implementar los mandatos oficiales de biodiésel en su totalidad. Los gravámenes de exportación son fijos y no varían con los cambios en el precio del APC: USD 50 por tonelada en APC a USD 30 en oleína RBD y ácidos grasos, y USD 20 sobre estearina RBD y otros productos, incluyendo biodiésel y aceite de palmiste RBD.

Es probable que este año se recauden más de USD 1.000 millones de los gravámenes a la exportación. Irán a un Fondo de APC que tiene tres formas de gasto principales: (1) subsidios al biodiésel, (2) subvenciones de replantación para pequeños productores, e (3) investigación.

Hasta el momento, la mayoría del Fondo de APC ha ido a subsidios al biodiésel. Cuando la prima para el biodiésel local sobre el gasóleo importado es alta, el Fondo APC no puede subsidiar un gran volumen de biodiésel.

Como ejemplo, si el biodiésel cuesta, digamos que USD 300/tonelada más que el gasóleo y el Fondo

**Figura 9.** Economía del biodiésel: flete e impuestos a la exportación.



gasta USD 750 millones en subsidios al biodiésel, puede subvencionar 2.5 millones de toneladas (USD 750/300) de biodiésel. Sin embargo, si el recargo sube a USD 500/tonelada, solo subsidia 1.5 millones de toneladas (USD 750/500). Por el contrario, si el recargo baja a USD 150, el Fondo puede subvencionar cinco millones de toneladas de biodiésel (USD 750/150).

Como tal, el “mandato” no es fijo. Reduce las existencias sustancialmente cuando los precios del APC y el crudo son similares. No puede subsidiar una reducción tan grande en las existencias, cuando los precios del APC son muy superiores a los del crudo. Esto ayuda a estabilizar los precios del APC.

Hoy en día, a finales de septiembre, el Fondo de APC no necesita pagar ninguna subvención, ya que el biodiésel no subsidiado es más barato que el combustible diésel. El mandato local subió a B20 el último mes. En diciembre serán 400.000 toneladas/mes, e incluso aumentará el año entrante, cuando el mandato debe pasar a B30. Adicionalmente, el biodiésel es tan barato que se presentan mezclas por fuera del mandato.

¿Por qué los productores de Indonesia promueven la idea del fondo de gravamen a la exportación?

- 1) Para asegurarse de que se pagarán los subsidios;
- 2) ellos sabían que sacar grandes volúmenes de aceite de palma del mercado como biodiésel, reduciría las existencias lo suficiente como para elevar el precio

promedio del APC en el mundo, más allá del gravamen de USD 50. Respecto a esto, la Figura 9 de arriba muestra la relación que tenían en mente, cuando promovían la idea de un impuesto a la exportación para financiar los subsidios de biodiésel.

Pueden entender por qué los productores de Indonesia apoyaron los gravámenes a la exportación. Vieron que, al reducir sus propios excedentes de APC, ayudarían indirectamente a desacelerar el aumento en las existencias malasio, reduciéndolas eventualmente.

Según la Figura 9, parece que disminuir las existencias de aceite de palma malasio en un millón de toneladas, aumenta el recargo APC UE sobre el crudo Brent entre USD 200 y USD 400 por tonelada. Esto es más que suficiente para compensar el dolor de pagar un gravamen de exportación de USD 50.

En este sentido, es una estrategia gana-gana. Los productores reciben mayores precios, los ingresos por exportaciones aumentan, y los ingresos del Gobierno por los impuestos sobre la renta de las plantaciones se elevan.

## El papel fundamental del petróleo de esquisto de EE. UU. para fijar los precios del petróleo

La tecnología del petróleo de esquisto de EE. UU. está avanzando. En 2010, los precios del crudo de

USD 80-100/barril apenas fueron suficientes para estimular el crecimiento en la producción de EE. UU., ahora, USD 50 permite que aumente, según lo muestra la Figura 10.

En la actualidad, la producción diaria por plataforma de EE. UU. es 20 veces mayor que en 2007. En julio, solo el campo de petróleo de esquisto más grande de EE. UU. (en Texas), tenía el 22 % de las plataformas en operación del mundo.

Este año, la producción de crudo de EE. UU. subirá en más de 1.7 millones de barriles por día, más que el aumento mundial de 1.6 millones, con la caída de la contribución de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP).

La limitación sobre el suministro de EE. UU. es la necesidad de nuevos oleoductos para transportar petróleo y gas. Entonces, mientras que los problemas en Venezuela, Irán, Libia, etc., limitarán el suministro mundial en el corto plazo, es difícil que los precios de USD 80 por barril se mantengan durante mucho tiempo en vista del crecimiento de EE. UU., y el deseo de grandes productores de la OPEP de también expandir su producción.

## Conclusiones: las perspectivas para la industria de la palma de aceite en 2018-2019

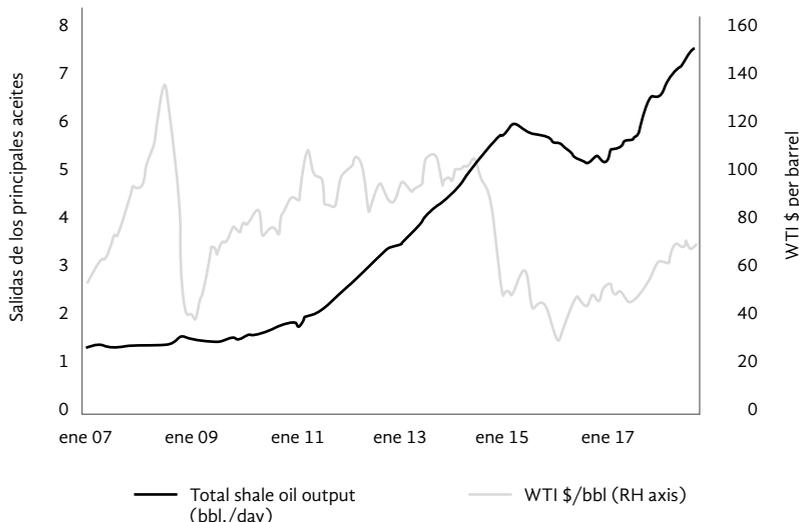
**Clima:** este ha sido leve durante los últimos dos años. Incluso si El Niño regresa, no debería afectar la producción de APC hasta el cuarto trimestre de 2019.

**La perspectiva macro:** las guerras comerciales de Trump están afectando a muchas economías emergentes. Junto con su aparente disgusto por los biocombustibles, sus acciones han incidido en los precios de la soya y el aceite de soya en EE. UU. que, mediante la competencia entre aceites, pone límites a los precios del aceite de palma.

**Producción de APC:** desde el cuarto periodo de 2017 ha habido una división norte/sur en el crecimiento interanual. En los últimos meses, Colombia, Malasia y Tailandia, han experimentado reducciones interanuales, pero la producción en Indonesia está aumentando. Esperamos que la producción mundial crezca en cuatro millones de toneladas este año, completamente debido a Indonesia, mientras que la de Malasia se desacelera.

**APC en la banda de precios:** hoy en día, los precios mundiales están en el fondo de la banda de precios, donde los del APC UE son iguales a los del crudo Brent. Debido a los costos del flete a la UE y el impacto de los impuestos a la exportación, en este momento el biodiésel de palma es más barato que el combustible diésel fósil en el Sudeste Asiático, y esto está promoviendo el uso discrecional y no subsidiado de biodiésel de palma en la región.

**Existencias de aceite de palma:** actualmente, las altas existencias de aceite de palma están fijando los precios del APC UE en el piso de la banda de precios. Cuando las existencias comiencen a caer a finales de año, los precios del APC deberían superar los del crudo en Europa, subiéndolos en todo el mundo.



**Figura 10.** La producción de petróleo de esquisto de EE. UU. está aumentando a estos precios.

**Mandato de biodiésel de Indonesia:** este no es fijo. El Fondo de APC recolectará más de USD 1.000 millones de gravámenes a la exportación este año, permitiendo que el mandato aumente a más de 3.5 millones de toneladas y a, por lo menos, cinco millones el año entrante.

**Mercado del petróleo:** la producción de crudo puede dividirse en petróleo de esquisto de EE. UU., que está creciendo notablemente rápido, y el resto, dominada por una OPEP estática. La principal limitación para que los precios del petróleo de esquisto aumenten más allá de USD 50/barril, es la velocidad con la que

se puedan abrir nuevos oleoductos en EE. UU. La producción decreciente en Venezuela debería mantener los precios a USD 80/barril durante un tiempo.

**Precios de APC:** USD 80/barril implica un piso de APC en UE de USD 585. Los precios del APC deberían subir a comienzos del 2019, a medida que el uso del biodiésel de Indonesia reduce sus existencias. Pero hay que estar pendientes de una caída en los precios del petróleo crudo. Esta se dará cuando los saudíes se cansen de ver que el petróleo de esquisto de EE. UU. acapara todo el crecimiento de la demanda.

# Tendencias del mercado mundial de fertilizantes

## World Trends in the Global Fertilizer Market

**CITACIÓN:** Mello, M. (2019). Tendencias del mercado mundial de fertilizantes. *Palmas*, 40 (Especial, Tomo II), 255-256.

**PALABRAS CLAVE:** mercado, fertilizantes, costo, rentabilidad, productividad.

**KEYWORDS:** Market, fertilizer, cost, productivity, profitability.



**MARCELO MELLO**  
INTL FCStone  
Director Mesa Fertilizantes Latam  
Fertilizers Director Latam  
Brasil/Brazil

## Resumen

En nuestra presentación haremos un análisis de la tendencia de precios del complejo NPK, abordando aspectos de gestión de riesgos relacionados con el costo de fertilizantes, insumo que representa cerca del 30 % del costo de producción de los principales cultivos agrícolas.

Esto es muy importante para el productor porque la gestión de costos de fertilizantes está totalmente bajo su alcance y administración, a diferencia de otras variables, como por ejemplo el clima, que también tiene relevantes impactos sobre productividad y rentabilidad, pero cuya gestión muchas veces no depende del control.

Latinoamérica consume el 12 % del volumen de fertilizantes a nivel mundial. Sin embargo, como produce solo el 3 % del NPK, la región es responsable por el 20 % del flujo de importación global. Por lo tanto, los precios de nuestros fertilizantes se definen por una serie de factores que impactan la demanda en los países que más lo requieren, así como la oferta de los países que son grandes productores.

## Abstract

This presentation analyses price trends for the NPK complex from the perspective of managing risks associated with the cost of fertilizers as inputs that account for close to 30% of the production cost of the main agricultural crops.

This is of the greatest importance for the producer because managing fertilizer costs is totally within their reach and control, in contrast with other variables such as climate, which also have a significant impact on productivity and profitability, but are mostly beyond their control.

Latin America consumes 12% of the total fertilizer volumes in the world. However, given that it produces only 3% of the NKP supply in the world, this region accounts for 20% of global import flows. Consequently, our fertilizer prices are shaped by a series of factors that impact demand in countries with the highest demand, as well as by the supply coming from large producing countries.

# Desafíos y oportunidades del aceite de palma en Europa\*

## Palm Oil Challenges and Opportunities in Europe

**CITACIÓN:** Olivero, J. A. (2019). Desafíos y oportunidades del aceite de palma en Europa. *Palmas*, 40 (Especial, Tomo II), 257-270.

**PALABRAS CLAVE:** aceite de palma, sostenibilidad, nutrición, salud, seguridad alimentaria, desafíos, oportunidades, Europa.

**KEYWORDS:** Palm oil, sustainability, nutrition, health, food safety, challenges, opportunities, Europe.

\*Artículo original recibido en español.



**JOSÉ ÁNGEL OLIVERO GARCÍA**  
Director Comercial de Lípidos Santiga,  
LIPSA, Sales Director Lípidos Santiga  
España/Spain

## Resumen

Introducción a LIPSA. Qué hacemos y a qué sectores nos dirigimos. Desafíos que sufre el sector del aceite de palma en Europa en lo referente a sostenibilidad y nutrición, salud y seguridad alimentaria. Situación del biodiésel en Europa: Nueva Directiva (RED II) recientemente aprobada por la Unión Europea en relación a las energías renovables para el periodo enero 2021- diciembre 2030, en contraste con la actual directiva (RED I) en vigor hasta diciembre de 2020. Problema de la deforestación y qué se puede hacer para acabar con este. Mejora de la productividad del cultivo de palma asociado a una reducción de la huella de carbono. Ingesta calórica, malnutrición y sobrepeso, y problemática en cuanto a los contaminantes ésteres de 3-MCPD y glicidol, el ácido palmítico y los ácidos grasos saturados. Percepción del consumidor europeo del aceite de palma vs. evidencia científica. Consumo de aceites en Europa para biocombustibles y alimentación. Contribución del aceite de palma al cumplimiento de los objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. Promoción del aceite de palma como oportunidad para su desarrollo futuro.

## Abstract

Introduction to LIPSA. What we do and the sectors we target. Challenges of the palm oil sector in Europe in terms of sustainability, nutrition, health and food safety. Situation of biodiesel in Europe: Comparison between the new Directive (RED II) recently approved by the European Union in relation to renewable energies for the period between January 2021 and December 2030 and the current Directive in force until December 2020 (RED I). The problem of deforestation and what to do in order to bring it to an end. Improved productivity of oil palm plantations associated with a reduction in the carbon footprint. Energy intake, malnutrition and overweight and problems with 3-MCPD ester, glycidol, palmitic acid and saturated fatty acids. Perception of European consumers regarding palm oil versus scientific evidence. Oil consumption for biofuels and food products in Europe. Palm oil contribution to the United Nations Sustainable Development Goals. Promotion of palm oil as an opportunity for future development.

### ¿Qué es LIPSA?

Lípidos Santiga (LIPSA), comienza actividades en 1970, procesando grasas y aceites. Es la mayor compañía de refinación del sur de Europa.

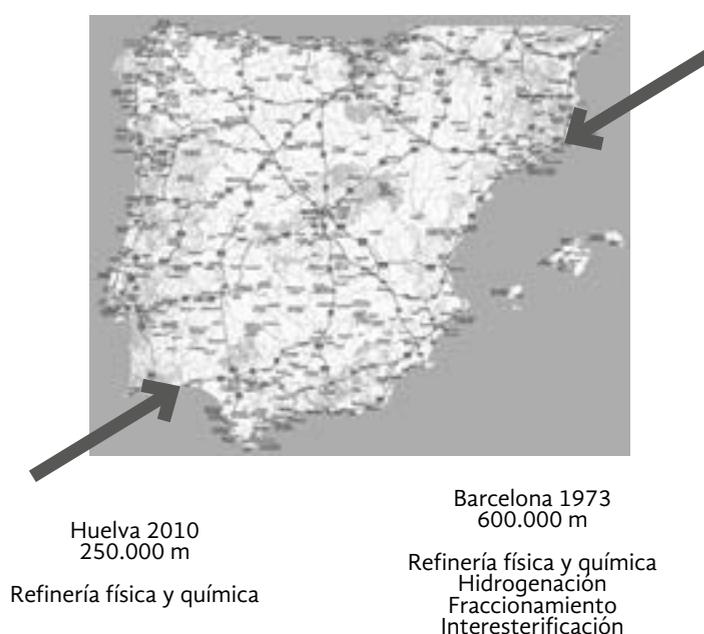
LIPSA tiene capacidad de refinación de 600.000 t en Barcelona y 250.000 t en Huelva (Figura 1). En Barcelona también se hace hidrogenación, interesterificación y fraccionamiento.

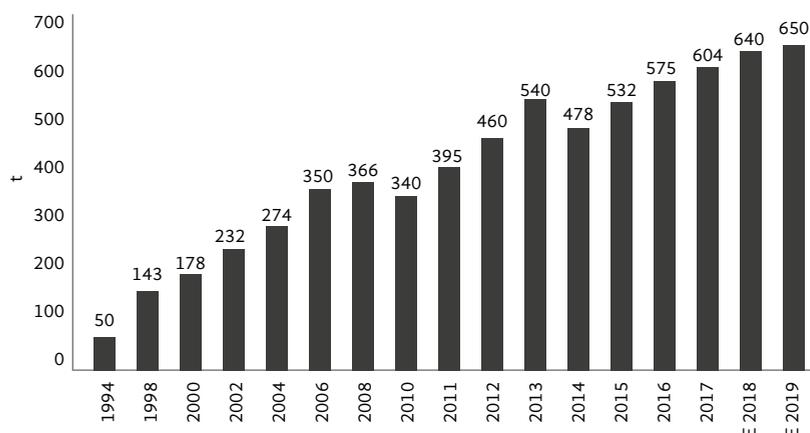
La compañía vende aceites tropicales y de semillas. Entre ellos, aceite de palma y sus fracciones, aceite de

palma alto oleico, de palmiste y de coco. También de girasol, girasol alto oleico, colza, colza alto oleico, maíz, soya y algodón, además de algunas especialidades como karité, manteca de cacao, etc.

LIPSA comercializa *commodities* y *specialities* a los sectores alimentario humano y animal, así como a la industria oleoquímica y de biocombustibles. Recientemente fue aprobada como refinadora orgánica. Sus ventas estimadas para el 2019 son de 650.000 t de aceites, en unos 40 países de los cinco continentes (Figura 2).

**Figura 1.** Ubicación de LIPSA.





**Figura 2.** Historial y proyección de ventas de aceite de LIPSA en el mundo.

## Desafíos

En el fútbol, si tu debilidad es la parte izquierda de la defensa, el contrario te va a llegar por ahí. Así ocurre con el aceite de palma. Lo atacan por sus dos puntos débiles: la sostenibilidad y la salud.

Hasta ahora solo nos hemos defendido de una manera no muy organizada, y a todas luces, ineficaz. Hay que reforzar la defensa y una vez que esté sólida, podremos empezar a atacar.

### Desafío 1. Sostenibilidad

El primer desafío al que nos enfrentamos es la sostenibilidad. Frecuentemente se habla de sostenible y no sostenible. Pero en realidad habría que referirse a certificado y no certificado. Hay mucha producción sostenible que no está certificada, más eso no quiere decir que no lo sea. Los productores deben darse prisa en certificarse.

Lo importante no es el coste de dicha certificación y la prima de sostenibilidad, sino el coste de no estar certificado, ya que no se puede vender a todos los mercados. Para la industria alimentaria, el mayor coste es tener que usar otra materia prima en lugar de aceite de palma sostenible.

Actualmente, hay aproximadamente 12.3 millones de toneladas certificadas por la Mesa Redonda de Aceite de Palma Sostenible (RSPO, por su sigla en inglés), que corresponde a un 17 % de la producción

global. En 2017, solo se vendieron 6.2 millones, principalmente en Europa.

Además de la RSPO, tenemos la Certificación Internacional de Sostenibilidad y Carbono (ISCC, por su sigla en inglés) para biocombustibles. Esto es solo para Europa por requerimiento de la Directiva de Energías Renovables (RED I). Todo lo que llega al continente, aproximadamente 3.5/4.0 millones de toneladas, debe ser certificado por ISCC. Mucha palma de aceite RSPO también es ISCC.

De 2.7 millones de toneladas de palmiste, se vendieron unas 2.2 millones de toneladas. Una vez molido, suponen 1.2 millones de toneladas de aceite, es decir, el 16 % de la producción.

Hay que consumir sostenible, pero también hay que producir sostenible. Es una tarea de todos las partes, consumidores y productores.

En Latinoamérica, hay hoy aproximadamente 800 mil t de aceite de palma con RSPO, y se piensa llegar a casi dos millones en 2020. El aceite de palma importado en Europa se certifica cada vez más sostenible y trazable. Las empresas que aplican políticas NDPE (No deforestación, sin turba, sin explotación) en Malasia e Indonesia, operan una capacidad combinada por año que representa el 74 % de la capacidad total en estos países, y se estima que cubren el 65 % en el resto del mundo.

En Europa, 60 % de las aproximadamente 3.6 millones de toneladas de aceite de palma que se refinan son

certificadas, y los volúmenes de aceite de palma y aceite de palmiste que fueron trazables alcanzan el 96 %.

¿Por qué atacar a un *commodity* y no a una práctica? ¿Cuál es el problema en Sur y Centroamérica? Es muy injusto considerar la palma como no sostenible.

La sostenibilidad no debería ser solo para la palma de aceite. También para la soya, madera, carne, leche, algodón, café, cacao, manteca de karité, etc.

### Biocombustibles

RED I: vigente hasta finales de 2020.

Máximo el 7 % de biocombustibles de primera generación pueden proceder de materias primas alimentarias, y el 1,5 % de residuos o desechos. Se llaman biocombustibles avanzados o de segunda generación porque cuentan doble. El aceite de palma tiene que provenir de zonas no deforestadas después de enero de 2008 y debe ser obligatoriamente sostenible al 100 % (el estándar más utilizado es el ISCC).

Según un estudio realizado por la Comisión Europea en el periodo 1990/2008, en el mundo se defo-

restaron 239 millones de ha, de las que 69,3 % fueron causadas por la agricultura y de estas solo 5,5 % por la palma de aceite. No obstante, hay que decir que mucho más ha sido deforestado después de esa fecha.

Europa tiene tres instituciones:

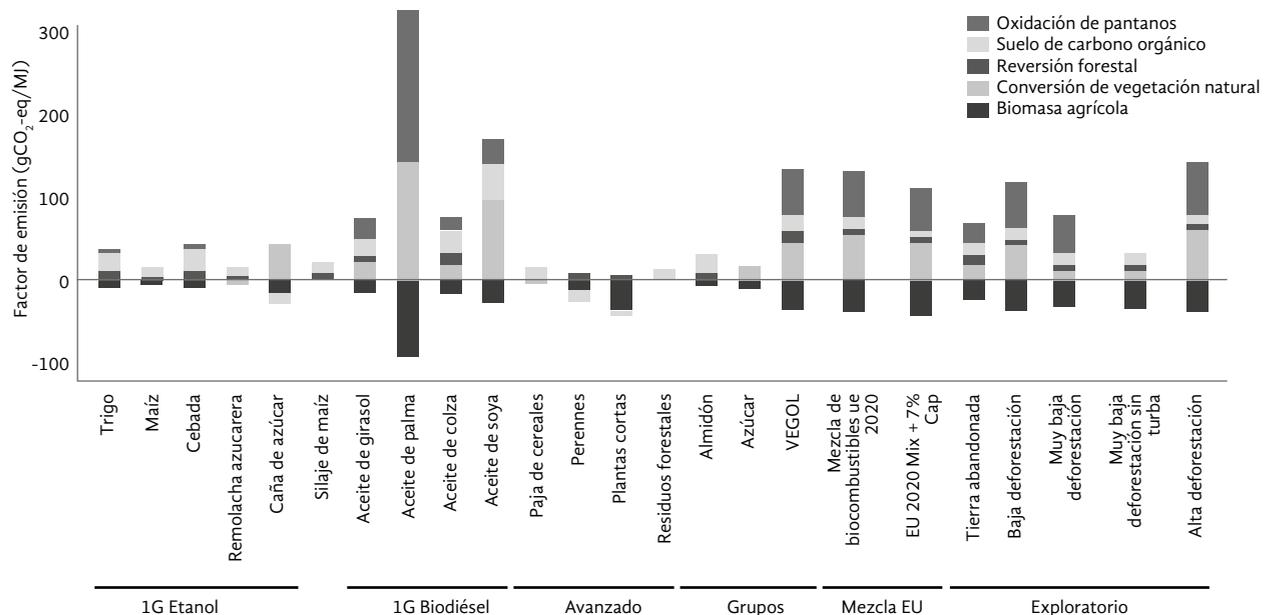
- Comisión (interés común, propone las directivas en concreto la RED II)
- Parlamento Europeo (voz del pueblo, partidos políticos)
- Consejo (voz de los países)

La Comisión planteó, inicialmente, una reducción en los biocombustibles a partir de 2021 de forma gradual hasta 2030, del 7 al 3,8 %. La razón era que provocaba deforestación, basado en el informe GLOBIOM. Este, es un estudio que calcula las emisiones provocadas por el cambio en el uso de la tierra, resultante de la demanda adicional de biocarburantes en Europa (Figura 3).

En febrero de 2018 el Parlamento votó a favor de la prohibición del aceite de palma después de 2020. A partir de esto, se produce un trípulo,

**Figura 3.** Emisiones por cambio de uso de la tierra por escenario.

Fuente: [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/Final%20Report\\_GLOBIOM\\_publication.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/Final%20Report_GLOBIOM_publication.pdf)



que supone una negociación entre las tres instituciones. Este finalizó en junio de 2018 con las siguientes conclusiones:

- Biocombustibles primera generación limitados al 2020.
- Biocombustibles de materias primas con alto riesgo de cambio indirecto del uso de la tierra (ILUC, por su sigla en inglés): nivel congelado al 2019. La palma de aceite es hoy considerada de alto riesgo por el informe GLOBIOM.
- La Comisión debe desarrollar un Acto Delegado el 1 de febrero de 2019 para definir qué es alto riesgo y bajo riesgo de ILUC.
- La Comisión debe desarrollar un Segundo Acto Delegado el 1 de septiembre de 2023 para revisar criterios. Si la palma de aceite parte mal después de la primera acta, difícilmente se revisaría el criterio.
- Eliminación gradual de las materias primas de alto riesgo de ILUC desde 2023 hasta 2030.
- Todos los biocombustibles serán eliminados a finales de 2030 (a no ser que haya una RED III que los autorice a partir de 2031).

¿Qué deben hacer los países productores?

- Unirse para ayudar a la Comisión Europea a demostrar las bondades del aceite de palma y que no es de alto riesgo de ILUC.
- Llegar a un compromiso de prohibición de deforestación y de siembra en *peatlands*.
- Legislar en los países para respetar las áreas de alto valor de conservación y altas reservas de carbono (HCV y HCS, respectivamente, por su sigla en inglés).
- Demostrar respeto por la biodiversidad, la flora y la fauna.
- Culpar a los europeos de los males de la palma de aceite no ayuda. Esto es lo que los países han hecho hasta ahora: hacer declaraciones de que los europeos estamos en contra de la palma de aceite, cosa que no es completamente cierta. La verdad es que se quiere que se respete la biodiversidad. Y aunque fuese cierto, lo que hay que hacer es demostrar que se respeta.

## Desafío 2. Nutrición, salud y seguridad alimentaria

1. La demanda de aceite de palma en Europa está bajando debido a la mala imagen:

- 3-MCPD/GE
- Ácidos grasos saturados
- Acido palmítico

2. En cuanto a la demanda mundial:

- Observamos una desaceleración en el consumo alimentario.
- Cada día hay menos población mal alimentada y más población con sobrealimentación.
- Comemos ya demasiadas calorías y también demasiadas grasas.

Según la FAO, en Latinoamérica, que tiene 626 millones de habitantes:

- 34 millones pasan hambre.
- 360 millones sufren sobrepeso (57,5 %).
- De estos últimos, 140 millones son obesos (22,4 %).

Las cifras en Europa son alarmantes también. Tenemos 15 % obesidad + 45 % sobrepeso. Es decir, el 60 % de la población abusa (Figura 4).

Según la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos, la recomendación de ingesta diaria de calorías, es la que aparece en la Tabla 1.

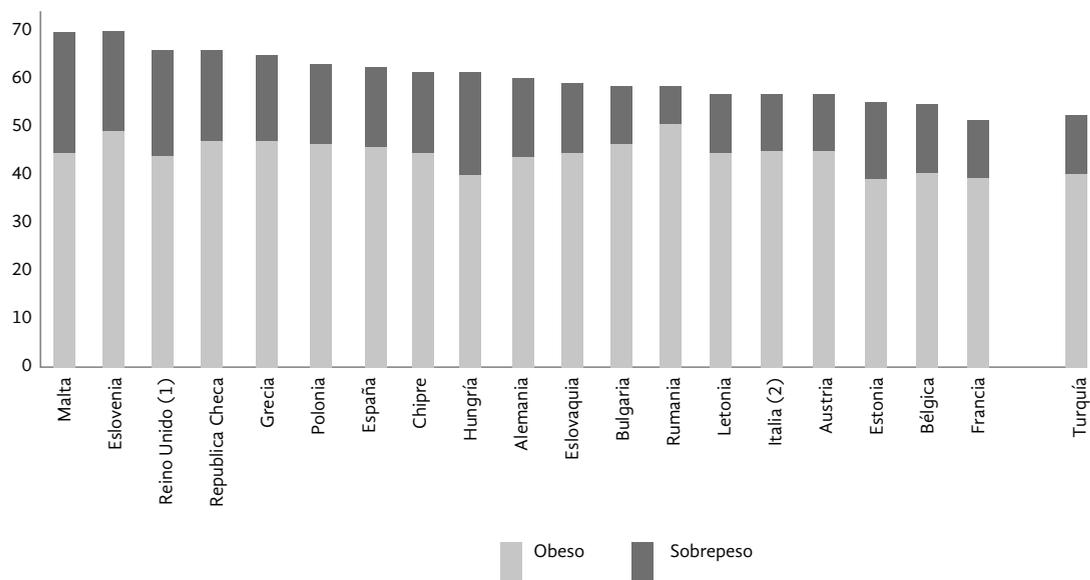
Por tanto, podemos determinar que la ingesta diaria está en torno a una media de 2.400/2.600 kcal. Sin embargo, igualmente observamos que la cantidad de personas que está por debajo de eso es cada vez menor (Tabla 2).

Incluso China e India ya están por encima. Solo los países en conflicto tienen problemas de malnutrición.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la población mundial crecerá más de 27,6 % hasta 2050 así:

- 2018 – 7.6 billones
- 2030 – 8.5 billones
- 2050 – 9.7 billones

**Figura 4.** Índices de obesidad y sobrepeso de la población europea.  
 1. Inglaterra únicamente. Fuente: Health survey for england, 2009.  
 2. Fuente: aspects of daily living survey, 2009.  
 Fuente: Eurostat (online data code: hlth\_ehis\_de 1)



**Tabla 1.** Ingesta diaria de calorías.

Categoría	Edad	Peso kg	Altura cm	Proporción de metabolismo basal (kcal/día)	Ingesta diaria de kcal		
					BMR	Por kg	Por día
Infantes	0,0-0,5	6	60	320	-	108	650
	0,5-1,0	9	71	500	-	98	850
Niños	1-3	13	90	740	-	102	1.300
	4-6	20	112	950	-	90	1.800
	7-10	28	132	1.130	-	70	2.000
Hombres	11-14	45	157	1.440	1,70	55	2.500
	15-18	66	176	1.760	1,67	45	3.000
	19-24	72	177	1.780	1,67	40	2.900
	25-50	79	176	1.800	1,60	37	2.900
	51+	77	173	1.530	1,50	30	2.300
Mujeres	11-14	46	157	1.310	1,67	47	2.200
	15-18	55	163	1.370	1,60	40	2.200
	19-24	58	164	1.350	1,60	38	2.200
	25-50	63	163	1.380	1,55	36	2.200
	51+	65	160	1.280	1,50	30	1.900

**Tabla 2.** Población con una ingesta diaria menor a la media.

kcal/persona/día	Población (millones)								
	1965	1975	1985	1998	1998	2015	2015	2030	2030
Por debajo de 2.200	1.893 a	2.281 a	558	571	10 %	462	6 %	196	2 %
2.200-2.500	288	307	1.290 b	1.487 b	25 %	541	8 %	837	10 %
2.500-2.700	154	141	1.337 c	222	4 %	351	5 %	352	4 %
2.700-3.000	302	256	306	1.134	19 %	2.397 b	33 %	2.451 b	30 %
Más de 3.000	688	1.069	1.318	2.464	42 %	3.425 c	48 %	4.392 c	53 %
Total mundial	3.325	4.053	4.810	5.878		7.176		8.229	

Con esta tasa de aumento, se requerirá un 50 % más de alimentos. Yo sinceramente pongo en duda esta última afirmación. ¿Por qué? En primer lugar se va a producir un envejecimiento poblacional. Las personas de mayor edad consumen menos calorías que los jóvenes y adolescentes. Segundo, creo que hoy se tienen alimentos para todos, el problema es la distribución.

De todas formas, todavía, demasiadas personas pasan hambre: 777 millones en 2015 y 815 millones en 2016. ¿Cómo puede ser que la cifra haya aumentado? La mayoría sucede en lugares en donde hay conflictos.

### Productividad y eficiencia vs. deforestación

Consideramos que es necesario nunca más deforestar. El crecimiento de la producción ha de venir por mayor eficiencia, no por expandir el área de producción.

El mundo necesita más comida... pero menos de lo que se piensa. Hoy hay que destinar gran parte al biodiésel. ¿Por qué? Porque no hay manera de comerse todo lo que se produce. Decimos que el aceite de palma es el de mayor consumo en el mundo. Sin embargo, habría que diferenciar lo que va a alimentación y lo que se destina a otros usos. En realidad, posiblemente entre el 75 y 80 % del aceite de palma se emplea en consumo humano, el resto en oleoquímica y biodiésel.

El mundo produce lo que se necesita, pero se reparte mal. Según la FAO se desperdicia un tercio de los alimentos que se producen.

Por otro lado, hay mucha obesidad y sobrepeso debido al exceso de calorías. Entonces, necesitamos comer menos pero mejor, y tirar menos comida.

¿Cómo mejoramos la productividad?

- Replantando variedades como alto oleico (híbrido OxG), y con mayor producción de fruta de mejor calidad.
  - Reemplazando palmas de aceite viejas que ya producen poco. El 50 % en Malasia y el 55 % en Indonesia son plantaciones muy antiguas. Aunque en este último existe un fondo de ayuda para replantar, se está haciendo muy poco. En 2017 solo unas 20 mil ha se han renovado y esto supone una inversión del fondo de apenas unos 40 a 50 millones de dólares.
  - Recolectando con mejores prácticas.
  - Extractando más rápido: a menor acidez, mayor cantidad de aceite refinado.
  - Implementando herramientas de mejora de la eficiencia con la ayuda de la inteligencia artificial. Por medio de esta se puede:
    1. Prevenir enfermedades.
    2. Emplear fertilizantes y pesticidas de manera más eficiente, con la mejora en el uso del agua.
    3. Avanzar en la sostenibilidad por una menor huella de carbono del aceite de palma.
- Hoy en el mundo existen 17 millones de ha de palma de aceite. El rendimiento está estancado. Si tuviéramos que sustituirla por otros cultivos, las

hectáreas necesarias serían muchísimas más, tanto como nueve veces para soya o cinco para colza o girasol (Figura 5). Esta superficie no existe en el mundo y si así lo fuera, el consumo de agua, fertilizantes y pesticidas haría que la huella de carbono general aumentara.

Si logramos pasar de 3,8 t/ha de rendimiento de aceite de palma a 4,5 o 5, la huella de carbono disminuiría sustancialmente. Demostraríamos a la Comisión Europea que este contribuye al descenso de emisiones, y que harían falta más hectáreas de otros cultivos para producir el aceite necesario. El único camino es aumentar la productividad, no la superficie.

## Nutrición, salud y seguridad alimentaria

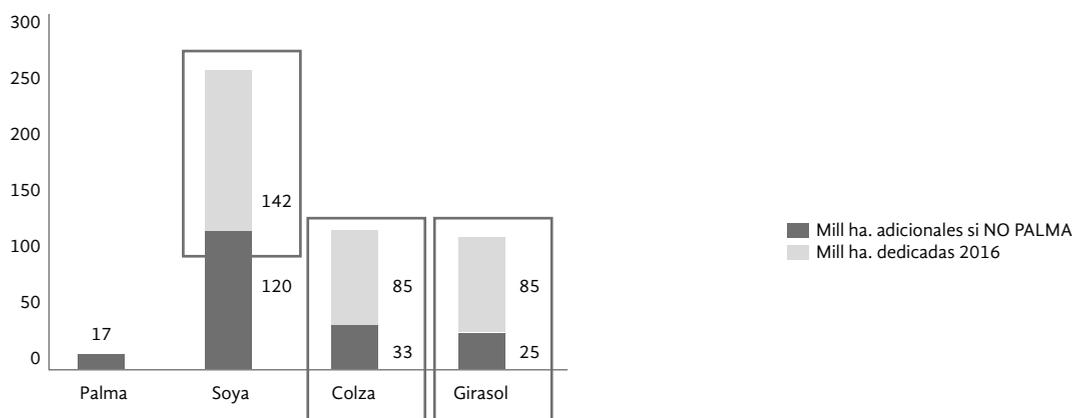
### Ésteres de 3-MCPD y glicidol

El aceite de palma ha sido acusado de tener estos contaminantes que se adquieren tras el proceso de refinación. Los demás aceites también los producen, aunque en menor cuantía. En primer lugar, debemos decir que estos son mitigables al 100 %.

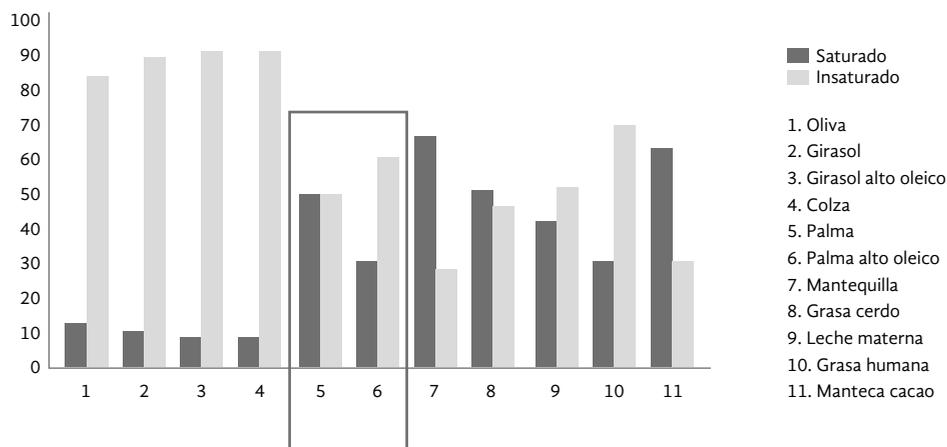
Por tanto, hay que mejorar la producción del aceite crudo con:

- Procesamiento más rápido de la fruta para tener una menor acidez.

**Figura 5.** Hectáreas necesarias para reemplazar la palma de aceite por otros cultivos.



**Figura 6.** Ácidos grasos de aceites.



- Limitar el uso del fertilizante cloruro de potasio.
- Y también se debe mejorar el proceso de refinación con uno “especial”.

La pregunta ahora es si es mitigable, ¿por qué no lo hacemos?

Les ruego nos pongamos de acuerdo todos en hacerlo. Mitiguemos un contaminante potencialmente cancerígeno. ¿Lo sabemos y no lo hacemos?

### Ácidos grasos saturados

Hay que defender que el aceite de palma no es una grasa 100 % saturada, solo 50 % lo es (Figura 6). En todo caso, los saturados son necesarios porque no oxidan nuestro cuerpo que convierte los carbohidratos en ácidos grasos saturados (lipogénesis de novo), concretamente en ácido palmítico.

Las recomendaciones dadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la ingesta diaria calórica son:

- Saturados: máximo 10 %
- Poliinsaturados: máximo 10 %.
- Monoinsaturados: el resto.

### Ácido palmítico y el cáncer

El aceite de palma es la mayor fuente de ácido palmítico del mundo, aunque todas las grasas lo contienen (Figura 7). El Instituto de Investigación Biomédica de Barcelona (IRB), determinó que acelera la metástasis del

cáncer. Para llegar a esta conclusión, alimentó ratones con 100 % ácido palmítico de origen animal. Es preciso anotar que los ácidos grasos que comemos los humanos no son solo palmíticos, ya que consumimos variado. Por otro lado, cuando una persona contrae cáncer se le recomienda una dieta hipocalórica en azúcares y grasas.

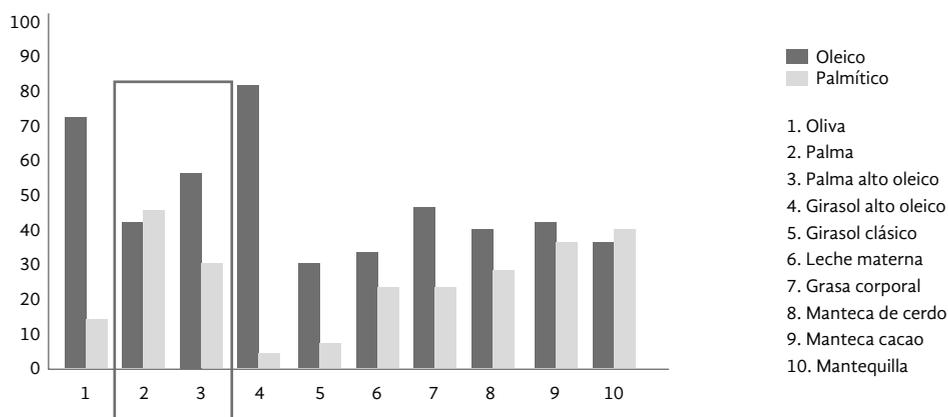
Recordemos que en Colombia, la variedad de aceite de palma alto oleico tiene un 33 % menos de ácido palmítico que el común.

### Consumo de aceites y grasas en la UE

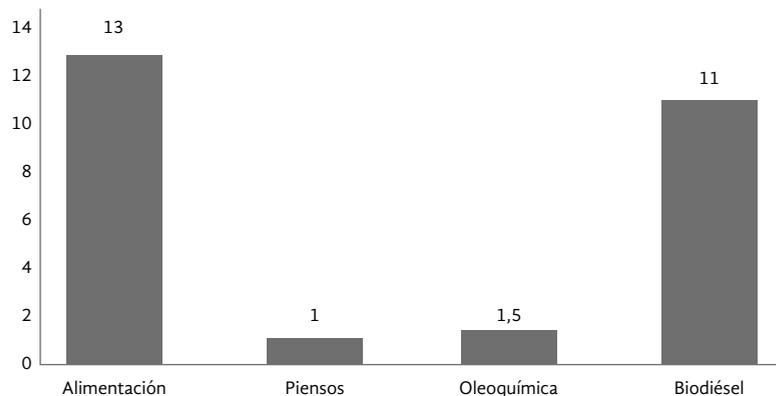
De los 27 millones de toneladas de grasa que se consumen en Europa, aproximadamente 13 millones son para alimentación humana y 11 millones para biodiésel. En alimentación, el principal aceite consumido es el de girasol con 3.6 millones de toneladas, seguido de la colza con 3.4 millones y la palma con 2.3 millones (Figuras 8 y 9). El consumo de aceite de palma para alimentación no para de bajar desde 2009-2010, mientras que el de biocombustibles se ha disparado. Por eso no se ha notado el descenso en sus importaciones en Europa (Figura 10).

Debemos hacer algo para parar esta caída en las ventas para alimentación. Si la producción de aceite de palma en el mundo está subiendo y la demanda se estanca o baja, ¿qué es lo que va a pasar con los precios? El precio de equilibrio va a bajar y esto nos perjudicará a todos, sobre todo a los productores. Por tanto, es preciso hacer un esfuerzo por promover el consumo de aceite de palma (Figura 11).

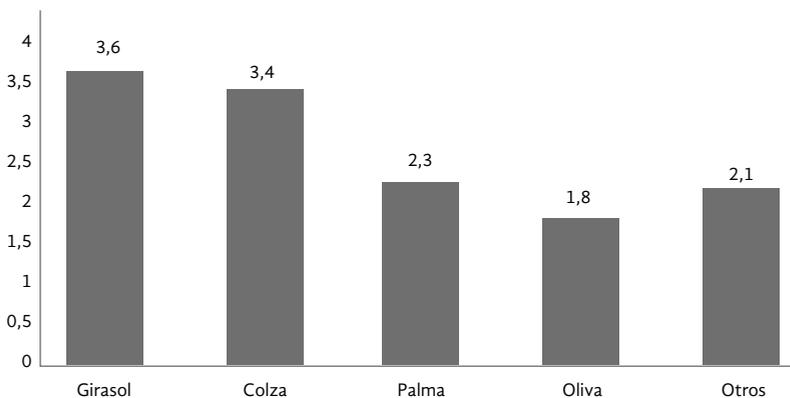
**Figura 7.** Contenido de ácido palmítico y oleico de las principales grasas.



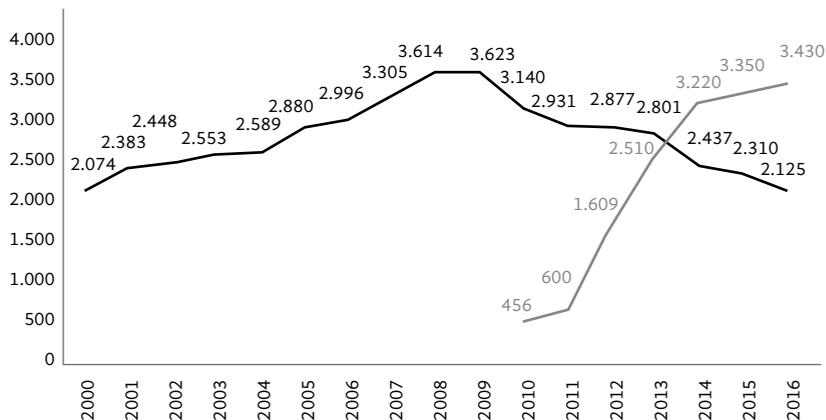
**Figura 8.** Consumo de toneladas de grasas en Europa, según sector, expresadas en millones.



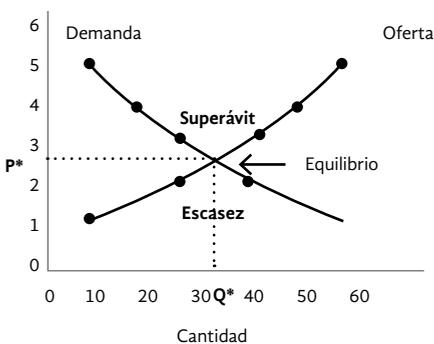
**Figura 9.** Consumo de aceites en el sector de alimentos europeo, expresado en millones.



**Figura 10.** Consumo de aceite de palma para alimentación vs. para biocombustibles.



**Figura 11.** Consumo de aceite de palma para alimentación vs. para biocombustibles.



## Grave proGrave problema de imagen

Tenemos un grave problema con la palma de aceite. Hoy hay una campaña de "infoxicación". Se vende miedo. La gente comprende blanco y negro pero no el gris, es decir lo que es bueno o malo. En la alimentación todo es bueno o malo, según la dosis. Ya lo dijo Paracelso, "*Sola dosis facit venenum*" (La dosis hace el veneno).

- La gente no cree en la frase "No es dañino para la salud", prefiere la expresión "Beneficia tu salud". Y aquí tenemos que cambiar el chip.
- ¿Las redes sociales valen más que la evidencia científica?
- En la TV y prensa, salen pseudocientíficos, tertulianos, emitiendo *fake news*, metiendo el miedo en el cuerpo a la gente, desinformando, "infoxicando".
- Hay una serie de *lobbies* de diversos sectores e intereses de los países productores de otros aceites. Es decir, demasiada gente en contra.
- La conclusión es que el consumo para alimentación está a la baja, debido a la imagen negativa.
- ¿Cómo podemos cambiar el negocio de la palma de aceite? Si hacemos lo mismo tendremos los mismos resultados, así que debemos implementar algo diferente.

## Realidad

No nos engañemos. ¿Qué productos llevan aceite de palma? La comida indulgente, la que es prescindible y la que se consume por PLACER. El ser humano es el único animal que come por placer.

El aceite de palma se relaciona con:

- Azúcar y harina (aceite de palma + carbohidratos).
- Margarinas para pastelería (cada vez se consume menos margarina de mesa en Europa).
- Galletas.
- Cremas de chocolate para untar.
- Coberturas de chocolate y nata vegetal (palmiste).

Está bajando el consumo de los productos que llevan aceite de palma. La gente quiere menos fritos,

menos productos con azúcar, más proteínas y menos carbohidratos y grasas.

Hay una campaña organizada que favorece el consumo de girasol en Europa, fundamentalmente. Si el consumidor no quiere aceite de palma, lo hace saber al supermercado y este intenta obligar a la industria a buscar una alternativa, provocando mayores costes. Los otros aceites subirán de precio, habrá menor disponibilidad y finalmente no se mejorará la salud del consumidor por el cambio de grasa. Por otra parte, las industrias alimentaria y de refinación quedarán afectadas, debido a los menores volúmenes. También las plantaciones porque a menos ventas, el precio cae.

Pero ¿van a dejar de producir? NO. La solución es vender a otros países a precios más económicos, o pasar a la producción de biodiésel. ¿Quién sale ganando? El resto de sectores. ¿Vamos a dejar que los *lobbies* nos ganen?

## EPOA e iniciativas nacionales

La industria de refinación Europea fundó la Alianza Europea del Aceite de Palma (EPOA, por sus siglas en inglés). También se crearon algunas iniciativas nacionales, por parte de las industrias consumidoras de aceite de palma y los refinadores con ayuda de plantaciones, debido a que la problemática es distinta en cada país. Un ejemplo es la Fundación Española del Aceite de Palma Sostenible (Figura 12). Así nos estamos defendiendo, con los pocos medios que tenemos. Pero necesitamos ayuda.

## La crisis del aceite de colza y de orujo

Quiero referirme a algunos casos que han sucedido en España en los últimos 40 años. Hace 37 hubo una grave crisis con el aceite de colza por adulteración, que no fue causada por este. Aún hoy no se ha recuperado su consumo en España, pues muchas personas continúan con la percepción de que la colza es nociva. Por tanto, la industria no la utiliza. La situación no ha cambiado porque nadie ha estado interesado en hacer una promoción de este, y ninguna empresa va a arriesgar su imagen poniendo en su marca aceite de colza.

Hace 16 años, también en España, se presentó lo mismo con el aceite de orujo. Debido a la presencia

**Figura 12.** Algunas iniciativas para defender el aceite de palma en Europa.



European  
Palm Oil Alliance

de alfa benzopirenos, se tuvo que retirar de los supermercados y recoger las cantidades exportadas. Aún no se recupera su consumo y apenas si se encuentran botellas en las tiendas.

¿Por qué? No ha habido interés en hacer promoción. A pesar de que los refinadores conocían la existencia de los contaminantes, no los eliminaron. Era posible, pero no se hizo por su coste económico.

Ahora con el aceite de palma, se conoce que contiene contaminantes, que se pueden mitigar, pero no se hace. ¿Por qué? Por su coste económico. Mientras tanto, su imagen continúa deteriorándose.

### Evidencia científica

Tenemos que demostrar científicamente que la palma no es nociva y que puede ser sostenible. Pero el consumidor no cree mucho en la evidencia científica. Pensemos en lo que ha pasado años atrás con la campaña antigrasas por el colesterol. La culpa era de las grasas, cuando ahora parece que es del azúcar.

Durante años, se consideró que el pescado azul era malo para la salud. Ahora es buenísimo por el omega 3.

Igualmente, al aceite de oliva se le quiso tachar de grasa nociva. Hoy en día es la panacea de la alimentación sana.

Los organismos genéticamente modificados (GMO, por su sigla en inglés), no existen en Europa. Nadie quiere arriesgar su marca metiéndolos en sus productos.

No obstante, aunque el consumidor no crea en la evidencia científica, pero si en un bloguero o en un youtuber, hay que demostrarlo.

### ODS Naciones Unidas

Es fundamental probar cómo la palma de aceite contribuye al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Naciones Unidas (ODS) (Figura 13).

Hay que aprender a COMUNICAR, cosa que el sector hasta ahora no ha hecho.

- ODS 1 y 2: la palma reduce el hambre y la pobreza.
- ODS 3: da salud y bienestar.
- ODS 4: proporciona calidad de la educación.
- ODS 5: contribuye a la igualdad de género.

**Figura 13.** Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.



- ODS 8: apoya el crecimiento económico.
- ODS 10: contribuye a la reducción de desigualdades.
- ODS 12: participa en la producción y consumo responsables.

¿Por qué no vendemos esto al mundo? COMUNIQUEMOS LO BUENO DE LA PALMA DE ACEITE.

## Oportunidad para el aceite de palma

El valor del aceite de palma está bajando. Ya se encuentra desde hace algún tiempo por debajo del precio del gasoil. ¿Es necesario esto? ¿Por qué sucede? Sabemos que si la demanda fuese suficiente esto no pasaría. Estamos perdiendo valor por culpa del descenso en la demanda.

No solo en los países productores sino que también en Europa, en estos momentos, nos encontramos con el aceite de palma CIF Rotterdam a más de USD 100 por debajo del gasoil (Figura 14). Es un chollo para las petroleras, pero un grave problema para los productores.

## Promoción de la palma

Quiero recordar unas recientes declaraciones de la Ministra de Plantaciones de Malasia, Teresa Kok: “Las compañías de soya gastaron hasta USD 600 millones

en cabildeo en Europa en 2017, gran parte de lo cual se destinó a publicidad negativa contra el aceite de palma; en contraste, Malasia solo gastó RM 2 millones”.

Esta cantidad coincide con la aportación del MPOC a EPOA (400.000 €). Solo supone el valor de 1.000 t de palma en el mercado. Estaremos de acuerdo que nuestro sector necesita generar demanda. Los *stocks* están altos. La demanda no acaba de remontar. Debido a esto, baja su precio relativo en USD 100 mt.

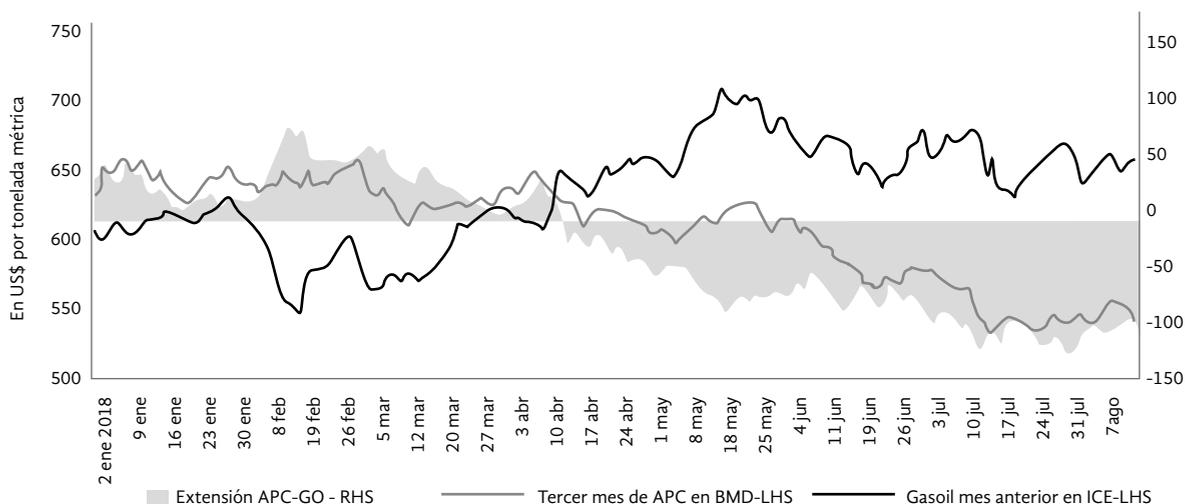
## Campaña de promoción de aceite de palma

Hagamos una “inversión” generosa e inteligente en promoción. Propongo USD 10 mt de aceite de palma y palmiste producido. Algunos dicen que es mucho. Yo les demuestro que no: se producen 80 millones de t de aceite de palma y palmiste. Estamos en un sector de USD 50 billones. Supone invertir USD 800 millones el primer año. Y hasta que no sea necesario porque la imagen y percepción hayan cambiado.

Se invierte, no se gasta en promoción. Invertimos USD 800 millones y generamos cada año USD 8 billones en mayor precio por la palma. El *payback* es de 36 días.

Hay ejemplos sobre lo que han hecho US Soybean Export Council, International Olive Oil Council y Fedepalma. Todos invierten en promocionar su producto.

**Figura 14.** Precios del aceite de palma Vs. el gasoil. APC Vs. Gasoil. APC ha tenido una tendencia más barata que el gasóleo desde abril después de que los precios del petróleo subieran debido a las ganancias en el crudo Brent por los recortes en el suministro de la OPEP, mientras que los futuros de CPO cayeron en la caída mensual sucesiva de las exportaciones.



## Fondo Indonesia

Indonesia creó un fondo con dos objetivos: subvencionar la resiembra de hectáreas a pequeños productores y el biodiésel. Porque no hay demanda suficiente para toda la producción y queremos derivar una parte a biocombustibles, lo que está bien para el agricultor.

Cuando el POGO (precio del aceite de palma CIF Rotterdam vs. el ICE Gasoil) está a menos de 100 no es necesario subvencionar el biodiésel. No se están replantando las hectáreas que se pretendían, ni se está invirtiendo el dinero del fondo en su totalidad. Por tanto, dediquemos parte del sobrante a una campaña de promoción a nivel mundial.

## Oportunidad

Hay que decir bien alto que la palma de aceite no es cancerígena, no acelera la metástasis, no es la causa de la diabetes, ni el origen de las enfermedades cardiovasculares y el colesterol.

Que el ácido palmítico no es malo. El cuerpo humano lo genera. Lo tienen la leche materna, los aceites de cereales como el trigo, el maíz y el arroz, el chocolate (esto la gente lo olvida o lo quiere olvidar, porque, está tan bueno...).

Debemos educar al consumidor en nutrición por lo que propongo:

1. Subvencionar academias en Europa sobre nutrición.
2. Establecer acuerdos con gobiernos, ministerios de salud, hospitales, universidades, ayuntamientos...

Hay que generar una base de datos mundial sobre las propiedades del aceite de palma pues la información está dispersa y cada país va por su lado. ¿Para qué está el Consejo de Países Productores de Aceite de Palma (CPOPC)?

## Lanzamiento botella de aceite de palma rojo alto oleico

**Objetivo:** dar notoriedad al producto. Que el consumidor conozca el aceite de palma, que lo vea. Hasta ahora era invisible, nadie sabía que lo consumía.

Dar a conocer sus propiedades

- 55 % de contenido de ácido oleico.
- 33 % saturado.
- 30 % palmítico (como la leche materna y la manteca de cacao).
- Mayor fuente del mundo de provitamina A (betacaroteno) por lo que evita la ceguera infantil, y vitamina E (tocoferoles y tocotrienoles) que es el mejor antioxidante.
- Contenido de coenzima Q10

Una cucharada al día es beneficiosa para nuestra salud.

## Conclusiones

- El aceite de palma es irremplazable. Esto lo sabemos nosotros, pero no el consumidor. Hay que comunicárselo.
- La palma de aceite es beneficiosa para los ODS.
- Es provechosa para la salud.
- La educación en nutrición es fundamental.
- Necesitamos que todas las materias primas sean sostenibles.
- Si queremos que la palma suba en consumo, su precio y su rentabilidad, entonces PROMOCIONÉMOSLA.

## Llamada a la industria y a los países productores

- Industria europea y del mundo: dejen de utilizar palma de aceite no sostenible.
- Países productores: no están haciendo suficiente esfuerzo para la defensa y promoción de vuestro producto.

Países latinoamericanos: participen activamente en EPOA y la FEAPS para ayudarnos a defendernos y comenzar a atacar.

# La revolución de los alimentos ¿Qué está haciendo su marca y qué tan rápido?\*

The Food Revolution

What is Your Company Doing to Survive and How Fast?

**PALABRAS CLAVE:** salud, cambios en el consumo, alimentos, estrategias.

**KEYWORDS:** Health, changes in consumption, foods, strategy.

\*Artículo escrito por Daniel Felipe Díaz Jiménez con base en la presentación de Fabiola de La Portilla.



**FABIOLA DE LA PORTILLA**  
Directora de Liderazgo del  
Pensamiento y Gestión del  
Conocimiento, Nielsen Global Markets  
Thought Leadership & Knowledge  
Management, Nielsen Global Markets  
México

## Resumen

En América Latina, actualmente existe una creciente preocupación por los problemas de salud (hipertensión, diabetes, etc.) que han incrementado sus niveles como resultado del sobrepeso y la obesidad. En este artículo, Nielsen compartirá hallazgos que reflejan las causas de esta alarmante situación de la salud en nuestra región, que nos han llevado a utilizar alimentos procesados con mayor frecuencia (productos con gran probabilidad de ser altos en grasa, azúcar o sal). Adicionalmente, abordaremos cómo los consumidores no están dispuestos a adoptar una actitud pasiva en la compra de sus alimentos, y exigen etiquetas más claras sobre el contenido de lo que consumen, con más información nutricional para ayudarlos a tomar decisiones saludables. Cada vez buscan con mayor intensidad alimentos naturales, frescos y orgánicos.

Los gobiernos desempeñan un papel clave en la lucha real contra el sobrepeso y la obesidad. Es por eso que no sorprende que en 2016, la Organización Mundial de la Salud (OMS) publicara una declaración invitando a cada país a tomar medidas frente a este desafío, con recomendaciones tales como la implementación de impuestos a los productos altos en calorías y un sistema de etiquetado de alimentos mucho más estricto y estandarizado. Estos cambios en el comportamiento del consumidor, sumado a las recomendaciones de la OMS, están presionando a los gobiernos para crear discusiones y prestar atención al problema, llevando a las compañías de alimentos en todo el mundo a mejorar de forma proactiva los beneficios saludables de sus productos. La salud, la tecnología, la sostenibilidad y la conveniencia, hoy están más que nunca en la mente del consumidor. Resulta clave adaptar nuestra estrategia a este mundo cambiante y volvernos más responsables de la fabricación y distribución de nuestros productos. A continuación, Nielsen aborda las principales estrategias de las compañías globales, para hacer frente a este problema sin perder volumen o rentabilidad.

## Abstract

Health concerns (hypertension, diabetes, etc.) are currently growing in Latin America due to increased overweight and obesity rates. In this session, Nielsen will share findings that show the causes of these alarming issues in our region, such as the frequent intake of processed foods (products that are likely to contain more fat, sugar, or salt). We will also address the topic of how consumers are no longer willing to take a passive position when buying food and demand clearer labels on the contents of what they eat, as well as more nutritional information to help them make healthy decisions. Consumers are actively demanding natural, fresh, and organic food.

Governments play a key role in strongly combatting overweight and obesity rates. Therefore, it is not surprising that in 2016 the World Health Organization published a statement inviting governments to take action concerning this challenge with recommendations such as imposing higher taxes on high calorie products and adopting a very strict and standardized food labeling system. These behavioral changes of the consumer, plus WHO recommendations, are putting pressure on governments to open discussions and pay attention to the issue, as well as improving the status of these health problems. Food companies worldwide are being forced to proactively improve the health benefits of their products. Today, health, technology, sustainability, and convenience are more present in the consumer's mind than ever before. The key is to adapt our strategy to this changing world and adopt more responsible product manufacturing and distribution measures. In this presentation, Nielsen will address the major strategies of global companies to cope with this problem without losing volume or profitability.

---

De acuerdo con datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), 250 millones de personas tienen sobrepeso en América Latina. De hecho, cuatro países del continente: Brasil, México, Colombia y Argentina se ubican entre los 22 con mayor número de casos a nivel mundial<sup>1</sup>. A esto hay que sumarle los cambios en los hábitos de vida, dentro de los

que se incluyen la creciente inserción de la mujer en el mercado laboral, las jornadas de trabajo más largas y la mayor urbanización, que han generado un incremento sin precedentes en el impacto de enfermedades crónicas en la población, como la diabetes, el colesterol alto en la sangre y el riesgo de hipertensión<sup>2</sup>.

---

1 Fuente: Organización Mundial de la Salud, 2014 | % de población con sobrepeso u obesidad | Países con más de un millón de habitantes.

---

2 Fuente: Enfermedades del Corazón: Federación Mundial del Corazón (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Guatemala y México)

A continuación, analizaremos la respuesta de los tres principales actores (consumidores, gobierno y empresas) al problema de salud pública.

El 58 % de los latinos tiene sobrepeso, frente al 57 % de los colombianos; el 52 % de los latinos consideran que no están en su peso ideal, frente al 43 % de los colombianos, y el 56 % de los latinos están tratando de perder peso, frente al 52 % de los colombianos (Nielsen, 2015). La respuesta de los consumidores a esta realidad, se dirige más hacia el cambio de dieta que hacia la realización de actividad física, lo que impacta principalmente al sector alimenticio. Esto se refleja en una mayor conciencia de sus elecciones alimenticias, estando más informados, prefiriendo alternativas locales, naturales y orgánicas, y teniendo mayor disposición a pagar más por alimentos que promuevan beneficios a la salud.

Como resultado, en Colombia las ventas de alimentos saludables crecen anualmente un 12,2 %, las de alimentos de la canasta familiar un 1,9 % y las de alimentos indulgentes un 1,1 %. Los consumidores comienzan a exigir la eliminación de los “ingredientes malos”, en respuesta a una mayor preocupación por el impacto a largo plazo que tienen los ingredientes artificiales en los alimentos que consumen, y a la mayor importancia que le dan a la ausencia de componentes indeseables sobre la presencia de componentes benéficos dentro de sus alimentos (Nielsen, 2015).

Por su parte, los gobiernos han sido encargados por la OMS para hacer frente a esta epidemia de sobrepeso, teniendo en cuenta que su papel es fundamental para proponer e implementar las medidas adecuadas que garanticen, que todos los ciudadanos tengan acceso a dietas más saludables y sostenibles<sup>3</sup>. Para hacerlo, pueden recurrir a herramientas *light* como diseñar guías alimentarias o reglamentar el etiquetado de los

alimentos. También a medidas más fuertes como la creación de impuestos al consumo de cierto tipo de alimentos y la restricción a la publicidad. En Colombia no se ha reglamentado el etiquetado obligatorio, los impuestos o la regulación en colegios, pero ya se ha visto interés con proyectos de ley sobre estos aspectos. Si bien aún se debate el verdadero efecto de dichas medidas en los cambios de las preferencias de consumo, es una realidad que los gobiernos seguirán legislando buscando satisfacer las necesidades de los ciudadanos, que demandan mayor transparencia. Ante esta realidad, las empresas deben diseñar sus estrategias, tratando de anticiparse y acomodarse a las nuevas preferencias de los consumidores.

Y deben ser rápidas para responder. Algunas tácticas que están evaluando e implementando son ajustar tamaños, reformular los productos, diversificar su oferta y reenfocar su comunicación. La primera responde a la realidad según la cual, los tamaños más pequeños son menos sensibles al precio. Así mismo, pueden ayudar a disminuir el consumo calórico de los consumidores.

Datos de Nielsen muestran que, mientras las barras de chocolate de gran proporción de una marca en particular tuvieron una disminución en las ventas del -0,6 %, otra que diversificó los tamaños de sus chocolates tuvo un crecimiento del 13 % en el pequeño, 0,7 % en el mediano y una reducción del -4,5 % en el más grande<sup>4</sup>. Contar con tamaños más pequeños facilita crear momentos específicos de consumo para sus productos.

Por su parte, fabricantes como Nestlé, Mars o Pepsico, están reformulando sus productos reduciéndolos en sodio, azúcar, grasa y colores artificiales. Buscan de esta manera ofrecer alimentos con buen sabor pero que no hagan daño. Esto se acompaña con una mayor demanda por transparencia en cuanto al origen de los productos, así como por un diferencial positivo en precio que los consumidores están dispuestos a pagar por alimentos saludables (Nielsen, 2015). Igualmente, las compañías han ido diversificando su portafolio, incluyendo cada vez más opciones saludables, a través de la consecución de productores especializados en este tipo de productos.

---

1 Fuente: Organización Mundial de la Salud, 2014 | % de población con sobrepeso u obesidad | Países con más de un millón de habitantes.

2 Fuente: Enfermedades del Corazón: Federación Mundial del Corazón (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Guatemala y México).

3 Fuente: Organización Mundial de la Salud - Reporte a Favor de Combatir la Obesidad Infantil.

4 Fuente: Nielsen Retail Index | Año 2016.

Otra estrategia que está siendo implementada es la de reenfocar los beneficios y las funcionalidades de sus productos, incrementando de esta manera el público objetivo al que están dirigidos. La respuesta de las empresas ha sido no quedarse quietas, y responder proactivamente a esta nueva preocupación por parte de consumidores y a los cambios en la legislación que promuevan los gobiernos.

En conclusión, la salud seguirá siendo la prioridad por parte de los consumidores, quienes preferirán modificar sus hábitos alimenticios antes de realizar actividad física. Por eso, buscarán mayor transparencia y contar con diferentes opciones para tomar mejores decisiones de consumo, aspectos en

los que los gobiernos tendrán cada vez mayor injerencia. Las compañías deben ser proactivas y prepararse para tener un etiquetado más claro y transparente, incluir ingredientes naturales, reformular sus productos y ofrecer “alimentos funcionales”. En un mercado como el latinoamericano, en el que en general, los compradores buscan alimentos bajos en grasas, el reto para las empresas del sector es encontrar la manera de comunicar todos los beneficios de estas, de una manera convincente y clara. Además, deberán aprovechar la tecnología para mejorar la experiencia de los consumidores e implementar programas de responsabilidad que reflejen la forma en que están respondiendo a las nuevas demandas.

---

## Referencia

Nielsen. (2015). Reporte Global de Salud y Bienestar.

# Rappi: cambiando el ecosistema comercial en América Latina\*

## Rappi: Changing the Retail Ecosystem in Latin America

**PALABRAS CLAVE:** transformación, hábitos de los consumidores, comercio electrónico.

**KEYWORDS:** Transformations, consumer habits, e-commerce.

\*Artículo escrito por Daniel Felipe Díaz Jiménez con base a la presentación de Juan Sebastián Ruales.



**JUAN SEBASTIÁN RUALES**  
Jefe de Ingresos, Rappi  
Chief Revenue Officer, Rappi  
Colombia

## Resumen

En un ecosistema comercial en constante movimiento, son las compañías que logran entender las necesidades reales de los consumidores y apalancan su escalabilidad en tecnología, las capaces de generar transformaciones profundas en los hábitos de los consumidores y en la forma en la que vemos y hacemos negocio. Los invitamos a conocer el caso de Rappi, empresa colombiana, que en tan solo tres años desde que fue fundada, ha logrado convertirse en una de las compañías más transformadoras del continente y de la industria, con presencia en más de seis países de la región y crecimientos sostenidos de 30 % mes a mes.

## Abstract

In a business ecosystem in constant flux, companies that manage to meet the real needs of the consumers and leverage technology for scalability, are the drivers of profound transformations in consumer habits and in the way business is conceived and done. We invite you to take learn about the case of Rappi, a Colombian company which only three years after its creation has become one of the most important game changers in the continent and its industry, and has operations in more than six countries in the region, with sustained 30% growth month to month.

Las condiciones demográficas y económicas de América Latina son similares a las de países como China e India. Por ejemplo, mientras que en América Latina hay 47 ciudades con más de un millón de habitantes, en India hay 51 y en China 147<sup>1</sup>. La desigualdad económica de los habitantes de Latinoamérica, medida a través del índice de Gini es, en promedio, similar a la de China. Finalmente, el producto interno bruto consolidado de América Latina equivale a la mitad del de China y duplica el de India; mientras que el ingreso per cápita supera el de China y cuadruplica el de India<sup>2</sup>.

Sin embargo, mientras en China el mercado *online to offline* ya despegó, en América Latina la penetración del *e-commerce* dentro de los mercados de alimentos, servicios de alimentación y farmacia, valorados en 800 billones de dólares anuales, apenas alcanza el 3 %<sup>3</sup>.

Si a lo anterior se le agrega que Latinoamérica es una región con más de 650 millones de habitantes; con un mercado aún desatendido y con altos niveles de proteccionismo; con una gran cantidad de nativos digitales; con ciudades cada vez más grandes en las que la clase media adquiere mayor protagonismo y en las que la conveniencia ha dejado de ser un lujo para convertirse en una necesidad; con ineficiencias logísticas que dificultan cubrir la “última milla” hacia el consumidor final; con bajas tasas de bancarización y con una pésima experiencia de usuario, se entiende que todos los elementos estaban dados para el surgimiento del

*e-commerce* en la región. Es así como Rappi nace a mediados de 2015, integrando una propuesta de valor basada en lo que los consumidores estaban demandando al sector comercial. Inicialmente se concentró en el segmento de alimentos, pero ha ido evolucionando, adicionando nuevos servicios que le permite convertirse en un ecosistema presente en todos los momentos de consumo de sus usuarios.

En esencia, Rappi es un ecosistema digital que sirve de intermediario entre personas con alto poder adquisitivo pero sin tiempo, y personas que tienen tiempo pero bajo poder adquisitivo. De esta manera se da un intercambio basado en la conveniencia, en la que los primeros ofrecen dinero a cambio de tiempo, mientras los segundos ofrecen su tiempo a cambio de dinero. Rappi es el intermediario entre estos dos segmentos de la población. No se presenta ninguna relación laboral entre las personas encargadas de atender las solicitudes y Rappi, al tiempo que se logra cubrir la “última milla” en la entrega de productos y servicios al usuario.

Su oferta de valor multivertical se basa en la frecuencia de uso y en la fidelidad, brindando asistencia para todos los momentos de consumo de sus clientes, como compra y entrega de productos alimenticios, farmacia, belleza y licores, billetera digital, transporte de pedidos de restaurantes, favores personales, entre otros. Su modelo de negocio gira alrededor de la solución de las necesidades de los usuarios, en los que la fuente de monetización está en el cobro del margen a los comercios asociados. Adicionalmente, otras fuentes de ingresos de Rappi, son el manejo e intercambio de información y el análisis de los momentos de consumo, la distribución de muestras de productos

1. Fuente: oficinas de estadísticas nacionales de cada país

2. Fuente: Banco Mundial

3. Fuente: Euromonitor, 2015

con base en una segmentación específica, la publicidad contextual y el posicionamiento de productos y servicios dentro de la aplicación.

Recientemente, fue valorada en más de 1.000 millones de dólares, y tienen como meta llegar a la valoración de 6.000 millones de dólares en 2019. Esto le permitió ser incluida en el grupo de las “unicornios”, del que hacen parte 270 compañías como Uber, Airbnb y Reddit. Su crecimiento exponencial la ha llevado a multiplicar por 6,5 su valor de mercado entre julio de 2017 y julio de 2018. Tiene presencia en cinco países de América Latina: Colombia,

Brasil, México, Argentina y Chile, donde se ha convertido en líder del segmento *on-demanddelivery*, superando a competidores como UberEats, iFood, Corner Shop, entre otros.

En conclusión, Rappi aprovechó las condiciones del mercado, como los nuevos hábitos de consumo, la mayor urbanización y necesidad de conveniencia, los índices de desigualdad, entre otros, para impulsar el *e-commerce* en la región, a través de un servicio en el que lo más importante es cumplirle al usuario, entregándole los productos o servicios que solicite, en poco tiempo y en el lugar que lo requiera.

# Neuromarketing para productos saludables

## El gran reto de la industria alimenticia\*

Neuromarketing for Healthy Products  
The Great Challenge of the Food Industry



**LUIS FERNANDO RICO NAVAS**  
Director Ejecutivo MindMetrics  
CEO MindMetriks  
Colombia/Reino Unido

**PALABRAS CLAVE:** neuromarketing, reacciones, productos saludables, estrategias.

**KEYWORDS:** Neuromarketing, responses, healthy products, strategies.

\*Artículo escrito por Daniel Felipe Díaz Jiménez con base en la presentación de Luis Fernando Rico.

### Resumen

La neurociencia en los alimentos saludables es una conferencia práctica enfocada a resaltar los hallazgos más importantes, a nivel científico, del comportamiento del consumidor frente a la compra y consumo de estos alimentos. La neurociencia aplicada al consumidor o *neuromarketing*, contribuye a entender el comportamiento humano desde una perspectiva holística que involucra, por un lado, las “reacciones conscientes” (controlables por nuestra mente) con la posibilidad de ser expresadas, y por otro, las “reacciones biológicas no conscientes” (automáticas, no controlables por la razón) que no puede expresar y que son medibles mediante dispositivos científicos. La respuesta de la mente humana frente a los denominados productos saludables, ha sido una fuente de estudio científico durante los últimos años, debido a la creciente problemática de salud pública a nivel mundial. Unos de estos casos de estudio, junto con la síntesis de algunas bases neurocientíficas, serán compartidas a continuación con el fin de que se pueda comprender la incidencia que tienen los productos saludables en la mente de sus consumidores y así, lograr mejores estrategias de persuasión al momento de realizar la comercialización de los mismos.

## Abstract

Application of neuroscience to healthy foods is a practical lecture focused on the most important scientific highlights pertaining to consumer behaviour as relates to buying and consuming healthy foods. Neuroscience applied to the consumer market, or neuromarketing, sheds light on human behaviour from a holistic perspective involving, on the one hand, “conscious responses” (controllable by the mind) and, on the other, “unconscious biological responses” (automatic, not controlled by reason) which consumers cannot express but can be measured using scientific tools. The way the human mind reacts to so-called healthy products has been the focus of scientific research over the past years, given the growing public health problems in the world. Some of this research studies will be shared with the audience together with brief descriptions of neuroscience fundamentals, in order to help participants gain understanding of the influence of healthy products on the minds of their consumers and, therefore, devise better persuasion strategies when it comes to marketing their products.

El 85 % de las decisiones que tomamos durante el día son no conscientes. Basta con analizarlas. En la mayoría de casos no vienen precedidas de un análisis racional. ¿Qué vamos a desayunar? ¿Con qué pie levantarse de la cama? ¿Qué cambio realizar cuando se maneja un vehículo? Si a eso le añadimos que el ser humano por naturaleza es social, y que en sus relaciones interpersonales a veces ‘adornamos’ las cosas para aparentar frente a los demás y mantener nuestra imagen, el proceso de entender el comportamiento humano se vuelve mucho más complejo e inexacto (Universidad Santo Tomás, 2013).

El cerebro es el que le da una lógica a lo que los sentidos perciben, y por lo tanto es el que genera una respuesta frente a cualquier estímulo que reciba, en la mayoría de ocasiones a través de evocaciones y asociaciones. Así, por ejemplo, el sabor de un alimento no está en la boca, por el contrario, está en el cerebro. De la misma manera, las decisiones de compra y consumo generalmente se realizan de manera automática, sin que intervenga un proceso racional.

Todo lo anterior sirve como introducción para explicar la importancia del *neuromarketing*, la ciencia que estudia el comportamiento del cerebro y las reacciones humanas frente a los estímulos a los que está expuesto por el mercado (Rico, s.f.). Es decir que aporta desde la ciencia, el impacto que de manera inconsciente genera en el cerebro cualquier tipo de estímulo al que se ve expuesto el consumidor,

particularmente aquellos que tienen como origen la comunicación de una marca, como un comercial de televisión, cuñas radiales, discursos, sabores, sensaciones, entre otras. Esta ciencia, que se complementa con otras, permite por ejemplo que los anunciantes sean más precisos en sus inversiones, brindándoles herramientas para medir el impacto de sus piezas publicitarias, y apoyar en la construcción y diferenciación de marcas.

El *neuromarketing* tiene en cuenta que el contexto influye en nuestra percepción, por lo que en el momento de enviar cualquier mensaje se deben tener presentes los diferentes sentidos que son estimulados en un momento dado. Si bien el 80 % de lo que percibimos durante el día lo hacemos por los ojos, los otros sentidos también pueden influir. Así, por ejemplo, el color incide particularmente en nuestra apreciación de los alimentos, por lo que la selección de este puede ser clave en la difusión de un mensaje relacionado con un restaurante o una comida. Lo anterior se puede evidenciar revisando las piezas gráficas de las cadenas de comida rápida más reconocidas a nivel global. De hecho, un experimento de *eye tracking* demostró que tan solo el 10 % de la atención visual de un visitante a un restaurante de comidas rápidas estaba dirigida hacia los productos basados en vegetales, resaltados en el menú con color verde. En cuanto al sentido del olfato, es famoso el caso de una entidad financiera en Colombia cuyos

locales tenían una fragancia muy particular, que generaba buena recordación. De la misma manera, la música complementa la experiencia de compra, lo que se demuestra comparando la música de ambiente de un almacén de cadena frente a uno de ropa juvenil, por ejemplo. Mientras el primero busca dar calma y lograr que las personas no se apuren y así compren más, el segundo busca dar una imagen de vitalidad, similar a la que se quiere comunicar con los productos.

En conclusión, el *neuromarketing* es una ciencia que busca asociar las respuestas conscientes y no conscientes del cerebro frente a los diferentes estímulos que se le presentan, teniendo en cuenta que la

gran mayoría de las decisiones que toma el ser humano durante el día son no conscientes, pues en ellas no media ningún proceso racional. Para cualquier empresa o industria, particularmente en proceso de creación y de búsqueda de posicionamiento, generar piezas publicitarias que apelen al plano emocional más que al racional, puede ayudar a suscitar mayor empatía con el consumidor, y diferenciarlo de las demás empresas e industrias presentes en el mercado. Comunicar desde lo racional es la práctica adoptada tradicionalmente en el mundo. Conocer mejor a los consumidores y su respuesta a los estímulos permitirá tener una conexión más directa con ellos.

---

## Referencia

- Universidad Santo Tomás. (2013). I Seminario Internacional de Marketing. *Neuromarketing: Mitos y Verdades*. Bogotá. Disponible en: [http://facultadmercadeo.usta.edu.co/images/documentos/MEMORIAS\\_DEL\\_EVENTO\\_I\\_SEMINARIO\\_INTERNACIONAL\\_DE\\_MARKETING.pdf](http://facultadmercadeo.usta.edu.co/images/documentos/MEMORIAS_DEL_EVENTO_I_SEMINARIO_INTERNACIONAL_DE_MARKETING.pdf).
- Rico, L. F. (sin fecha). ¿Cómo innovar a través del *neuromarketing*? Revista Compensar. Disponible en: <https://www.revistacompensar.com/comenzando/como-innovar-a-traves-del-neuromarketing/>

# Las ideas, más poderosas que las balas\*

## Ideas: More Powerful than Bullets

**PALABRAS CLAVE:** publicidad, contribución al proceso de paz, cese conflicto armado, Colombia.

**KEYWORDS:** Adversiting, contribution to the peace process, cease armed conflict, Colombia.

\*Artículo escrito por Daniel Felipe Díaz Jiménez con base en la presentación de Francisco Samper.



**FRANCISCO SAMPER**

Director Regional para América Latina  
de MullenLowe Group  
CEO MullenLowe Group Latin America  
Colombia

## Resumen

Hace apenas unos meses, el mundo fue testigo del momento histórico en el que la guerrilla de las FARC entregaba a delegados de las Naciones Unidas la última carga de armas. Así concluía su proceso de desmovilización, poniendo fin al conflicto armado en Colombia. ¿Qué papel tuvo la publicidad en el proceso? ¿Cómo puede la publicidad ayudar a hacer del mundo un mejor lugar para vivir? A lo largo del presente artículo conoceremos la relación entre esta ciencia y este momento crucial para la historia del país.

## Abstract

Just a few months ago the world witnessed the historical moment in which FARC guerrilla members handed over to the United Nations delegates their last load of arms. This event concludes the demobilization process of this guerilla group, putting an end to Colombian armed conflict. What role did advertising have in such process? How can advertising help make the world a better place to live? Throughout this article we will address the relationship between advertising science and this crucial moment in Colombian history.

El conflicto armado con la guerrilla de las FARC definió en buena medida el rumbo de Colombia durante los últimos 53 años. A él se le atribuyen 260.000 muertos y más de 8 millones de víctimas. El actuar firme de los últimos tres gobiernos, liderando a una de las fuerzas militares mejor entrenadas, no solo del continente sino posiblemente del mundo entero, debilitó a tal punto a la guerrilla que no tuvieron otra salida diferente a la de iniciar las negociaciones de paz. Sin embargo, las mismas fuerzas militares y la propia guerrilla reconocerían después, que hubo otra arma fundamental, aunque menos conocida, para llegar a ese punto: las ideas publicitarias que la agencia MullenLowe desarrolló como parte del plan militar.

Este es el testimonio de Francisco Samper, relacionado con la experiencia de haber sido un artífice definitivo en la siembra del proceso de paz, artífice creativo en poner en escena estrategias que motivaron a la desmovilización.

“Todo empezó cuando hace 10 años, a mi oficina entró una llamada del entonces Ministro de Defensa, haciendo una pregunta concisa y trascendental: *¿Podría la publicidad ayudar a desmovilizar guerrilleros?* Abrumado por esa inesperada pregunta solo atiné a responder que sí era posible, y le pedí tres cosas clave para el éxito de cualquier campaña publicitaria: consistencia, coherencia y acceso a la audiencia.

Consistencia porque se requería el compromiso que esta estrategia fuera permanente en el tiempo, es decir continuidad. Las campañas publicitarias necesitan tiempo para cumplir sus objetivos. Coherencia, es decir, conocer el producto, entendiendo exactamente cómo funcionaba el programa de ayuda humanitaria al desmovilizado, para de esta manera ser coherente con los mensajes que íbamos a comunicar. Acceso a la audiencia implicaba saber muy bien hacia quién estaba dirigida esta campaña. ¿Quiénes eran ellos? ¿Qué querían? ¿Qué pensaban? Conocer sus miedos, sus sueños. Para lograrlo, desde la agencia, tuvimos la posibilidad de entrevistar a algunos desmovilizados que ya hacían parte del programa de reinserción; y de hecho tener estas conversaciones se convirtió en un ritual. Cada vez que un guerrillero se desmovilizaba, lo entrevistábamos y conseguíamos nueva información.

Lo más importante que descubrimos fue saber que la mayoría de los guerrilleros habían sido reclutados cuando apenas eran adolescentes. Ellos crecieron viendo grupos de personas con vestidos camuflados, cargando pesadas armas en sus espaldas, imponiendo respeto entre quienes los veían. Para ellos y sus familias, era casi una ordenanza del destino tener que eventualmente llegar a ser parte del grupo armado. Algo más que aprendimos fue que mientras los líderes de la guerrilla vivían protegidos en otros países, llevando una vida de capos del narcotráfico, ellos eran dejados a su suerte en medio de la selva. Al final descubrimos que estaban tan secuestrados como los rehenes a los que cuidaban.

Más de la mitad del territorio colombiano está cubierto por selva amazónica, lo que dificultaba encontrar y capturar a los cabecillas de la guerrilla. Tras un cambio en la estrategia militar, las fuerzas armadas sabían dónde estaban ubicados los frentes del grupo armado. Sin embargo, los guerrilleros tenían órdenes perentorias de asesinar a los rehenes al primer intento de rescate, en un momento en que los secuestrados se contaban por miles. Así fue que los líderes de las fuerzas armadas ordenaron a los soldados rodearlos y aislarlos del mundo exterior. La guerrilla se quedó sin comida, ropa y medicina, mermando su moral.

Esta situación fue el detonante para desarrollar la primera gran campaña, llevando la Navidad a la selva. En Colombia, la Navidad es una fiesta que se extiende desde noviembre hasta enero, y uno de los puntos que más desmotivaba a la guerrilla era no tener la posibilidad de celebrarla por estar en la selva. Así, la agencia decidió decorar con luces navideñas diez árboles diseminados por las selvas del país, que contaban con sensores de movimiento para prenderse al paso de quienes se le acercaban. Al iluminarse develaban un mensaje invitando a los guerrilleros a desmovilizarse. El resultado fue sorprendente, motivando a 331 combatientes a dejar las armas, un 30 % más que en la Navidad anterior. El desarrollo de esta campaña demostró que una comunicación emocional era más efectiva que una racional, para lograr el incremento en los desmovilizados.

A mediados del 2011, tendrían lugar dos grandes eventos que acapararían la atención nacional, y parti-

cularmente la de la guerrilla: la Copa América de Argentina y el Mundial de Fútbol Sub-20 que se llevaría a cabo en Colombia. Sabiendo que este es el principal deporte para la guerrilla, desde la agencia se solicitó a los jugadores de ambas selecciones, la mayor y la sub-20, que dejaran mensajes para los insurgentes invitándolos a dejar las armas. Luego, estos fueron lanzados desde helicópteros a los campamentos. Dicha acción generó 511 desmovilizaciones, e incrementó la confianza de los guerrilleros hacia las Fuerzas Militares y hacia el programa de reinserción.

Para la siguiente Navidad, por información que aportaban los mismos desmovilizados, se sabía que la guerrilla no quería moverse por la selva para evitar encontrarse con los árboles iluminados. Entonces, su movilización sería navegando en los ríos. Por eso la segunda campaña se denominó “Ríos de luz”, y consistió en iluminar con unas esferas acrílicas algunos ríos del país, llevando mensajes y regalos de la comunidad en ellos.

Por su importancia estratégica, al hacerse cargo de actividades de planeación y de manejo de suministro, para el grupo armado era particularmente impactante cuando una mujer se desmovilizaba. Las guerrilleras que volvían a la vida pública, descubrieron su deseo de arreglarse y maquillarse, algo que no podrían hacer en la selva. Por eso la agencia desarrolló avisos en revistas femeninas que simulaban promocionar artículos de belleza, pero que en realidad llevaban mensajes invitando a las guerrilleras a desmovilizarse, dándoles indicaciones sobre cómo podían hacerlo. Esta acción llevó a un incremento en más del 52 % en el número de mujeres desmovilizadas.

La siguiente acción fue hacer hablar a la selva, atacando de frente las dudas y la mala imagen que algunos jefes guerrilleros estaban promoviendo entre sus tropas sobre el programa de reinserción. De esta manera, se transmitieron desde parlantes con alcance superior a los cinco kilómetros, montados en helicópteros, mensajes de guerrilleros desmovilizados contando las bondades y beneficios del programa. Esta nueva acción generó casi 200 desmovilizados en un mes. De nuevo, información de estos dio luces sobre la siguiente estrategia: para ellos, al

igual que para el resto de seres humanos, la mamá es el ser máspreciado. Convencieron a algunas madres de alzados en armas aún activos para que les pasaran fotos de sus hijos cuando eran pequeños. Con ellas, se hicieron afiches en los que se incluyó el mensaje “Antes de ser guerrillero, eres mi hijo”. Estos se pusieron en zonas de influencia guerrillera, reemplazando los tradicionales de “Se busca”, logrando casi 300 nuevos desmovilizados.

Cuando iniciaron las negociaciones de paz en La Habana, Cuba, una de las peticiones de los guerrilleros fue que, como muestra de buena voluntad del Gobierno, cesaran las actividades llevadas a cabo por la agencia, pues estaban afectando la moral de sus combatientes. Así fue que tras 10 años de trabajo, en los que se realizaron más de 400 campañas y se lograron más de 18 mil desmovilizados, se suspendieron las acciones. Tiempo después se logró la firma del Acuerdo de Paz, y la entrega del armamento de la guerrilla a los veedores de las Naciones Unidas, momento con el que inicié el artículo.

Este desafío, que cambió mi vida y la de mi agencia, nos enseñó que aplicar los principios básicos de la publicidad, además de servir para promocionar un producto o servicio, puede ayudar para hacer del mundo un mejor lugar para vivir. Que las adversidades disparan la creatividad, y que ellas mismas son las que deben generar lo mejor de las personas para hacer que las cosas pasen. Lo que parecía un imposible se logró respetando aquellas condiciones claves que impuse desde el principio: que fuera una campaña que perdurara en el tiempo, que existiera un completo conocimiento de lo que se estaba comunicando, en este caso el programa de desmovilización, y principalmente, en conocer a la audiencia y entenderla no como enemigos, sino como seres humanos. Pero a todo esto hay que sumarle un ingrediente clave, la creatividad, la misma que afloró en los momentos más difíciles y en los que más lejos parecía estar el objetivo final”.

Es así como desde la creatividad bien usada, de manera responsable y con un propósito claro, se logran resultados importantes que cambian el rumbo de vidas, de sociedades y recuperan valores.



# XIX

Conferencia  
Internacional sobre

## PALMA DE ACEITE

### Registro fotográfico







**Catálogo de expositores  
Expopalma 2018**

A



**Empresa:**  
Bureau Veritas Colombia Ltda.  
**Dirección:** Calle 72 # 7-82 piso 4  
**Ciudad:** Bogotá  
**Teléfono:** (57) 312 9191  
**E-mail:**  
bvqi.info@co.bureauveritas.com  
**Página web:**  
www.bureauveritas.com.co  
**Gerente:** Alberto Bedoya Blakeley  
**Personas atendiendo stand:**  
Juana Bonilla y Luis Martínez  
**Actividad de la empresa:** Prestación de servicios de consultoría, asesoría, capacitación, interventoría.

B



**Empresa:**  
Grupo Agencia y Logística S.A.S.  
**Dirección:** Calle 72 # 41B-09 Of. 402  
**Ciudad:** Barranquilla - Colombia  
**Teléfono:** (57-5) 385 9802  
**E-mail:** manager@algroupsas.com  
**Página web:** www.algroupsas.com  
**Gerente:** Angel Beleño  
**Personas atendiendo stand:** Angel Beleño, Jessica Peña y Nashla Farah  
**Actividad de la empresa:** ALG - Maritime Agency, es una empresa que presta servicios de representación a la industria naviera internacional. Contamos con un equipo profesional altamente calificado en procesos de importación y exportación, basados en la regulación colombiana, costarricense y guatemalteca. Con nosotros su empresa puede sentirse apoyada en todos los aspectos, ya que nuestro equipo cubre todas las fases de la cadena logística (comercial, operativa y financiera).

C



**Empresa:**  
Danco Internacional S.A.S.  
**Dirección:** Cra. 67 # 40-62 Piso 2  
**Ciudad:** Barranquilla  
**Teléfono:** (57-5) 318 5656  
**E-mail:** rodolfo@danco.co  
**Página web:** www.danco.co  
www.pexgol.com  
**Gerente:** Rodolfo Schmulson Steckerl  
**Personas atendiendo stand:** Rodolfo Schmulson y Daniel Palma  
**Actividad de la empresa:** Facilitamos la operación y el desempeño de nuestros clientes proporcionando sistemas y tecnologías que ofrezcan soluciones adecuadas, como: tuberías PEX, accesorios de electro fusión, sistemas de aspersión y contra incendios, bombas de agua, hidrolavadoras de alta presión, torres de iluminación, control de polvo, aceros especiales y cilindros hidráulicos.

1



**Empresa:** Okianus Terminals S.A.S.  
**Dirección:** Via Mamonal Km 11  
**Ciudad:** Cartagena  
**Teléfono:** (57-5) 693 0062  
**E-mail:** scorena@okianus.com  
**Página web:** www.okianus.com  
**Gerente:** Sergio Corena  
**Personas atendiendo stand:** Natalia Gomez  
**Actividad de la empresa:** Servicios.

3

**Empresa:**

Del Llano Alto Oleico S.A.S.  
**Dirección:** Carrera 9 # 77-67 Of. 701  
**Ciudad:** Bogotá D.C.  
**E-mail:**  
gerencia@dellanoaltooleico.com  
financiero@dellanoaltooleico.com  
**Página web:**  
www.dellanoaltooleico.com  
**Gerente:** Roberto Herrera Lara  
**Personas atendiendo stand:** Diana pavas y Andrés Arango  
**Actividad de la empresa:**  
Comercialización al por mayor y menos de los derivados de la Palma de Aceite.

6



**Empresa:** Oleoflores S.A.S.  
**Dirección:** Cra. 58 # 64 - 82  
**Ciudad:** Barranquilla  
**Teléfono:** 316 389 2110  
**E-mail:** ddelarosa@oleoflores.com  
**Página web:** www.oleoflores.com  
**Gerente:** Carlos Joe Murgas Davila  
**Personas atendiendo stand:** David De la Rosa Diartt y Juan Carlos Castillo Taco  
**Actividad de la empresa:** Agroindustria.

7



**Empresa:** Enlasa  
**Dirección:** 1a. Calle 18-60 Zona 4. Complejo Industrial Mayan Golf. CP: 1064.  
**Ciudad:** Villanueva, Guatemala, Centroamérica.  
**Teléfono:** (502) 3244 1520  
**E-mail:** export@gruponlaza.com  
**Página web:**  
https://gruponlaza.com/es

**Gerente:** Ing. José Antonio Pacheco  
**Personas atendiendo stand:**  
Carlos Guevara, Daniel Paillacho,  
Juan Carlos Bustamante, Fabián  
Paillacho y Jorge Pérez  
**Actividad de la empresa:** Servicios  
relacionados con actividades  
agrícolas.

8



Equipos de Análisis  
Químico y Físico

**Empresa:** Polco S.A.S.  
**Dirección:**  
Cra. 43E # 5-65 Patio Bonito  
**Ciudad:** Medellín  
**Teléfono:** (57-4) 448 05 92 – Línea  
Gratuita Nacional: 01 8000 523333  
**E-mail:** polco@polco.com.co  
**Página web:** www.polco.com.co  
**Gerente:** Iván Lentijo Rivera  
**Personas atendiendo stand:** Gina  
Casallas y Margarete de Koning  
**Actividad de la empresa:**  
Comercializadora de Equipos para  
Análisis Químico y Físico.

9



**Empresa:**  
Inputs Brokers Group S.A.S.  
**Dirección:** Cra. 106 # 15A – 25  
Edif. Business Center, Of. 410  
Zona Franca de Bogotá  
**Ciudad:** Bogotá  
**Teléfono:** (57) 743 1333  
**E-mail:**  
servicio.cliente@agrobrowsers.com.co  
**Página web:**  
www.agrobrowsers.com.co  
**Gerente:** Ibett Liliana Velandía  
Romero  
**Personas atendiendo stand:** Elías  
fernando Arevalo Rojas, Mariana  
Patiño Ruiz y Fredy Salamanca Cruz  
**Actividad de la empresa:** Venta de  
Fertilizantes.

10



**Empresa:**  
EIMPSA Eléctricos Importados S.A.  
**Dirección:** Calle 15 # 13-48  
**Ciudad:** Bogotá  
**Teléfono:** (57) 327 5222 ext.  
130/102/157  
**E-mail:** dirproyectos@eimpsa.com.co  
**Página web:** www.eimpsa.com  
**Gerente:** Jorge Guerrero Cely  
**Personas atendiendo stand:** Pablo  
Gongora y Boris Diaz  
**Actividad de la empresa:** Desarrollo  
de Proyectos eléctricos (baja, media  
tensión) y de automatización en el  
sector palmero.

11



**corona**

**Empresa:** AGROMIL S.A.S.  
**Dirección:** VDA. Buenos aires 300mts  
después del peaje gualanday vía  
bogotá-ibagué  
**Ciudad:** Ibagué  
**Teléfono:** (57-8) 378 7800  
**E-mail:** acabrerad@corona.com.co  
**Página web:** www.silicioagromil.com  
**Gerente:** Santiago Ramirez Sendoya  
**Personas atendiendo stand:** Ximena  
Natalia Núñez  
**Actividad de la empresa:** (2012)  
Fabricación de abonos y compuestos  
inorgánicos nitrogenados.

12



**Empresa:** Centro Aceros S.A.S.  
**Dirección:** Calle 80 Sur # 47F - 55  
**Ciudad:** Sabaneta, Antioquia  
**Teléfono:** (57-4) 301 2244

**E-mail:** info@centroaceros.com  
**Página web:** www.centroaceros.com  
**Gerente:**  
Juan Felipe Moreno Jaramillo  
**Personas atendiendo stand:** Carlos  
Eduardo Naranjo y Carlos Alberto  
Araque

**Actividad de la empresa:** Somos  
una empresa con más de 25 años de  
experiencia diseñando, fabricando  
e instalando soluciones integrales  
para el transporte de la cosecha  
mediante nuestros sistemas de Cable  
Vías, Sistemas de Arrastre, Pesaje, y  
Distribuidores para Palma y Banano.  
Hemos instalado más de 100.000  
hectáreas, con presencia en más  
de 30 países en los 5 continentes y  
atendiendo a productores líderes.  
Actualmente contamos con 2  
unidades de Negocio: Cable Vías y  
Aceros calibrados.

13



**Empresa:** UNICOR S.A.  
**Dirección:** Cra. 42 # 53-26  
**Ciudad:** Itagui  
**Teléfono:** (57-4) 377 9966  
**E-mail:** pvives@unicorsa.com  
**Página web:** www.unicorsa.com  
**Gerente:** Pablo Vives  
**Personas atendiendo stand:** Pablo  
Vives y Gregorio Parada  
**Actividad de la empresa:**  
Comercialización.

14



**Unipalma S.A.**  
Produce confianza

**Empresa:** Unipalma S.A.  
**Dirección:** Calle 26A # 13-97 Of. 805  
Edificio Bulevar Tequendama  
**Ciudad:** Bogotá  
**Teléfono:** 316 523 8546  
**E-mail:**  
juan.martinez@unipalma.com  
**Página web:** www.unipalma.com

**Gerente:** Francisco Bejarano  
**Personas atendiendo stand:** Juan Carlos Martínez e Ivan Erick Ochoa  
**Actividad de la empresa:** Agroindustrial.

15



**Empresa:**  
Tractocentro Colombia S.A.S.  
**Dirección:** Sede Principal  
Cra 42 66-55  
**Ciudad:** Itaguí, Antioquia  
**Teléfono:** (57-4) 444 6441  
**E-mail:** mnunez@tractocentrocolumbia.com  
**Página web:** <http://www.tractocentrocolumbia.com>  
**Gerentes General:** Richard Adrián Rivas Ramos/ r.rivas@tractocentrocolumbia.com  
**Personas atendiendo stand:** Marcelo Nuñez  
**Actividad de la empresa:** Comercio al por mayor de maquinaria y equipo Agropecuarios.

16



**Empresa:**  
Roundtable on Sustainable Palm Oil  
**Dirección:** Unit A-37-1, Menara UOA Bangsar, No 5 Jalan, Bangsar Utama 1  
**Ciudad:** Kuala Lumpur, Malasia  
**Teléfono:** +593 958 888 246  
**E-mail:** yasmina.neustadt@rspo.org  
**Página web:** [www.rspo.org](http://www.rspo.org)  
**Gerente:** Francisco Naranjo  
**Personas atendiendo stand:** Yasmina Neustadt, Francisco Naranjo y Katherine Ibarra  
**Actividad de la empresa:** Certificación de aceite de palma.

17



**Empresa:** KUBRIR  
**Dirección:** Cra. 56A # 26A-30. 104  
**Ciudad:** Rionegro-Antioquia  
**Teléfono:** 317 432 2638  
**E-mail:** gerencia@kubrir.com  
contacto@estructurasflexibles.com  
**Página web:** [www.kubrir.com](http://www.kubrir.com)  
**Gerente:** Nicolás Mauricio Jaramillo Cardona  
**Personas atendiendo stand:** Elena Cano Díaz Y Nicolás Mauricio Jaramillo Cardona  
**Actividad De La Empresa:** Diseño, construcción y mantenimiento de cubiertas flexibles.

18



**Empresa:** Industrias Acuña Ltda.  
**Dirección:** Calle 22 # 11- 61  
**Ciudad:** Bucaramanga  
**Teléfono:** (57-7) 671 8898 | 671 5237  
**E-mail:** gerencia@inal.com.co  
comercial@inal.com.co  
comercialpalma@inal.com.co  
**Página web:** [www.inal.com.co](http://www.inal.com.co)  
**Gerente:** Ángel Custodio Acuña Llanes  
**Sub Gerente:** Miguel Ángel Acuña Rodríguez  
**Personas atendiendo stand:** Ángel Custodio Acuña, Katherin Natalia Acuña y Miguel Acuña  
**Actividad de la empresa:** Empresa metalmecánica con experiencia en el diseño, fabricación, montaje, reparación y mantenimiento de equipos, piezas, máquinas y plantas industriales para la extracción de aceite de palma y de palmiste. INAL ha creado y patentado la Tecnología Avatar: Esterilización Dinámica

para la extracción sostenible de aceite de palma, aumentando la tasa de extracción al eliminar focos de pérdidas en el proceso.

19



**Empresa:**  
CMBITALY-TECHNOLOGY  
**Dirección:** Via D. Federici 12/14  
**Ciudad:** Cisterna Di Latina  
**Teléfono:** +39 06 9696181  
**E-mail:** veronique.bernardini@technoilogy.it  
**Página web:** [www.technoilogy.it](http://www.technoilogy.it)  
**Gerente:** Mario Bernardini  
**Personas atendiendo stand:** Andrea Bernardini, Leonardo Bernardini y Véronique Bernardini  
**Actividad de la empresa:** Empresa líder en ingeniería especializada en el diseño y fabricación de plantas para Extracción y Refinería de Aceites Comestibles, Oleoquímicos y Producción de Biodiesel.

20



**Empresa:**  
Fertilizantes Maya, S.A. / AGRIBOR  
**Dirección:** 13 calle 3-40 zona 10 Ed. Atlantis Nivel 16  
**Ciudad:** Guatemala  
**Teléfono:** (502) 2427 5500  
**E-mail:** agribor@mayafert.com  
**Página web:** <http://www.uhi.com.gt/en/mayafert>  
**Gerente:** Fadi Turjman  
**Personas atendiendo stand:** Monica Figueroa  
**Actividad de la empresa:** Distribución y comercialización de Fertilizantes.

21



**Empresa:** YaraColombia S.A.  
**Dirección:** Calle 11 # 94A-36  
 Edificio LG piso 3  
**Ciudad:** Bogotá  
**Teléfono:** (57) 744 1470  
**E-mail:** nidia.clavijo@yara.com  
**Página web:** www.yara.com.co  
**Gerente:** Marcelo Altieri  
**Personas atendiendo stand:** Diego Ladino y Nidia Clavijo  
**Actividad de la empresa:** Producción y comercialización de fertilizantes para palma.

22



**Empresa:** Bancolombia  
**Dirección:** Carrera 48 # 26-85  
**Ciudad:** Medellín  
**Teléfono:** (57-4) 404 4638  
**E-mail:** ezcasta@bancolombia.com.co  
**Página web:** www.grupobancolombia.com/AGRO  
**Personas atendiendo stand:** Cristian Roberto Gutierrez  
**Actividad de la empresa:** Entidad Financiera.

23



**Empresa:** Agrodinco Ltda.  
**Dirección:** Calle 22 No. 12-63, Oficina 204  
**Ciudad:** Santa Marta  
**Teléfono:** (57-5) 437 2161  
**E-mail:** malvarez@agrodinco.com  
**Página web:** www.agrodinco.com  
**Gerente:** Oscar Mauricio Alvarez

**Personas atendiendo stand:** Oscar Mauricio Alvarez Soto y Jose Alberto Silva  
**Actividad de la empresa:** Diseño, Interventoría y Construcción de Infraestructura Agropecuaria Ltda.

24



**Empresa:** Agrolevels S.A.S.  
**Dirección:** Cra. 77 # 37-19, Piso 2.  
**Ciudad:** Medellín  
**Teléfono:** (57-4) 416 8085  
**E-mail:** tabello@agrodinco.com  
**Personas atendiendo stand:** Juan Felipe Restrepo  
**Página web:** www.agrolevels.com  
**Actividad de la empresa:** sistema de gestión de información Agrolevels.

25



**Empresa:** IDEAGRO  
**Dirección:** Calle 3 # 6 -29  
**Ciudad:** Cajicá  
**Teléfono:** (57) 629 6019  
**E-mail:** omar@ideagro.com  
**Página web:** www.ideagro.com  
**Gerente:** Manuel Eraso  
**Personas atendiendo stand:** Olga Lozano y Omar Ruiz  
**Actividad de la empresa:** Fabricación maquinaria Agrícola.

26



**Company:** ISCC System GmbH  
**Adress:** Hohenzollernring 72, 50672 Köln, Germany  
**City/Country:** Cologne, Germany  
**Phone Number:** +49 221 50802010  
**Email:** info@iscc-system.org  
**Webpage:** https://www.iscc-system.org

**Manager or Executive Director:** Dr. Norbert Schmitz, Andreas Feige  
**People attending the booth:** Alexander Suarez y Juan David Vargas  
**Company activity:** International Sustainability and Carbon Certification (ISCC) is a certification system that offers solutions for the implementation and certification of sustainable, deforestation-free and traceable supply chains of agricultural, forestry, waste and residue raw materials.

27



**Empresa:** AGROSAVIA  
**Dirección:** KM. 14 vía Bogotá – Mosquera  
**Ciudad:** Bogotá  
**Teléfono:** (57) 422 7300  
**E-mail:** atencionalcliente@agrosavia.co  
**Página web:** www.agrosavia.co  
**Gerente:** Juan Lucas Restrepo Ibiza  
**Personas atendiendo stand:** Daniel Mulford y Yesid Montero  
**Actividad de la empresa:** Investigación Agropecuaria.

28



**Empresa:** INTL FCStone Financial Inc.  
**Dirección:** 1221 Brickell Avenue, 25th Floor  
**Ciudad:** Miami, Florida, USA  
**Teléfono:** 305 925 4847  
**E-mail:** albert.scalla@intlfcstone.com  
**Página web:** https://www.intlfcstone.com/Commodities/Softs/  
**Gerente:** Albert Scalla  
**Personas atendiendo stand:** Marcelo Mello, Diego Pilar y José Ignacio Murcia  
**Actividad de la empresa:** Es una empresa de servicios financieros con sede en los EE. UU. Prestamos

servicios de administración de riesgo de precios mediante el uso de herramientas como los mercados de futuros y opciones de productos básicos, así como también la de productos estructurados y de divisas. El conocimiento profundo de los mercados nos permite optimizar las estrategias para nuestros clientes. INTL FCStone fue fundada en 1924. Cuenta con 40 oficinas en 15 países. NASDAQ: INTL.

29



**Empresa:** VR Ingeniería  
**Dirección:** Cra. 126 # 17-10  
**Ciudad:** Bogotá  
**Teléfono:** PBX: (57) 426 3777  
**Fax:** Opción 9  
**E-mail:** contacto@vringeneria.com.co  
**Página web:** www.vringeneria.com.co  
**Gerente:** Ing. Hector Ricaurte  
**Personas atendiendo stand:** Ing. Brando Andrés Echeverry y Luis Adelmo Rodríguez García  
**Actividad de la empresa:** VR ingeniería cuenta con más de 30 años de experiencia en la fabricación de calderas. Suminstramos al sector industrial calderas para operación con gas, fuel oil, biogas, carbón y biomasa, y al sector "Oil & gas" intercambiadores de calor, recipientes a presión y equipos de proceso. Trabajamos día a día por ofrecer a nuestros clientes una amplia gama de productos que están diseñados a la medida de sus necesidades y que optimizan sus procesos, entregando un soporte técnico permanente que nos convierte en un aliado para la industria.

30



**Empresa:** MENART  
**Dirección:** Rue Benoit, 31  
**Ciudad:** Dour  
**Teléfono:** +32 65 61 07 60  
**E-mail:** info@menart.eu  
**Página web:** www.menart.eu  
**Gerente:** Bérengère Ménart  
**Personas atendiendo stand:** Boris Galan  
**Actividad de la empresa:** Maquinas de compostaje.

31



**Empresa:** Disan Colombia S.A.  
**Dirección:** Autopista Medellín Kl 1.6 costado norte vía Cota  
**Ciudad:** Cota  
**Teléfono:** (57) 5877788 | 3153363450  
**E-mail:** fertilizantes@disan.com.co  
**Página web:** http://www.disanlatinoamerica.com/  
**Gerente:** Mateo León Gómez  
**Personas atendiendo stand:** Diego Borrero y Alberto Mateus  
**Actividad de la empresa:** Comercializadora de Productos Químicos y Fertilizantes.

32-33-34



**Empresa:** INDUSTRIAS AVM  
**Dirección:** Km 06 Vía Girón – Bucaramanga Contiguo A Cenfer  
**Ciudad:** Giron – Santander  
**Teléfono:** (57-7) 691 7677  
**E-mail:** comercial@avm.com.co  
**Página web:** www.avm.com.co  
**Gerente:** Sara Milena Gonzalez  
**Personas atendiendo stand:** Luis Germán Rubiano, Felicia Evelyn, Edmond Chang Yee y Jean Euces

**Actividad de la empresa:** Industrias AVM S.A, es una empresa Santandereana con 24 años de experiencia en el mercado nacional e internacional, cuenta con líneas de negocios especializadas en el sector Agroindustrial, Biodiesel, Minería y de Construcción, generando a sus clientes soluciones innovadoras de ingeniería confiable. Cuenta con tecnología e infraestructura de más de 10.000 m2 con equipos de mecanizados y soldaduras que permiten introducir mejoras e innovación a sus procesos productivos con mano de obra especializada y con un laboratorio de metrología que garantiza la calidad de sus productos.

35-36



**Empresa:** Fast Industria e Comércio Ltda.  
**Dirección:** Avenida José Leonardo Santos, 1955 - São Cristóvão  
**Ciudad:** Capinzal – Santa Catarina  
**Teléfono:** + 55 (49) 3555 7250  
**E-mail:** comercial@fastindustria.com.br  
**Página web:** http://www.fastindustria.com.br  
**Gerente:** Stefano Farina  
**Personas atendiendo stand:** Jamir Eduardo Dambrós, Ivan Tozzati, Stefano Farina, Marius Juliano Farina.  
**Actividad de la empresa:** Soluciones enfocadas en optimizar procesos, transformar los residuos industriales en subproductos, disminuir el impacto ambiental, aportando una alta rentabilidad a la industria de aceite de palma. Somos especialistas en: Sistema de clarificación dinámica con Tridecanter y Sistema de recuperación de aceite en tusa vacía.

37



**Empresa:**  
Spirax Sarco Colombia S.A.S.  
**Dirección:** Carretera Panamericana  
# 3 - 150  
**Ciudad:** Jamundí, Valle  
**Teléfono:** (57-2) 514 2626  
**E-mail:** info@co.spiraxsarco.com  
**Página web:**  
www.spiraxsarco.com/co  
**Gerente:** Martin Lamaison  
**Personas atendiendo stand:**  
German Andrés Vidal  
**Actividad de la empresa:** Proveedor  
de soluciones para el control de  
vapor.

38



**Empresa:**  
Gratt Indústria de Maquinas  
**Dirección:** rua Antonio  
Pelegrini, n45  
**Ciudad:** Capinzal-SC  
**Teléfono:** +55 49 3555-8500  
**E-mail:**  
alyoliveira2010@hotmail.com  
**Página web:** www.gratt.com.br  
**Gerente:** Alan Gratt  
**Personas atendiendo stand:** Elcio  
Oliveira  
**Actividad de la empresa:** Industria  
de Maquinas (metal mecánica)

39



**Empresa:**  
Engpalm Projetos E Consultoria  
**Dirección:** Rua General B  
agnuolo 840  
**Ciudad:** São Paulo - Brazil  
**Teléfono:** 55 11 2063-0239  
**E-mail:** engpalm@engpalm.com.br  
**Página web:** www.engpalm.com.br  
**Gerente:** Marcelo Geraldo da Silva  
**Personas atendiendo stand:** Edison  
y Mauricio

**Actividad de la empresa:** Ingeniería,  
consultoría, suministro de equipos de  
procesamiento y turbogeneradores.

40 - 41



**Empresa:** Bonanza Proyectos y  
Negocios S.A.S.  
**Dirección:** Km 2 Anillo Vial de  
Floridablanca a Girón, T1 Of. 411  
Natura Ecoparque Empresarial  
**Ciudad:** Floridablanca - Santander  
**Teléfono:** 313 337 9455  
**E-mail:** info@bonanza.com.co  
**Página web:** www.bonanza.com.co  
**Gerente:** César Augusto Gómez  
**Personas atendiendo stand:** Cesar  
augusto Gómez, Maria Nathalia  
Camacho, Bartholomew Niap y  
Wong chea  
**Actividad de la empresa:**  
Proveedor de plantas de refinación,  
fraccionamiento, fitonutrientes  
(Vitamina E, Carotenos), plantas de  
cogeneración y plantas extractoras.

42



*Generando energía limpia*

**Empresa:** Pegsa Ltda.  
**Dirección:** Transversal 55 # 98ª - 66  
Ofc. 411 Centro Comercial Iserra 100  
**Ciudad:** Bogotá  
**Teléfono:** (57) 621 0345  
**E-mail:** recepcion@pegsa.com.co  
**Página web:** www.pegsa.com.co  
**Gerente:** Pedro Elias Gomez Cala  
**Personas atendiendo stand:** Jenny  
Karina Pérez Contreras y Oscar  
Mauricio Gomez León

**Actividad de la empresa:** Comercio  
al por mayor de otros tipos de  
maquinaria y equipo n.c.p.

43



**Empresa:** TECNOVA Ltda.  
**Dirección:** Calle 22 # 12- 63 Piso 2  
Ofc. 204 Tecnicentro Santa Marta  
**Ciudad:** Santa Marta  
Departamento: Magdalena  
**Teléfono:** 314 535 8010  
321 502 6511  
**E-mail:**  
gerencia@tecnovalimitada.com  
**Página web:**  
web: http://tecnovalimitada.com/  
**Gerente:** Paola Andrea Rocha Ortega  
**Personas atendiendo stand:** Paola  
Andrea Rocha Ortega, Carolina  
Hernandez Mancipe, Jorge Mario  
Velez y Carlos Andres Vargas Osorno  
**Actividad de la empresa:** Brindamos  
soluciones eficaces para el  
incremento de la productividad, el  
fortalecimiento técnico y el desarrollo  
de proyectos industriales alineados  
con la sostenibilidad; acompañando  
a nuestros clientes hasta el lograr  
el cumplimiento de los resultados  
propuestos en cultivos y plantas  
extractoras de aceite de palma.

44



**Empresa:** Tecnintegral S.A.S.  
**Dirección:** Cra. 81 # 65A - 45 Sur  
**Ciudad:** Bogotá  
**Teléfono:** (57) 779 9090  
**E-mail:** correo@tecnintegral.com  
**Página web:** www.tecnintegral.com  
**Gerente:** Nicolás McAllister Obregón  
**Personas atendiendo el stand:**  
Carlos Alberto Duque Aragón

**Actividad de la Empresa:** Diseño, fabricación y montaje de Plantas extractoras de aceites de palma y equipos del sector agroindustrial.

45



**Empresa:** Industrias Proton Ltda.  
**Dirección:** Cra. 53 F # 5C- 20  
**Ciudad:** Bogotá  
**Teléfono:** (57) 564 3066  
**E-mail:** comercial1@proton-colombia.com  
**Página web:** www.proton-colombia.com

**Gerente:** Michael Silva Cruz  
**Personas atendiendo stand:** Michael Silva Cruz y Janeth Tamara Garcia.  
**Actividad de la empresa:** Diseño, fabricación, suministro, montaje, puesta en marcha, capacitación de maquinaria industrial y proyectos de ingeniería llave en mano.

46



**Empresa:** Metalteco  
**Dirección:** Kilómetro 6 vía Bucaramanga – Girón  
**Ciudad:** Bucaramanga  
**Teléfono:** (57-7) 646 9411  
**E-mail:** contacto@metalteco.com  
**Página web:** www.metalteco.com  
**Gerente:** Enrique Plata

**Personas atendiendo stand:** Enrique Plata y Alonso García  
**Actividad de la empresa:** Diseño, fabricación, montaje, automatización y puesta en marcha de plantas completas para extracción de aceite de palma.

47-48



**Empresa:** Soluciones en Ingeniería Industrial y Mecánica S.A.S./ SOLIMEC S.A.S.  
**Dirección:** Cra. 57 # 172-20 V illa del Prado

**Ciudad:** Bogotá  
**Teléfono:** (57) 474 8337  
**E-mail:** comercial@solimec.com.co  
**Página web:** www.solimec.com.co  
**Gerente:** Jose Miguel Diaz Esparza  
**Personas atendiendo stand:** Jose Miguel Diaz Esparza, Sahid Alexander Diaz Gonzalez, Miguel Angel Diaz Gonzalez y Lindon Raul Castellanos  
**Actividad de la empresa:** Actividades de ingeniería y otras actividades conexas de consultoría técnica (7110)

50



**Empresa:** AIC Internacional S.A.S.  
**Dirección:** Cra 51# 128A - 42  
**Ciudad:** Bogotá  
**Teléfono:** (57) 1474 7070  
**E-mail:** guillermoabernal@gmail.com  
**Página web:** www.aic-internacional.com

**Gerente:** Guillermo A. Bernal  
**Personas atendiendo stand:** Guillermo A. Bernal y Joergen Carrillo Guerrero  
**Actividad de la empresa:** Comercialización de venta de repuestos para la agroindustria.

51



**Empresa:** PMT Industries SDN. BHD  
**Dirección:** Lot 1929 Jalan Bukit Kemuning, seksyen 32, 40460 Shanh  
**Ciudad:** Selangor Darul, Malaysia  
**Teléfono:** +603 511225522  
**E-mail:** khchia@pmt-grp.com  
**Página web:** www.pmt-grp.com

**Gerente:** Andrew Wong Yoke Seong  
**Personas atendiendo stand:** Chia Kim Har y Andrew Wong Yoke Seong  
**Actividad de la empresa:** Comercialización de venta de repuestos para la agroindustria.

52



**Empresa:** Mackenzie Industries SDN.BHD  
**Dirección:** Lot, 1930, Batu, Jalan Bukit Kemuning  
**Ciudad:** Selangor Darul, Malaysia  
**Teléfono:** +603 512 300 18  
**E-mail:** kianlim.tee@mackenzieind.com  
**Página web:** www.mackenzieund.com

**Gerente:** Tee Kian Lim  
**Personas atendiendo stand:** Tee Kian Lim y Sim Ah Heng  
**Actividad de la empresa:** Comercialización de venta de repuestos para la agroindustria

53



**Empresa:** Flottweg SE  
**Dirección:** Industriestrasse 6-8 84137  
**Ciudad:** Vilsburg, Alemania  
**Teléfono:** +55 48118489  
**E-mail:** ra@flottweg.com  
**Página web:** www.flottweg.com  
**Gerente:** Karl Rackerseder  
**Personas atendiendo stand:** Sergio Garcia Gutierrez y Luis Felipe Pacheco  
**Actividad de la empresa:** Comercialización de venta de repuestos para la agroindustria

54



**Empresa:** C.I. Acepalma S.A.  
**Dirección:**  
Calle 90 # 19 - 41 Of. 303-304  
**Ciudad:** Bogotá  
**Teléfono:** (57) 317 1387  
**E-mail:** info@acepalma.com  
**Página web:** www.acepalma.com  
**Gerente:** María Emma Núñez Calvo  
**Personas atendiendo stand:** Andrea Hackmayer Pizarro y Lina Niño Vargas  
**Actividad de la empresa:**  
Comercialización internacional de aceite de palma y derivados, insumos agroindustriales, insumos para el sector de biodiesel, herramientas y logística y transporte.

55



**Empresa:** Precisagro S.A.S.  
**Dirección:** Autopista Norte # 122-35 Piso 2  
**Ciudad:** Bogotá  
**Teléfono:** (57) 744 2404  
**E-mail:**  
cgonzalezg@precisagro.com.co  
**Página web:** www.precisagro.com  
**Gerente:** Roberto García-Salas  
**Personas atendiendo stand:**  
Mauricio Posada, Nelson Fache, Mitchel Hernandez, Fabian Quintero, Sofía Riaño, Rafael Burgos, Julio Herrera y William Hernandez  
**Actividad de la empresa:**  
Importador, productor y distribuidor de productos para nutrición y protección de cultivos.

56

**Empresa:** Supercut Enterprise  
**Dirección:** No 16-02, bloque A Avenida Tropicana Jalan Persiaran Tropicana 47400 Petaling Jaya Selangor, Malasia  
**Ciudad:** Kuala Lumpur, Malaysia  
**Teléfono:** +6016-3384357  
**E-mail:** s.supercut@yahoo.com  
**Página web:** www.supercut.com.my

**Personas atendiendo el stand:** Paul Lai Man Hoo y Alvaro Leal  
**Actividad de la empresa:** Proveedor de herramientas de cosecha de palma

57



**Empresa:** KIS GROUP  
**Ciudad:** Bogotá  
**Teléfono:** 312 446 7751  
**E-mail:** mariaz@knowledge-integration.org  
**Página web:** www.kisgroup.net  
**Gerente:** Maria del Mar Zambrano Cardozo

**Personas atendiendo Stand:**  
Raghunath Ramaiah Kandikeri, Maria del Mar Zambrano Cardozo y Laura Lucía Moreno Jalhk.  
**Actividad de la Empresa:**  
Especialistas en Diseño y construcción de plantas de tratamiento de efluentes y generación de biogás a partir de las orgánicas y de desechos sólidos orgánicos con tecnología propia y patentada.

58-59



**Empresa:** GA Expertise Inc.  
**Ciudad:** Miami, FL USA  
**Teléfono:** +1.786.732.6291  
**E-mail:** info@gaexpertise.com  
**Página web:** www.gaexpertise.com  
**Gerente:** Hugues Posschelle  
**Personas atendiendo stand:** Liliana Guerrero, Donny Leiva, Erick Perez y Antonio Huezo  
**Actividad de la empresa:** Diseño, venta, y servicio de plantas, equipos, y repuestos para producir aceite de palma.

60 - 61



**Empresa:** Semillas Elite de Palma para Las Américas S.A.S. – SEPALM S.A.S.

**Dirección:** Cra. 9 # 74 - 08 Of. 208 Edif. Profinanzas  
**Ciudad:** Bogotá  
**Teléfono:** (57) 744 9089 – 744 9097  
**E-mail:** crojas@sepalm.com.co  
**Página web:** www.semillasdepalma.com  
**Gerente:** Mauricio Herrera Vargas  
**Personas atendiendo stand:** Patricia Balsero, Alexander Bejarano, Edwin Lievano y Carolina Rojas  
**Actividad de la empresa:** Empresa agrícola dedicada a la producción y comercialización de semillas y plántulas de palma de aceite.

62



**Empresa 1:**  
Distribuidor Malayo S.A.S.  
**Dirección:** Calle 23B # 3N-87  
**Ciudad:** Cali  
**Teléfono:** (57-2) 668 0388  
**E-mail:** distrimalayo@gmail.com  
**Página web:** www.distrimalayo.com  
**Gerente:** Paola Andrea Piedrahita Benavidez  
**Personas atendiendo stand:** Luis Felipe Ocampo y Angel Esteban Piedrahita  
**Actividad de la empresa:**  
Importación y comercialización de herramientas Agrícolas, semillas y Repuestos para extractoras.

**Empresa 2:**  
Malayo Panamá S.A.  
**Dirección:** Calle 15 Santa Isabel Local No 3 zona libre de Colon  
**Ciudad:** Colón, Panamá  
**Teléfono:** 315 5731 952  
**E-mail:**  
paola.piedrahita@distrimalayo.com  
**Página web:** www.distrimalayo.com  
**Gerente:** Paola Andrea Piedrahita Benavidez

**Personas atendiendo stand:**

Luis Felipe Ocampo y  
Angel Esteban Piedrahita

**Actividad de la empresa:**

Importación y comercialización de  
herramientas Agrícolas y Repuestos  
para tractoras.

63



**Modipalma Latin America S.A.**  
Subsidiary of CE Industrial Product Wdg. Bhd

**Empresa:**

Modipalma Latin America S.A.

**Dirección:** 38 Av 15-00 Zona 7

Jardines de la Floresta Torre B

Apto 899

**Ciudad:** Guatemala

**Teléfono:** + 502 530 80703

**E-mail:** laristondo@modipalma.com

**Gerente:** Ludwing Aristondo

**Personas atendiendo stand:**

Ludwing Aristondo y Rodrigo Erales

**Actividad de la empresa:** Diseño,

Fabricación, Integración de Plantas

Extractoras de aceite de palma,

equipos y repuestos.

64

**Sumitomo Drive Technologies**

Nombre: SM Cyclo Colombia S.A.S.

Sumitomo Drive Technologies

**Dirección:** Carrera 11 # 93A - 53

Of. 203

**Ciudad:** Bogotá

**Teléfono:** 300 0673 - 315 899 8036

**E-mail:** william.agudelo@shi-g.com

**Página web:**

www.sumitomodrive.com

**Gerente:** William Fernando Agudelo

**Personas en Stand:**

William Fernando

**Actividad de la empresa:** Fabricación

y Suministro de Equipos para

Sistemas de Transmisión Mecánica de

Potencia.

65



**Empresa:** Control Union

**Dirección:** Sede Bogotá: Calle 90

# 19 - 41 Of. 801 Edificio Quantum

Sede Barranquilla: Calle 77B # 59-61

Of. 709

**Teléfono:** (57) 696 0191

**E-mail:** colombia@controlunion.com

**Página web:**

www.petersoncontrolunion.com

**Gerente:** Coen Esser

**Personas atendiendo stand:**

Ignacio Falcone

**Actividad de la empresa:**

Certificaciones e Inspecciones a nivel

Mundial.

66



**REPRESENTACIONES CASTILLO**

**Empresa 1:**

Representaciones y Distribuciones

Castillo, S. DE R.L. DE C.V.

**Dirección:** Barrio el centro 2 y 3 calle

7 ave. Edificio superviajes local 7

**Ciudad:** San Pedro Sula, Cortes,

Honduras, C.A.

**Teléfono:** 504, 2552-9459; 2550-1774;

2550-1775

**E-mail:** recas@recasinter.com

**Página web:** www.recasinter.com

**Gerente:** Sr, Felix Eduardo Castillo

Santos

**Personas atendiendo stand:** Ing.

Eduardo Alfonso Castillo

**Actividad de la empresa:** Maquinaria

para la Industria Aceitera de Palma

Africana.

**Company 2:**

Rajawali Seroja International Limited

**Address:** Block B-511, 5th floor,

Kelana Square, Jalan SS7/26, Kelana

Jaya.

47301 Petaling Jaya. Selangor.

Malaysia.

**City:** Selangor

**Phone:** +603-7804 3881

**Email:** jasper@rajawaliseroja.com

**Web page:** www.rajawaliseroja.com

**Manager:** Jasper Lee

**People attending:** Jasper Lee &

Anthony Lee

**Business activities:** Palm Oil

Industry.

67



**Empresa:**

Cales Rio Claro Naranja S.C.A.

**Dirección:** Circular 4 No. 69 - 34

Barrio Laureles San Juaquin

**Ciudad:** Medellín

**Teléfono:** (57-4) - 448 5871

**E-mail:** contacto@rioclaro.com.co

**Página web:** www.rioclaro.com.co

**Gerente:** Juan Guillermo Naranjo

Aristizabal

**Personas atendiendo stand:**

Olga Lucia Monroy

**Actividad de la empresa:** Venta De

Enmiendas y Fertilizantes.

68



**Empresa:** Swaploader

**Dirección:** 1800 NE Broadway Ave

**Ciudad:** Des Moines, Iowa, USA

50313

**Teléfono:** +1 515 266 3042

**E-mail:** paul.devne@swaploader.net

**Página web:** www.swaploader.com

**Gerente:** Matt White

**Personas atendiendo stand:** Matt

White y Paul Devine

**Actividad de la empresa:** Fabricante

de Ganchos Hidráulicos

69



**Empresa:**

Hacienda Chicamocha S.A.S.

**Dirección:** Planta- San Antonio del

Tequendama. Cundinamarca.

Oficinas: Autopista Norte

Km. 19 Costado Occidental. Entro

Empresarial TYFA. Chía **Ciudad:**

Chía (Cundinamarca)

**Teléfono:** 317 681 8253

E-mail: comercial@geochic.com.co

Página web: geochic.com.co

Gerente: Mario Bolívar Grimaldos

Personas atendiendo stand: Jaime Andrés García Patiño

Actividad de la empresa: Fabricación de abono orgánico.

70 - 100



**Empresa:**

AGP Representaciones S.A.S.

Dirección: Calle 21A # 70 - 40 bodega UA7-1

Ciudad: Bogotá

Teléfono: (57) 570 6353

E-mail: agp@agp.com.co

Página web: www.agp.com.co

Gerente: Andres Guerrero Pulido

Personas atendiendo stand: Liliana Chaves Sánchez, Andres Guerrero, Oscar Zapata y Lester Castilla Suarez

Actividad de la empresa: 4659 - Comercialización de otros tipos de maquinaria industrial.

71-72



**Empresa:** Alfa Laval S.A.

Dirección: TV 93 # 53 - 48 Int. 70

Ciudad: Bogotá

Teléfono: (57) 291 6330

E-mail: info.colombia@alfalaval.com

Página web: www.alfalaval.com.co

**Gerente:**

Diego Romero (Managing Director)

Personas atendiendo stand: Carolina Ruiz, Favián Guevara, Santiago Rodríguez, Aldo López y Nelson Sánchez.

Actividad de la empresa: Fabricante de equipos y soluciones de ingeniería para procesos de intercambio de calor, separación y manejo de fluidos en las industrias de alimentos y bebidas, energía y marina.

73



**Empresa:** C.I BIOCOSTA S.A.

Dirección: Cra. 1 C #22-58

Edificio Bahía Centro oficina 1201

Ciudad: Santa Marta

Teléfono: 313 531 2832

431 4068 ext. 330

**E-mail:**

Sandra.gomez@cibiocosta.com

Página web: www.cibiocosta.com

Presidente: Raul Eduardo Garcia

Rodríguez

**Personas atendiendo stand:**

Paula de la Rosa y Daniel Manrique

**Actividad de la empresa:**

Comercializadora de Aceite de Palma

74-104



**Empresa:** Verion S.A.S.

Dirección: Tv 93 # 53-32 BG 17

Ciudad: Bogotá

Teléfono: (57) 467 2473

**E-mail:** administracion@

agriculturaverion.com.co

**Página web:**

www.agriculturaverion.com.co

**Gerente:** Guillermo Rothpflug

Personas atendiendo stand: Ivan

Zarate y Guillermo Rothpflug

**Actividad de la empresa:**

Comercialización de maquinaria de agricultura y sus partes.

75



**Empresa:** SCS Global Services

**Dirección:**

2000 Powell Street, Ste. 600

Ciudad: Emeryville, CA 94610, USA

Teléfono: + 506 2262 0353

+ 506 8384 0963

**E-mail:**

jsolera@scsglobalservices.com

**Página web:**

www.SCSglobalServices.com

**Gerente:** Juan Solera, SCS Director Regional - Centroamérica

**Personas atendiendo stand:**

Juan Solera y Christie Daza

**Actividad de la empresa:** Ente

certificador en Programas de

Sostenibilidad - RSPO, ISCC,

Bonsucro, etc.

76



**Empresa:**

Boccard Piping Colombia S.A.S.

Dirección: Carretera la Cordialidad km 18

Ciudad: Clemencia

Teléfono: (57) 593 8747

**E-mail:** colombia@boccard.com |

dsarmiento@boccard.com

**Página web:** www.boccard.com

**Gerente:** Eduardo de Castro Martin

**Personas atendiendo stand:** Diego

Andrés Sarmiento Carvajalino y

Christine Lavrotte

**Actividad de la empresa:** EPCistas /

Desarrolladores Proyectos de Plantas

de Generación de Energía Renovable

con Biomasa

77



**Empresa:**

Compact Seeds & Clones, S.A.

Dirección oficinas: Calle 20-24

Avenida 16, Barrio Cuba, San José,

Costa Rica

**Ciudad:** San José

**Teléfono:** +506 2284-1120 / 1122

**E-mail:** sales@asd-cr.com

**Página web:** www.asd-cr.com

**Gerente:** Ricardo Escobar Carranza

**Personas atendiendo stand:**

Armando Sánchez,

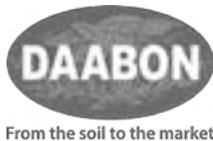
Francisco Peralta y Felipe Bernal  
**Actividad de la empresa:** Su principal actividad consiste en la producción y exportación de semilla certificada de palma aceitera, bajo la marca registrada ASD COSTA RICA™.

78



**Empresa:** Eggersmann - Backhus  
**Dirección:** Calle 64 # 45-31  
**Ciudad:** Bucaramanga, Santander  
**Teléfono:** (57-7) 315 3803 619  
**E-mail:** rimgoz@hotmail.com  
J.Pascual@f-e.de  
**Página web:**  
<https://www.eggersmann-recyclingtechnology.com/es/>  
[www.avcomposting.com](http://www.avcomposting.com)  
**Gerente:** Dr. Ricardo Morales Gómez  
**Personas atendiendo stand:** Jordi Pascual Mut y Ricardo Morales Gómez  
**Actividad de la empresa:** “Ayuda a los empresarios a dar solución ambiental, especialmente en el manejo y compostaje de residuos agrícolas”

79



**Empresa:** DAABON  
**Dirección:** Cra. 1 # 22 - 58 Piso 11  
**Ciudad:** Santa Marta  
**Teléfono:** (57-5) 432 8120  
**E-mail:** info@daabon.com.co  
**Página web:** www.daabon.com  
**Presidente:** Manuel Julián Dávila Abondano  
**Personas atendiendo stand:** Reneta Uribe y Giancarlo Dávila  
**Actividad de la empresa:** El Grupo Daabon tiene como misión cultivar, transformar y comercializar productos orgánicos y sostenibles de óptima calidad, basado en un permanente proceso de investigación para la innovación enmarcado

en políticas corporativas que garantizan el bienestar de nuestros colaboradores, la protección al medio ambiente y la rentabilidad económica.

80 - 85



**Empresa:** Tecnicos En Construccion Industrial Mantenimientos Y Montajes Sas (Teccim Sas )  
**Dirección:** Calle 31 sur # 68I 57  
**Ciudad:** Bogotá  
**Teléfono:** (57) 927 7393  
322 333 9355  
**E-mail:** comercial@teccim.com.co  
julian.triana@teccim.com.co  
**Página web:** www.teccim.com.co  
**Gerente:** Omaira Morales  
**Personas atendiendo stand:** William Raul Triana Moreno, Alicia Barrios, David Moreno y Gonzalo García.  
**Actividad de la empresa:** Fabricacion De Maquinaria Para La Extraccion De Aceite De Palma Y Asesoría De Ingeniería

81



**Empresa:** Clickpalm Colombia S.A.S  
**Dirección:** Calle 140 # 12B - 25 Of. 102  
**Ciudad:** Bogotá  
**Teléfono:** 317 369 4298  
**E-mail:** info@clickpalm.com | dalarcon@clickpalm.com  
**Página web:** <http://clickpalm.com/>  
**Gerente:** Angelica María Cuevas Carvajal  
**Personas atendiendo stand:** James Patiño Guerrero y Edgar Hernán Palta Velasco  
**Actividad de la empresa:** 6201 Actividades de desarrollo de sistemas informáticos (planificación, análisis, diseño, programación, pruebas)

82



**Empresa:**  
TOP - Thin Oil Products, LLC  
**Dirección:** 1820 North Corporate Lakes Blvd, Suite 305  
**Ciudad:** Weston - Florida - Estados Unidos  
**Teléfono:** +1 (954) 217-6911  
**E-mail:** lcorredor@thinoil.net  
**Página web:** www.thinoil.net  
**Gerente:** Carlos Corredor  
**Personas atendiendo stand:** Felipe Baiz y Valeria Franco  
**Actividad de la empresa:** Es una compañía de familia que comercializa aceite de palma (CPO), aceite de palmiste (PKO), fracciones de palma RBD, ácido graso de palma destilado (PFAD) y aceite de palma alto oleico (HOPO).

83



**Empresa:** Desmet Ballestra Group  
**Dirección:** Calle 160 # 73 - 32, Int. 27  
**Ciudad:** Bogotá  
**Teléfono:** 300 202 0669  
**E-mail:** dq@desmetballestra.com  
**Página web:** www.desmetballestra.com  
**Gerente:** Darlene Quintero  
**Personas atendiendo stand:** Leon Pablo Espinosa y Darlene Quintero  
**Actividad de la empresa:** Compañía dedicada a la ingeniería y al suministro de instalaciones y equipos para la industria de grasas y aceites comestibles, biodiesel, surfactantes, detergentes, oleoquímicos, glicerina y jabón.

84



**Empresa:** Vyncke N.V.  
**Dirección:** Gentssesteenweg 224  
**Ciudad:** Harelbeke, Bélgica  
**Teléfono:** +32 56 730 630  
**E-mail:** mail@vyncke.com  
**Página web:** www.vyncke.com  
**Gerente:** Peter Vyncke (co-CEO) y Dieter Vyncke (co-CEO)  
**Personas atendiendo stand:** Bob Vandedrinc

**Actividad de la empresa:** es una empresa global familiar de cuarta generación con sus raíces en Flandes, Bélgica. Como un líder mundial en ingeniería y construcción, VYNCKE produce soluciones para las industrias madereras, agrícolas, alimentarias y a las empresas de energías renovables. VYNCKE se especializa en criterios estrictos como combustibles complicados, flexibilidad de combustible, límites de emisiones estrictos, alta disponibilidad y un bajo costo total de operaciones (total cost of ownership - TCO).

86-87



**Empresa:** Omega Internacional S.A.S  
**Dirección:** Calle 99 # 44A - 12  
**Ciudad:** Barranquilla  
**Teléfono:** (57-5) 373 9256  
**E-mail:** info@omegaitl.com  
**Página web:** www.omegaflexitank.com

**Gerente:** Olay Alvarez  
**Personas atendiendo stand:** Olay Alvarez y Edgar Cortés  
**Actividad de la empresa:** Transporte internacional en IsoTanques & Flexitanques - Logística de comercio exterior

88



**Empresa:** ICL Fertilizers  
**Dirección:** Potash House POB 75  
**Ciudad:** Beer Sheva 84100 Israel  
**Teléfono:** +972-8-646-5329

**E-mail:** Paul.Jaramillo@icl-group.com  
**Página web:** www.iclfertilizers.com  
**Gerente Comercial LAM:** Paul Jaramillo  
**Personas atendiendo stand:** Alvaro Cristancho y Alveiro Salamanca  
**Actividad de la empresa:** Producción y Comercialización de Fertilizantes con alto impacto

89



**Empresa:** Editorial La República S.A.S. "Diario La Republica"  
**Dirección:** Calle 25D BIS #102A - 63  
**Ciudad:** Bogotá  
**Teléfono:** (57) 4227600  
**E-mail:** acaicedo@larepublica.com.co  
**Página web:** www.larepublica.co  
**Gerente:** Sergio Quijano  
**Personas atendiendo stand:** Erika Bibiana Cardenas  
**Actividad de la empresa:** Suscripciones Diario Empresarial

90



**Empresa:** Ecodiesel Colombia S.A.  
**Dirección:** Cra. 31 #51-74 Edificio Torre Mardel Of. 1201  
**Ciudad:** Bucaramanga, Santander  
**Teléfono:** (57-7) 683 7298  
**E-mail:** ecodiesel@ecodieselcolombiasa.com

**Página web:** www.ecodieselcolombiasa.com  
**Gerente:** Lina Rosalba Reyes Salazar  
**Personas atendiendo stand:** Silvia Cárdenas -Luis Guillermo Rodríguez  
**Actividad de la empresa:** Producción y comercialización de Biodiesel de palma y derivados

91



**Empresa:** Universidad EARTH  
**Dirección:** Limón, Mercedes  
**Ciudad:** Guácimo  
**Teléfono:** +506 2713 00 00  
**E-mail:** admisiones@earth.ac.cr  
**Página web:** www.earth.ac.cr  
**Rector:** Arturo Condo Tamayo  
**Personas atendiendo stand:** Carlos Cerdas Retana y María Fernanda Sáenz Camacho.  
**Actividad de la empresa:** Educación universitaria.

92



**Empresa:** Fundación Guacaramo  
**Dirección:** Carrera 8 No. 69-43, Bogotá / Carrera 3 No. 9-17, Barranca de Upía - Meta  
**Ciudad:** Bogotá (Sede administrativa)- Barranca de Upía - Meta (Sede principal)  
**Teléfono:** 317 4700 ext 124, 188  
**E-mail:** contacto@funguacaramo.org  
**Página web:** www.funguacaramo.org  
**Director de la Fundación:** Sergio Fernando Ibarra Rivera  
**Personas atendiendo el stand:** Javier Ignacio Quintana y Claudia Marcela Escalante  
**Actividad de la empresa:** Entidad sin ánimo de lucro

93



**Empresa:** OLEOFLORES S.A.S.  
**Dirección:** Cra. 58 # 64-82  
**Ciudad:** Barranquilla  
**Teléfono:** (57-5) 331 9572

E-mail: [jpardo@oleoflores.com](mailto:jpardo@oleoflores.com)  
Página web: [www.oleoflores.com](http://www.oleoflores.com)  
Director de la Fundación: José Pardo  
Personas atendiendo el stand: Heidi Valdeblanquez, Surdery Arias y José Pardo  
Actividad de la empresa: Integración de la Cadena Productiva de la Palma de Aceite

94



**Empresa:** Fundación Fruto Social de la Palma  
**Dirección de la entidad:** Cra. 38 # 37-36 Barrio el Prado  
**Ciudad:** Bucaramanga  
**Teléfono:** (57-7)635 6328  
320 491 8829  
**Email:** [proyectos@frutosdepalma.org](mailto:proyectos@frutosdepalma.org)  
y [direccion@frutosdepalma.org](mailto:direccion@frutosdepalma.org)  
**Página web:** [www.frutosdepalma.org](http://www.frutosdepalma.org)  
**Director:** Javier Toro Vanegas  
**Persona atendiendo el stand:** Juan Carlos Serpa Perea  
**Actividad de la entidad:** Desarrollo de proyectos y programas sociales en comunidades palmeras del Magdalena Medio

95



**Empresa:** Fundación Centro de Bienestar del Adulto Mayor de Puerto Wilches  
**Dirección:** Cra. 15 # 2-24 Barrio 7 abril Puerto Wilches  
**Ciudad:** Puerto Wilches  
**Teléfono fijo:** (57-7)6913881 |  
3114935796-3115553861  
**Email:** [campuspto1@gmail.com](mailto:campuspto1@gmail.com)  
**Directora:** Rocío Aguirre Domínguez  
**Persona atendiendo el stand:** Alix Chacón  
**Actividad de la entidad:** Atención de

Adultos Mayores – Programa Centro Día (Vida) y Programa Bienestar (Asilo)

96



**Empresa:** Fundepalma - Fundación para el desarrollo de las zonas palmeras de Colombia.  
**Dirección:** Cra. 1 # 22-58. Edificio Bahía centro Ofc. 409  
**Ciudad:** Santa Marta  
**Teléfonos:** (57-5) 4311538 - 4206390 |  
3176788184  
**E-mail:** [fundepalma@fundepalma.org](mailto:fundepalma@fundepalma.org) |  
[comunicaciones@fundepalma.org](mailto:comunicaciones@fundepalma.org)  
**Página web:** [www.fundepalma.org](http://www.fundepalma.org)  
**Directora Ejecutiva de la Fundación:** Chary Mar Mejía Ballesteros.  
**Personas atendiendo el stand:** Yulitza Vanessa Carrillo Martínez y Aura María Gutierrez Vides  
**Actividad de la empresa :** La Fundación para el Desarrollo de las Zonas Palmeras de Colombia, Fundepalma es una organización social sin ánimo de lucro, que tiene por objeto desarrollar la responsabilidad social del sector palmero, gestionando y ejecutando iniciativas en las áreas de educación, vivienda, generación de ingresos, salud, y ambiental, que busquen el mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades que hacen parte de sus zonas de influencia y grupos de interés, promoviendo la construcción de una convivencia armónica y solidaria entre la empresa palmera y su entorno socio ambiental.

99



**Empresa:** Servihidráulicas  
**Dirección:** Calle 22 No 35 - 67 San Benito  
**Ciudad:** Villavicencio  
**Teléfono:** (57-8) 6679640 |  
3103348291  
**E-mail:** [contactenos@servihidraulicas.com](mailto:contactenos@servihidraulicas.com)  
**Página web:** [www.servihidraulicas.com](http://www.servihidraulicas.com)  
**Gerente:** Norberto Lozada  
**Personas atendiendo stand:** Norberto Lozada Almario y Martha Lucia Galindo Beltrán  
**Actividad de la empresa:** Fabricación de implementos agroindustriales

102-103



**Empresa:** Ferrari Crane S.A.S.  
**Dirección:** Cra. 71 # 3-197 Vía La Cordialidad Km 2,5 Parque Industrial Ferrari Park  
Municipio de Galapa, Atlántico  
**Ciudad:** Barranquilla  
**Teléfono:** (57-5) 311 2650  
**E-mail:** [info@ferraricrane.com](mailto:info@ferraricrane.com)  
**Página web:** [www.ferraricrane.com](http://www.ferraricrane.com)  
**Gerente:** Marcello Dicembre  
**Personas atendiendo stand:** Marcello Dicembre y Jorge Londoño

Esta publicación presentación 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.



Federación Nacional de Cultivadores  
de Palma de Aceite, Fedepalma  
[www.fedepalma.org](http://www.fedepalma.org)